

**CEMENTOS DIAMANTE S.A.  
CONCRETOS DIAMANTE**

**PLAN DE RECUPERACION Y  
ESTABLECIMIENTO DE LA RESERVA  
ECOLOGICA PRIVADA "LA FISCALA"**

**SANTA FE DE BOGOTA, OCTUBRE DE 1991**

**E 33,1**

1

# **CEMENTOS DIAMANTE S.A. CONCRETOS DIAMANTE**

## **PLAN DE RECUPERACION Y ESTABLECIMIENTO DE LA RESERVA ECOLOGICA PRIVADA "LA FISCALA"**

**SANTA FE DE BOGOTA, OCTUBRE DE 1991**

130 TOPAE AA 18-01-95- 10.1



2

**PLAN DE RECUPERACION Y  
ESTABLECIMIENTO DE LA RESERVA  
ECOLOGICA PRIVADA "LA FISCALA"**

# CONTENIDO

Pág.

## PRESENTACION

## CAPITULO 1

1	<b>INTRODUCCION</b>	1
1.1	Objetivo	5
1.2	Marco Histórico	8

## CAPITULO 2

2	<b>ALTERNATIVAS DE RECUPERACION</b>	
2.1	Introducción	11
2.2	Objetivo	13
2.3	Localización	13
2.4	Predios de Concretos Diamante	14
2.4.1	Antecedentes	14
2.4.2	Alternativas de Uso	14
2.5	Resultados de Evaluación y Alternativas	15
2.5.1	Uso Agrícola y Pecuario	15

2.5.2	Uso Urbanístico	15
2.5.3	Relleno Sanitario	16
2.5.4	Uso Hidrológico Regulador	17
2.5.5	Uso Forestal	18
2.5.6	Uso Recreacional	18
2.5.7	Conclusión	19

### **CAPITULO 3**

<b>3</b>	<b>RESERVA ECOLOGICA PRIVADA</b>	
	<b>"LA FISCALA"</b>	
	<b>CONSIDERACIONES GENERALES</b>	
3.1	Introducción	20
3.2	Metodología	21
3.2.1	Etapas de evaluación en el terreno	22
3.2.2	Etapas de recuperación morfológica del terreno	22
3.3	Marco geológico y geomorfológico del área del proyecto	22
3.3.1	Características geomorfológicas del río Tunjuelito	24
3.3.2	Características geomorfológicas de las zonas de explotación actuales	25
3.4	Aspecto paisajístico	28
3.4.1	Unidad de talud	28
3.4.2	Unidad piso de excavación	29
3.4.3	Unidad de terraza plana	30
3.5	Disposición del material de desecho	31

3.5.1	Características generales de los materiales de desecho	31
3.5.2	Preparación del sitio de ubicación de desechos	35
3.6	Conclusiones y recomendaciones	44

## CAPITULO 4

4	Reserva Ecológica Privada "La Fiscala" "Consideraciones particulares"	
4.1	Introducción	48
4.2	Rectificación actual cauce del río	48
4.2.1	Parámetros definidos por la acción de rectificación del cauce	49
4.3	Parámetros que definieron la estabilidad geotécnica de los taludes.	50
4.3.1	Zona nuevo canal	50
4.3.2	Resto de taludes del predio	51
4.3.3	Realce del dique existente para el manejo de las aguas captadas y vertidas por la microcuenca del costado oriental de la cantera.	52
4.4	Alternativa de solución e integración para los taludes del Barrio la Aurora II.	53
4.4.1	Alternativa de solución propuesta	54
4.5	Sistema vial	55
4.6	Manejo de Aguas	55
4.6.1	Objetivos	56
4.6.2	Obras	57

4.6.3	Manejo de aguas lluvias	58
4.7	Revegetalización, reforestación y estabilización del área geomorfológicamente recuperada.	59
4.7.1	Áreas de zonificación	60
4.7.2	Zonificación del área	60
4.7.3	Área de recreación pasiva	61
4.7.4	Área de recreación múltiple	61
4.7.5	Área deportiva	62
4.7.6	Área histórico cultural	62
4.7.7	Área de servicios	62
4.8	Paisajismo zonas verdes	63
4.9	Definición de términos	63
4.9.1	Barrera viva de aislamiento general perimetral	64
4.9.2	Separadores de zona	66
4.9.3	Cortinas ambientales	69
4.9.4	Bosquetes ornamentales	71
4.9.5	Prados	74
4.9.6	Áreas de jardines	75
4.9.7	Setos	76
4.9.8	Arboretum	78
4.9.9	Bosque ecológico	81
4.10	Revegetalización de taludes	82
4.10.1	Talud mayor de 70°	82
4.10.2	Talud menor de 70°	85
4.11	Especies para revegetalización de taludes	87
4.11.1	Resumen	89

4.12	Recuperación área de taludes y jarillones del nuevo curso del río Tunjuelito	90
4.12.1	Taludes internos y jarillones	90
4.12.2	Taludes externos	91
4.13	Aprovechamientos de las variedades existentes	91
4.13.1	Inventario	91
4.13.2	Preparación	92
4.13.3	Arranque	92
4.13.4	Transición	92
4.13.5	Siembra	92
4.14	Conclusión	93

## **CAPITULO 5**

5.	<b>PROPUESTA DEL MANEJO GENERAL PARA LA RECUPERACION DE LA ZONA DE GRAVERAS DEL RIO TUNJUELITO</b>	94
5.1	Diagnóstico general de la cuenca del Tunjuelito	94
5.1.1	Alcantarillado	95
5.1.2	Agus lluvias	95
5.1.3	Aguas negras	96
5.1.4	Suelos	97
5.1.5	Uso de la tierra	98
5.1.6	Conclusión	100

5.2	Manejo general para toda el área sujeta a recuperación	101
5.2.1	Factibilidad	101
5.2.2	Area recreacional actual	102
5.2.3	Justificación	103
5.2.4	Cobertura	104
5.2.5	Recreación	104
5.2.6	Conclusión	105

## **CAPITULO 6**

6	Conclusiones Generales	106
---	------------------------	-----

## **CAPITULO 7**

7	Bibliografía	108
---	--------------	-----

## **ANEXOS**

1	Fotográfico	
2	Características hidrogeológicas generales de la cuenca del río Tunjuelito	
3	Análisis cuantitativo de la alternativa de relleno sanitario	
4	El uso integrado de los recursos naturales y el geoambiente	
5	Aerofotografías 1940 / 1950 / 1991 (En planos)	
6	Diagnóstico sobre la rectificación del río Tunjuelito en la Fiscala	
7	Cálculos hidráulicos y estructurales.	

## PRESENTACION

Cementos Diamante S.A., Concretos Diamante, conciente de su obligación de restablecer el equilibrio ecológico de la zona, en que ha desarrollado su actividad minera, presenta el programa de actividades necesarias para establecer la Reserva Ecológica Privada "La Fiscala".

Dicha reserva, pretende brindar en el futuro una alternativa verde a la comunidad, en la cual se concilien no solo los intereses de rehabilitación sino también los de generar zonas para esparcimiento tanto activo como pasivo, tan necesario para el desarrollo humano equilibrado tan escaso en esta parte de Santa Fe de Bogotá.

Esperamos integrar alrededor de la idea, como ya se ha conseguido, no solo a los usuarios de la zona, sino también a todo organismo gubernamental y no gubernamental, que pueda aportar sus conocimientos y experiencias en proyectos similares, por considerar que solo un esfuerzo de tipo interdisciplinario e interinstitucional garantiza llegar a feliz término.

La iniciación de este proyecto, da la oportunidad de establecerlo como plan piloto de recuperación de las zonas de explotación minera a cielo abierto. Se pretende que sea Piloto no solo en el ámbito interno de compañía, sino también sea ejemplo a nivel nacional.



10

# CAPITULO 1

M.

## 1. INTRODUCCION

La operación minera de Cementos Diamante S.A. - Concretos Diamante tiene como característica primordial la explotación y beneficio de gravas para obtener la materia prima que se requiere. Esta en su totalidad proviene de depósitos aluviales, que se extrae con técnicas de explotación a cielo abierto y se beneficia en plantas de trituración y lavado, lo que implica forzosamente hacer modificaciones importantes en el paisaje y en el ambiente del área de localización de estos recursos.

Las explotaciones en la zona de influencia del río Tunjuelito cantera La Fiscala fueron iniciadas en la década de los cuarenta, llevando cerca de cincuenta años en esta operación.

Por la magnitud del depósito y su distancia de la Santa Fe de Bogotá de esas épocas, se evaluaron como positivas tanto su rentabilidad económica como posicional, además, que al estar localizada a más de 20 km del centro de la ciudad presumía garantizar el desarrollo minero sin perturbar el desarrollo urbano de la ciudad.

AD

Con el correr de los años el desarrollo de la ciudad cada vez más acelerado, hizo que las áreas de asentamiento se expandieran a una velocidad difícil de controlar y planear, de forma tal, que en el momento menos pensado las zonas de explotación se encontraron rodeadas por barrios y áreas de vivienda, con una alta densidad poblacional, que no permitieron dejar espacio libre para aislar la actividad minera del uso de la tierra para vivienda.

Haciendo una comparación de aerofotografías de los años 1940, 1948 y 1991 (en planos) se puede observar que el sitio donde se encuentran actualmente las explotaciones, era un valle dedicado a la agricultura y ganadería, que carecía de zonas de vegetación nativa. Se trataba de extensos prados y potreros de vegetación predominante herbacea y gramínea, lo cual implica que la industria extractiva no tuvo necesidad de talar bosques ni acabar con reserva forestal alguna, además de estar rodeada de una intensa erosión, la cual subsiste y actualmente está ocupada en algunos sectores por viviendas.

En este orden de ideas, Concretos Diamante siempre ha sido y será conciente de la necesidad de recuperar las zonas de explotación y presenta en este estudio una **Reserva Ecológica Privada**.

Durante los últimos cincuenta años, los agregados producidos por la industria minera de la zona del Tunjuelito, han brindado la mayor parte de la materia prima utilizada para construcción en Santa Fe de Bogotá. Contribuyendo por su economía, en gran forma al desarrollo de la ciudad así como al sostenimiento

físico de una cantidad innumerable de personas y entidades que por sus actividades participán directa e indirectamente en dicho desarrollo.

Este recurso natural, por no ser renovable, requiere de un manejo adecuado ya que de ocurrir un agotamiento prematuro, presentaría un impacto socioeconómico para la ciudad, de tal magnitud, que virtualmente paralizaría o por lo menos retrasaría notablemente su desarrollo, así como afectaría directamente la economía familiar de todas las personas dependientes de esta actividad.

Si tenemos en cuenta que las reservas de agregados para la construcción, económicamente explotables están situadas a más de 100 kilómetros de Santa Fe de Bogotá, al ser explotadas como consecuencia del agotamiento real o prematuro del depósito del Tunjuelito, el costo de los agregados para la construcción sería notablemente mayor, aumentado por el incremento de fletes transmitiéndose directamente sobre el valor de la vivienda y sus usuarios finales: La ciudadanía.

La tradición del municipio de Usme y del valle del río Tunjuelito ha sido tener siempre la industria minera como su principal ocupación y fuente de recursos. Por lo tanto la vocación económica del área debe seguir siendo la minería, porque el volumen de recursos existentes le resulta económicamente importante. Por esta razón creemos que en un futuro no muy lejano, la ciudad va ha tener que replantear su desarrollo y modificar los usos actuales de la

14

tierra en ésta área, con el fin de permitir el aprovechamiento de un recurso importante y no renovable.

Un diagnóstico previo sobre la situación actual de la zona presenta el siguiente panorama:

- Suelo y paisaje fundamentalmente modificado con presencia de inmensas excavaciones que sobrepasan en profundidad el nivel del lecho del río Tunjuelito.
- La mayoría de las excavaciones aparecen como depósitos de agua así como sitios de relleno resultado de la disposición de materiales no aprovechables, resultado del beneficio de los agregados.
- Zona virtualmente sitiada por el progreso de las urbanizaciones regulares y no regulares
- Virtual carencia de cobertura vegetal y alta incidencia de erosión mecánica, eólica y aluvial.
- Alto volumen de pétreos por explotar, que de dejar de serlos tendrían una gran incidencia dentro del sector que definen la actividad constructora.

## 1. 1 Objetivo

Concretos Diamante, pretende con este estudio plantear una solución que contemple la restitución de los puntos anteriores para brindarle a la ciudadanía una alternativa de solución verde, que genere aire puro, paisaje y posibilidades de recreación tanto activa como pasiva, que en la actualidad es bastante escasa en la zona sur de la ciudad. La solución se desarrollará paralelamente con la explotación del recurso que aún permanece en el subsuelo de los terrenos de la Compañía, encajando perfectamente con las últimas disposiciones en cuanto a solo permitir la explotación con fines a la recuperación..

Esta propuesta generará la rentabilidad necesaria para poder implementarla y a su vez permitirá que la ciudadanía, mediante la generación de empleos o de la adquisición de vivienda a costos razonables, aproveche el 100% del recurso disponible en la zona.

El proyecto propuesto abarca integralmente todos los frentes para ser contemplados en una alternativa de grandes proporciones, lo que incluye:

- Localización geográfica de la zona en el país, departamento, ciudad, municipio y zona de explotación, mediante un plano de ubicación (plano# 1).
- Dentro del área propia de explotación :
  - . Recuperación geomorfológica de la mina, recuperación de taludes estado final (plano # 2).

- . Plan vial, accesos y vías para mantenimiento del proyecto (plano # 3).
- . Plan de manejo de aguas lluvias y aguas negras (plano #4)
- . Plan de revegetalización y reforestación (plano # 5)
- . Cortes de la mina para ver diseños de las formas de los taludes (plano # 6)
- . Plano de ubicación de zonas de uso y ambientes paisajísticos en que queda dividida el área (planos # 7 y 7a)
- . Plano con las propuestas de solución de los alcantarillados de aguas lluvias y aguas negras de las zonas aledañas (planos # 8, 8a, 8b).
- . Las obras de estabilización de la canalización del río Tunjuelito como parte integral del proyecto (planos # 9 y 9a, b, c, d, e).

- Para la zona total de la cuenca del río Tunjuelito (30.500 Has)

. Diagnóstico actual general de la zona de la cuenca del Tunjuelito (plano #13):

- . Usos de la tierra
- . Tipos de suelos
- . Geología
- . Geomorfología
- . Descripción de pendientes de la zona
- . Plano con las redes actuales de acueducto en la zona
- . Plano con las redes de alcantarillado en la zona.

- Para el área total de explotación en la zona que incluye aproximadamente 200 hectáreas.

- 17
- . Diagnóstico general de la zona, evaluación geomorfológica con base en aerofotografías de 1991 (plano # 10)
  - . Propuesta general de restitución geomorfológica (plano # 11)
  - . Zonificación del área dando la valoración de uso a cada uno de ellas (plano # 12).

Este es el primer gran proyecto nacional de recuperación minera que Cementos Diamante S.A. tiene como Plan Piloto, que posteriormente implementará en todas sus factorías y áreas donde tiene explotaciones. De tal forma que se entren a conciliar los intereses industriales con los conservacionistas generando una segunda oportunidad de oferta ambiental que dé otras alternativas bien diferentes a las actuales, por lo tanto, debe ser un ejemplo a seguir por todas las industrias mineras de Colombia.

La Compañía, convencida de su obligación ambientalista y la necesidad de cumplir con el país, desde esta década ha comenzado a desarrollar este programa implementando las acciones necesarias para llevar a término el proyecto de recuperación y su rehabilitación que integre en él todos los elementos que esten en juego: Estabilidad geotécnica en taludes, recuperación y presentación geomorfológica, manejo de aguas, y lo más importante la revegetalización y reforestación del área de interés, la cual luego de ser terminada da como resultado una alternativa de uso con tendencia social.

Además, se ha montado un vivero, en el cual esperamos reproducir las especies nativas y exóticas necesarias para el proyecto. Contando con la



B

vinculación de especialistas en el tema que están aportando lo mejor de sí para lograr el objetivo fijado.

## 1.2. Marco Histórico:

En los orígenes de la historia de Santa Fe de Bogotá encontramos en las primeras crónicas del año 1539 una descripción de las ventajas por las cuales se fundó en el sitio que actualmente ocupa:

"A estas ventajas añadió el sitio acupado por Santa Fe su vecindad a los cerros llamados más tarde Monserrate y Guadalupe. Prestaron estos sus flancos como murallas protectoras y como escenario maravilloso para la exaltación urbana a su contribución protectora y de ornato agregaron los cerros la calidad de almacenes abastecidos de materiales, los más indispensables en la primera instancia para levantar casas y edificios; con sus arcillas se inició la fabricación de ladrillos, tejas y vasijas diversas; entregaron piedras calizas que, quemadas al aire libre se transformaban en cal y con ésta y arenas de peña se prepararon morteros; suministraron piedras para cimientos y para muros de calicanto, y las tierras arcillosas para adobes y tapias. Los bosques dieron leña para cocinas y tejares, carbón vegetal para las primeras herrerías y fundiciones y todas las maderas empleadas en las construcciones. La paja trabajada en cuanes o tomizas surtió de sogas, cuerdas y cordones diversos. El chusque, gramínea de las tierras altas y los cuanes fueron materiales básicos en la construcción de entramados o muros en bahareque. Tal fue el aporte sencillo, económico y pronto para que

19

los programas de construcción en Santa Fe de Bogotá recién fundada y aún para empresas posteriores entregaron los cerros. Participaron esos materiales en la construcción de viviendas y en las fábricas de las primeras iglesias y conventos con aportes que en muchos casos permanecen intactos "(Fray Pedro Simón, noticias historiales de las conquistas de tierra firme en las Indias Occidentales)".

Por lo anterior se observa la vocación minera de los cerros como proveedores de materiales para la construcción.

A principios de siglo con la creación de las primeras fábricas de cemento se cambió la concepción de construcción, se comenzó a usar los concretos en forma creciente, siendo necesario para la elaboración de ellos el contar con materias primas adecuadas.

En un principio se utilizaron las mismas formaciones que generosamente la naturaleza brindaba: La Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe, como fuente de agregado grueso y para las arenas las Formaciones Arenisca Tierna y de Labor del mismo grupo. Los agregados fueron lavados en las corrientes de agua existentes en Santa Fe de Bogotá, especialmente el río San Cristobal.

Con el incremento de la demanda y la entrada en el mercado de más cementeras, así como de más concreteras, fue necesario buscar otra fuente de materia prima. Esto llevó a la industria a mirar los depósitos aluviales más cercanos, los cuales fueron agotados totalmente: río Fucha, río San Cristobal.

30

Simultáneamente, hace más de cinco décadas, se detectaron los depósitos aluviales del río Tunjuelito con los cuales se comenzó a desarrollar una incipiente industria, la que implementó técnicas de minería y montó plantas de beneficio que trituraban y lavaban los agregados.

Hoy, ésta es una pujante industria totalmente mecanizada y altamente tecnificada que como resultado de su operación, contribuye con su esfuerzo al desarrollo y crecimiento de la industria en el país.

21

CAPITULO 2

22

## 2. ALTERNATIVAS DE RECUPERACION

### 2.1 Introduccion

La cuenca media del río Tunjuelito, se localiza al sur 500 m aguas arriba del puente de la avenida al Llano sobre el río Tunjuelito, al occidente por la Avenida Boyacá, al oriente por la carretera a Usme y al norte por la zona de las Manas. Esta zona se caracteriza por ser asiento de numerosas industrias mineras que aprovechan, benefician y comercializan los distintos agregados pétreos del valle del río, ocupando una superficie aproximada de 200 Ha.

Geomorfológicamente se ha cambiado el estado normal del valle del río como consecuencia de la actividad minera y se presentan numerosas excavaciones con profundidades que van de 30 a 80 m., con taludes verticales aparentemente estables, que requieren un diagnóstico a corto y largo plazo para su recuperación y uso potencial.

Dentro de las industrias mineras que tienen su sede en este sector se encuentra Concretos Diamante, firma que ha demostrado marcado interés por establecer un posible uso a su predio una vez concluya el aprovechamiento y explotación de las gravas y de manera general de todo el sector. Por esta razón el proyecto



24

se ha dividido en dos etapas:

- Estudio detallado del predio de propiedad de Concretos Diamante.
- Estudio de manera general del área global en explotación (200 Ha aproximadamente)

## 2.2 Objetivo

El objetivo principal de la presente evaluación por parte de la empresa Concretos Diamante es establecer los posibles usos que pueda darse al predio una vez concluya su actual explotación minera en el año 2.005.

## 2.3 Localización.

La cantera La Fiscala se localiza de norte a sur, sobre la carretera que conduce a Usme Km (3 + 0), hasta donde se inician las urbanizaciones Aurora I y II, y de oriente a occidente, entre la continuación de la Avenida Caracas (carretera Bogotá-Usme) y la Autopista Bogotá-Villavicencio (fig. 1 y plano #1).

## 2.4 Predio de Concretos Diamante

### 2.4.1 Antecedentes

Concretos Diamante adquirió de tiempo atrás una superficie aproximada de 70 Ha. que hace parte de la antigua hacienda La Fiscala atravesada por el río Tunjuelito en una longitud aproximada de 1.100 m. La cuenca del río se caracteriza por ser asiento desde el siglo pasado de una actividad minera basada en la utilización de gravas y arcillas fluviolacustres depositadas en paleocanales del subsuelo y lecho del río, dando origen a un sinnúmero de industrias ladrilleras aprovechan las arcillas y a numerosas industrias mineras para la producción de agregados.

Dentro de un plan de aprovechamiento minero se vienen explotando los depósitos aluviales del río Tunjuelito para transformarlos mediante trituración, lavado y selección en gravas, gravillas, y arenas que se utilizan en la preparación de concreto para la actividad de la construcción.

### 2.4.2 Alternativas de Uso

De acuerdo con su objetivo y el estado actual del predio se han estudiado las siguientes alternativas de uso:

- Uso Agrícola



- ste
- Uso Pecuario
  - Relleno Sanitario
  - Uso Urbanístico
  - Uso Hidrológico Regulador
  - Uso Forestal
  - Uso Recreacional

## 2.5 Resultados de Evaluación de Alternativas

Se estudió en detalle cada una de las alternativas y se concluyó lo siguiente:

### 2.5.1 Uso Agrícola y Pecuario

En la actualidad no existe capa vegetal y las condiciones fisiográficas del predio no permiten el establecimiento de ninguna actividad agropecuaria razón por la cual se rechazan estos usos.

### 2.5.2 Uso Urbanístico

La geomorfología del terreno, como consecuencia de la continua explotación con aprovechamiento de agregados petreos del lecho del río, presenta un suelo fundamentalmente modificado con presencia de inmensas excavaciones que sobrepasan en profundidad el nivel del lecho del río Tunjuelito. La mayoría aparecen como depósitos de agua así como de sitios de relleno resultado de la disposición de materiales estériles no aprovechables; que no permiten

económicamente su uso para la actividad urbanizadora porque resulta casi que imposible su adecuación y desagüe, así como su peligro potencial de inundación por posible desbordamiento del río, descartándose esta posibilidad de uso.

### 2.5.3 Relleno Sanitario

Esta propuesta contó con una aceptable factibilidad para dar uso práctico y útil a los cráteres abiertos, pero se caracteriza por ser inconveniente, inconsecuente y por crear un problema potencial de alta contaminación de impredecibles consecuencias y casi imposible manejo al analizar los siguiente aspectos:

- . Vecindad del área, con barrios de alta densidad de población.
- . Por encontrarse al sur y de manera inmediata al relleno sanitario de Doña Juana.
- . Por ser una de las dos últimas zonas de importancia para la recarga de los acuíferos subterráneos que alimentan a la Sabana de Bogotá y teniendo en cuenta los antecedentes de contaminación por lixiviados que este tipo de obras genera, no obstante, su "impermeabilización" y/o construcción sobre suelos impermeables. (El relleno sanitario de Doña Juana aporta actualmente 2 l/s de lixiviados)

Por la permeabilidad de los estratos expuestos al estar constituidos en su 100% por gravas en matriz areno-arcillosa propias de la formación explotada y la alta dificultad, por no decir imposibilidad, de impermeabilización del 100% por medios artificiales.

Por ser dichos acuíferos la fuente de la cual se están alimentando algunos acueductos, la industria agrícola de las flores, las explotaciones pecuarias y otro sinnúmero de diferentes usuarios, que al ser contaminados por un mal manejo de lixiviados, generan condiciones de alta peligrosidad que podría llegar hasta la clausura y desaprovechamiento de esta fuente de agua.

En los anexos #2 y #3 se hace una breve ampliación de los argumentos con los cuales nos basamos para desechar esta alternativa.

### 2.5.4 Uso Hidrológico Regulador.

De tiempo atrás, aproximadamente desde el año 1960, la E.A.A.B. ha venido estudiando la posibilidad de establecer en diferentes sitios, embalses que regulen el caudal del río Tunjuelito en las épocas de crecientes y controlar las inundaciones que se pueden presentar en la zona plana de la cuenca del río, denominados probablemente :

- . Embalse Cantarrana
- . Embalse La Fiscala

. Zona Inundación o Ronda.

Sin embargo por razones técnicas, económicas y prácticas, la E.A.A.B. resolvió adecuar la Ronda como embalse regulador.

### 2.5.5 Uso Forestal

Teniendo en cuenta la transformación que ha sufrido el suelo como consecuencia de la continua explotación minera, el 25% podría dedicarse a esta actividad, quedando 75% sin potencial de uso lo cual no es recomendable. Además considerando la periferia urbanizada y la población que la habita es conveniente establecer un uso compartido con la actividad forestal que será exclusivamente de carácter paisajístico, conservación del medio y proteccionista y en ningún momento de carácter industrial.

### 2.5.6 Uso Recreacional

El aspecto geomorfológico del área del predio nos muestra que la parte que no se puede dedicar a la actividad forestal el 75%, mediante adecuación de sus condiciones topográficas, se hace factible su dedicación al uso recreacional.

El aspecto geomorfológico del predio muestra que es económicamente factible hacer una adecuación de sus condiciones a la actividad recreacional mediante la proyección de un parque ecológico, que reúna los dos posibles usos : Forestal y Recreacional.

### 2.5.7 Conclusión.

Luego del anterior análisis, concluimos que el uso más factible, que brinda las mejores perspectivas al futuro conciliando los diferentes intereses conservacionistas, es una combinación del uso forestal con el recreacional.

Por lo cual proponemos el establecimiento en esta zona de una "Reserva Ecológica Privada". La cual sea el producto final de todo un programa integrado de recuperación, el cual es expuesto en los posteriores capítulos.

Como ya lo hemos expresado, esperamos que este proyecto se convierta en Piloto y ejemplo para la recuperación general de la zona y modelo para zonas similares en el resto del país.

CAPITULO 3

### 3. RESERVA ECOLOGICA PRIVADA "LA FISCALA"

#### "CONSIDERACIONES GENERALES"

##### 3.1 Introducción

Habiendo definido el establecimiento de una Reserva Ecológica Privada en el área de la cantera La Fiscala, a continuación se presentan los detalles para su desarrollo: La evaluación, diagnóstico y plan general de rehabilitación geomorfológica y de estabilización de taludes en el área de influencia de las explotaciones de gravas en el río Tunjuelito.

El ser parte de toda una zona de influencia general, hace que un análisis discreto y parcializado, en principio, no sea el más objetivo, de tal forma que veremos la situación desde un punto de vista más generalizado que contemple toda la problemática de la geoforma y estabilidad de taludes en la zona. De este análisis, se deducen políticas de acción general que dan una luz a la situación integral de estabilidad final de la zona, además de ser un punto importante de partida para la proyección del área total.

Las explotaciones de materiales pétreos - gravas y arenas del sector del río Tunjuelito al sur de la capital de Santa Fe de Bogotá, han originado durante su extracción grandes depresiones con profundidades de 20 a 80 m, delimitadas por taludes casi verticales, las cuales se presentan distribuidas a lo largo del

antiguo cauce del río con amplitudes de 100 a 500 m de ancho, separadas entre sí, por la conveniencia de cada propietario.

La distribución aislada de las excavaciones en esta etapa avanzada de explotación ha originado graves problemas en la ronda del río, encontrándose su lecho "colgado", delimitado por los taludes verticales de las explotaciones, condición que ha causado una situación de inestabilidad dinámica del río, obligando a su protección longitudinal mediante jarillones de 2 a 4 m de altura.

Igualmente las explotaciones se ubican cerca de algunas urbanizaciones, presentando un alto riesgo de inestabilidad causado por los factores generados por estas últimas. Se requiere un plan integrado de explotación conjunta, dirigido a la recuperación morfológica, a la estabilidad de taludes finales, a la protección final del cauce y a la disposición técnica de los residuos de materiales, para desarrollar la revegetalización, la reforestación y los manejos de agua.

### 3.2 Metodología

El plan de recuperación morfológica de La Fiscala se realizó en dos etapas consecutivas:



### **3.2.1 Etapa de Evaluación en el Terreno.**

Durante esta actividad, se hizo un análisis de la situación actual de las explotaciones realizadas por Concretos Diamante, junto con una evaluación geomorfológica del cauce del río Tunjuelito, las zonas de explotación y las laderas contiguas.

Este análisis integrado permitió identificar los sectores críticos de inestabilidad.

### **3.2.2 Etapa de Recuperación Morfológica del Terreno.**

Esta actividad buscó la disposición final de cada una de las unidades paisajísticas del terreno en cuanto su composición, manejo y uso.

## **3.3 Marco Geológico y Geomorfológico del Area del Proyecto.**

La zona de explotación de gravas y arenas, ubicada sobre los antiguos planos aluviales del río Tunjuelito, se localizan geomorfológicamente sobre el eje del sinclinal de Usme, conformado por sedimentos arcillosos y arenosos de las Formaciones Regadera y Usme. Rellenando la fosa sinclinal se presenta un espeso depósito aluvial del río Tunjuelito, que corresponde a una secuencia de origen fluvio lacustre de gravas y arenas, intercaladas con niveles arcillosos y

limo-arcillosos. Estos materiales fueron depositados durante el cuaternario inferior, producto de los períodos de deshielo. Lateralmente, la zona, se encuentra delimitada por laderas de pendientes moderadas donde se localizan las zonas urbanas, y áreas de pendientes fuertes con erosión intensa.

El río Tunjuelito, en el sector de explotación de gravas y arenas comprendida entre 1 km aguas arriba del cruce de la autopista al Llano y la Escuela de Artillería, presenta el tramo más afectado por las excavaciones de explotación; zonas ubicadas lateralmente a su cauce y afectando la zona de inundación o ronda del río junto con alteración de sus características morfológicas y dinámicas.

En el sector de estudio, el cauce del río se desarrolla sobre la planicie aluvial que corresponde a espesos depósitos fluvio-lacustre de 20 a 80 m de espesor de edad pleistocena, acumulados durante los períodos de deshielo; rellenando un antiguo valle y cubriendo materiales arcillosos de la Formación Regadera que ejercen un control estratigráfico en la morfología del cauce aguas arriba de La Fiscala. Sobre el sector oriental, la zona aluvial del río está delimitada por laderas de pendientes suaves, conformadas por suelos arenosos y arcillas de la Formación Tilatá con procesos de erosión que han dado lugar al desarrollo de cárcavas parcialmente estabilizadas, procesos que han sido favorecidos por las condiciones climáticas secas de la región. El río Tunjuelito aguas arriba del sector de La Fiscala desarrolla su cauce sobre terrazas aluviales, delimitadas lateralmente por laderas rocosas de la Formación Regadera que ejerce un control geológico en la morfología del cauce. A partir del sector de La Fiscala,

a 150 m aguas abajo del cruce del puente de la Autopista al llano, el cauce se desarrolla sobre planos aluviales con la amplitud original de 400 a 1.000 m de ancho, donde se ubican las diferentes zonas de explotación de materiales.

### 3.3.1 Características Geomorfológicas del Valle del Río Tunjuelito

El análisis de las fotografías aéreas de la década de 1940 a 1970 ( anexo #5) permiten identificar la morfología original del río que correspondió a un cauce de características sinuosas, desarrollado sobre la planicie aluvial donde se identifican antiguos meandros cortados por la dinámica fluvial.

Aguas arriba del sector de La Fiscala, el cauce presenta una morfología rectilínea que está determinada esencialmente por el control geológico de las unidades resistentes que delimitan su cauce; con una pendiente de 1 a 3% (10 a 30 m por Km); características morfológicas que no han variado en el tiempo. Para el sector aguas abajo de La Fiscala la pendiente original del cauce oscila entre 0.4% y 0.5%, valores normales en cauces de características meándricas con una carga de sedimentos de arenas y gravas alcanzando un estado de equilibrio morfológico, determinado por su pendiente original, que ha sido ajustada para el transporte total de los sedimentos aportados por la cuenca. Estas condiciones iniciales de equilibrio morfológico del cauce fueron cambiadas progresivamente durante el desarrollo de las explotaciones, entre 1950 y 1980 como se aprecia con la rectificación hacia el margen izquierdo con un trazo rectilíneo (sinuosidad = 1.0) característica morfológica que cambió su

dinámica al cambiar la pendiente, régimen de flujo y capacidad de carga de la corriente.

### **3.3.2 Características Geomorfológicas de las Zonas de Explotaciones Actuales**

Las explotaciones actuales de La Fiscala han configurado varias depresiones de 100 a 500 m de amplitud delimitadas por taludes de 30 a 70 m de altura. El diseño de explotación futura contempla la integración de estas depresiones aisladas configurando finalmente una depresión mayor donde la explotación integrada permitirá su recuperación morfológica, estabilización de taludes y planes de recuperación ecológica.

El plan de recuperación morfológica, en su etapa final, contempla la configuración y adecuación de unidades de paisaje caracterizadas por la composición de los materiales, pendientes, condición hidrológica (drenaje), estabilización, que serán tratadas individualmente dentro del plan de manejo y uso de la zona.

El manejo que ha de darse a los rellenos con los desechos de la trituración contempla entre otros los siguientes aspectos :

- La composición y propiedades geotécnicas de estos materiales
- La disposición que se les dá a estos materiales en el sitio de almacenamiento
- El diseño de diques o sistemas de protección lateral
- La conservación y manejo de estos materiales para su utilización.

La selección, preparación y uso del sitio de disposición final de los desechos mineros o de apertura de carreteras, requieren un estudio detallado de los diferentes tópicos que influirán en el comportamiento de la obra tanto en el período de utilización como luego de que se haya terminado.

En cuanto a los aspectos relacionados directamente con la ingeniería se tiene el estudio de los tipos de desechos y sus propiedades geotécnicas, los métodos de manipulación, la disposición y transporte que se les dé en el sitio de almacenamiento, la conservación durante la etapa de construcción y vida del terreno y las condiciones para su uso futuro. Puede decirse que estos aspectos están gobernados por criterios económicos, geotécnicos y ecológicos.

Mc Carter (en Kennedy, 1990) establece que desde un comienzo debe tenerse en cuenta un conocimiento detallado de las propiedades físicas y mecánicas de los desechos, especialmente si éstos van a ser empleados en la construcción de diques u otros medios de disposición, control o contención, caso en el cual deberán investigarse las propiedades de resistencia al corte, consolidación, permeabilidad, sedimentación y agregamos nosotros, las relativas al proceso constructivo (granulometría, plasticidad, compactación, degradabilidad). Como el riesgo de contaminación de corrientes de agua es inherente a la construcción y utilización de terrenos, puede ser importante también la determinación de las características químicas de los desechos y de las lechadas que se generen en ellos.

Los métodos de transporte y disposición de desechos que constituyen un capítulo importante en la economía de un proyecto, tendrán gran incidencia en la transformación que sufran los desechos entre el sitio de origen su almacenamiento final y la estabilidad del terreno (como estructura global, en conjunto con su fundación). Es de gran utilidad desarrollar un método y secuencia de construcción teniendo presente la disponibilidad y características de materiales de construcción diferentes de los desechos mismos. Todo diseño deberá analizarse en relación con la economía y la estabilidad. Dentro de las consideraciones de estabilidad, será necesario incluir el efecto sísmico y la influencia de condiciones climáticas externas. Se destaca, que la construcción por etapas disminuye la inversión de capital inicial y reparte el costo de la construcción - diques, sistemas de drenaje.

Practicamente todos los especialistas del tema de rellenos, coinciden en llamar la atención hacia la importancia del estudio de problemas, dificultades y fallas que se hayan presentado en los terrenos, como un medio para mejorar los sistemas de diseño y construcción y advierten que cada vez es más importante acudir a criterios de la ingeniería geotécnica posterior a la terminación de la minería.

Por limitaciones de espacio para la ubicación de estos materiales se recomienda utilizar la zona baja de la excavación una vez se conozcan las características geotécnicas de los desechos y del terreno donde se ubicarán. Dadas las características de material blando que configuran los desechos, se requiere un buen sistema de drenaje superficial donde estos se han de reubicar evitando la

erosión y asegurando su estabilidad y evitando la influencia de las aguas de escorrentía. Simultáneo con las obras de drenaje superficial sobre la superficie de disposición de los desechos es importante diseñar estructuras de control mediante diques o terraplenes, ubicados en sitios que permitan una disposición adecuada de los materiales.

Se recomienda reubicar los materiales de desecho en zonas aisladas de los taludes contiguos mediante zanjas de drenaje que permitan controlar el nivel freático y de la influencia de las aguas de escorrentía sobre la base de la explotación final teniendo presente las condiciones hidrogeológicas del área acupada por desechos.

### **3.4 Aspecto Paisajístico**

Se diferencian las distintas unidades de paisaje, individualizadas para el manejo integral de la zona:

#### **3.4.1 Unidad de Talud**

Corresponde a los taludes finales dejados por la explotación que delimitan el piso de la excavación. Están conformados esencialmente por materiales granulares, gravas y arenas; definiéndose como un talud heterogéneo por la presencia de lentes limo-arcillosos con espesores variables de 1 a 3 m que originan niveles freáticos colgados.

Su condición de estabilidad está determinado por factores como granulometría de los materiales granulares - gravas en matriz arenosa - intercaladas con lentes de limos arcillosos de muy baja permeabilidad, además de la cohesión capilar ejercida por las aguas de infiltración sobre los materiales granulares. Esta fina película de agua ejerce una cohesión a nivel de cada elemento que aumenta el coeficiente de fricción interno de los materiales. Estas características granulométricas de los materiales junto con la cohesión capilar intergranular definen unas condiciones estables para los taludes de pendientes casi verticales, condición observada en la mayoría de los taludes de corte. Las condiciones de permeabilidad de estos materiales son en general de media a baja, identificándose filtraciones en la zona de gravas y arenas que cubren los lentes de limo-arcillosos intercalados. Los análisis de campo permiten inferir una permeabilidad media a baja para los materiales granulares, con mayores valores asociados a lentes de material más grueso; combinados por los materiales limo-arcillosos de características impermeables. Las observaciones sobre los taludes contiguos al cauce del río Tunjuelito presentan, muy localmente, muestras de infiltraciones, sin embargo se espera una mayor filtración en un plano vertical perpendicular al eje del cauce.

### 3.4.2 Unidad Piso de Excavación

Corresponde al piso de la excavación, conformada por materiales de diferente composición. Según las investigaciones del subsuelo mediante sondeos geoelectricos y perforaciones, los materiales que configuran el piso de la excavación corresponden al lecho original del paleocauce labrado sobre la



A2

unidad del cono del Tunjuelito formado por bloques de areniscas de tamaños mayores de 1 m en una matriz limo-arcillosa. Las características y composición de estos materiales previenen un piso final de la excavación muy irregular, afectado por la influencia de aguas de infiltración y subterráneas provenientes de las laderas contiguas.

La adecuación morfológica de esta unidad debe contemplar los siguientes aspectos: Una delimitación de la unidad de taludes contiguos, mediante canales de drenaje que intercepten las aguas de escorrentía, lluvias y de infiltración; aislando de esta forma la unidad de acción de las aguas, asegurando la estabilidad de las obras y su manejo posterior. Un incremento de obras de drenaje mediante zanjas que se intercepten con los canales de drenaje laterales para la adecuación parcial de este sector en la ubicación de materiales de desecho, residuos mineros de composición limosa y para la implementación de los planes de reforestación y recuperación ecológica.

### **3.4.3 Unidad de Terraza Plana**

Corresponde a los sectores planos que delimitan las zonas de recuperación morfológica. Está conformada por materiales granulares dejados como una zona de protección de los sectores aledaños donde se localizan obras civiles y zonas urbanas (barrios la Aurora I, II y la vía a Usme). El manejo de esta unidad debe estar dirigido a la ubicación de obras de drenaje (canales colectores, de aguas lluvias y servidas), obras de protección (muros, vallas, y zonas de aislamiento).

### 3.5 Disposición de Materiales de Desecho

Los aspectos relacionados directamente con la disposición técnica de estos materiales de desecho deben establecer las condiciones topográficas finales, junto con las condiciones hidrológicas locales y la composición de los materiales del piso, además de determinar los parámetros de resistencia y las propiedades de estos materiales.

#### 3.5.1 Características Generales de los Materiales de Desecho

Desde el punto de vista de la obra y del proceso que sufren los materiales puede hablarse en general de residuos gruesos y finos producto de las labores de explotación y procesos de separación, clasificados como:

- . Materiales gruesos que contienen partículas de más de 30 cm de tamaño.
- . Arenas gruesas a medias, usualmente resultado del ciclonamiento de la roca triturada.
- . Limos resultantes de la molienda fina de la roca.

Mientras que las arenas y los limos son pobremente gradados, casi siempre uniformes, el material grueso puede ser bien gradado, y a pesar de su contenido de partículas gruesas, son sorprendentemente impermeables, como se observa en la tabla No. 1. donde se resumen las propiedades geotécnicas de una variedad de desechos industriales y mineros, la mayoría de los materiales

PROPIEDADES DE ALGUNOS DESECHOS MINEROS

(Tomada de G.E. Blight, Tokio, 1977)

Material	Referencia citada por G.E. Blight	Gradación		Parámetros de resistencia efectivos		Permeabilidad		Peso unitario seco $\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )
		d85 (mm)	d15 (mm)	c' (T/m <sup>2</sup> )	$\beta'$ (°)	k (cm/s)	$C_v$ (m <sup>2</sup> /s)	
Residuo de mica arcilla de China	Illsley (1976)	0.1	0.02	0	25	$k_y=2.10$ $k_x=1.5.10$		1110
	Blight y Brackley	7	0.1	0	45-55 para $G > 20t/m^2$ 15-30 para $G < 20t/m^2$			770 a 1110
	Wahler y Schlick (1.976)	40 a 9.5	0.5 a 0.074	0	34 a 40			960 a 1760 (prom. 1440)
		0.7 a 0.2	0.025 a 0.0015	0	37 a 40			710 a 1360 (prom 880)
	Haw y otros (1.976)	60 a 10	1 a 0.02	1.4 a 2.8	27 a 20	$10^{-5}$ a $10^{-7}$		1440
Residuos de Cuarzo	Wahler Schlick (1976)	0.4 a 0.2	0.1	0	33 a 37	$5 \times 10^{-3}$ a $5 \times 10^{-4}$		1200 a 1300
Residuos de Cobre (lavado)	Wahler y Schlick (1976)	0.3 a 0.15	0.01 a 0.002	0	33 a 37	$5 \times 10^{-5}$ a $1 \times 10^{-5}$		1200 a 1680
		0.15 a 0.015	0.002 a 0.001			$1 \times 10^{-5}$ a $1 \times 10^{-6}$		
	Wolsky y otros (1976)	$d_{50}=0.05$		1.0	28	$2 \times 10^{-2}$ a $2 \times 10^{-4}$		
	Murphy y otros (1976)	0.15	0.007	0	35			1300 a 1600
Residuos de minas de oro (lavado) (cuarcita triturada)	Blight (1969) Donaldson	0.12	0.005	0	35	$1 \times 10^{-5}$ a $2 \times 10^{-5}$		1760
	Hamel y Gunderson	0.08	0.003	5.5	24			1520
Residuo de granito	Illsley (1976)	95% tamaños de canto		0	40			1900

TABLA I.

PROPIEDADES DE ALGUNOS DESECHOS MINEROS (continuación)  
 (Tomada de C.E. Blight, Tokio, 1977)

Material	Referencia citada por C.E. Blight	Gradación		Parámetros de resistencia efectivos		Permeabilidad		Peso unitario seco $\gamma_s$ (kg/m <sup>3</sup> )
		d <sub>85</sub> (mm)	d <sub>15</sub> (mm)	c' (T/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)	k (cm/s)	C <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /s)	
Residuos de yeso	Blight (1969)	0.05	0.003	5.0	37	2x10 <sup>-5</sup>	3x10 <sup>-5</sup>	1000 a 1150
	Kleiner (1976)	0.1	0.025	0 a 1.0	31 a 40	2x10 <sup>-4</sup>		
desechos de minas de hierro	Murphy (1976)	0.2	0.06	0	30			1700 a 2000
Ceniza combustible pulverizada	Haws (1976)	0.15 a 0.05	0.02 a 0.006	0	34 a 38	1x10 <sup>-3</sup> a 5x10 <sup>-6</sup>		1090
	Blight (1970)	0.08	0.003	0 a 5.5	35	1.5x10 <sup>-3</sup>		960
Desecho de cuarcita	Blight (1969)	30	0.3	0	41			1760
Cuarcita y calcita molidas y arena bituminosa.	Mittal y Morgenstern (1975)	0.5 a 0.15	0.2 a 0.05	0	29.5 a 45 función de la densidad y esfuerzo normal	lab: 2 a 0.1 cm: 3.0 a 1.5x10 <sup>-4</sup>		Lab. min: 1220 lab max: 1790 cm: 1380 a 1860
Cuarcita y calcita molidas	Pettibone y Kealg (1971)	0.4 a 0.6	0.5 a 0.7	0	41	k <sub>x</sub> =1x10 <sup>-6</sup> k <sub>y</sub> =5x10 <sup>-7</sup>		1630
Arenisca y lutita meteorizada	Baéz y otros (1981)	1	0.005 a 0.001	0	31	0.2x10 <sup>-3</sup> a 1.0x10 <sup>-3</sup>		

Donde k<sub>y</sub> = Permeabilidad a flujo vertical  
 k<sub>x</sub> = Permeabilidad a flujo horizontal.

TABLA I (continuación)

Ne

tienen una cohesión baja o nula y así mismo pocas veces los ángulos de resistencia al corte son menores de  $30^\circ$ . La permeabilidad de la mayoría de los materiales es típica de arenas finas o limos. Como los residuos finos por lo general se depositan hidráulicamente, presentan algún grado de anisotropía en sus propiedades de permeabilidad y resistencia lo cual deberá tenerse en cuenta en los estudios de infiltración aguas subterráneas y estabilidad.

Al pensar en la estabilidad de terrenos a largo plazo, es importante considerar que los materiales acumulados o depositados pueden sufrir acción química importante en función tanto del tiempo transcurrido desde el almacenamiento como de las propiedades de los materiales entre ellas su degradabilidad factor tiene una de alta incidencia en rocas blandas, limos y arcillas, se advierte que en los terrenos (materiales de desecho) ocurre degradación continua de las partículas en función de la deformación, aún a esfuerzos relativamente bajos, lo cual trae como consecuencia un descenso en el valor del ángulo de resistencia al corte. La meteorización química explica que los valores de resistencia obtenidos en el laboratorio sean generalmente mayores que los hallados en el campo.

La permeabilidad es una de las características más importantes de los desechos y merece una consideración especial. Su valor dependerá de aspectos tales como facilidad de infiltración y por lo tanto la saturación y flujo o reblandecimiento de los materiales del drenaje de las masas dispuestas en el terreno, según Bohnet & Kunze (en Kennedy, 1990) en relación con los aspectos de resistencia al corte, puede pensarse que inicialmente los materiales de un

17

terreno se comportan como "roca disgregada" sin cohesión, especialmente si la técnica de disposición de ellos no incluye compactación en capas sino que simplemente se van botando por avance frontal. Sin embargo, con el tiempo, con autocompactación, humedecimiento-secamiento y reacciones químicas que degradan aún más el material éste llega a comportarse como cohesivo, pero la cohesión no es constante sino que puede irse reduciendo con el tiempo, por reblandecimiento y remoldeo, particularmente si ocurren flujos de tierra.

Sobre los materiales de desecho (terrenos) es conveniente realizar ensayos de infiltración sencillos, a partir de excavaciones o barrenos ejecutados con equipo manual.

### 3.5.2 Preparación del Sitio de Ubicación de los Desechos

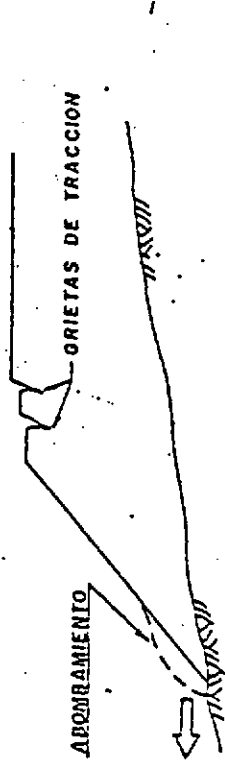
En minería es muy común que deban manejarse materiales blandos, orgánicos o altamente meteorizados, como los de capas superiores del descapote y materiales relativamente duros o menos alterados como roca estéril que sobreyace al cuerpo mineral.

Por simple cuestión natural el "capote blando" deberá excavarse primero y como consecuencia irá a quedar debajo de los materiales de mejor calidad. Es necesario considerar que una pequeña fracción de material blando es suficiente para reducir la resistencia de la roca competente, por lo que es aconsejable en tanto sea factible, el separar las dos fracciones para optimizar la utilización del área. Por otra parte la superficie de dicha área casi siempre va a estar

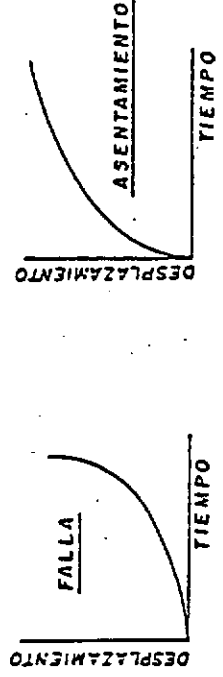
conformada por materiales blandos, compresibles o de estabilidad precaria como pueden ser los suelos residuales o antiguos depósitos (turba, coluviones, flujo de lodos) los cuales darán lugar a condiciones de fundación muy desfavorables. Cuando sea posible deberá eliminarse la capa vegetal y material blando o muy meteorizado debajo del desecho de roca a fin de aminorar el riesgo de falla de fundación con la consiguiente pérdida de la capacidad del terreno. Desde luego que esta operación estará restringida por la disponibilidad de espacio y la dificultad de acceso o de uso de maquinaria, o por la extensión misma del área. A veces, se puede pensar en acumular temporalmente los materiales orgánicos, para después localizarlos cubriendo las masas de estériles con fines de conservación o recuperación ambiental.

Existen varias estrategias para realizar el botado de los materiales (figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6). El botado por avances frontal es el más utilizado, pero su estabilidad permanente es más difícil de garantizar. El material descargado en la cresta del terreno y descendiendo por la cara del talud hasta acomodarse en su ángulo de reposo, que para muchos de los materiales granulares es de 36° a 38°. A medida que el desecho se deposita, la nueva capa desarrolla una resistencia friccional y cohesiva, debido al entrelazamiento de partículas; en ausencia de circunstancias, el terreno será estable sino se aplican cargas excesivas y no se encuentra una fundación blanda; el talud frontal como ya se indicó, estará limitado por el ángulo de reposo de los materiales. En terrenos situados en valles de alta pendiente natural, pueden alcanzarse grandes acumulaciones de desechos y por consiguiente generarse mayores riesgos de

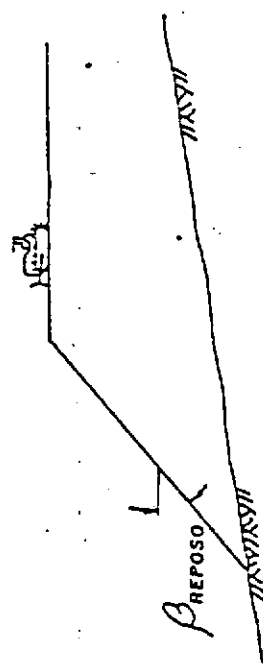
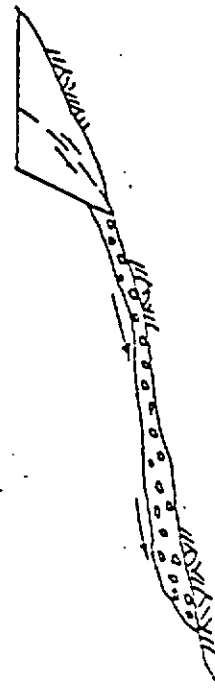
d) LA FALLA EN LA CRESTA PUEDE SER CAUSADA POR SOBRE EMPINAMIENTO DEL TALUD DEDIDO A SEGREGACION NATURAL, INCREMENTO LOCAL DE FINOS COHESIVOS HUMEDOS, AVANCE RAPIDO ( $> 1\text{ m/día}$ ), Y COMPACTACION POR EQUIPO PESADO



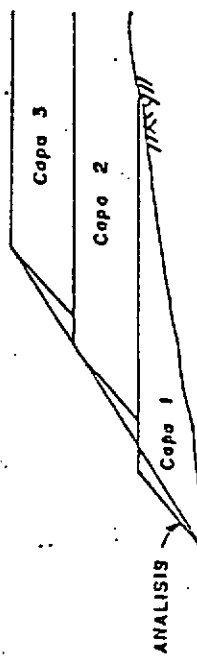
e) LAS ORIETAS DE TRACCION DE LA CRESTA PUEDEN SER INDICATIVAS DE:



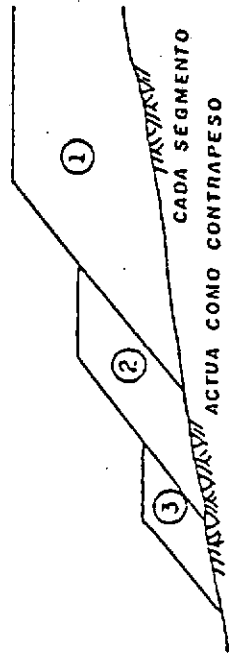
f) LOS TERREROS PUEDEN FALLAR DE MANERA PROGRESIVA O CATASTROFICAMENTE EN FORMA DE FLUJO DE DETRITOS



a) BOTADO POR AVANCE FRONTAL



b) BOTADO EN CAPAS



c) BOTADO EN SECUENCIA FRONTAL

FIGURA N° 1. - METODOS DE DISPOSICION (Hoek y Ashby, 1980).

FIGURA N° 2.- TIPOS DE FALLA EN TERREROS (Hoek y Ashby, citados por García M. y Parra F., 1981)



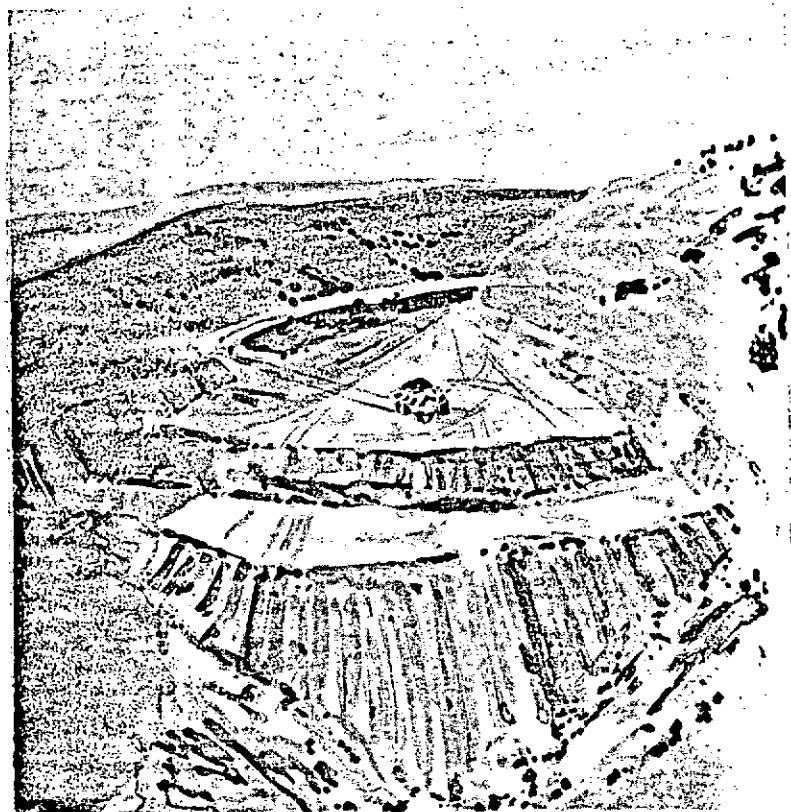


- RELLENO CONSTRUIDO EN CAPAS SUCESIVAS

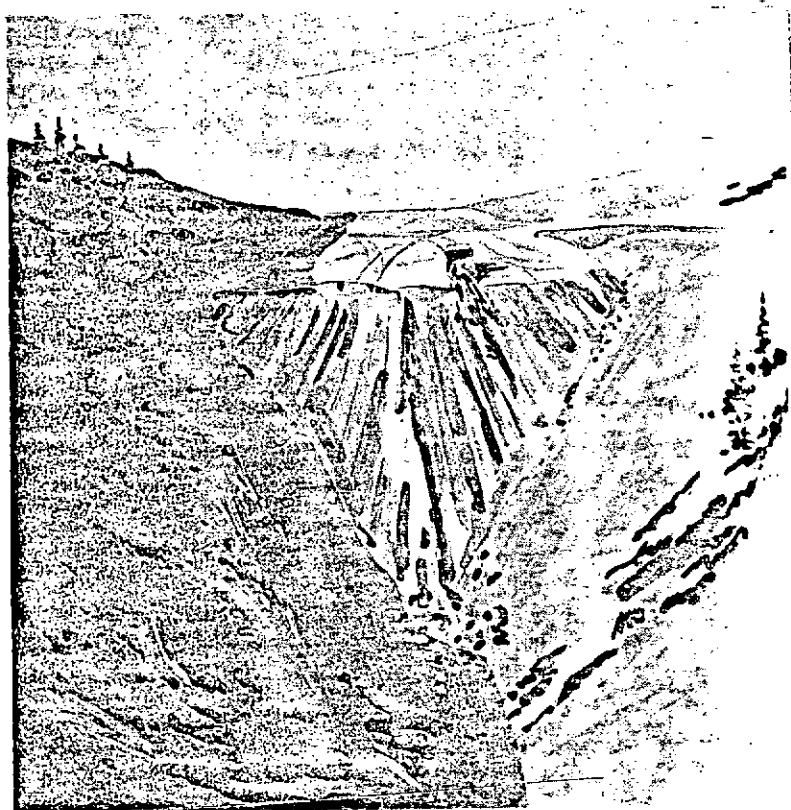


- RELLENO CONSTRUIDO DE UN SOLO LEVANTAMIENTO

FIGURA 3



- RELLENO EN UN VALLE

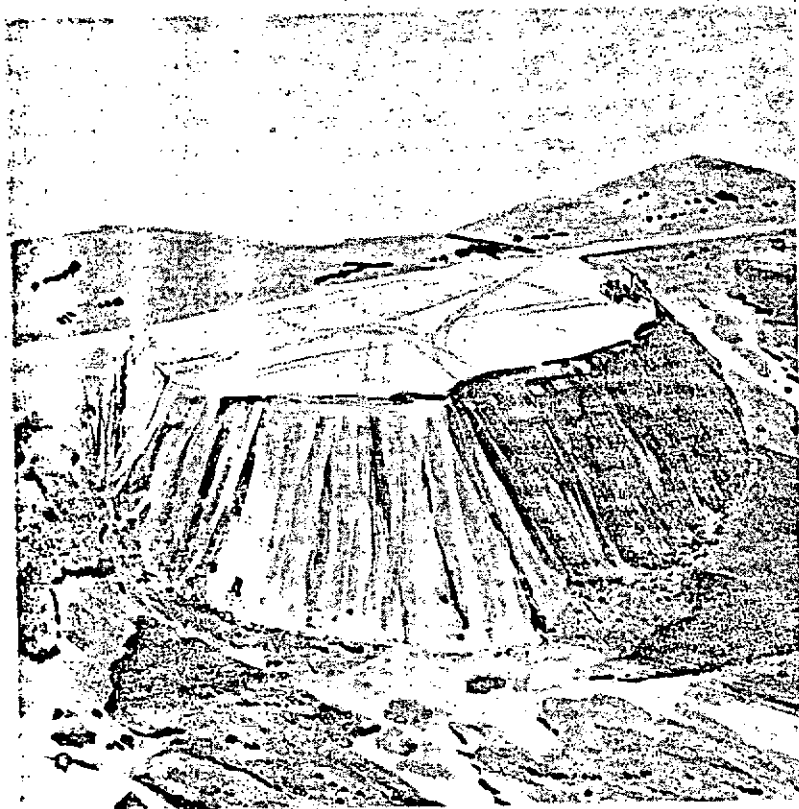


- RELLENO EN LA CABECERA DE UNA EXCAVACION

52



- RELLENO LATERAL EN UN VALLE



-RELLENO A MANERA DE COLINA



-RELLENO A MANERA  
DE MESETA

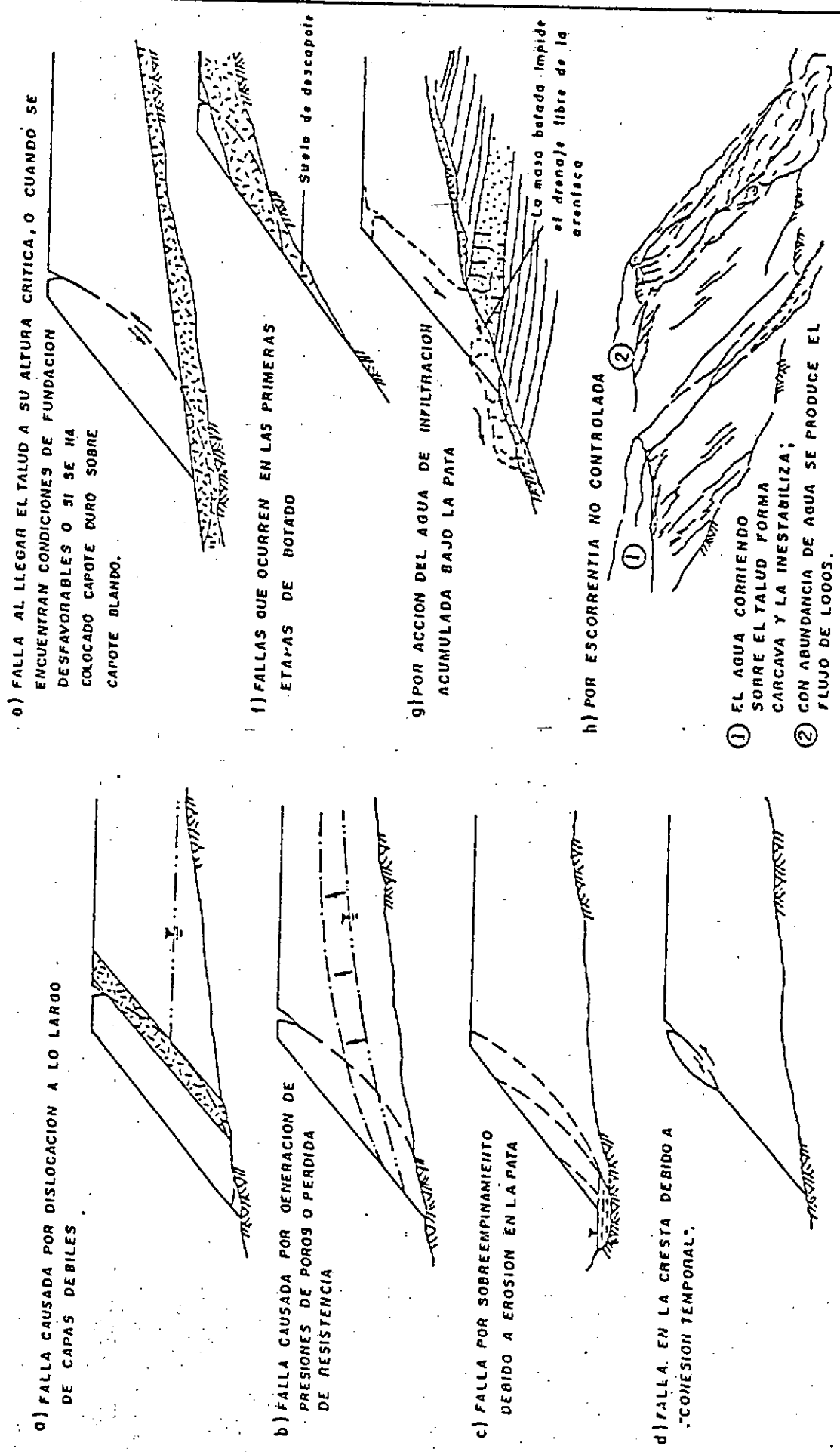


FIGURA N° 7 - TIPOS DE FALLA EN TERREROS (Hook y Ashby citados por Garcia M. y Parra F. en el Terrero 'LA ESPERANZA')

53

falla (por energía potencial de una masa grande en la parte superior de la ladera) (fig. #7).

Puede resultar más conveniente entonces el sistema de botado por capas cada una de las cuales es formada por avance frontal, pero el talud final esta desplazando hacia atrás con relación al inferior, buscando un ángulo general admisible por la masa hallado en los análisis de estabilidad. También puede adoptarse el método de botado en secuencia frontal, en el cual se busca un efecto de contrapeso y confinamiento en la base de acumulaciones mayores que van quedando atrás. La formación de botado por capas exige una mayor distancia de acarreo de los materiales al comienzo, desarrollandose mediante una descarga continua, pero es limitado en altura y requiere mayor movilización de equipo.

El método por secuencias se obtiene al ir rebajando la altura y volumen de una primera acumulación que se formó por avance frontal, desde rampas que va haciendo el buldozer en ésta.

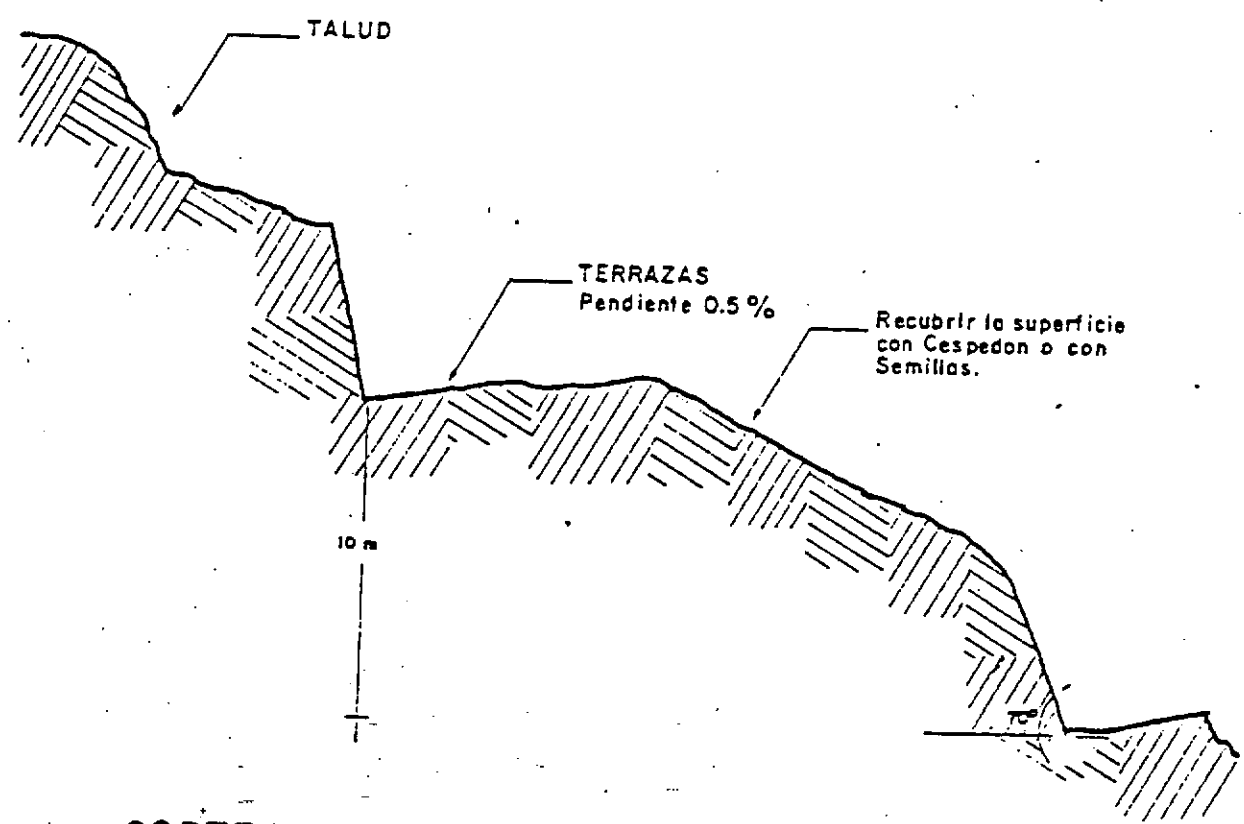
A medida que un terreno gana altura es conveniente que el ángulo general del talud se vaya limitando, de esta manera se disminuye el riesgo y las consecuencias de la falla. Obviamente, la roca competente puede ser colocada por avance frontal hasta alturas considerables, mientras que los materiales blandos no podrán sobrepasar una altura moderada, sin entrar en condiciones de estabilidad crítica.

Los procedimientos de botado en secuencia y por capas, tienen la gran ventaja sobre el avance frontal simple, en que la configuración final del terreno es inherentemente más estable, debido al menor ángulo del talud general. Desafortunadamente durante algunas etapas de construcción de un terreno en secuencia, cuando su altura es grande, el factor de seguridad será notoriamente menor que el de botado en capas.

### 3.6 Conclusiones y Recomendaciones

Para el plan de recuperación geomorfológica, estabilización y uso adecuado de las diferentes unidades del paisaje que forman la zona de excavación de La Fiscala se dan las siguientes recomendaciones para los taludes de las excavaciones que están representadas en el Mapa de Evaluación Geomorfológica y Recuperación de Zonas:

- Configuración 1/4:1 de los taludes que delimitan las zonas urbanizadas y las ubicadas cerca de la carretera a Usme (fig. # 8).
- Para mantener la estabilidad de estos taludes, en su condición actual se deben captar las aguas lluvias y servidas en la parte posterior del talud, mediante colectores adecuados para ser llevados al sistema de alcantari-llado.



CORTE : MANEJO TALUD 1/4 : 1

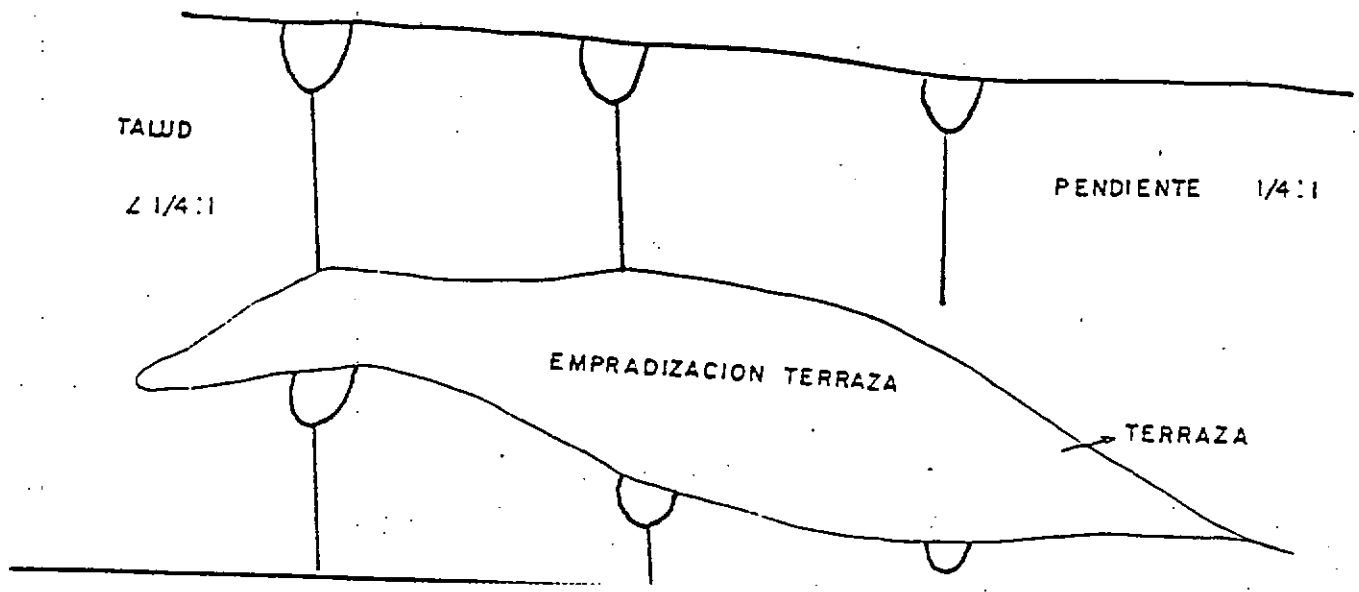


FIGURA 8



- Proteger con vallas el sector contiguo a las urbanizaciones y vías de acceso para evitar que sean arrojadas basuras porque este factor puede, en corto tiempo, inestabilizar la zona.
- Implementar un plan de recuperación parcial del talud, mediante revegetalización y el diseño de estructuras especiales que permitan el sostenimiento y desarrollo de la vegetación.
- Para los taludes contiguos al cauce del río Tunjuelito, el diseño final (planos # 2 y # 6), contempla un talud general 2:1 condición que permite configurar varias bermas intermedias de 3 a 5 m de ancho, delimitadas por taludes de 1/4:1.
- Para la zona baja de la excavación se debe conformar un buen sistema de obras de drenaje superficial mediante canales o zanjas que aislen la zona baja de los taludes contiguos. Estos canales colectores de aguas lluvias y de infiltración permitirán aislar las zonas bajas para su posterior utilización pública mediante la siembra de vegetación para su recuperación.
- Un buen sistema de obras de drenaje junto con la condición hidrogeológica observada permitirá adecuar algunos sitios para la ubicación de los materiales de desecho minero.
- La ubicación de los materiales de desecho, sin obras de drenaje y sin una preparación del sitio, presenta alto riesgo de inestabilidad en corto tiempo.

Para la zona del cauce del río Tunjuelito, dadas las características geomorfológicas de alta inestabilidad dinámica, se requiere una protección longitudinal mediante gaviones de 3 m de altura y la configuración de jarillones laterales ( plano # 9 y # 9a, b, c, d, e)

**CAPITULO 4**

## 4. RESERVA ECOLOGICA PRIVADA "LA FISCALA"

### "CONSIDERACIONES PARTICULARES"

#### 4.1 Introducción

La propuesta de solución para el área específica de la Cantera La Fiscala de una manera particular, se basa en el anterior análisis como marco de referencia. Aquí describiremos en forma detallada y secuencial, aunque las obras deberán ser ejecutadas simultáneamente, los diferentes pasos y acciones definidos para lograr el objetivo propuesto (planos 9, 9a, b, c, d, e y anexos 1, 6, y 7)

#### 4.2 Rectificación del Actual Cauce del Río

El análisis anterior sobre las condiciones de inestabilidad en las que se halla actualmente el cauce del río, llevó a su rectificación, motivada por los siguientes aspectos : estar "colgado", tener taludes de alturas considerables a lado y lado que agudizan el problema sin contar con la imposibilidad de rehabilitación de los taludes que contienen el cauce actual.

#### 4.2.1 Parámetros Definidos por la Acción de Rectificación del Cauce

Se presenta ahora un resumen de las acciones calculadas para llevar a buen término la rectificación del cauce.

- Construcción de un nuevo cauce que garantiza la estabilidad del curso de agua para un período de retorno de 50 años.
- Diseño de una sección que garantice el caudal de diseño adecuadamente. Por efectos de la construcción misma, se ha ampliado esta sección de tal forma que el nuevo canal no solo tendrá capacidad de manejar el caudal de referencia sino que podrá manejar 2,9 veces este caudal, esto es :

$$Q \text{ diseño} = 205 \text{ m}^3/\text{s} \times 2.9 = Q_{mx} = 594.5 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Las obras de protección interna para evitar socavación lateral, serán ejecutadas básicamente por el recubrimiento con gaviones de las paredes del canal en toda su longitud hasta a alcanzar por un caudal igual al de diseño.

Luego de la protección lateral calculada, se procederá a estabilizar el resto del talud hasta su cresta y bermas correspondientes, por su revegetalización y siembra de especies arbustivas que garantizan el "amarre" de la tierra y su contención, lo cual prevé contra una avenida de mayores magnitudes de cálculo.

Lo anterior por emulación de la experiencia tenida en los actuales taludes revegetalizados y su comportamiento en las avenidas.

- Se reconformará el nuevo lecho con una protección por un control de armadura, esto es, se simulará el nuevo fondo con bolos de no menos de 0.3 m de espesor o diámetro, para un promedio de 0,60 m los cuales garantizan que la capacidad de transporte del río en aguas máximas no erode el fondo.
- Adicionalmente a las obras de protección lateral y el control de armadura para protección del fondo, se construirán las obras necesarias para los sitios de desvío y entrega del nuevo canal, obras iguales a las anteriores que den garantía de estabilidad y permanencia.

### **4.3 Parámetros que Definen la Estabilidad Geotécnica de los Taludes**

#### **4.3.1 Zona Nuevo Canal (planos # 2 y # 6)**

En esta área específica y por estar literalmente construyéndose se han podido disponer de todas las recomendaciones de los geotecnistas :

- Talud medio general 2:1

- CA
- Configuración de bermas (terrazas) intermedios con taludes 1/4:1 como máximo, que parten el talud general en varios y más pequeñas, de mucho más fácil manejo y mayor garantía de estabilidad.
  - Manejo de las pendientes propias de las bermas tanto la transversal como la longitudinal de tal forma que garantizan el transporte adecuado de escorrentías y aguas de infiltración no permitiendo empozamiento o flujo libre o indiscriminado y a su vez permitiendo su manejo y acopio en el sitio y forma más adecuado.
  - Habilitación de las bermas como vías para paso de equipos y vehículos que garanticen en tiempo presente el desarrollo del trabajo minero, y en tiempo futuro el contar con adecuadas vías para el acceso y mantenimiento de las obras.

#### 4.3.2 Resto de los Taludes del Predio (planos #2 y #6)

Todos los demás taludes finales con que contará la cantera tendrán idéntico tratamiento porque hasta ahora realmente se están construyendo y definiendo. Solo parte de los correspondientes al sector oriental son de épocas pasadas, y deberán ser reconvertidas, constituyendo al rededor de un 10% del total. Para esto como factor más importante se prevé el manejo de las aguas superficiales y del canal existente que maneje la microcuenca del costado correspondiente.

### **4.3.3 Realce del Dique Existente para el Manejo de las Aguas Captadas y Vertidas por la Microcuenca del Costado Oriental de la Cantera (planos # 2 y # 6).**

Como herencia de épocas pasadas se cuenta con un canal perimetral que circunda la cantera, por su costado oriental, el cual captaba aguas del río, las transportaba y ponía a disposición de la planta de trituración para el lavado de los agregados, posteriormente los efluentes de la planta previo tratamiento a través de un desarenadero eran vertidas nuevamente al canal, el cual entregaba nuevamente sus aguas al río.

Desde principios de 1988 se canceló la captación, uso y vertimiento de aguas del río para el lavado de los agregados en la planta de trituración por implementación de un sistema de recirculación que utiliza las aguas de una de las cárcavas del fondo de la mina, habilitada para tal fin.

De tal forma que el canal dejó de utilizarse para su propuesta original, incluso se selló la toma de aguas del río, pero no se pudo sellar el resto dado que en su discurrir por dicho costado, capta no menos de tres (3) corrientes de agua permanentes producto de la desembocadura de la microcuenca del sector, aguas que en condiciones normales aportan un caudal tal que no permiten su sellado, pero que en las épocas de invierno de la zona pasan a convertirse en verdaderas torrentes que exigen la máxima capacidad existente.



66

Se superó la capacidad en varias ocasiones causando graves problemas de estabilidad en los taludes, por que su desbordamiento produce un carcavamiento masivo y falla del talud, así como la contaminación del agua del fondo dada la gran cantidad de sedimentos distintos y materias orgánicas arrastradas por las corrientes.

Para aliviar y obviar este problema se está procediendo al realce y consolidación del dique que aísla el área de la mina destinada al manejo de las recirculación de aguas para el lavado de la zona norte del predio. Luego del realce y consolidación de dicho dique, se procederá a la construcción de un canal por su parte superior que debidamente estructurado conduzca estas aguas al río, evitando el actual curso y mejorando las condiciones hidráulicas de resistencia y capacidad existentes. Dado que este realce y consolidación se está efectuando con los materiales propios de los descapotes y manejos internos del proceso minero, se atendieron las recomendaciones planteadas en la parte previa de éste análisis en cuanto a disposiciones, consolidación y estabilización.

#### **4.4 Alternativa de Solución e Integración para los Taludes del Barrio Aurora II (planos # 2 y #6).**

Por la actividad minera desarrollada por terceras personas en la vecindad del lindero sur de Concretos Diamante se ha generado un gran cráter con paredes de alta pendiente que potencialmente atentan contra la estabilidad de los taludes que lo conforman. Taludes y estabilidad que infieren directamente al Barrio La

67

Aurora II y con la autopista a Villavicencio, inferencia que tiende a agudizarse, por la inquietud y presiones de la comunidad afectada por el fenómeno, que busca soluciones y definición de responsabilidades.

Ante esta problemática y sin querer mezclarse en los detalles de la misma, Cementos Diamante S.A. considera que el gran proyecto de rehabilitación que linda con esta zona, brinda la oportunidad de integrarlo al mismo y generar alternativas técnicas de solución, que tienden a aliviar la presión social generada por el riesgo existente, así como dar una opción más rica y diferente, como lo es la opción ecológica ambiental que estamos estructurando.

#### **4.4.1 Alternativa de Solución Propuesta.**

Al considerar cualquier alternativa de solución que contemple dejar el talud libre, el problema queda en estado latente y los adelantos de la geotécnica brindan alternativas novedosas por lo tanto se propone:

- Control de la escorrentía superficial que actúa sobre la zona, especialmente la canalización perimetral al barrio para evitar su infiltración y presentación de fenómenos de solifusión, a los cuales este suelo es propenso, así como el posterior aumento de humedad y presión de poros de los mantos permeables.
- Correcto manejo de las aguas lluvias y servidas de la zona por el mejoramiento de los sistemas actuales de alcantarillado evitando el vertimiento sobre los taludes.

- Reconformación de los taludes existentes y drenaje de los mismos, por aplicación de una o varias de las técnicas de ingeniería geotécnica existentes.

- Revegetalización y reforestación posteriores que garanticen la conservación de su estabilidad,

#### 4.5 Sistema Vial (plano # 3)

El proyecto contará con una red vial heredada de la actividad minera, que permitirá la interconexión total entre las diferentes zonas en que se ha dividido el proyecto. Se deberá tener en cuenta los siguientes aspectos :

- Acceso desde y hacia las vías públicas principales de la zona, vía a Usme y Autopista al Llano.
- Efectuar labores de mantenimiento no solo de los taludes y vías mismas sino de los diferentes ambientes.
- Labores de mantenimiento y conservación de los canales del río y perimetral.

#### 4.6 Manejo de Aguas (plano # 4)

Por gravitar el proyecto mismo en el tema manejo de aguas, zonas de recarga de acuíferos y calidad de la misma, se considera de vital importancia el presente apartado de tal forma que se hará una descripción discreta de los diferentes tópicos en juego.

#### 4.6.1 Objetivos

- Garantizar que toda gota de agua lluvia, susceptible de captar, manejar y ser aportada a los depósitos de recarga sea captada.
- Garantizar que el manejo de esta gota de agua no genere inestabilidades en las obras de recuperación geomorfológica ni por saturación de taludes debido a infiltraciones, ni cárcavamientos de taludes por agresividad de corrientes superficiales mal manejadas.
- Garantizar que las aguas perimetrales tanto lluvias como de las microcuencas no lleguen a los depósitos y propicien su contaminación por efectos de materias arrastradas.
- Garantizar que el sistema de cunetas de las vías perimetrales, vía a Usme y Autopista al Llano, drene al río, sin hacer aportes al sistema interno que lo pueda contaminar ni afecte ninguna de las obras de estabilización.
- Garantizar que las aguas negras que circulan sueltas superficialmente (zona sur) no aporten su caudal al depósito.
- Garantizar que la calidad de agua depositada sea la mejor, de tal forma que su aporte como recarga del acuífero sea óptimo.

#### 4.6.2 Obras

##### - Obras de Arte en Bermas (plano #6)

Por el sistema de construcción y manejo de las pendientes transversales, se garantizará el transporte y manejo del agua superficial.

El bombeo de las vías sobre las bermas será en sentido hacia adentro y allí se dispondrán de cunetas construidas en concreto, las cuales por experiencias previas son el mejor resultado y manejarán el agua sin permitir infiltraciones ni arrastre superficial.

##### - Manejo General del Pit (plano # 4)

La forma envolvente y la pendiente longitudinal de las vías garantizan el llevar en forma "normal" las aguas al fondo de la cantera.

##### - Manejo de Aguas Negras (planos # 8 y 8a)

El análisis de la zona desde el punto de vista aguas negras y su actual manejo presenta que existen dos colectores de aguas negras que captan las aguas de los barrios circundantes y la vierten directamente al río sin ningún tratamiento, convirtiéndolo virtualmente en una cloaca; adicionalmente hay la confluencia en tres sectores de la zona (vía al Llano, vía a Usme y algunas aguas del barrio Aurora II) que fluyen libremente sin confinamiento ni control y que además de

verter libremente al río causan a su paso problemas de socavación e inestabilidad.

Hecha una investigación y consulta en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y haciendo incorporación a sus planes de nuestras ideas se sugiere un trazado e interconexión de dichos colectores que bordearían toda la zona, desde el extremo sur hasta su posible interconexión con el canal interceptor del Tunjuelito que actualmente existe.

Este colector captaría todos los vertimientos posibles a lo largo de su discurrir garantizando el proyectado, aislamiento del agua del fondo de las canteras, evitando así su contaminación.

#### 4.6.3 Manejo de Aguas Lluvias (plano 8b)

Como resultado del mismo análisis anterior se tiene el conocimiento de la existencia de un colector de aguas lluvias en el sector del barrio Aurora II. La alternativa planteada contempla un colector paralelo al anterior que llevaría dichas aguas hasta la altura del canal propuesto sobre el dique en la cantera, para llevar por esta vía el agua hasta el río y así evitar su vertimiento al depósito del fondo de la cantera.

**- Aguas Lluvias via a Usme (plano # 4)**

Como actualmente se está manejando se considera que es correcto y estas aguas vierten al canal perimetral y de allí al río, solo se contemplaría un mantenimiento periódico.

**- Aguas Lluvias Autopista al Llano (plano # 4)**

Allí ocurre un hecho similar al de la vía a Usme solo que parte de estas aguas son vertidas por los desagües construídos por la autopista directamente dentro de la propiedad sin control.

Para el manejo de estas aguas se han construído dos canales en tierra (posteriormente se revestirán) que las lleven a los depósitos diseñados para albergarlas y acoplarlas para poder hacer un uso posterior de ellas.

**4.7 Revegetalización, Reforestación y Estabilización del Area Geomorfológicamente Recuperada (plano # 5).**

Concatenando el orden traído y simultáneamente con la implementación de las obras descritas se expondrá ahora todo el proceso de incorporación, zonificación, revegetalización y reforestación necesarios para la complementación del proyecto y dar forma así a la Reserva Ecológica proyectada.

#### 4.7.1 Areas de Zonificación (planos # 7 y 7a)

El área del proyecto ha sido subdividida de la siguiente forma, buscando la mayor definición de vocación y uso de cada zona.

No.	Zona	Area m2	%
1	Historica Cultural	20.000	2.85
2	Depósito de Agua	22.000	3.14
3	Recreación Pasiva	93.730	13.4
4	Deportiva	30.000	4.3
5	Recreación múltiple	140.300	20.0
6	Reforestación		
	Ecológica	90.810	13.0
7	Servicios	2.500	0.35
8	Vias	120.000	17.14

#### 4.7.2 Zonificación del Area

Con base en la geomorfología de la zona y los criterios anteriormente expuestos se precisará el uso recreacional, identificado en cinco (5) zonas así:

- Area de recreación pasiva
- Area de servicios



- 74
- Area de Recreación múltiple
  - Area deportiva
  - Area histórico-cultural

#### **4.7.3 Area de Recreación Pasiva**

El área destinada al descanso y contemplación que ocupa básicamente las pendientes suaves a planas deberá estar ambientada con prados, jardines y bosquetes con alta biodiversidad florística. Su infraestructura consiste en senderos, bahías de descanso y miradores entre otros. Desde el punto de vista de la fauna se deben introducir especies de rápida implementación y alta resistencia como palomos, torcazas, picaflores, y copetones.

#### **4.7.4 Area de Recreación Múltiple**

Corresponde a la zona que tiene como objetivo integrar en menor escala la recreación infantil, deportiva y cultural. El usuario básicamente es el niño, pero con cuidado y vigilancia de mayores a los cuales también hay que dejarles espacios físicos para la recreación.

Esta zona, que ocupa el 13.4% del área, contará con un espacio al aire libre se deberá ambientar delimitándola con setos, los cuales no necesariamente deben ser continuos y rectilíneos. En el sector sur oriental se debe establecer una cortina rompeviento para mitigar y restar la velocidad a este fenómeno, posteriormente el área será ambientada con bosquetes mutiestratos, cuya

infraestructura consiste básicamente en una zona de juegos infantiles y el establecimiento de un arboretum combinado con zonas de descanso.

#### **4.7.5 Area Deportiva**

Como su nombre lo indica esta zona se destinará al desarrollo de actividades como volibol, microfútbol, atletismo, tejo, en una infraestructura basada en canchas múltiples, además de la construcción de una pista de atletismo cuyo perímetro atravesará las otras áreas.

#### **4.7.6 Area Histórico Cultural**

Esta zona tendrá como centro geográfico la antigua casa de la hacienda y cumplirá una función histórica y cultural, estableciendo una biblioteca y museo. Aquí se podrá desarrollar esta área y las actividades en el campo del arte, teatro, danza, música. Como ambientación ornamental se establecerán fundamentalmente jardines, bosquetes y setos perimetrales.

#### **4.7.7 Area de Servicios**

Esta zona debe entenderse como el área donde se encuentran las unidades de servicios, incluyendo casetas de información, primeros auxilios, administración y parqueaderos, que estarán localizados en áreas aledañas a la zona deportiva. Ornamentalmente esta zona debe ambientarse con arbustos y jardines, además de las delimitaciones por setos.

#### **4.8 Paisajismo Zonas Verdes**

De acuerdo con los planos y diagramas anexos han sido dispuestos diferentes paisajes y sitios que incluyen:

- Barrera viva de aislamiento general perimetral
- Separadores de zonas
- Cortinas ambientales
- Bosquetes ornamentales
- Prados
- Jardines
- Setos
- Arboreto didáctico
- Bosque Ecológico
- Revegetalización de taludes

#### **4.9 Definición de Términos**

A continuación se definen y detallan los aspectos antes mencionados :

### 4.9.1 Barrera Viva de Aislamiento General Perimetral (fig. # 9)

#### - Composición

Compuesta por cuatro líneas de plantación multiestrato, con diferentes alturas; más franja de 7 m de ancho. A lo largo del perímetro se realizará un plantado en triángulo (tres bolillo). La longitud de la barrera es 6.840 m con una distancia de plantación de 3 m e incluye un número de 9.120 (  $6.840/3 = 2280 \times 4$ ) árboles.

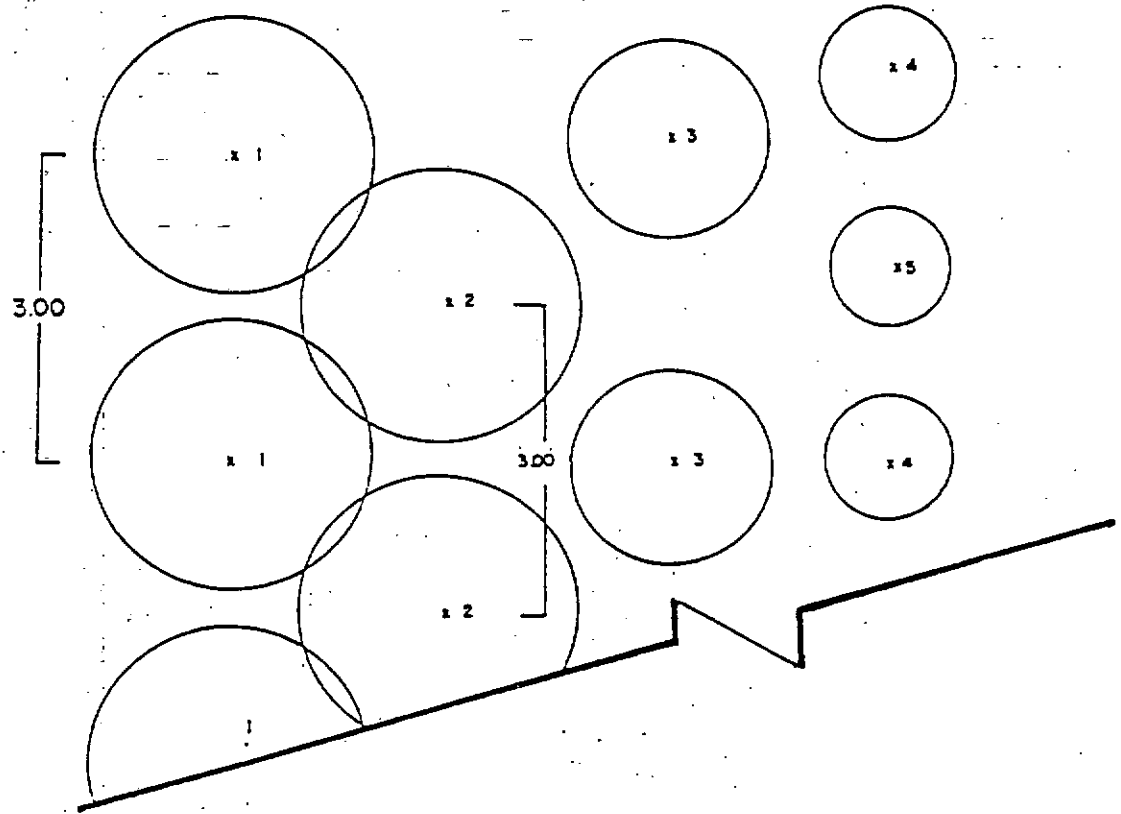
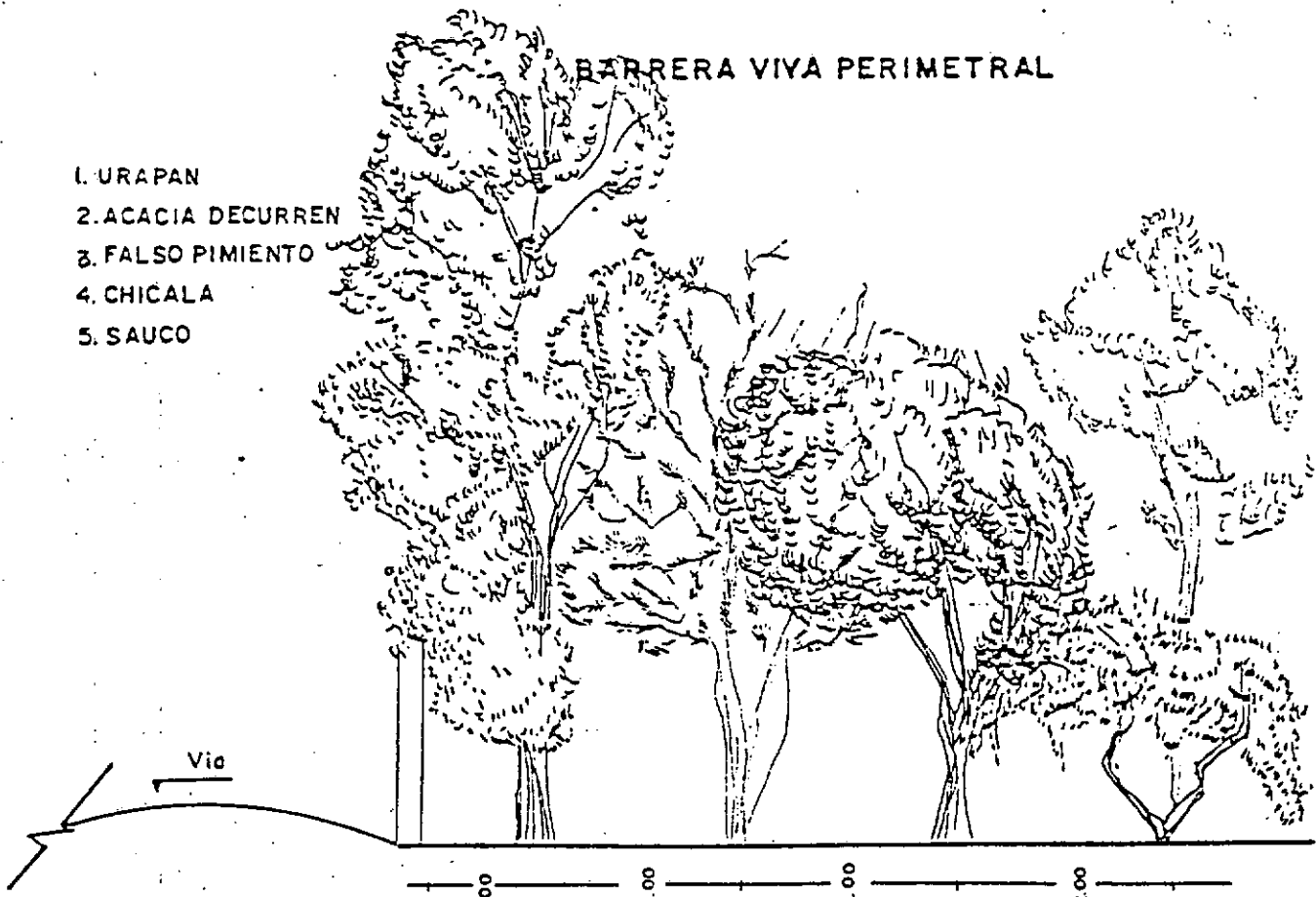
Primera línea	: externa urapán	2280 árboles
Segunda Línea	: interna acacia de currems	2280 árboles
Tercera línea	: interna falso pimienta	2280 árboles
Cuarta línea	: arbustivo, ornamental, chicalá y sauco alternados	2280 árboles

#### - Especificación de Diseño

Se plantarán árboles de bolsa grande, con una altura mínima de 0,80 m la distancia de plantación de 2 m ejecutadas en triángulos. Los hoyos tendrán una profundidad entre 0,4 y 0,5 m

# BARRERA VIVA PERIMETRAL

- 1. URAPAN
- 2. ACACIA DECURREN
- 3. FALSO PIMIENTO
- 4. CHICALA
- 5. SAUCO



ESC 1:75

FIGURA 9

**- Adecuación del Terreno**

Hecho el hoyo se adicionará al fondo una capa de tierra negra de 0.20 m de espesor.

**- Fertilización**

Previo análisis específico del suelo, se denominará el tipo de fertilizante, la dosis y la frecuencia.

**4.9.2 Separadores de Zona (fig. # 10).**

Se incluyen cortinas de rompimiento, área histórica recreacional, pasiva, deportiva, recreación múltiple y servicios, sus dimensiones son: longitud 8800 m, ancho 4 m, superficie 35.200 m<sup>2</sup>, distancia de plantación 2 m, No. de árboles 8800. Estas cortinas tendrán un doble propósito:

- Servir de atenuante a la velocidad del viento dominante S-N
- Delimitar internamente los distintos casos de usos.

**- Composición**

Compuesto por tres líneas que serán plantadas en contra de la dirección

# CORTINA SEPARADORA DE ZONAS

- 1. CIPRES
- 2. ACACIA DECURREN
- 3. SAUCE (Iloron)
- 4. SIETECUEROS

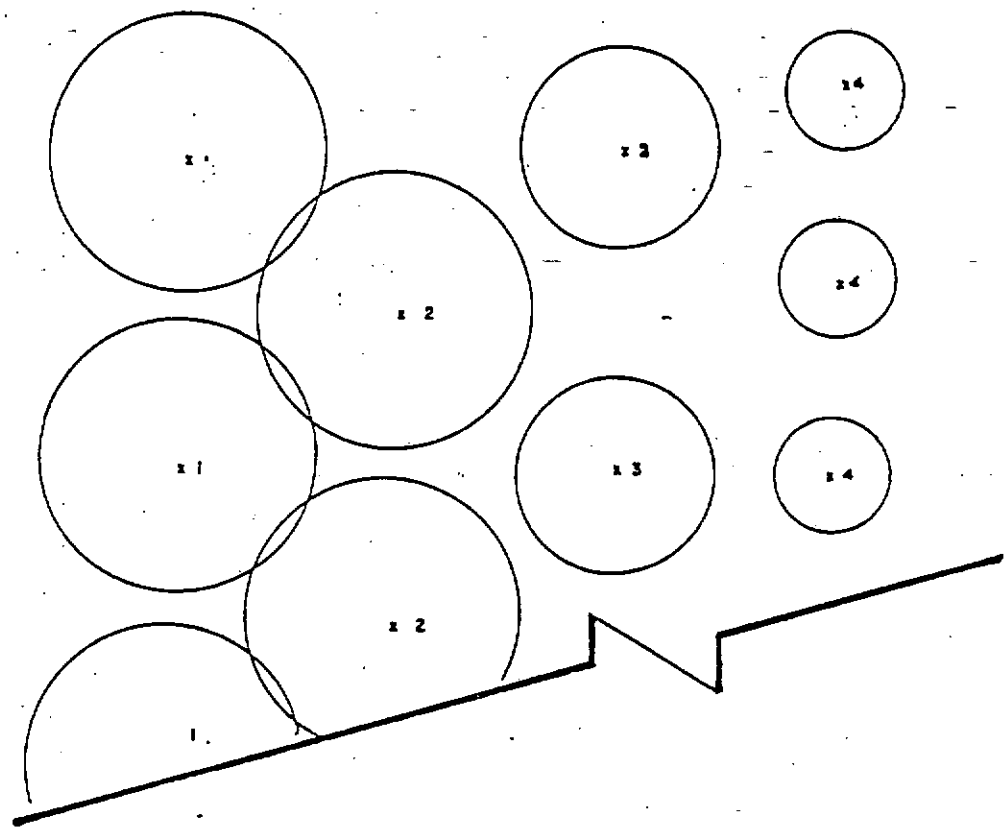
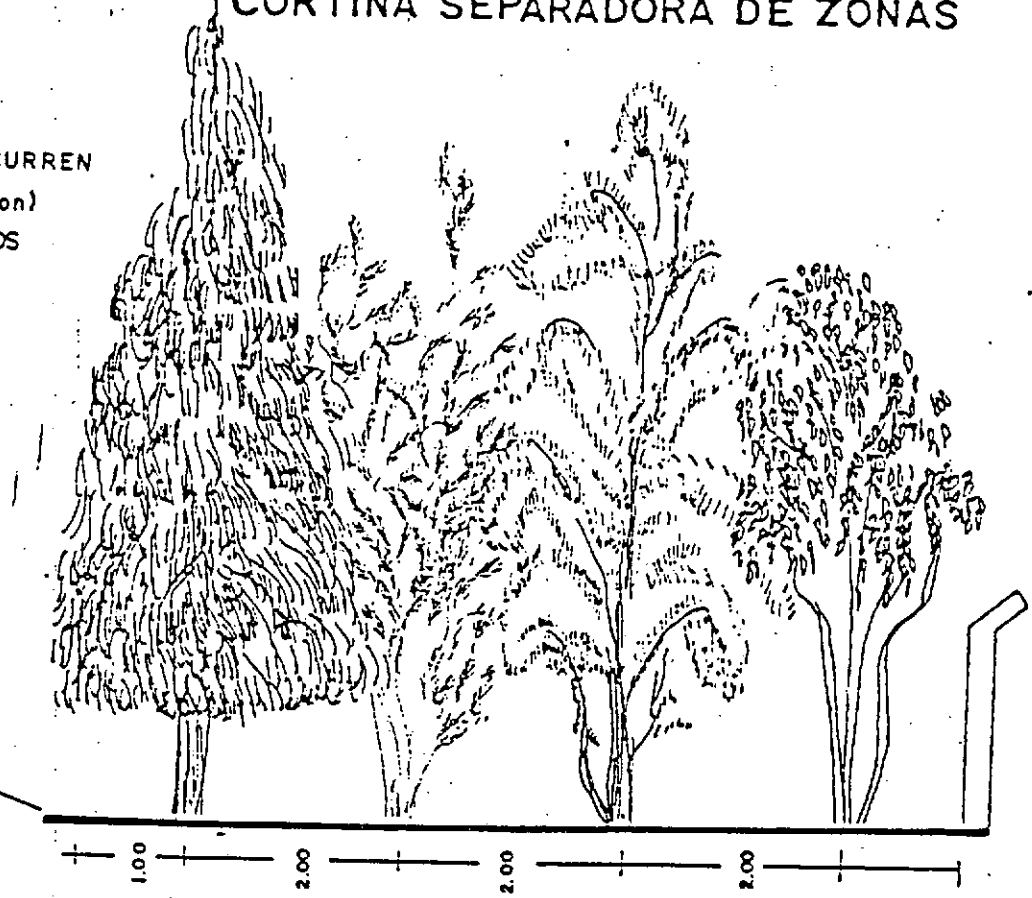


FIGURA 10

dominante del viento, ejecutada con tres tipos de acacia:

- Acacia mercy 2934 árboles
- Acacia currems 2934 árboles
- Acacia japonesa 2934 árboles

**- Especificaciones de Diseño**

Se plantarán árboles con porte mínimo de 0.80 m de altura, dispuestos en dos líneas, con una distancia de 2 m entre árboles; en triángulos al tres bolillo será franja de 4 m por una longitud correspondiente a cada perímetro según la zona a separar.

- Area histórica
- Area de recreación múltiple
- Area deportiva
- Area de recreación pasiva
- Areas de servicios

**- Adecuación del Terreno**

Hecho el hoyo se adicionará al fondo una capa de tierra negra de 0.20 m de espesor.



**- Fertilizacion**

El análisis específico previo del suelo determinará el tipo de fertilizante, la dosis y la frecuencia.

**4.9.3 Cortinas Ambientales Rompeviento (fig. 11)**

Estas serán establecidas en los taludes de los márgenes de los drenajes naturales para aislarlos del conjunto y desviar olores y gases. A orillas del canal abierto y depósitos de agua, la longitud de la cortina será 2545 m, con un área de 10.180 m<sup>2</sup> y un número de árboles de 2.545 m

**- Composición**

Las cortinas estarán compuestas por dos líneas por cada talud, que serán plantadas con sauces, y alisos; especies que se adoptan con facilidad a suelos con un nivel freático alto.

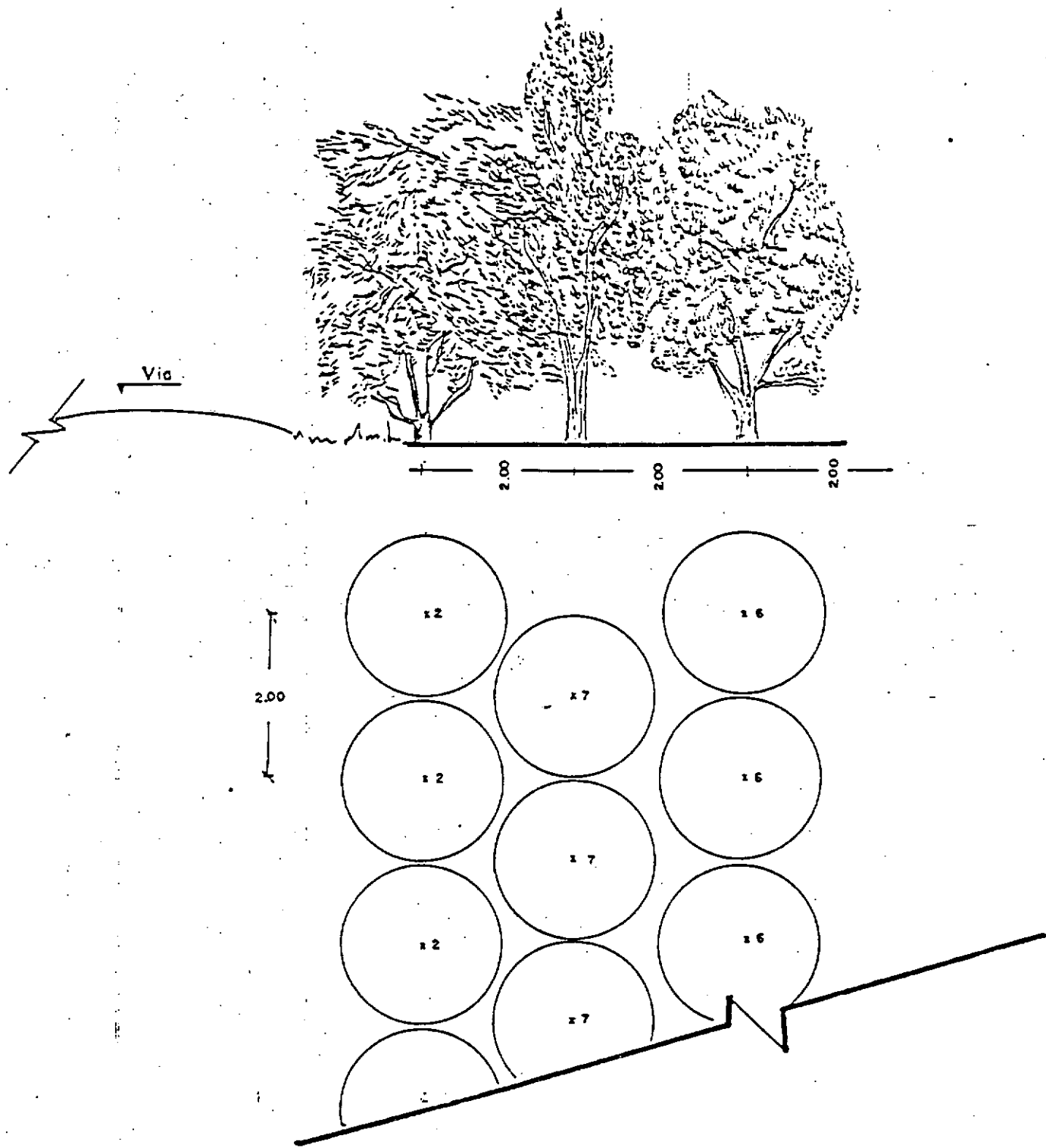
**- Especificaciones de Diseño**

Se plantarán árboles de bolsa grande, con una altura mínima de 0,80 m compuesto por dos líneas, a una distancia de plantación de 2 m ejecutadas en triángulos. Los hoyos tendrán una profundidad entre 0,4 y 0,5 m



# CORTINA ROMPEVIENTO

- 2. ACACIA DECURREN
- 6. ACACIA MERSII
- 7. ACACIA JAPONESA



ESC: 1:75

FIGURA 11

OK

#### **- Adecuación del Terreno**

Hecho el hoyo se adicionará una capa vegetal de 0.20 m de espesor.

#### **- Fertilización**

Al análisis específico previo del suelo, se definirá el tipo de fertilizante, la dosis y la frecuencia.

#### **4.9.4 Bosquetes Ornamentales (fig. #12)**

Son unidades (rodales) ornamentales pequeños constituidas por 15 a 20 especímenes diferentes, multiestratos, que producen flores de diferentes colores policromáticos, que se plantan para constituirse en distintos medios o hábitats ornamentales, para separar zonas con diferente uso, para realzar el paisaje. Se plantará el número necesario para aislar espacios y áreas homogéneas, su número no será inferior a 100 bosquetes.

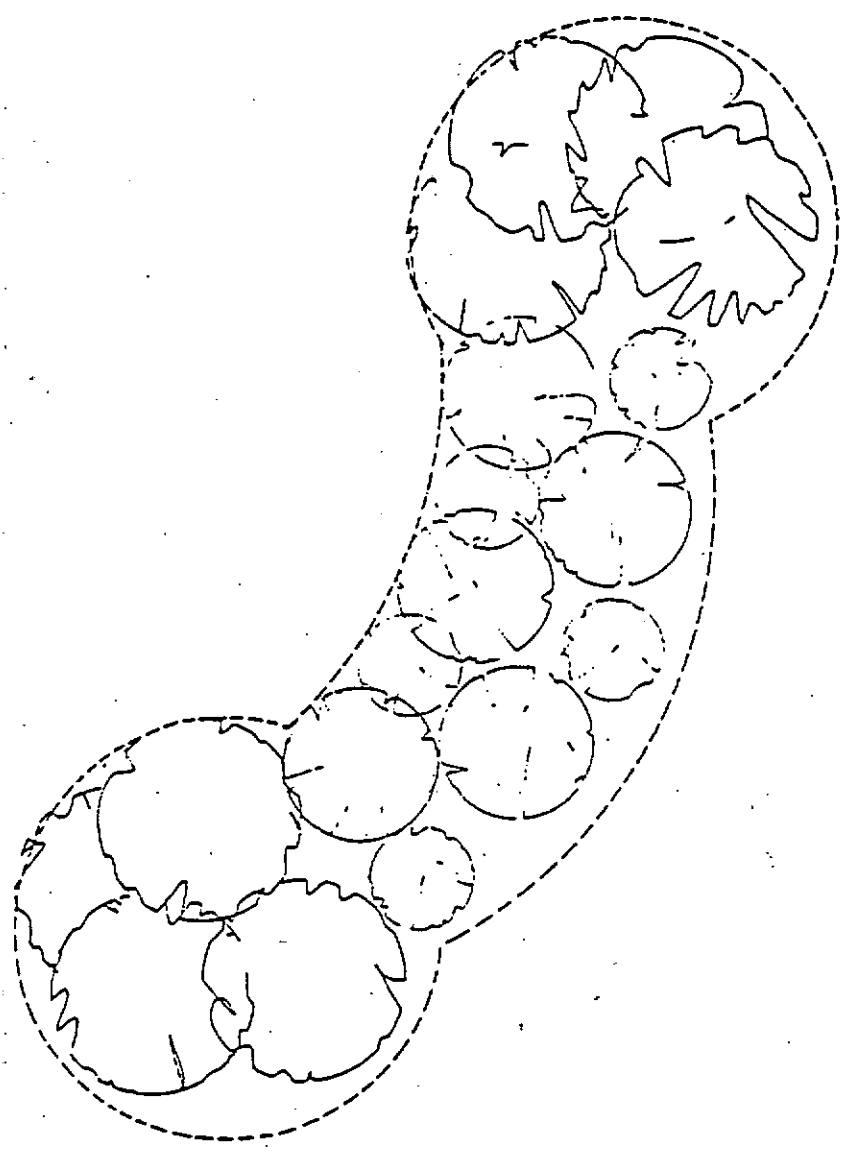
#### **- Composición**

Compuesto por bloques irregulares de formas caprichosas, constituidos principalmente por las siguientes especies :

- Palma de yuca
- Alcaparro

86

BOSQUETE  
( ORNAMENTAL )



ESC: 1:50

FIGURA 12

- Jazmín
- Abutilón
- Mermelada
- Sauces
- Chicalá
- Falso pimiento
- Amarrabollos
- Siete cueros
- Higuera
- Cerezas
- Helechos
- Geranio
- Chusque

Mínimo número de especies 20 X 100 = 2.000

**- Especificaciones de Diseño**

Se plantarán árboles con porte mínimo de 0.80 m de altura, distancia máxima 3 m entre árboles, plantados al azar, formando figuras geométricas irregulares, cuyos hoyos serán de 0,41 y 0,50 m de profundidad.

**- Adecuación del Terreno**

Hecho el hoyo se adicionará una capa vegetal (tierra negra) de 0.20 m de profundidad.

**- Fertilización**

Al análisis específico previo del suelo se definirá el tipo de fertilizante, dosis y la frecuencia.

**4.9.5 Prados**

Se refiere a la cobertera de piso principalmente de los taludes y zonas verdes. Específicamente para esta revegetalización se utilizan una mezcla de graníneas.

**- Composición**

Se utilizará pasto kikuyo y Carretón. El primero en cespedones y el segundo mediante semilla.

**- Especificaciones de Diseño**

Los cespedones de pasto kikuyo deben ser de 60m de ancho y un largo no mayor a 0.60. m con el objeto de facilitar la manipulación al momento de la

instalación. En taludes superiores a 45° se debe utilizar estacas para fijar el cespedón, la semilla del carretón debe ser la que suministra la Caja Agraria.

**- Adecuación del Terreno**

Para el caso del kikuyo, el suelo debe ser repicado aflojando la capa superficial (5-8 cm) con lo cual se mejora y garantiza el procedimiento.

Para el carretón el terreno debe surcarse para hacer siembra en línea.

**- Fertilización**

Se aplicarán al rededor de 50 gr. por metro cuadrado después de plantar el cespedón de acuerdo a la dosificación.

Nota : La empradización necesariamente no debe cubrir la totalidad del área en un comienzo, con suficiente tiempo se puede construir tramos de un metro de ancho y distancias entre franjas de 1 m.

**4.9.6 Area de Jardines**

Corresponde a las zonas cercanas a las construcciones civiles y unidades de servicios, serán constituidos por especies como crotos, novios, margaritas, fucsia, rosas, palmas, cactus, helechos.

#### 4.9.7 Setos (fig. 13)

Serán localizadas en las zonas aledañas a las unidades de servicios en una sola línea.

##### - Composición

Exclusivamente se utilizará ciprés por garantizar un aislamiento vegetal con altura de 1,5 a 2 m.

##### - Especificaciones de Diseño

Se utilizarán árboles en bolsas grandes con altura de 1 m. plantando en línea a cada 0.5 m de distancia entre árboles.

##### - Adecuación del Terreno

Se construirán huecos de 0.3 de diámetro y 0.4 de profundidad.

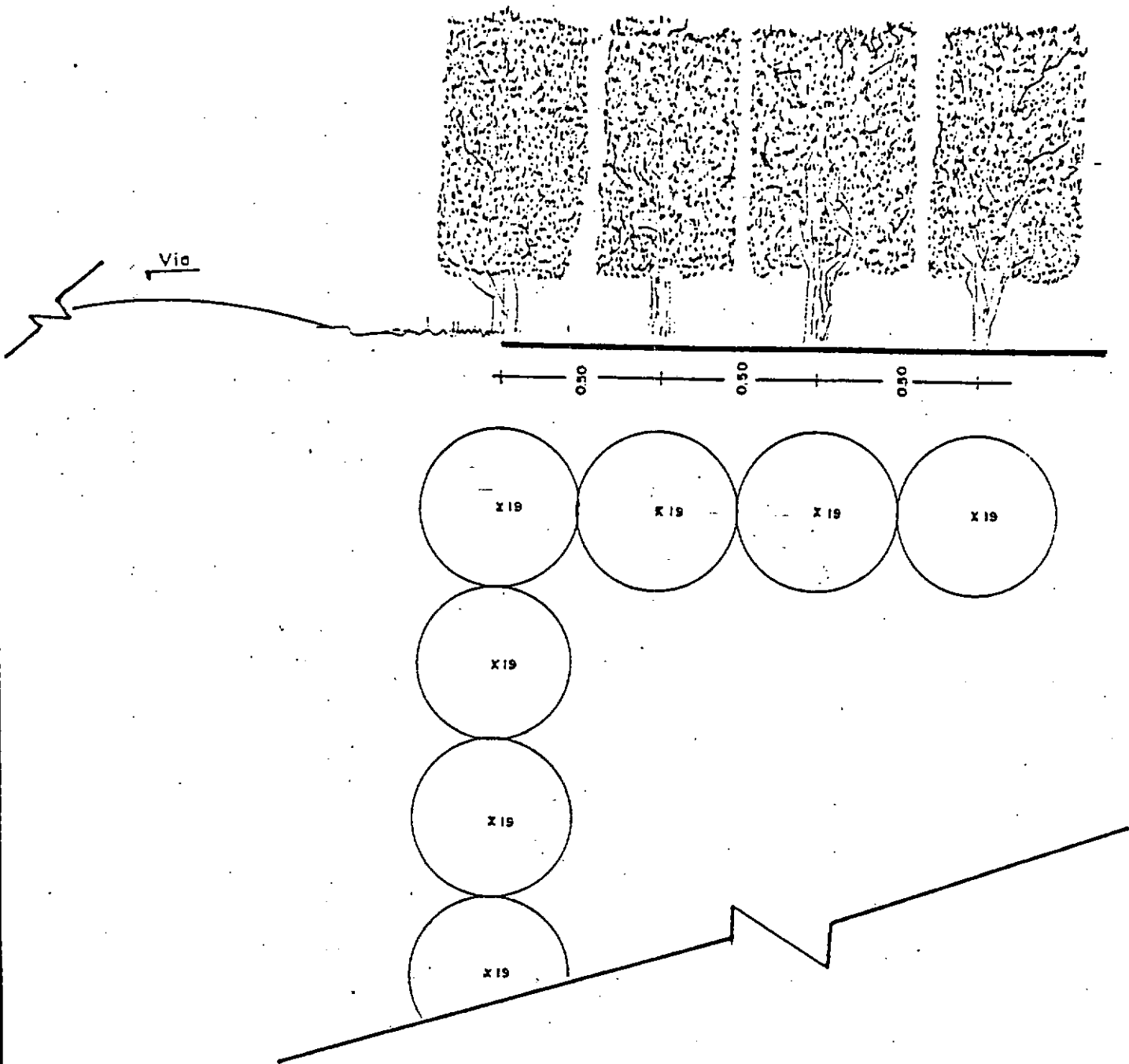
##### - Fertilización

Con base en el análisis de suelos se determinarán el tipo de fertilizante, la frecuencia y la dosis.



# SETOS

19. ( CIPRES )



Esc: 1: 20

FIGURA 13

#### 4.9.8 Arboretum

Corresponde al establecimiento de un arboretum con fines didácticos.

##### - Composición

Básicamente estará este arboretum constituido por especies nativas.

##### - Especificaciones de Diseño

Los árboles a plantar deben tener un porte mínimo de 0.8 m. con distancia de plantación de 3 m. en cuadro. La adecuación y fertilización del terreno, construcción de huecos de 0.4 de 0 y 50 cm de profundidad, se recomendará previo análisis de suelos.

El arboretum con fines didácticos se establecerá en una superficie de aproximadamente 5.000 m<sup>2</sup> eligiendo una topografía ondulada, en donde se puedan reunir un conjunto de especímenes botánicos representativos del bosque andino, exclusivamente para especies nativas.

En este espacio, una vez adecuado el suelo y establecidas sus condiciones, se planta cada espécimen botánico a una distancia de 7 m. entre árboles, se plantarán un total de 100 arboles permitiendo el libre tránsito entre árboles. A cada espécimen se le colocará una placa con el fin de facilitar su clasificación

por parte de los estudiantes y usuarios que lo visiten, en donde se indique la siguiente información:

- Nombre común del árbol
- Nombre científico
- Familia botánica
  
- Principales especies a plantar en el Arboretum

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Aliso	<i>Alnus Jorullensis</i>	Betulaceae
Encenillo	<i>Himnannia Tomentosa</i>	Melastomataceae
Chite	<i>Hipericua Laricifolium</i>	Hypericaceae
Romero	<i>Aragoa Abicitina</i>	Compositae
Charne	<i>Rueguetia Glutinosa</i>	Melastomataceae
Chusque	<i>Chusquea Tesallanta</i>	Graminaceae
Trompeto	<i>Bocconia Frutescens</i>	Piperaceae
Siete cueros	<i>Tibouc himis s.p.</i>	Melastomataceae
Chilco	<i>Escallonia s.p.</i>	Escallionaceae
Cerezo	<i>Malpighia s.p.</i>	Malpighiaceae
Hoyuelo	<i>Dodonea Viscosa</i>	Sapindaceae
Arrayán	<i>Eugenia Foliosa</i>	Myrtaceae
Cajeto	<i>Cithanexylum s.p.</i>	Verbenaceae
Caucho sabanero	<i>Ficus Soatensis</i>	Moraceae

Ciro	Baccharis Bogotensis	Compositae
Corono	Xylosma Speculiferum	Flacourtiaceae
Frailejón	Espeletia Grandiflora	Compsitaceae
Fuscia	Palicourea s.p.	Rubiaceae
Gaque	Clusia s.p.	Clusiaceae
Granizo	Heyosmun s.p.	Chloranthaceae
Helecho	Trichipteris Frigida	Cyuthecaceae
Higuerilla	Ricinus Commnis	Euphorbiaceae
Mano de Oso	Oreopanax Floribundun	Araliaceae
Mazorca de Agua	Gunnerea s.p.	Halogoraceal
Mortiño	Hesperomeles- Gaudotiana	Rosaseae
Nogal	Juglus s.p.	Juglandaceae
Pegamosco	Befaria Resinosa	Ericaceae
Raque	Vallea Stipularis	Elaeocarpaceae
Roble	Guereus Humboldtie	Fagaceae
Rodamente	Escallonia Murtilloides	Escalloniaceae
Sauco	Sambucos Peruviana	Caprifoliaceae
Toneo Esmeraldero	Liconia Squamulosa	Melastosataceae
Abutilón	Abutilón s.p.	Malvaceae
Pomarroso	Syzgiun Jambos	Myrtaceae
Retamo	Cytisus	
	Mouspessulanus	Fabaceae
Zarcillejo	Fuchia Boliviana	Onagraceae

#### **4.9.9 Bosque Ecológico**

Dentro del área del proyecto del parque se han zonificado algunos sectores, para establecer reforestaciones ecológicas, con la finalidad de llenar espacios con vegetación masiva para dar una variante al paisaje, cambiar la estructura de la cobertura vegetal, crear un microclima y construir un telón que rompa la vista del entorno periférico, con una superficie seccionada de 90.810. m2.

##### **- Composición**

Esta reforestación se caracteriza por ser manchas densas, ejecutadas con árboles que se adopten en las condiciones fisiográficas de la zona. Se plantará exclusivamente la acacia de currems, especie que crece en un hábitat seco y en suelos pobres y de baja precipitación.

##### **- Especificaciones de Diseño**

Se utilizarán árboles en bolsa grande con una altura de 0.80 m. y una distancia de plantación de 2 m. entre árboles y en triángulo para controlar la escorrentía y detener el arrastre de material.

En una superficie de 90.810 m2 se pueden plantar aproximadamente 28.000 árboles de acacia currems. Los hoyos serán 0.40. de 0 y 0.50 de profundidad.

##### **- Adecuación del Terreno**

Hecho el hoyo es conveniente adicionar una capa vegetal de 0.20 m. de espesor.

**- Fertilización**

Al análisis específico previo del suelo se definirá el tipo de fertilizante a aplicar, su dosis y frecuencia.

**4.10 Revegetalización de Taludes**

Se diferencian dos tipos de taludes:

- Talud de pendiente mayor de 70°
- Talud de pendiente menor de 70°

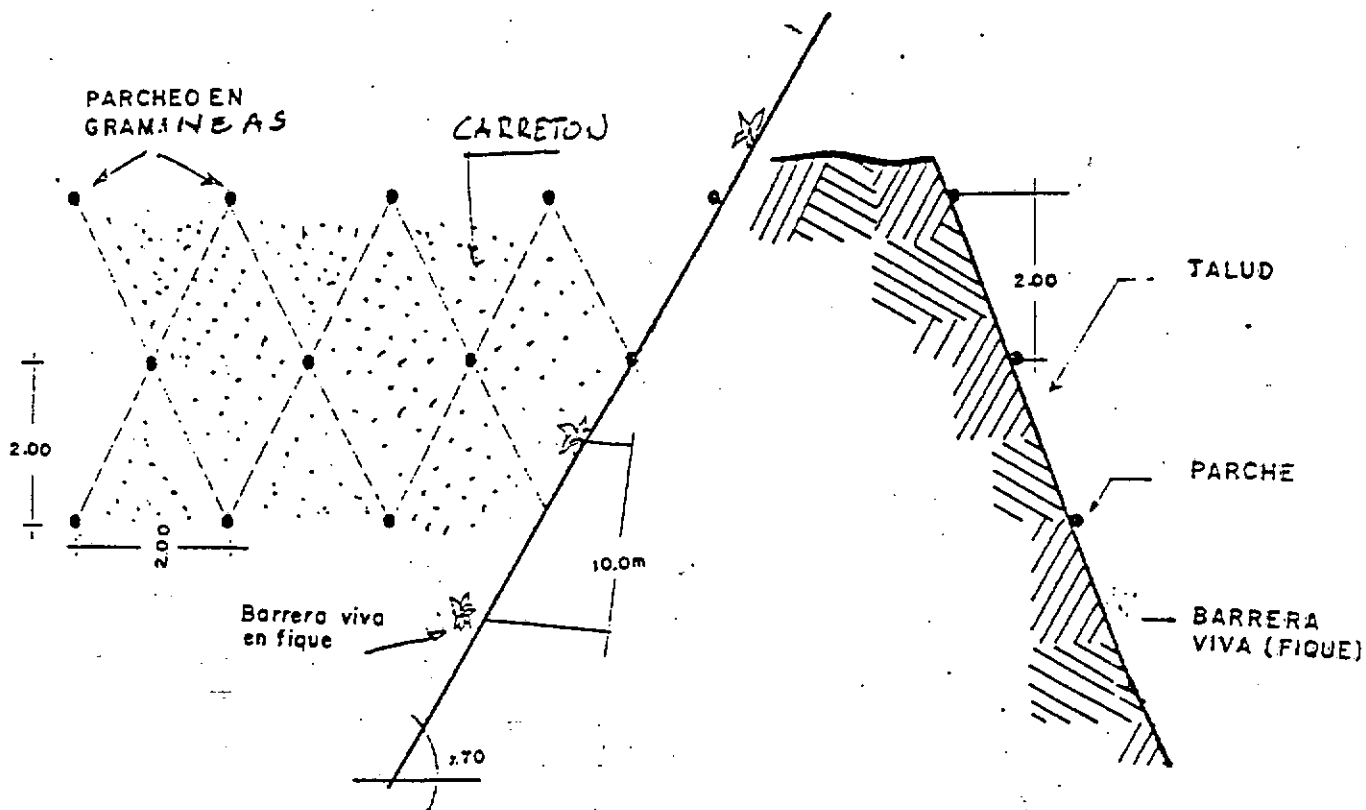
Estos taludes requieren diferente tratamiento y serán tratados por separado.

**4.10.1 Talud Mayor de 70° ( fig. 14)**

Estos taludes han quedado como resultado de la explotación de agregados en los sectores que colindan con la avenida Caracas y con los barrios la Aurora I y II. Presentan una fuerte pendiente, superior a los 70°; una superficie en conglomerado, mantos arcillosos y limosos, con presencia de filtraciones de aguas subterráneas y se encuentran desnudos, (sin cobertera vegetal) en un

# MANEJO DE TALUD - 70°

Tipo de protección: PARCHES EN TRIANGULO



LA PROTECCION SE HACE EN EPOCA DE LLUVIAS

METODO: 1- Cada 2m, en triángulo, se hace una incision en el talud de 0.10m de profundidad se toma una plántula, se comprime, se coloca en cada hoyo o incision y se tapa con tierra golpeando suavemente la superficie con un toco de madera.

2- Después de una lluvia se riega semilla de Carreton se repite esta operacion hasta que la semilla germinada descubra el talud.

Ese: 1: 100

FIGURA 14

9X

90% de su área. En algunos sectores presenta expansión en surcos como resultado de la cortina de lixiviación.

Estos taludes se manifiestan en los cráteres resultantes de la explotación principalmente en los depósitos de aguas. Aproximadamente tienen una longitud total de 1.000 m. y una profundidad promedio de 40 m. correspondiendo una superficie a manejar de 40.000 m<sup>2</sup>.

#### - Manejo del Talud

Este tipo de talud presenta dificultad para su manejo por la pendiente pronunciada, como no se pueden construir terrazas o canales para controlar el agua de escorrentía es conveniente establecer cada 10 m en la dirección de la pendiente, barreras vivas en donde el terreno lo permita, plantadas en fique a una distancia de 2 m entre matas, para crear el espacio y controlar el agua de escorrentía y lixiviación, así como detener el arrastre de materiales granulares, requiriéndose 2.000 plantas de fique para establecer cuatro barreras vivas.

En algunos sectores habrá que construir canales transversales para encausar el agua de escorrentía que controle la barrera y conducirla al reservorio definitivo de almacenamiento de agua.



**- Revegetalización**

Como se carece de base y capa vegetal es conveniente hacer un reparcheo con plantas gramíneas principalmente, de distinta variedad, plantando en triángulo y a una distancia de 2 m entre plantas hasta cubrir toda la superficie de 40.000 m<sup>2</sup> aproximadamente; requiriéndose al rededor de 25.000 plantas gramíneas.

El parcheo consiste en abrir pequeños hoyos en el talud para colocar la gramínea u otra planta, se recubre con tierra, se hace presión para anclar la planta al terreno esperando que prenda.

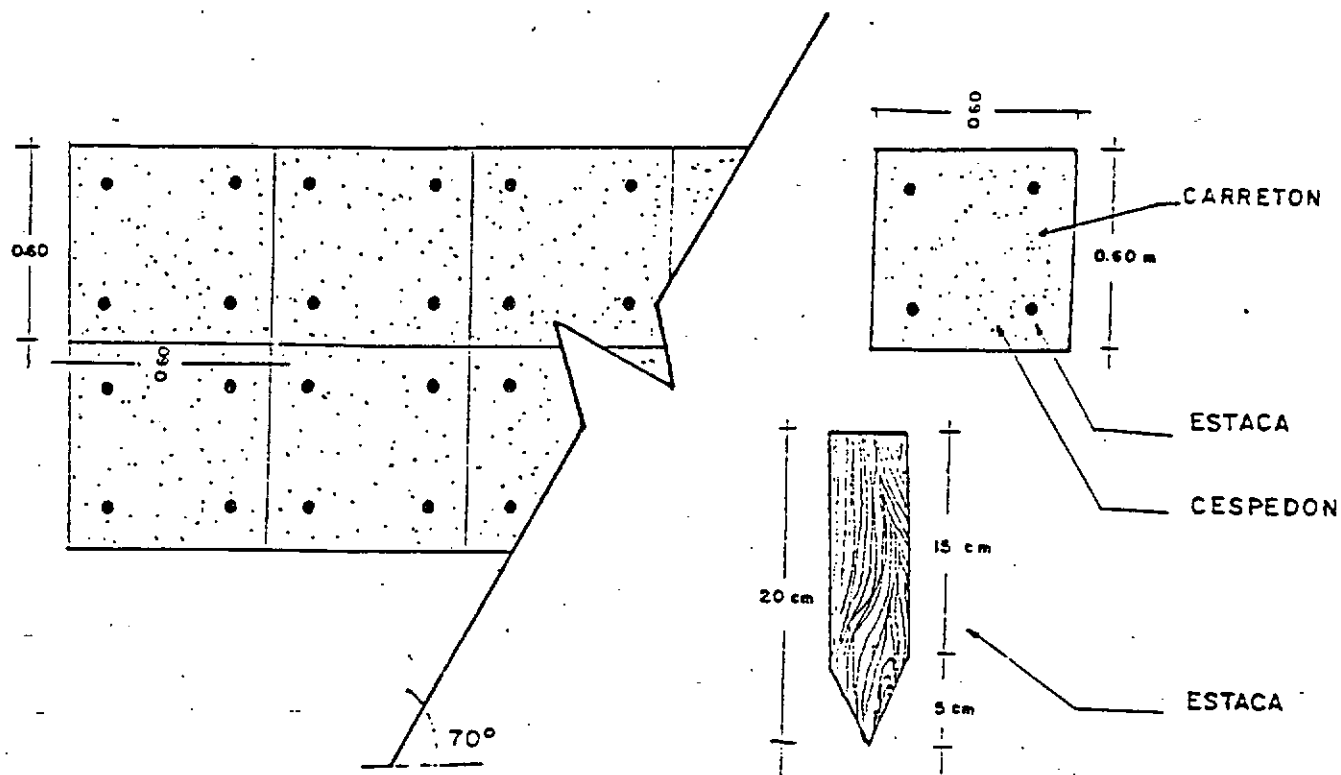
Entre las plantas se riega semillas de carretón después de una lluvia para favorecer la germinación de la semilla, se continúa el riego de semilla luego de una lluvia hasta cubrir la superficie con carretón. Es un proceso lento pero efectivo, las gramíneas, enredaderas, y demás plantas rastreras se van desarrollando, avanzando y descolgando por la superficie hasta alcanzar toda la cobertura. Más adelante se da la lista de las principales especies a plantar.

**4.10.2 Talud Menor de 70° ( fig. 15)**

Este tipo de talud presenta menor dificultad para su manejo, se puede tender, darle una pata de apoyo para su estabilidad y conformación. Estos taludes tienen una longitud aproximadamente de 4.000 m y una superficie a tratar 120.000 m<sup>2</sup>.

# MANEJO DE TALUD - $\angle 70^\circ$

Tipo de protección: CESPEDON



LA PROTECCION SE HACE EN EPOCA DE LLUVIAS

METODO: 1- Se colocan cuadrados de cespel (cespedones) de 0.60 x 0.60 m, sobre la superficie del talud se anclan con estacas de madera, clavando el cespel al talud, golpeando la estaca.

2- Regar semilla de Carretón en la superficie del talud hasta cubrir la superficie.

Se repite el riego de semillas de Carretón hasta que germinada cubra el talud.

100

### - Manejo de Talud

En este tipo de talud es conveniente construir terrazas cada 10 m. en el sentido de la pendiente y en longitudes de acuerdo a la del talud correspondiente a tratar. Tenemos tres terrazas que se pueden hacer o construir con un D 4 o en un tractor sobre ruedas, con cuchilla de 2.20 m ancho, con pendiente negativa, es decir con inclinación hacia el talud de 0.5% de pendiente y con inclinación longitudinal hacia los ejes transversales de drenaje. En estas condiciones se controla la velocidad del agua de escorrentía, el arrastre de material y se encausa el agua.

### - Revegetalización

Este tipo de talud permite una revegetalización mejor diseñada: Preparación del material vegetativo de especies gramíneas, enredaderas y rastreras que se indican en la lista anexa hasta que tengan un mínimo de 0.40 m de altura (bolsa mediana) para plantarlas en el talud a una distancia de 2 m en triángulo, entre plantas. Para plantarlas en el talud se requieren abrir hoyos cada 2 m en triángulos de 0.30X0.20X0.20 y plantar 40.000 especímenes a nivel del suelo. Entre las especies plantadas se riega semilla de carretón al voleo hasta cubrir toda el área del talud. Esta actividad debe realizarse en épocas de lluvias.

## 4.11 Especies para Revegetalización de Taludes

### 1. Agave

- 101
2. Hayuelo *dodonea Viscosa*
  3. Buganbilla
  4. Cactus
  5. Cenizo
  6. Chusque *Chusquea s.p.*
  7. Figue *Fourcrea s.p.*
  8. Higuerilla *Ricinus Commun*
  9. Tilo
  10. Lulo de Monte Solamun *Quitonense*
  11. Pimiento *Shinus molla*
  12. Retamo *Cytisuss monspessulanes*
  13. Salvia *Emparorium amplum*
  14. Siempre viva
  15. Tuno de la Sabana *Opuntia Shumaunu*
  16. Uña de gato
  17. Zarza

Rastreras

Criptogama *Schaginella ascllowii*

Líquenes

Musgos

### 4.11.1 Resumen

Numero de árboles por zona verde:

No.	Zona	No. de árboles
1	Barrera viva	9.120
2	Cortina Rompeviento	8.800
3	Cortina ambiental	2.545
4	Bosquetes	2.000
5	Arboretum	200
6	Bosque Ecológico	28.000
		-----
	<b>TOTAL ARBOLES</b>	<b>50.665</b>
		=====

### Revegetación de taludes

- 1. Talud < 70° 25.000 plantas
- 2. Talud > 70° 40.000 plantas

#### **4.12 Recuperación Area de Taludes y Jarillones del Nuevo Curso del Río Tunjuelito.**

Consecuentemente con los detalles de recuperación del resto de la cantera se contempla la revegetalización, reforestación y recuperación de los taludes y jarillones del nuevo canal del río.

##### **4.12.1 Taludes Internos y Jarillones**

Complementaria a su estructuración, los cuales tienen pendientes 1:1 (de 45°) y a las obras de revestido de parte de los mismos, se hará su revegetalización, por la incorporación de pasto y gramíneas en igual forma a la descrita anteriormente (taludes < 70°).

Complementariamente se contempla el sembrado de especies arbustivas nativas, que por su enraizamiento garanticen la consolidación y retención del suelo.

Para aumentar la garantía de estabilidad perduración y oportunidad de vida de las especies transplantadas, así como el cumplimiento del objeto buscado, se plantarán arbustos en bolsa grande de no menos de 1.20 m de altura.

Las especies a sembrar coinciden con las segundas para la conformación de las diferentes barreras de tal forma que al alternar con diferente frecuencia y



104

variedades, se rompería con la monotonía del paisaje, tratando de emular las condiciones originales que ofrecía el talud natural.

#### **4.12.2 Taludes Externos**

Se alternaron las dos formas de recuperación: para  $> 70^\circ$  y  $< 70^\circ$  tanto en revegetalización como en siembra de especies arbustivas. Aplicándolas en forma más adecuada, dada la forma que han tomado estos taludes, los más altos menos tendidos y los más bajos con mayor pendiente.

#### **4.13 Aprovechamiento de las Variedades Existentes**

Por las condiciones de aclimatamiento; posibilidad de supervivencia y para evitar un desastre ecológico, se plantea la recuperación de las especies existentes en el área, con su reimplantación

##### **4.13.1 Inventario**

Se hará un inventario de las especies existentes, por variedad, altura posición física, para el caso de los arbustos. Para el pasto (kikuyo), se contabilizaran las áreas cubiertas.

105

#### **4.13.2 Preparación**

Para el reimplante de las especies recuperadas se prepararán los huecos en igual forma que para la siembra de las otras especies, solo que serán de las dimensiones que cada arbusto a implementar lo requiera ( por inventario). Este proceso llevará no menos de dos meses para dar tiempo a que el nuevo sitio esté adecuado lo mejor posible.

#### **4.13.3 Arranque**

Luego del inventario, se programará el arranque de las especies, para ello se procede a "limpiar" con una máquina y se dispondrá tela de polipropileno para la retención del suelo con las raíces y el arranque mismo.

#### **4.13.4 Transición**

Período en que el arbusto estará al aire libre, entre el arranque y la reimplantación. Se almacena en el vivero que se ha dispuesto como sitio de almacenamiento y transición. Se espera que allí las plantas no esten más de quince (15) días.

#### **4.13.5 Siembra**

Como etapa final se procede a la siembra de estas especies en los huecos preparados para tal fin.



106

#### 4.14 Conclusión

Cumpliendo con esta parte del programa, se espera recuperar al rededor de tres mil (3.000) especies arbustivas y al rededor de 36.000 m2 de pasto (inventario previo) evitando así un desatre ecológico.

107

CAPITULO 5

108

## **5. PROPUESTA DEL MANEJO GENERAL PARA LA RECUPERACION DE LA ZONA DE GRAVERAS DEL RIO TUNJUELITO**

Un esfuerzo de tal magnitud para desarrollar un programa de recuperación que dé como resultado el establecimiento de una Reserva Ecológica Privada, no puede estar aislado de la problemática general de la zona. Deben ligarse las condiciones generales y particulares operando bajo un esquema común, coherente y complementario.

Para facilitar esta labor, de tipo institucional, se realiza una ampliación y extrapolación del programa en particular para que ambos sirvan como un aporte, la primera como plan piloto y la segunda como elemento de trabajo para que las entidades encargadas lo puedan tener como punto de partida y referencia para el trazado de las políticas que sirvan de marco integral para el desarrollo y recuperación de la zona.

Es de anotar que las empresas dedicadas a la industria minera en este sector han formado consenso al rededor de las ideas aquí expuestas. Siendo éstas por lo tanto de aceptación general (anexo # 6 y plano #10)

### **5.1 Diagnóstico General de la Cuenca del Tunjuelito.**

Para crear un marco de referencia que fije unos parámetros básicos, a partir de los cuales movernos, a continuación se realiza un inventario diagnóstico que resume el estado actual del área y parte de la influencia que el proyecto de recuperación de Concretos Diamante tiene sobre ella. Así como su coherencia con los planes institucionales desarrollados para Ciudad Bolívar, zona de la cual forma parte importante el área del proyecto.



### 5.1.1 Alcantarillado.

En el área que corresponde a la vereda de La Fiscala, la E.A.A.B. ha previsto un plan para dotar de alcantarillado separado. Para tal efecto ha preparado proyectos para las diversas urbanizaciones de la zona y un esquema para el interceptor de aguas negras paralelo al Río Tunjuelito.

### 5.1.2 Aguas Lluvias

Para las aguas lluvias se ha propuesto al sur y norte de la avenida a Villavicencio vertimientos directos al cauce del río Tunjuelito solución que no es practicable por las explotaciones de materiales.

La solución se consigue con la rectificación del río Tunjuelito hacia el occidente, la cual hace necesaria la construcción de un conducto de aguas lluvias, que recibirá la red de la Aurora y de las otras urbanizaciones construídas entre la avenida el Llano y la quebrada Yomasa.

Este conducto se ubicará paralelo a la carretera a Usme con un primer vertimiento a través de la vía prevista en el área de recuperación de La Fiscala, que comunicará, a la carretera a Usme con la Avenida al Llano o avenida Boyacá. Aguas abajo de esta estructura se debe continuar con un interceptor ubicado paralelo a la carretera a Usme con vertimientos transversales al cauce del río Tunjuelito, de acuerdo a las modalidades que se adopten para la explotación de áridos hasta abajo de la Escuela de Artillería. El esquema de estos conductos se muestra en el plano denominado colector derecho de aguas lluvias paralelo al río Tunjuelito.

### 5.1.3 Aguas negras

El interceptor previsto por la E.A.A.B. para recolectar las aguas negras en el área comprendida entre Usme y Bosa se muestra en el plano temático titulado "Alcantarillado". Para el sector comprendido entre la urbanización San Andrés de los Altos y el comienzo de la propiedad de Concretos Diamante y la Ladrillera Santa Fe, se ha hecho una reubicación tentativa del interceptor en este sector, evitando conducirlo por los socavones de las explotaciones de áridos.

El esquema elaborado para este sector se muestra en escala 1:2000 en el plano denominado interceptor derecho del río Tunjuelito.

Para el diseño del colector de aguas lluvias del río Tunjuelito se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Recoger las aguas superficiales del barrio La Aurora
- Recoger las aguas del colector San Andrés
- Recoger las aguas superficiales de la ladera-margen oriental del trazado

En los primeros 125 m de tubería se conducen las aguas superficiales del barrio La Aurora, cuyo caudal es de 2190 lt/s, empleando un conducto de diámetro de 1.10 m. y una pendiente de 0.55%, cumpliendo de ésta manera con los parámetros del caudal según la fórmula de Manning.

A los 200 m del trayecto se incrementa el caudal con las aguas del colector de San Andrés en 615 lt/s, para un total de 2805 lt/s, empleando un diámetro de 1.20 m y una pendiente de 0.77%.

En el estudio de los diámetros y pendientes se tuvo en cuenta el no tener altas velocidades del flujo ni grandes profundidades de excavación.



#### 5.1.4 Suelos

El muestreo de los suelos de este sector de la cuenca media del río Tunjuelito muestra un alto grado de degradación y agotamiento resultante de un excesivo uso y prácticas agrológicas inadecuadas, sin ningún manejo formulado.

El uso principal del suelo, desde tiempo inmemorial se reducía a la agricultura y ganadería intensivas, producción de trigo y cebada. El pastoreo excesivo llevó a un agotamiento sucesivo con la consecuente desaparición de la capa vegetal hasta el afloramiento del subsuelo, constituido por arcillas expansivas aptas para la industria ladrillera.

El clima sufrió un cambio debido a la sucesiva desaparición de la capa vegetal, y del bosque nativo y tan solo quedan vestigios de una vegetación xerofítica característica del bosque seco montano bajo (bs-MB)

#### - Geomorfología

Estos suelos se caracterizan por presentar distintas unidades asociativas y por esta razón su uso para la agricultura en las condiciones actuales resulta inadecuado al estar constituidos por gravas, arenas y cantos sin ninguna consolidación, razón por la cual se presenta tendencia a la erosión.

Los sedimentos del río Tunjuelito se componen de aportes de conos fluvio-glaciares constituidos por materiales macizos, areno arcillosos, altamente permeables, seguidos por material menos fino, especialmente gravas y arenas que son explotados y aprovechados en la actualidad para la producción de concretos utilizados en la industria de la construcción.

En su formación se detectó la presencia de varias asociaciones: Bojacá, Monserrate, Río Bogotá, y una mezcla de éstos.

112

## Características

Topografía	: Plana y ondulada o quebrada.
Pendientes	: 3 - 7 12 - a 20%
a.s.n.m.	: 2.600 m.
Clima	: Seco
Precipitación	: 600 a 800 mm al año.
Temperatura	: Promedio 12º
Vientos	: S-N con fuerte brisa que favorece el erosión eólica.
Uso Actual	: Agrológicamente ninguna.
Erosión	: Severa.
Fertilidad	: Baja (muy bajo contenido de fósforo, nitrógeno y potasio) Bajo contenido de materia orgánica.
Consistencia	: En seco muy dura En mojado pegajosa y plástica.
PH	: 5 a 5.5

Se observa de manera superficial un Clay Pan (capa compacta) que impide la penetración normal de las raíces.

Las características físicas de estos suelos el IGAC los clasifica dentro de la serie TECHO. Agrológicamente no son aptos para desarrollar ningún tipo de agricultura.

### 5.1.5 Uso de la Tierra

En la actualidad la mayor parte del área motivo del estudio, se encuentra a lo largo del río Tunjuelito y está dedicada a la actividad minera principalmente aprovechando los materiales aluviales del río.

Se encuentran numerosas industrias que producen agregados pétreos; gravas, gravillas, arenas, para la industria de la construcción, entre estas Concretos



113

Diamante, que posee una superficie de 50 Ha, dedicadas única y exclusivamente a esta actividad, dentro del área global aproximada. de 200 Ha. La sucesiva degradación del suelo agrícola ha permitido que la población se dedique a la actividad minera y haya abandonado toda producción agrícola.

El siguiente cuadro explica el uso actual de la zona en explotación:

No.	Uso Actual	%
1	Bosque implantado	4.7
2	Rastrojo alto	2.4
3	Rastrojo bajo	8.0
4.	Pastos (prados)	30.2
5	Cultivos	0.5
6	Zona desprotegida	9.2
7	Erosión	14.0
8	Explotación de agregados	25.0
9	Construcciones	1.0
10	Lagunas	5.0

Como puede observarse solo existe el 0.5% del área dedicada al cultivo, con marcada erosión pluvial, eólica, y antrópica. Existen 28 puntos de explotación de agregados, actividad que continuará hasta agotar las existencias.

Además existen varias lagunas artificiales causados por los cráteres resultantes de la explotación donde se depositan aguas superficiales, de escorrentía y freáticas que son utilizadas en el lavado de material antes de pasar por el proceso de trituración y para depósitos de residuos y estériles.

El área cubierta en pasto, principalmente en kikuyo, constituye una cobertura muy pobre debido a que no existe capa vegetal para su desarrollo, no permite atender una mínima actividad ganadera y su única y principal función es de proteger el suelo.



114

El rastrojo bajo está constituido principalmente por gramíneas, helechos, rodamonte, cenizo, lenguavaca, salvio, bledo, alfamiza, diente de león, llantén.

El rastrojo alto, está representado por la presencia de las siguientes especies : choclo, sauco, retamo, cordoncillo, corono, pajarito, mimbre, oiro, chilco, chite, chusque, fique, higuera, cactus, hayuelo, espino.

Esta vegetación se encuentra distribuida en la zona, en los sitios donde se encuentra rastrojo bajo y alto, principalmente en donde hay presencia de humedad, a lo largo del cauce del río. Existe de modo dispersa y a manera de testigo de lo que fue una plantación artificial original en la hacienda La Fiscala, algunos árboles que por su porte muestran que fueron plantados a principios de siglo, principalmente de las especies: Eucaliptus globulos, ciprés, acacia y pimienta.

El bosque implantado es el resultado del interés de algunas industrias en actividad, por defender el recurso forestal, los cuales han plantado principalmente pino patula y eucalipto, especies que no son aptas para la recuperación y conservación de suelos teniendo en cuenta su actual degradación y agotamiento físico. Se deben sembrar plantas nativas de igual especie a las que esporádicamente se encuentran en su hábitat natural.

Los esquemas elaborados para este sector se muestran en los planos de suelos y usos de tierra y vegetación.

### 5.1.6 Conclusión

Hecha la anterior evaluación se observa que no es exactamente el mejor cuadro para ver, pero realza y da mayor importancia a cualquier programa de recuperación que llegare a instituirse en el área.

115

## 5.2 Manejo general para toda el área sujeta a recuperación.

Por el análisis hecho en forma discreta sobre la Cantera La Fiscala, propiedad de Concretos Diamante, se llega a la conclusión que el posible uso a dar una vez concluida la explotación minera del río Tunjuelito, es el establecimiento de una Reserva Ecológica que integre las alternativas de aplicación forestal y recreacional.

Esta actividad podría adelantarse en toda la zona abarcando una superficie aproximada de 200 ha, para obtener finalmente una Gran Reserva Ecológica al sur de la ciudad, que carece actualmente de esta alternativa.

### 5.2.1 Factibilidad

El establecimiento de esta Reserva Ecológica se fundamenta en los siguientes aspectos:

Integración al proyecto de todos los predios y demás industrias gravilleras que aprovechan en la actualidad el depósito a lo largo del río Tunjuelito.

- Superficie total para dedicar a la Reserva Ecológica aprox. 200 Ha.
- Integración en la adecuación y el manejo de la reserva ecológica de distintos estamentos estatales y privados:

- . Distrito Capital
- . Instituto de la Recreación y el Deporte
- . CAR
- . Jardín Botánico
- . E.A.A.B.



- . Inderena
- . Asogravas
- . Comunidad
- . DAMA

Y en general toda entidad de carácter gubernamental y no gubernamental que pudiere brindar alguna colaboración al proyecto, porque este tiene que ser un esfuerzo interdisciplinario e interinstitucional que garantice el aporte de lo mejor de cada una para llevar a feliz término esta causa.

Se debe tener en cuenta que Bogotá carece de un área verde al sur de la ciudad, el establecimiento de un pulmón verde en este sector de alta contaminación de aire beneficiará a una población de 500.000 habitantes, que reside en 10 barrios periféricos, con lo cual se daría cumplimiento a una de las metas de la Administración Distrital.

### 5.2.2 Area Recreacional Actual

De acuerdo con la información del Instituto Distrital de la Recreación y el Deporte IDRDR, en Bogotá solamente existen 10 parques metropolitanos. Habilitados para atender una recreación básica complementaria, existen a nivel de barrio 1.270 parques con áreas pequeñas que constituyen zonas verdes de atención inmediata con mínima infraestructura mínimos requerimientos y para un mínimo de población.

Se debe tener en cuenta que los únicos parques existentes al sur de la ciudad son:

Parque	Area
Usme	41.090 m <sup>2</sup>
Tunjuelito	69.134 m <sup>2</sup>
	-----
<b>Area Total</b>	<b>110.224 m<sup>2</sup></b>
	=====

### 5.2.3 Justificación

En términos generales la zona presenta una geomorfología con características de grandes huecos, algunos de los cuales se emplean como recipientes de agua, de rellenos de materiales no aprovechables por la explotación de gravas.

Al observar los planos de proyección de la topografía se comprueba que el 49.25% corresponde a superficies que están por debajo de la cota 2580 que corresponde al lecho del río Tunjuelito en este sector. Desde el punto de vista de localización con respecto a la ciudad, este sector debe jugar un papel de complemento urbanístico, descontando de plano cualquier pretensión agrícola, pecuaria y minera.

Lo anterior permite identificar la zona como un área para restauración ecológica con vocación recreativa y el uso que concordaría con las dos actividades anteriores, sería la de una gran Reserva Ecológica Metropolitana la cual cubriría y prestaría servicio al sector suroriental.

La alternativa de habilitación de esta área para el uso de recreación y esparcimiento cumpliría múltiples propósitos a saber:

- La zona será de manejo y propiedad privada con vocación social.
- Se construirá un pulmón verde que mejoraría la calidad del aire de la zona de influencia.



MB

- Mejora en el impacto visual porque brindaría una alternativa paisajística diferente y variada, al contrario de la que hay actualmente.
- Permitiría el establecimiento de una reserva para la avifauna el área, que brindaría posibilidades de abrigo y alimento para distintas especies hoy casi extintas.
- Previo estudio, podría brindar la alternativa de generar también una reserva ictiológica dada la calidad de las aguas que se tendrían allí depositadas.

#### 5.2.4 Cobertura

Teniendo en cuenta que la población periférica actual en la zona de La Fiscala se estima en 500.000 personas y que para el área actualmente dedicada a parques existe una relación de 0.22 m<sup>2</sup>/habitante, siendo que las normas establecen un mínimo de 6 m<sup>2</sup>/persona, con el establecimiento de la Reserva Ecológica Privada, se tendrá un área disponible de 2.000.000 m<sup>2</sup>, lo cual arrojaría una relación de 4 m<sup>2</sup>/habitante, valor que se acerca bastante al mínimo exigido.

#### 5.2.5 Recreación

La recreación es una actividad de esparcimiento a la cual todo ser humano tiene derecho y se debe ejercer de manera permanente, práctica que requiere de sitios abiertos, dotados con una infraestructura mínima que permita su normal funcionamiento.

La recreación debe estar dirigida a la atención colectiva y debe ser responsabilidad de todos, el estado, la empresa privada y la comunidad, como

MA

son los espectáculos públicos, práctica de deportes, competencias de grupo, actividad física personal y juegos mecánicos, entre otros.

### 5.2.6 Conclusión

Dentro de este orden de análisis, se concluye que no solo el predio propiedad de Concretos Diamante, se destinará para establecer una Reserva Ecológica Privada, sino que todo el sector de influencia de las graveras, una vez sea concluída la explotación y aprovechamiento minero, también se tenga como destinación final el establecimiento de una gran Reserva Ecológica Metropolitana, que se convierta en el gran pulmón del sur de Santa Fe de Bogotá.

Por considerarlo de especial interés en el anexo 4 se incluye la traducción del artículo "Integrated Use of Natural Resources and Geoenvironment" de los profesores Vrba y Moldan (1989), quienes acertadamente tratan el manejo que se le debería dar al ambiente.

120

CAPITULO 6



## 6. CONCLUSIONES GENERALES

Mediante la implementación de un programa de recuperación de la zona de gravas que actualmente se explotan en un sector de la cuenca baja del río Tunjuelito, propiedad de CEMENTOS DIAMANTE S.A. - CONCRETOS DIAMANTE, se desarrolla el establecimiento de la **Reserva Ecológica Privada "La Fiscala"**, proyecto que permitirá establecer en el futuro una alternativa de solución verde, mediante una reserva forestal, que genere aire puro, paisaje y posibilidades de recreación, tanto activa como pasiva, solución que de ser desarrollada para el total del área de la zona de explotación, llegaría a generar una oferta ambiental para una población estimada en 500.000 habitantes, teniendo en cuenta el déficit de espacios que hoy existe para estas actividades.

La recuperación morfológica comprende el diseño final de los taludes que delimitarán las excavaciones, la disposición de los residuos de materiales con el fin de dar la mayor disposición para desarrollar los planes de reforestación, empradización y obras de drenaje con miras a la recuperación ecológica.

Inicialmente se considera la rectificación del canal actual del río, la estabilización geotécnica de los taludes integrándolos con los taludes de los barrios vecinos, diseño de sistema vial y el manejo de aguas lluvias y negras, que luego de ser terminadas, dan una zona en equilibrio.



102

Con base en la mejor definición de vocación y uso se delimitaron cinco áreas: recreación pasiva, servicios, recreación múltiple, deportiva e histórica cultural.

En el diseño de las zonas verdes y paisajismo se seleccionaron las especies vegetales que mejor se adaptan a la zona, pretendiendo establecer un nicho ecológico para aves y demás fauna que pueda albergar.

Se ha logrado ya la integración de todas las industrias que participan en la explotación de gravas a lo largo del Tunjuelito. Y se espera hacer integración de las entidades gubernamentales y no gubernamentales que puedan contribuir con el proyecto teniendo en claro que en un programa interdisciplinario e interinstitucional y su éxito depende del concurso de todos.

123

CAPITULO 7

124

## 7. BIBLIOGRAFIA

ALONSO M. et al (1984) Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. Ministerio de obras públicas y urbanismo. Centro de estudios de ordenación del territorio y medio ambiente. Madrid, España.

AMBIENTEC (1987) Plan de Manejo e Impacto Ambiental de la zona de Ciudad Bolivar. Informe final. Departamento Administrativo de Planeación Distrital, Bogotá.

ANGEL, C. et al (1988) Estudio hidrológico de las zonas de Soacha y Ciudad Bolivar Informe - 1977 - INGEOMINAS, Bogotá.

BARBOSA, R. (1991) Modelos Discretos para Materiales Granulares y Macizos Rocosos. Memorias IV Congreso Colombiano de Geotecnia. Editado por la Sociedad Colombiana de Geotecnia, Bogotá.

BARTHOLOMAUS, A. et al (1990) El manto de la tierra. Editado por la CAR - GTZ Y KFW, Ediciones Lerner - Bogotá.

125

BEDOYA, V. J. (1990). El hombre y su ambiente. La problemática de contaminación ambiental y aportes para una solución. 2ª Edición. U. Nacional de Medellín.

BLANCO, A. (1989) Editora Compiladora. Colombia. Gestión Ambiental para el Desarrollo. Editado con el auspicio del INDERENA - INTERCOR y Sociedad Colombiana de Ecología. Bogotá.

BOUL, S.W. et al (1989) Génesis y Clasificación de Suelos. Segunda Edición. Editorial Trillas. Mexico D.F, México.

BOWLES, J. (1985) Physical and Geotechnical Properties of Soils Second Edition. Mc. Graw Hill. International Edition. Singapore.

BROWN, D. et al (1986) Reclamación and Vegetative Restoration of Problem Soils and Disturbed Land. Noyes Data Corporation. Park Redge, New Yersey, U.S.A.

CAMBEFORT, H. (1973) Geotecnica del Ingeniero. Reconocimiento de suelos. Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona, España.

CANTER, L. (1977) Enviromental Impact Assessment. Mc. Graw Hill Book Company. San Francisco, U.S.A.



126

- CORONEL, S. (1970) Hidráulica. Compañía Editorial Continental S.A.  
México D.F, México.
- CUSTODIO E. & LLAMAS, M.R. (1983) Hidrogeología Subterránea, Tomo  
I. 2ª. Edición. Editorial Omega. Bogotá
- DIAZ, A. & RAMOS, A. (1987) La práctica de las Estimaciones de Impactos  
Ambientales. Cátedra de Planificación. Escuela Técnica Superior de  
Ingenieros de Montes. Madrid, España.
- FRENCH, R. (1988) Hidráulica de Canales Abiertos. Editorial Mc. Graw Hill.  
México D.F, México.
- GALLEGO, E. & BARRETINO, D. (1990). Sistema de evaluación cuantitativa  
de alternativas en la ubicación del nuevo Vertedero de Resíduos Sólidos  
Urbanos de Málaga. Boletín Geológico y Minero. Vol. 101-2. Madrid,  
España.
- GONZALEZ, et al (1989) Métodos de Estabilización Sistemas Vegetativos.  
Proyecto de grado. Vol. I y II Departamento de Ingeniería Civil.  
Facultad de Ingeniería U. N. de Colombia, Bogotá.
- HUGGETT A. et al (1987) Memoria del mapa hidrogeológico de Colombia.  
Edición 1987. Informe 1977 - INGEOMINAS Bogotá.

- KENNEDY, B. (1990) Editor of Surface Mining, Published by Society for Mining, Metallurgy and Exploration inc. Littleton, Colorado, U.S.A.
- LOPEZ, J.F. et al (1990) Vivir en Bogotá. Edición Foro Nacional Colombia. Bogotá, Colombia.
- MARTINEZ, C.A. (1983) Bogotá. Sinopsis sobre su evolución urbana. Editorial Escala. Fondo Editorial. Bogotá-Colombia.
- \_\_\_\_\_ (1983) Bogotá, Diseñado por cronistas y viajeros ilustres. Editorial Escala. Fondo Editorial. Bogotá-Colombia.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA (1988). Código de Minas. Bogotá.
- OLEODUCTOS DE COLOMBIA S.A. (1991) Manual de protección geotécnica y ambiental. Oleoducto Vasconia - Coveñas. 2ª Edición. Editorial Nuevas Ediciones. Bogotá.
- ORTEGA, J. (1989). Código nacional de los recursos naturales renovables y protección al medio ambiente. 3ª Edición actualizada. Editorial Temis. Bogotá -Colombia.
- \_\_\_\_\_ (1991) Constitución Política de Colombia. Editorial Temis Bogotá.

ROBLES, E. Y SAENZ, J. (1990) Hidrogeología de la cuenca del río  
Subachoque, informe 2118. INGEOMINAS - Bogotá.

RODRIGUEZ G. Y BERMUDEZ, O (1991) Evaluación de la recarga  
proveniente de la precipitación en la zona central, sur y oriente de la  
Sabana de Bogotá, Inf. 2145 - INGEOMINAS - Bogotá.

————— (1991) Estudio Hidrológico Cuantitativo de la  
Sabana de Bogotá "Informe Hidrometeorológico del Area del Proyecto"  
Informe 2011 - INGEOMINAS Bogotá.

SAENZ, J.S. (1988) Perforación y Construcción del Pozo Usme-2 "La Fiscala"  
Informe final. INGEOMINAS, Bogotá.

SIMON, P. (1539) Noticias Historiales de las Conquistas de Tierra Firme en las  
Indias Occidentales. Academia Colombiana de Historia, Bogotá.

SUAREZ, J. (1989) Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Universidad  
Industrial de Santander. Primera Edición. Bucaramanga-Colombia.

UNESCO / WMO (1977) Hydrological maps. París - Génova.



29

# ANEXOS



130

ANEXO 1

131



FOTO 1. Aspecto de las obras que se realizan conjuntamente con la reestructuración del canal del río Tunjuelito. Obsérvese la revegetalización de los taludes.



FOTO 4. La información se ha digitalizado mediante la aplicación AUTOCAD para controlar el diseño y ejecución del plan de reforestación.

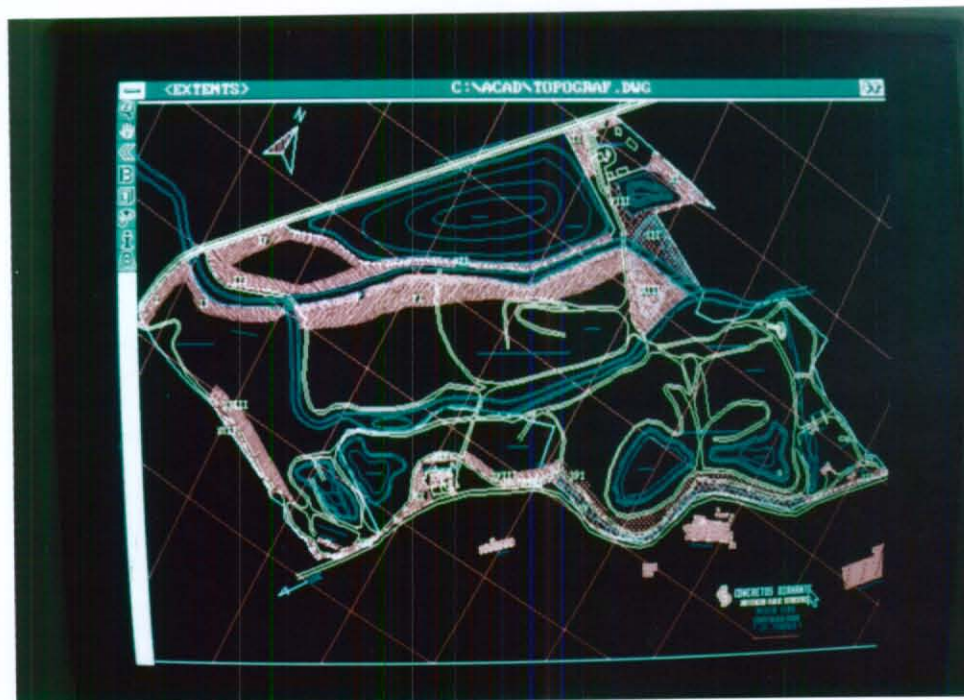


FOTO 5. Plano digital en escala 1:2.000 en el cual se distribuyen las zonas de revegetalización en la primera etapa. (Señaladas con achurado rojo y números romanos).



134

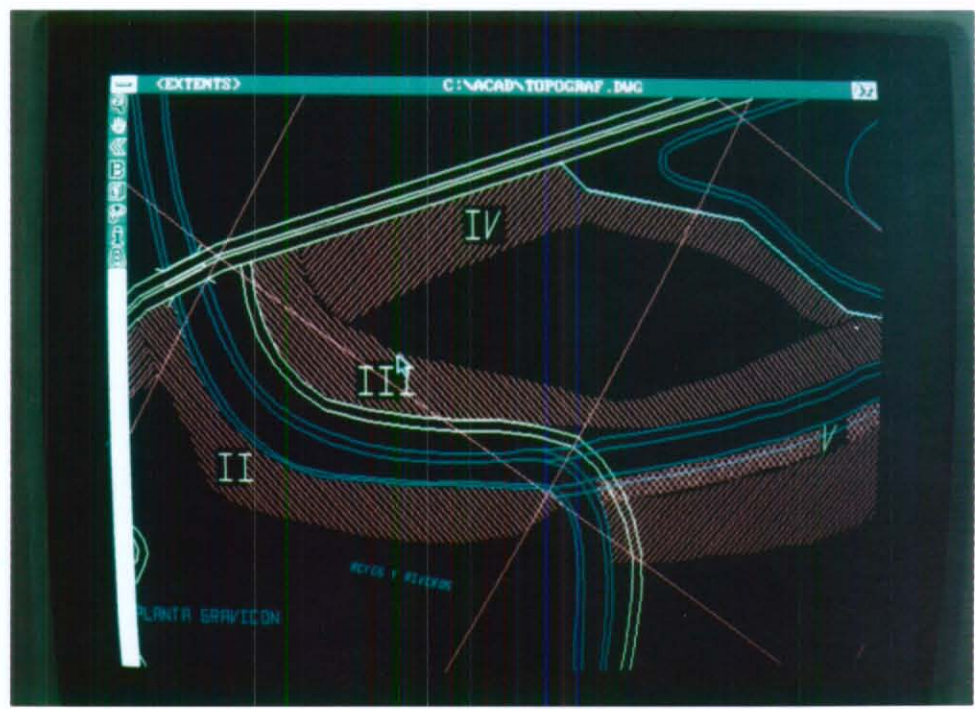


FOTO 6. Detalle del mapa de zonas de reforestación de la primera etapa.



FOTO 7. Revegetalización de taludes. Obsérvese el adecuado manejo que se le hizo al talud.



FOTO 8. El plan de revegetalización de taludes contempla los taludes que quedarán definitivos.





FOTO 9. Preparación del talud para su empradización en el nuevo canal del rio Tunjuelito.



FOTO 10. Proceso de revegetalización del talud con cespedón. Finalmente se tendrá una cobertura del 100%.

137



FOTO 11. Manejo que se hace del capote de suelo para su conservación y posterior uso.



FOTO 12. Panorámica de un talud con la empradización concluida. Se debe esperar el crecimiento del pasto.





FOTO 13. Inicio de revegetalización del talud definitivo de una de las minas.



FOTO 14. Siembra experimental en donde se espera encontrar las especies de mejor adaptación a la zona. Se cuenta con la colaboración del Jardín Botánico.



139



FOTO 15. Aspecto del vivero que alberga 25.000 plantas de diferentes especies. En el exterior se observan los germinadores.



FOTO 16. Manera como se han dispuesto las variedades de plantas en el interior del vivero.

140



FOTO 17. Se ha tenido especial cuidado al escoger las variedades que mejor se adaptan a la zona. En primer plano "Enredaderas" para cubrir las coronas en taludes.



141

**ANEXO 2**

## **CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS GENERALES DE LA CUENCA DEL RIO TUNJUELITO.**

Teniendo en cuenta que el área de estudio prácticamente se constituye en una de las últimas zonas de recarga de la Sabana de Bogotá y por lo tanto requiere ser protegida, se establecen las características hidrogeológicas de las unidades geológicas presentes en la cuenca del río Tunjuelito en la zona de La Fiscala.

Se consideran los factores climáticos edafológico litológico y estructural que sumados determinan el comportamiento del agua subterránea de la cuenca.

### **1. Aspecto climático**

#### **1.1 Sabana de Bogotá**

El clima de la sabana de Bogotá se clasifica como húmedo y frío, de montaña tropical con una temperatura promedio entre 12 y 14° C. Se debe tener en cuenta que en las tierras tropicales, los períodos estacionales no son térmicos sino hídricos y se manifiestan en las precipitaciones, razón por la cual no se observan apreciables variaciones en los valores promedio mensuales de la temperatura del aire. La distribución espacial de la lluvia no es homogénea debido a los mecanismos de producción de lluvias predominantes. Hacia las laderas de la cordillera oriental la precipitación puede alcanzar valores mayores

de 1.500 mm anuales por efecto de las masas de aire cargadas de humedad provenientes de los Llanos Orientales. Hacia la parte central, las lluvias sufren un notable descenso llegando a registrar valores aproximados de 800 mm anuales.

### 1.2 Cuenca del Tunjuelito

La cuenca del río Tunjuelito, con una extensión aproximada de 400 km<sup>2</sup>, presenta la mayor variación de precipitación anual en la Sabana de Bogotá. Hacia la parte sur, la zona que tiene influencia de los llanos orientales, muestran gradientes de precipitación altos con valores entre 900 y 1.500 mm/año, en regiones de alturas entre 3.000 y 3.700 m.s.n.m. Hacia el norte de la precipitación disminuye desde 900 hasta 600 mm en cercanías del municipio de Bosa con altura de 2.650 m.s.n.m.

### 1.3 Precipitación

De acuerdo con diversos datos pluviométricos medidos en varias estaciones localizadas en la cuenca del río Tunjuelito o cerca a ella (El Palmar, Puente Australia, Puente Bosa, Avenida Boyacá, Cantarrana, la Lumbre, El Bosque, La Regadera) presenta tres tipos de distribución estacional de pluviosidad, modificado localmente por la orografía y por los vientos cargados de humedad, provenientes de los Llanos Orientales.



144

La figura 1 presenta el régimen de los llanos orientales, unimodal, caracterizado por presentar básicamente un período de ocho meses de lluvias regulares (abril a noviembre) y un período seco (diciembre a febrero), para la parte alta del río Tunjuelito, con valores de 1.200 mm para año seco y valores superiores a 1.700 mm para año húmedo.

La figura 2 ilustra el régimen pluviométrico típico de la región andina, bimodal caracterizado por tener dos períodos lluviosos al año (abril- mayo y octubre-noviembre) y dos períodos secos (diciembre -marzo y junio-septiembre) para la parte media baja de la cuenca. Los valores de precipitación son menores a 700 mm para año seco y 1.000 para año húmedo.

La figura 3 presenta un régimen pluviométrico transicional, combinación de los dos regimenes anteriores, para la parte media del río. La precipitación varia entre 1.000 mm y 800 mm para año seco y entre 1.400 y 1.100 mm para año húmedo.

#### **1.4 Escorrentía superficial**

Debido a que la cantidad de agua disponible para escorrentía depende directamente del total de agua caída sobre la cuenca determinada, su ocurrencia sobre las áreas es similar a la precipitación.

145

# DISTRIBUCION ESTACIONAL DE LA PRECIPITACION

CUENCA DEL RIO TUNJUELO - PARTE ALTA - REGIMEN LLANOS ORIENTALES

PRECIPITACION MULTIANUAL

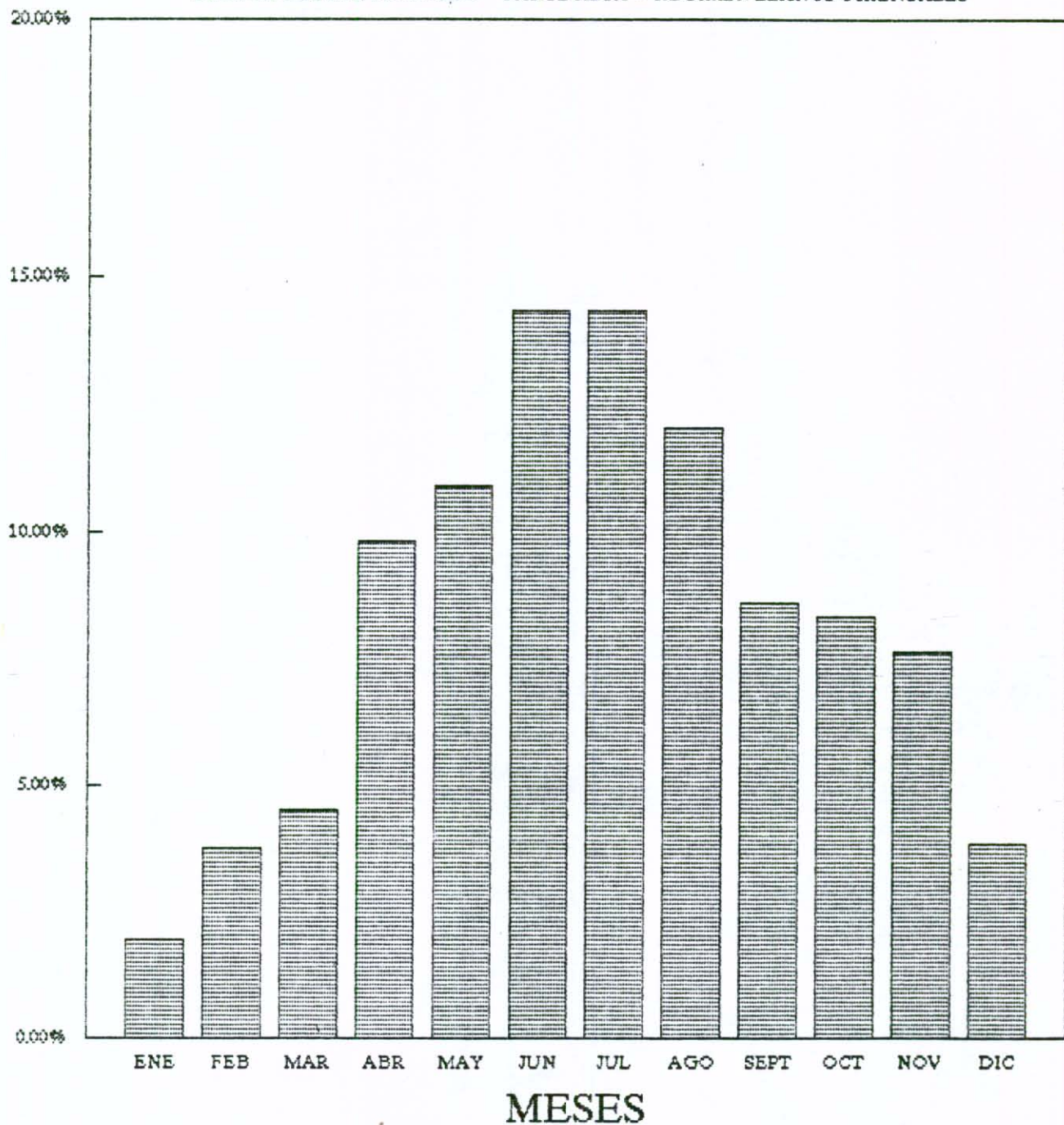


FIGURA 1

FUENTE: RODRIGUEZ, ET AL. 1991



146

# DISTRIBUCION ESTACIONAL DE LA PRECIPITACION

CUENCA DEL RIO TUNJUELO - PARTE MEDIA BAJA - REGIMEN ANDINO

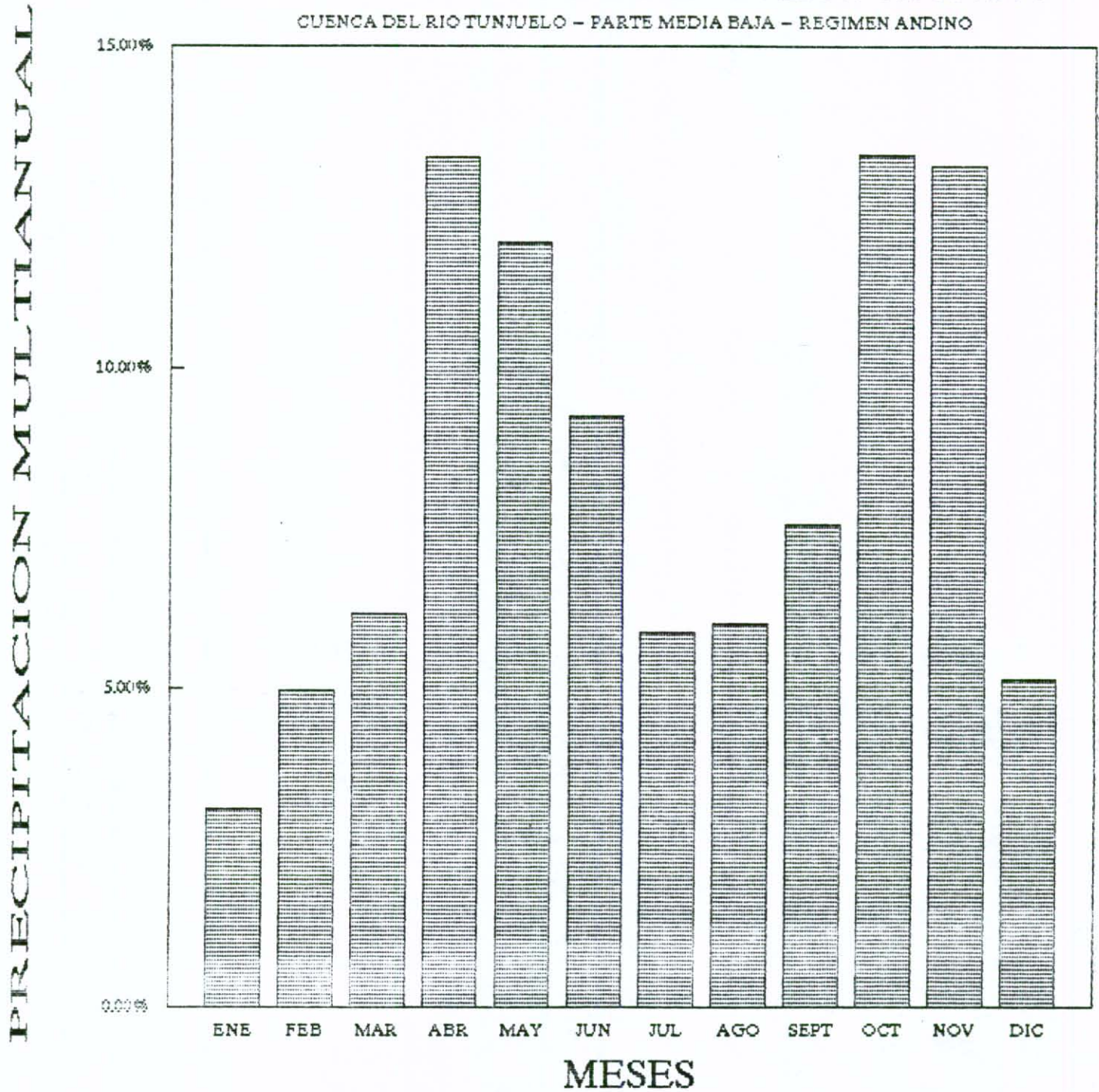


FIGURA 2

FUENTE: RODRIGUEZ, ET AL. 1991



147

# DISTRIBUCION ESTACIONAL DE LA PRECIPITACION

CUENCA DEL RIO TUNJUELO - PARTE MEDIA - ZONA DE TRANSICION

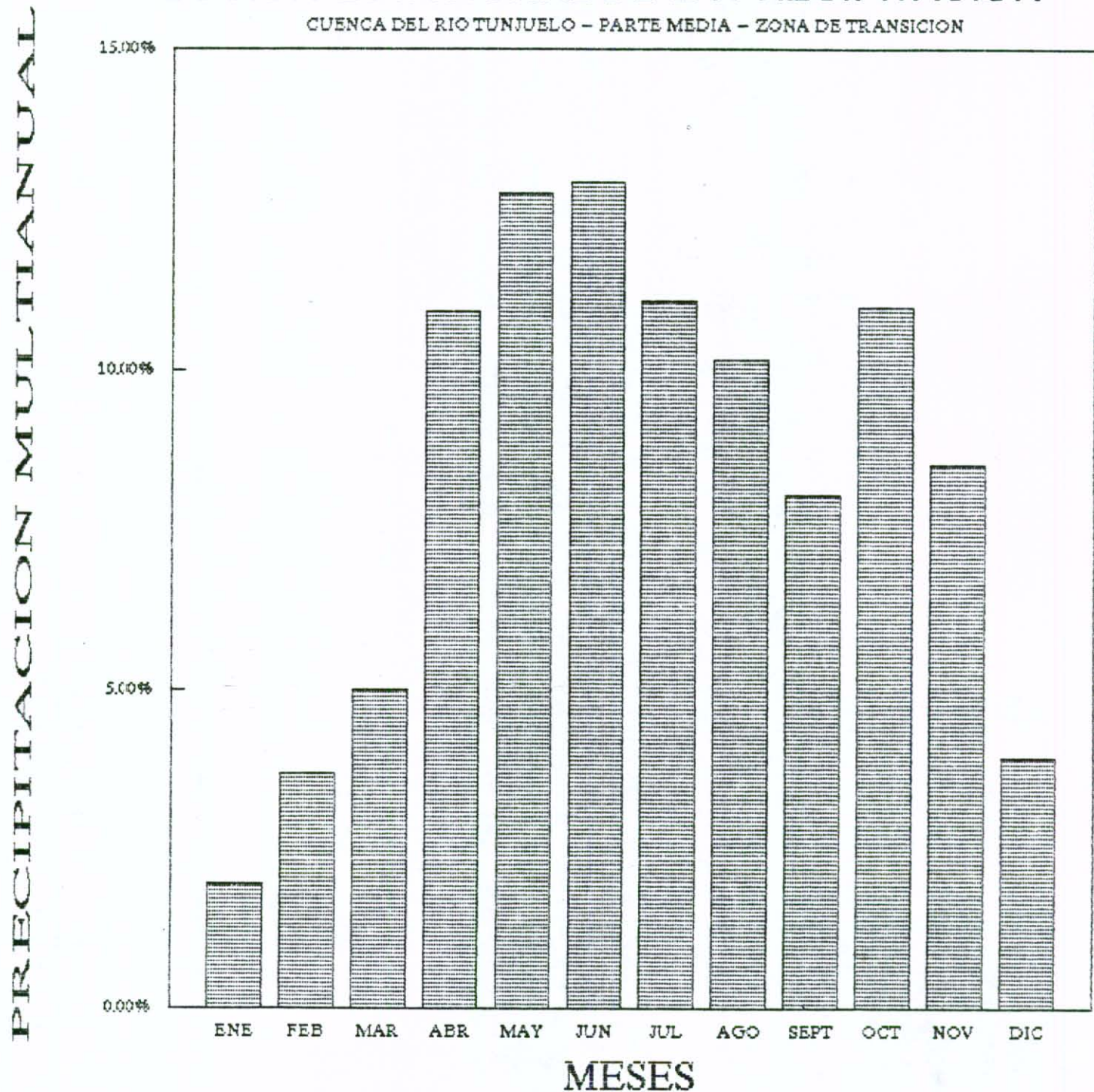


FIGURA 3

FUENTE: RODRIGUEZ, ET AL. 1991

En concordancia con esto se tiene una escorrentía alta en la parte superior de la cuenca del río Tunjuelito, con valores que llegan a los 1000 mm/año para año húmedo, 600 mm/año para año seco y 800 mm/año para año medio.

### 1.5 Evapotranspiración Potencial

Con base en la información obtenida en la estación climatológica La Regadera-Cuenca del río Tunjuelito, río Muña se establece que la ETP tiene sus valores mínimos en los meses de junio y julio y máximos en el período de enero a marzo (Rodriguez y Bermudez, 1991).

## 2. Aspecto Edafológico

De acuerdo a la zonificación de suelos de la Sabana de Bogotá (Carrera et al, 1980) en la cuenca del río Tunjuelito se presentan varias asociaciones de suelos con características propias, explicadas a continuación.

- Asociación Páramo Usme: Ocupa un área de 145 km<sup>2</sup> cubriendo rocas del grupo Guadalupe y Formaciones Bogotá, Regadera y algunos sitios con influencia fluvio-glacial.

Una alta precipitación (>1200 mm), alta humedad y bajas temperaturas condicionan la existencia de estos suelos.



Presentan una retención de humedad muy alta, llegando fácilmente a la sobresaturación, lo que permite almacenar agua que transmiten a los acuíferos permanentemente, con una humedad aprovechable del orden del 87%.

- Asociación Cabrera-Cruz: abarca una extensión de 112 km<sup>2</sup>, desarrollándose sobre sedimentos del terciario principalmente (Formaciones Bogotá, Regadera y Usme) y sobre depósitos coluviales. La precipitación promedio sobre estos suelos es de 1089 mm/año.

- Serie Monserrate: Se extiende en un área de 40 km<sup>2</sup> en sectores aislados, en pendientes altas de las formaciones donde no se han formado suelos propiamente dichos. Incluye las Formaciones Bogotá, Regadera y Guaduas, en alturas mayores a los 2800 m.s.n.m. y precipitación promedio de 900 anuales.

- Hojacá : Extendiéndose 55 km<sup>2</sup>, se desarrolla en las partes bajas de la cuenca (< 2800) con valores de precipitación menores a 850 mm, sobre las Formaciones Bogotá, Regadera, Usme, depósitos de grano fino en paleosuelos intercalados y arcillas lacustres.

- Asociación Cogua-Cabrera: Abarca un área de 12 km<sup>2</sup> y una precipitación promedio de 823 mm, desarrollándose sobre el grupo Gaudalupe y la Formación Guaduas.

- Asociación Bogotá-Nemocón: Desarrollados en las partes más bajas de la cuenca, en un área de 25 km<sup>2</sup>, cubriendo partes planas principalmente de

arcillas de inundación. Son suelos con pobre drenajes de una humedad promedio de 31 mm.

- Asociación Techo-Gachancipá: Abarca un área de 14,1 km<sup>2</sup>, localizada en el sector de la cantera "La Fiscalá" son suelos pobres, sin ninguna posibilidad de desarrollar cultivos.

La infiltración se presenta en los meses de mayor pluviosidad. La recarga en la cuenca baja del Tunjuelito para la mayoría de las series es prácticamente cero y la precipitación efectiva alcanza a cubrir solamente el déficit de humedad del suelo, debido a los altos valores de ETP y esorrentía.

No obstante con base en los balances hídricos parciales se obtuvo recarga en la cuenca alta en las series Páramo (160.7 mm), Cabrera-Cruz Verde (94.6 mm) y Monserrate (62.7 mm), la cual se presenta en el período más húmedo, correspondiente a la máxima precipitación para el régimen pluviométrico en el área de influencia de los Llanos Orientales en los meses de abril, mayo, junio y octubre.

La recarga para el año húmedo en la serie Cabrera-Cruz Verde es de 103.5 mm. para la serie Páramo es de 269.6 mm. En el año seco se presenta recarga en la serie Páramo (57.7 mm) y serie Cabrera-Cruz Verde (9.9 mm). La tabla 1 presenta los valores de recarga para todas las series en la cuenca del río Tunjuelito.



ASA

TABLA 1. Volúmenes de recarga anual para la cuenca del río Tunjuelo							
Serie de Suelo	Area Km2	Año Húmedo		Promedio Multianual		Año Seco	
		mm	m3*10 3	mm	m3*10 3	mm	m3*10 3
Páramo	145	269.6	39,092	160.7	23,301	57.7	8,366
Cabrera-Cruz Verde	112	103.5	11,592	94.6	10,595	9.9	1,109
Monserrate	40	73.5	2,940	62.7	2,508	3.6	144
Bojacá	55						
Cogua-Cabrera	12	13.3	160				
Bogotá-Namocón	25						
Techo Gachancipá	14.1						
<b>TOTAL</b>	<b>403</b>	<b>459.9</b>	<b>53,784</b>	<b>318</b>	<b>36,404</b>	<b>71.2</b>	<b>9,619</b>

FUENTE: RODRIGUEZ, ET AL. 1991

### 3. Aspecto Litológico

La capacidad de una unidad rocosa para almacenar agua y ser considerada como acuífero, está relacionada estrechamente con su conductividad hidráulica. A partir de este parámetro se establece un rango de conductividades hidráulicas cualitativas para las formaciones aflorantes en la cuenca.

Con base en informaciones obtenidas de pozos perforados en distintas zonas de la Sabana de Bogotá se comparan con los valores establecidos previamente. Para tal efecto se utiliza la Tabla 2 que de acuerdo con la litología de la unidad rocosa se estima un rango de conductividad hidráulica cualitativa, además que presenta la cualidad de acuíferos a la cual corresponde. Se debe tener en cuenta que las informaciones de los pozos se toman como una referencia en un sitio dado, y no implican que las propiedades hidráulicas sean las mismas para la cuenca; se trata de visualizar las propiedades hidrogeológicas de las formaciones en términos generales.

Hidrogeológicamente la sucesión litológica se presenta de la siguiente manera de base a techo:

#### **Grupo Guadalupe**

Formación Arenisca Dura: Constituida por arenas consolidadas de grano fino, presentando una conductividad hidráulica baja, la cual se cualificaría como un acuífero pobre; sin embargo por fracturamiento adquiere una conductividad

TABLA 2. Tipos de acuíferos según la conductividad hidráulica											
Conductividad Hidráulica (m/día)	$10^4$	$10^3$	$10^2$	10	1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
TIPO DE TERRENO	Grava Limpia	Arena limpia Mezcla de grava y arena	Arena fina; arena arcillosa; mezcla de arena, limo y arcillas estratificadas.					Arcillas no meteorizadas			
CALIFICACION	Buenos acuíferos				Acuíferos pobres				Impermeables		
CAPACIDAD DE DRENAJE	Drenan bien				Drenan mal				No drenan		

FUENTE: Modificado de Custodio y Llamas. 1983.



hidráulica más alta, llegando a ser un buen acuífero. De acuerdo con la tabla 2, por su litología se espera obtener valores de conductividad hidráulica entre 1 y 100 m/día.

Formación Plaeners: Sucesión de lodolitas silíceas que en principio le dan un carácter impermeable, pero como presentan fracturación alta su conductividad hidráulica aumenta llegando a constituirse en una capa semipermeable con posibilidad de llegar a ser acuífero.

Formaciones Arenisca de Labor y Tierna: Areniscas de grano medio a grueso, consolidadas, calificándose como acuífero, esperando valores de conductividad hidráulica entre 1 y 100 m/día.

A continuación se presentan datos de transmisividad obtenidos de pozos perforados en el sector suroriental de la Sabana de Bogotá que captan agua del Grupo Guadalupe (Ulloa, et al. 1987) aun cuando no determina la unidad formacional de la cual se extrae el agua.

Pozo	Municipio	Profundidad (m)	Transmisividad (m <sup>2</sup> /día)
PAVCO	Bosa	143	170
COMPARTIR I	Soacha	48	570
COMPARTIR II	Soacha	92	200
ICOLLANTAS	Soacha	358	55

155

En el presente trabajo se dividió el Grupo Guadalupe en tres unidades de acuerdo a su comportamiento hidrogeológico, sin embargo en los informes que se consultaron para obtener información de pozos perforados, no establecen la formación de la cual captan agua, lo cual impide especificar las características hidrogeológicas de cada unidad en particular, no obstante con la información anterior y de acuerdo con las Tablas 2 y 3 se puede decir que el Grupo Guadalupe es un buen acuífero, permeable a bastante permeable dependiendo del grado de fracturamiento de la roca.

**Formación Guaduas:** De carácter arcilloso, impermeable.

**Formación Bogotá:** Principalmente arcillolitas, impermeable.

**Formación Regadera:** Constituida por areniscas de grano grueso a conglomerático, con algunas intercalaciones de arcillolitas. Las areniscas presentan abundante matriz arcillosa, lo cual disminuye su conductividad hidráulica.

Se conoce que el pozo Usme 2 " La Fiscala" capta agua de esta unidad (Sáenz, 1936). Por pruebas de bombeo se determinó que su transmisividad era de 2.9 m<sup>2</sup>/día. Este valor llevado a la Tabla 3 nos califica la formación como semipermeable, y por su conductividad hidráulica se catalogaría como acuífero pobre.

156

**TABLA 3.**

**Clasificación de rocas de acuerdo a su Transmisividad y conductividad hidráulica**

	Transmisividad (m <sup>2</sup> /día)		Conductividad Hidráulica	
Impermeable	< 1		1*10 <sup>-5</sup>	a 1*10 <sup>-3</sup>
Semipermeable	1	- 10	1*10 <sup>-3</sup>	a 1*10 <sup>-1</sup>
Permeable	10	- 100	10 <sup>-1</sup>	a 1
Bastante permeable	100	- 1.000	1	a 10
Muy permeable	> 1.000		> 10	

FUENTE: UNESCO-WMO. 1977. Hidrological maps.



Formación Usme: Compuesta por arcillas con niveles de areniscas de grano fino. Impermeable.

Cono del Tunjuelito: Materiales fluvioglaciares compuestos por grandes bloques redondeados que pueden alcanzar más de un metro de diámetro dentro de una matriz arenoarcillosa. Por su mala selección se clasificaría como acuífero pobre.

No obstante de dos pozos que captaban agua de esta unidad, actualmente abandonados, se tiene información que las transmisividades estaban entre 340-370 m<sup>2</sup>/día, calificándolos, al menos localmente, como buenos acuíferos.

Formación Tilata: Alternancia de gravas y arenas, poco consolidadas. De acuerdo con información de sondeos geoelectrónicos realizados en La Fiscala se ha encontrado una interdigitación con los depósitos del cono del Tunjuelito, aparentando una coetaneidad (?) de la sedimentación. Se consideraría como buen acuífero; y por lo tanto se espera obtener valores de conductividad hidráulica de 10 a 100 m<sup>2</sup>/día o más, según Tabla 2.

Los datos de transmisividad obtenidos en pozos perforados en la Sabana de Bogotá que captan agua de esta unidad son:

Pozo	Municipio	Profundidad (m)	Transmisividad (m <sup>2</sup> /día)
Funza 1	Funza	493	244
Tisquesusa	Facatativa	281	90
La Herradura	Subachoque	252	43
227 II B 24	Subachoque	268	145
227 II C 641	Subachoque	355	300

Con estos datos y de acuerdo con la Tabla 3 se confirma los propuesto en principio, es decir que la Formación Tilata es permeable a bastante permeable, lo cual la califica como acuífero.

Terraza Baja: Formada por una secuencia de conglomerados de grava media y gruesa, matriz soportados, intercalados con niveles arcillosos. Se considera de baja permeabilidad. Corresponde a los materiales que son extraídos en la cantera La Fiscala.

En conclusión de todas las unidades presentes en la cuenca del río Tunjuelito se consideran acuíferos el Grupo Guadalupe, la Formación Tilatá y localmente los conos del Tunjuelito; razón por la cual es prioritario conservar estas unidades acuíferas e impedir su contaminación, por ejemplo con lixiviados de un relleno sanitario, porque se perturbaria uno de los sistemas más importantes de abastecimiento de agua subterránea de la Sabana de Bogotá.



En la tabla 4 se resumen las características hidrogeológicas de las formaciones mencionadas con base en los trabajos de Caicedo, et al (1990), Sáenz, et al (1990) y Angel, et al (1988).

#### 4. Aspecto Estructural

La estructura más importante de la cuenca del Tunjuelito y quizás del sur de la Sabana de Bogotá es el siclinal de Usme, de carácter asimétrico, con su flanco occidental normal en su mayor parte, mientras que el flanco oriental es inverso, observandose hacia el sector de La Fiscala un contacto fallado entre la Formaciones Regadera y Usme.

La geometría de esta estructura la hace favorable para acumular agua subterránea, y actuar como zona de almacenamiento, sumado a la recarga proveniente de la parte alta y a las unidades acuíferas del subsuelo.

Integrando los aspectos litológicos, climáticos y estructurales se propone un modelo hidrogeológico para la cuenca del Tunjuelito hacia la parte de La Fiscala, en la Figura 4.

Además se presenta un glosario con los términos técnicos utilizados en este capítulo.



160

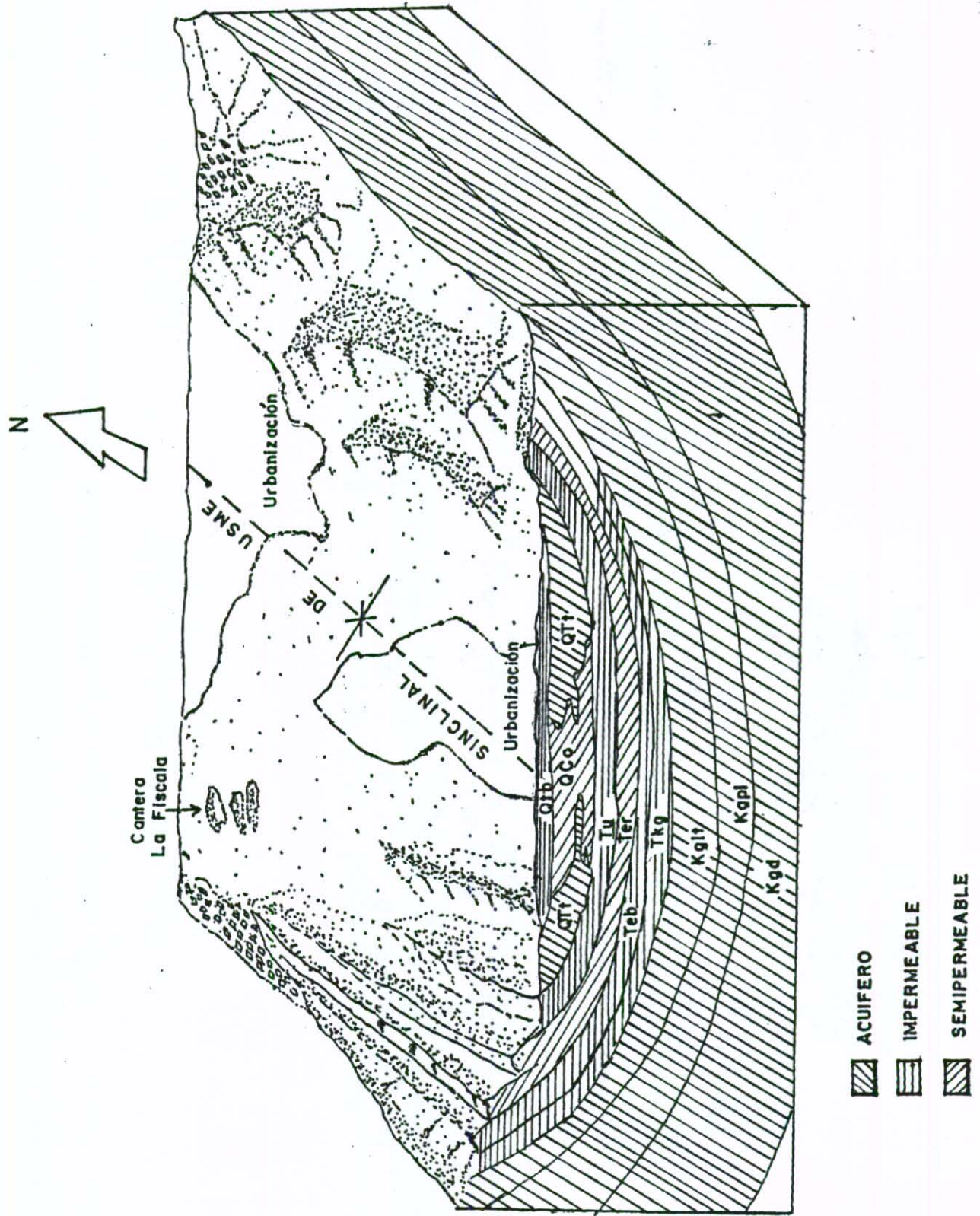
**TABLA 4:** Resumen características hidrogeológicas de las formaciones de la cuenca del Tunjuelo.

UNIDAD ESTRATIGRAFICA	EDAD	ESPESOR (m)	COMPOSICION LITOLOGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO
Depósitos Terraza Baja (Qtb)	C U A T E R N A R I O	40 - 60	Secuencia de conglomerados de grava media y gruesa, matrizsoportados, intercalados con niveles arcillosos	Impermeable
Formación Tilatá (QTt)		100 - 200 *	Alternancia de capas de conglomerados y areniscas cuarzosas y en menor proporción arcillolitas, poco consolidadas	Acuifero
Cono del Tunjuelo (QCo)		100 *	Grandes bloques de más de un metro de diámetro, matriz areno-arcillosa.	Semipermeable
Formación Usme (Tu)	T E R C I A R I O	80 *	Constituída por arcillas con niveles de areniscas de grano fino.	Impermeable
Formación Regadera (Ter)		200 - 300 *	Areniscas de grano medio hasta conglomeráticas, lodosas. Abundantes intercalaciones de arcillolitas.	Semipermeable a Impermeable
Formación Bogotá (Teb)		400 - 500 *	Arcillolitas con algunas intercalaciones de areniscas	Impermeable
Formación Guaduas (Tkg)		400 - 600 *	Arcillolitas que se intercalan con segmentos de areniscas de grano fino a medio y mantos de carbón.	Impermeable
Formación Arenisca Tierna y Arenisca de Labor (Kgl)	C R E T A C I C O	150 *	Areniscas de grano fino a grueso y algunos paquetes de lodolita silícea. Areniscas de grano fino a medio.	Acuifero por Fracturamiento
Formación Plaeners (Kgpl)		70 *	Liditas y limolitas silíceas. En menor proporción areniscas de grano fino y arcillolitas..	Acuifero por Fracturamiento
Formación Arenisca Dura (Kgd)		200 - 300 *	Areniscas de grano muy fino a fino, intercalados con paquetes de lodolitas silíceas y limolitas.	Acuifero por Fracturamiento

GRUPO GUADALUPE



FIGURA 4. MODELO HIDROGEOLOGICO DE LA ZONA (sin escala)



## 5. Glosario

- **Acuífero:** Es una formación, parte de una formación o grupo de formaciones cuyas estructuras permiten el almacenamiento y movimiento de agua en cantidad económicamente aprovechable a través de ellas, para alimentar pozos o arrollos, bajo condiciones ordinarias de campo.
- **Permeabilidad :** Capacidad de un medio poroso para transmitir agua (diferente de porosidad, que son los espacios vacíos de una roca, no necesariamente conectados)
- **Capa impermeable (Acuicierre):** Formación aunque porosa y capaz de absorber agua lentamente, no la transmite lo suficientemente rápido para abastecer un pozo o un arrollo.
- **Capa semipermeable: (Acuitardío):** Formación de naturaleza impermeable o semipermeable que transmite a una tasa más baja que un acuífero.
- **Conductividad hidráulica:** Es igual a la tasa de flujo medida ortogonalmente a la dirección de flujo para un gradiente hidráulico unitario, a la viscosidad cinemática de campo a través de una sección unitario del acuífero.
- **Transmisividad :** Es una tasa de flujo de agua subterránea bajo un gradiente hidráulico unitario y a la viscosidad cinemática de campo a través de una faja vertical del acuífero, de ancho unitario y de altura igual al espesor saturado.



- Evapotranspiración Potencial (ETP) : Pérdida máxima posible de agua del suelo con condiciones dadas de vegetación y clima cuando el suelo está continuamente abastecido con toda el agua que puede absorber.
  
- Precipitación : Caída de gotas de agua o partículas de hielo formadas por una rápida condensación de la atmósfera, medida en mm, por unidad de tiempo (mes o año).

164

ANEXO 3

## ANALISIS CUANTITATIVO DE LA ALTERNATIVA DE RELLENO SANITARIO.

La ley 23 de 1973, mediante la cual se expidió el código de Recursos Naturales y de Protección del Medio Ambiente, en el artículo 8º, expresa:

"Se consideran factores que deterioran el medio ambiente entre otros:

a) La contaminación del aire, de las aguas, del suelo y de los demás recursos naturales renovables..."

Teniendo en cuenta que la disposición de residuos de un relleno sanitario en la zona de "La Fiscala" traería como consecuencia la contaminación del medio ambiente en la forma en el que el numeral lo describe, se considera necesario realizar un análisis cuantitativo preliminar, tomado como parámetros análisis hidrogeológicos (Capítulo 5) y otras consideraciones de tipo técnico ambiental que reunidos sirvan como un estudio integrado de evaluación y viabilidad.

Se parte de un conocimiento completo del área geográfica objeto del estudio que incluye geología y geomorfología, suelo, vegetación, paisaje, hidrología e hidrogeología, usos del suelo, calificación urbanística, sistema de ocupación, grado de antropización del medio y otros.



Una vez conocidas las características del medio se puede pasar a identificar impactos y definir problemas. Para este análisis se utiliza la técnica de matrices de identificación de impactos, donde se cruzan los elementos del medio susceptibles de recibir impactos con las labores propias del establecimiento de un relleno sanitario.

La consecuencia inmediata de la definición de áreas problemas e identificación de impactos es la exclusión de la zona por la aplicación de factores excluyentes siendo en este caso:

- La alta vulnerabilidad de los acuíferos del grupo Guadalupe, de la Formación Tilatá y del cono del Tunjuelito, debido a la lixiviación de contaminantes del relleno al no poder garantizarse completamente la impermeabilidad del suelo.
- Las características morfológicas de la zona: al ser esta un valle, hace que esté expuesto y por lo tanto susceptible de afectar otras áreas.
- Los núcleos de población se encuentran en la periferia de la zona viéndose afectados directamente por la disposición de los materiales de desecho.
- La corriente superficial del río Tunjuelito sería afectada, sumada a la contaminación preexistente.
- Al ser ésta una zona de interés para recuperarla ecológicamente se convierte en el principal obstáculo para la ejecución de esta alternativa.

167

Se debe tener en cuenta que para la realización de un relleno sanitario se debe considerar un ahorro máximo de espacio con una minimización de los impactos ambientales, que como a continuación se observa no se cumpliría porque:

- En la medida en que las basuras no sean trituradas y compactadas en el relleno sufren, a través de la influencia mecánica y biológica, un aumento de su volumen, lo que implica una reducción en el período de vida del vertedero.

- Un relleno sanitario sin trituración y compactación suficiente posee una alta cantidad de gas metano, que de no manejarse adecuadamente resulta peligroso.

- Como ya se explicó anteriormente la acción de aguas lluvias y corrientes subterráneas forman lixiviados nocivos para los acuíferos.

- La escasa densidad alcanzada no garantiza la ausencia de roedores ni de insectos.

- El aire se deteriora por la emanación de malos olores y la acción de quemadas espontáneas o autogenadas.

- Al estar tan cerca a núcleos urbanos densamente poblados se requeriría complementar con instalaciones de incineración de animales y residuos sanitarios infecciosos.



La compactación para los rellenos sanitarios en el país tienen una densidad promedio de 600 kg/m<sup>3</sup>. En Santa Fe de Bogotá se produce un promedio de 0.5 kg de basura por habitante lo cual arrojaría un valor de 2500 toneladas diarias de desecho para una población estimada en 5'000.000 de habitantes. El volumen disponible en la cantera sería aproximadamente de 40'000.000 m<sup>3</sup>, sin incluir el volumen de los recubrimientos de tierra entre capa y capa, lo que daría a este ritmo, una vida útil de 26 años aproximadamente, injustificable bajo todo punto de vista, porque la reserva ecológica tendría una duración muy superior, por supuesto no calculada.

En la matriz de la tabla 1 han sintetizado de manera general los efectos negativos y positivos para las diferentes actividades que supone la construcción de un relleno sanitario.

Para la zona específica de "La Fiscala" en la tabla 2 se definen factores condicionantes de primer orden: capacidad y vida útil, accesos contaminación potencial de agua superficial y subterránea, necesidad de realizar obras pre, sin y post relleno, riesgo de inundación, paisaje y grado de antropización del medio.

Como factores de segundo orden se consideraron: calificación urbanística, distancia a poblaciones, existencia de materiales para recubrimiento y sellado, infraestructura eléctrica y agua, movimiento de laderas, movimiento de tierra, dirección de vientos, morfología, riesgo sísmico y erosión.

169

TABLA 1.: Matriz General de Identificación de Impactos.

	Movimiento de Tierras.	Vallados y otras barreras	Edificios Auxiliares	Caminos y Carreteras	Tráfico	Vertido de Residuos	Sellados e impermeabilizaciones	Compacción Trituración.
Morfología	-					-	+	-
Agua Superficiales	-			-		-	+	
Agua Subterráneas						-	+	
Suelo	-		-	-		-		
Flora	-		-	-		-		
Fauna	-	-	-	-		-		
Otros Recursos						-	-	
Atmósfera	-				-	-		-
Paisaje	-	-	-	-	-	-	+	+
Usos del territorio	-	-		-		-		
Red de transporte.				+				
Eliminación de R.S.U. (*)		+		+		+	+	+
Sanidad.							+	+

Fuente: GALLEGO Y BARETTINO (1990)

Efectos Negativos -  
Efectos Positivos +

(\*) R.S.U. Residuos Sólidos Urbanos.



Los índices definidos fueron: Condiciones favorables (F) = 2, aceptables (A) = 1, desfavorables (D) = 0 ; aplicándose un factor de ponderación 2 para los condicionantes de primer orden y variables de 0.5, 1 y 1.5 para los condicionantes de segundo orden.

La capacidad de la zona para la ubicación del relleno, Qv, es el resultado de sumar los índices obtenidos, multiplicados por cada factor de ponderación:

$$Qv=2\{ CV + AC + CS + OPR + OD + OP + CA + RI + P + GA\} + \\ 1.5 \{ CU + D + IV + MR \} + \{ A + E + ML + MT \} + \\ 0.5 \{ DV + M + RS + RE \}$$

El resultado obtenido es 19.5 que si se compara con resultados de otros proyectos en diferentes lugares del mundo (por ejemplo para la ciudad de Málaga-España se tuvieron índices de 38.5 para un área seleccionada) es muy bajo y descalifica toda posibilidad de realización.

Por último, como bien anota Bedoya (1990) "No se puede abusar de la capacidad de la naturaleza de diluir, dispersar, degradar o absorber residuos indeseables pues se crea un desbalance ecológico en la ecosfera y se deteriora el ambiente".



**TABLA 2:**

**Estimación de las condiciones y características de los factores ambientales de la alternativa de un relleno sanitario en el área de LA FISCALA.**

MA

		CONDICIONES		1	CARACTERISTICAS		
FACTORES DE PONDERRACION	2	FACILIDAD	CAPACIDAD Y VIDA UTIL (CV)	F	2	40.000.000 m3 equivalente a 30 años	
		ACCESOS (AC)	F	2	Existe la Vía a Usme y la Avenida Boyacá.		
		CONTAMINACION DE AGUAS SUBTERRANEAS (CS)	D	0	Litológicamente corresponde a gravas en la parte superficial. En el subsuelo gravas y areniscas que se convierten en acuíferos por fracturamiento. Existe circulación subterránea.		
		CONTAMINACION DE AGUAS SUPERFICIALES (CA)	D	0	Lixiviados contaminarían el río Tunjuelito (sumados al del relleno Doña Juana 2lt/s)		
		REALIZACION DE OBRAS PRE-RELLENO (OP)	D	0	Se requiere realizar una Impermeabilización de las paredes para evitar paso de lixiviados, además de un control del agua freática depositada en el fondo de la excavación.		
		REALIZACION DE OBRAS DURANTE RELLENO (OD)	D	0	Se requiere controlar el agua durante el relleno, además del manejo de lixiviados mediante una planta de tratamiento.		
		REALIZACION DE OBRAS POST-RELLENO (OPR)	D	0	Requiere garantizar manejo de desechos, estabilidad de la fundación.		
		TRITURACION Y COMPACTACION DE LOS RESIDUOS (TC)	D	0	No se garantiza proceso de trituración, además la compactación sería baja en la medida en que se realizaría con bulldozers.		
		RIESGO DE INUNDACION (RI)	D	0	Alto. Se presentan inundaciones en ciertas épocas del año.		
		PAISAJE (P)	A	1	Zona de explotación de gravas. Cráteres. (Una vez recuperada se obviarían estos problemas.)		
		GRADO DE ANTROPIZACION DEL MEDIO (GA)	A	1	Alto. Amplia zona urbana.		
		1.5	FACILIDAD	CALIFICACION URBANISTICA (CU)	F	2	Suelo no urbanizable.
			DISTANCIA A NUCLEOS HABITADOS (D)	D	0	Núcleos de población en la periferia del sitio.	
IMPACTO VISUAL (IV)	D		0	Zona abierta. Receptora de visitas.			
MATERIAL PARA RECUBRIMIENTO Y SELLADOS (MR)	D		0	Tendrían que ser traídos de zonas próximas.			
1	INFRAESTRUCTURA AGUA (A)		D	0	No existe. Solo pasa el río Tunjuelito.		
	INFRAESTRUCTURA ELECTRICIDAD (E)		F	2	Existen redes de alta tensión.		
	MOVIMIENTO DE LADERAS (ML)		A	1	Faludes estables por buen diseño de minería.		
0.5	MOVIMIENTO DE TIERRAS (MT)		A	1	Materiales no consolidados.		
	DIRECCION DE VIENTOS (DV)		D	0	N - S		
	MORFOLOGIA (M)		A	0	Valle - abierta.		
	RIESGO SISMICO (RS)	A	1	No se han detectado movimientos sísmicos en la zona.			
	RIESGOS DE EROSION (RE)	D	0	Zona de erosión mecánica y eólica. Amplias cárcavas.			

Fuente: Modificado de GALLEG0 Y BARETTINO (1990).



122

ANEXO 4

## EL USO INTEGRADO DE LOS RECURSOS NATURALES Y EL GEOAMBIENTE

Por J. VRBA y B. MOLDAN

(Traducido de Environmental Geology and Water Sciences  
Vol. 14 No. 3, 159-165)

### Introducción y Antecedentes

Si nos preguntamos en el presente si el hombre está utilizando los recursos naturales de una manera integrada, la respuesta no es tan simple, porque depende de como definimos nosotros el término "integrada". Una breve mirada al uso del geoambiente por el hombre nos ayuda a mejorar la perspectiva.

Los humanos se han distinguido de los animales desde hace unos 5 millones de años. El ascenso de nuestros antecesores humanos se marcó por la sistemática manufactura de herramientas. El geoambiente fue la fuente de las materias primas empleadas. Desde el principio, el desarrollo exitoso del hombre y su cultura material se basó en el uso que le dió a los recursos no renovables, como agua, aire, plantas, animales; a los combustibles fósiles y a los minerales. A través de esta larga historia, evidenciada en el registro paleontológico, el hombre aprendió a usar un número

JFA

sorprendente de diferentes rocas y minerales-unos durables para martillos y otros muy resistentes para cuchillos, espadas y hojas de diferentes clases. El uso de minerales por el hombre prehistórico no se limitó solamente a la creación de herramientas; muchos minerales fueron también usados para crear cosas de valor estético como joyería y pintura.

Aun cuando no poseemos una información cronológica confiable de los tiempos prehistóricos, podemos asumir una corta edad de los materiales debido a su desgaste, por un comercio regional y/o continental de los mismos.

Después de la Revolución Neolítica y la introducción expansiva de la agricultura, se aceleró el desarrollo global de la senda humana. Lo anterior trajo como resultado que el número y las cantidades de las materias primas necesitadas se incrementaran rápidamente. Los principales metales como cobre, plomo, estaño y zinc empezaron a ser usados. La importancia de los recursos minerales creció establemente pero un nuevo recurso del geoambiente rápidamente emergió, llegando a ser más importante que el resto. Este recurso fue el suelo, que suministró el medio para el cultivo de los alimentos para una población en expansión.



175

Coetáneamente, con la intensificación del uso de los recursos llegaron los primeros casos de abuso y deterioro del ambiente natural. Muchos campos fueron dañados por alcalinización, salinización, deslizamientos, otros perdieron el horizonte superior del suelo debido a la erosión por acción del agua y del viento. En algunos lugares ocurrió deforestación, mal manejo de los recursos hídricos y contaminación localizada. El debate continua cuando se considera si estas serias deficiencias en el uso de los recursos contribuyeron al declinamiento y caída de algunas de las antiguas civilizaciones del Medio Oriente y América Central. Solamente podemos especular que estos primeros "tomadores de decisiones" no tenían la oportunidad de consultar con estudiosos expertos, tales como los tenemos hoy, que pueden suministrar información temprana para prevenir posibles daños del geoambiente.

No obstante los sistemas de soporte vital de antiguas sociedades agrícolas estaban basados principalmente en los recursos renovables, habiendo indicaciones que aún mucho tiempo atrás había seria escasez por el uso exhaustivo de los recursos que dispararon cambios económicos y sociales incalculables. El implatamiento de la Edad de Hierro en la región Mediterránea en el segundo milenio antes de Cristo fue iniciado por el agotamiento de combustibles locales de

fácil acceso (bosques) , depósitos de cobre y quizás estaño. Los antiguos planificadores económicos, si es que existieron, obviamente no previeron este agotamiento de los recursos.

Inicialmente la adopción de herramientas de hierro probablemente tenía una pequeña ventaja técnica sobre el bronce. De hecho, en la mayoría de aspectos, las herramientas de hierro eran definitivamente inferiores. El éxito inicial del hierro, como se expresó anteriormente, ocurrió porque sustituyó al cobre debido a una escasez de este último. Este es un ejemplo de una sustitución temprana, causada por un factor económico más que técnico. Saber cuan exacto papel jugaron ambos roles, por supuesto, es asunto de mera especulación. No obstante, no hay duda, que otra escasez de material ayudó sustancialmente a uno de los más profundos cambios socioeconómicos de toda la historia: la Revolución Industrial. Uno de los más importantes pre-requisitos del éxito de esta revolución fue la tecnología del carbón, desarrollada en Inglaterra en los siglos 16 y 17. Este desarrollo fue ayudado ampliamente, aun cuando no fue directamente causado, por una severa escasez de la madera. La madera fue en principio una necesidad urgente de material químico y de ingeniería más que una fuente de combustible y energía.



177

Ahora es cuando estamos cosechando los frutos de todos los beneficios sembrados por la Revolución Industrial. El espectacular desarrollo tecnológico y económico de los dos últimos siglos ha sido posible por la enorme expansión en el consumo de los recursos naturales de este planeta y los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. Un total de aproximadamente 30 billones de toneladas de materias primas naturales han sido extraídas de la tierra cada año. Cada hombre, mujer y niño, habitantes de nuestro planeta consume un promedio de 6 toneladas de varios materiales derivados de los depósitos geológicos. El flujo de material conectado con las actividades humanas ciertamente excede el flujo de materia en el ciclo sedimentario global. El consumo de combustibles, menas, y otros minerales en la superficie terrestre, no obstante, no representa el único uso del geoambiente. La parte terrestre del planeta, que ocupa un 30%, ha venido siendo explotada de una manera u otra. Estamos en el presente a punto de expandir nuestra base de suministro de recursos al explotar recursos que anteriormente no solo no se usaban si no que eran inaccesibles. Uno de los lugares donde la expansión está tomando lugar es en el suelo oceánico. La extracción de pocos minerales, particularmente petróleo y gas, de las márgenes continentales empezó solamente unas pocas décadas

1978

atrás. Desde ese tiempo, nos hemos movido sobre las partes más profundas de las plataformas continentales y aun sobre el suelo oceánico profundo, donde los recursos no están cubiertos, esperando nuestros avances en la tecnología de la extracción. La mayoría de minerales ahora son extraídos sin sustanciales dificultades de las profundidades en un rango de no más de unos pocos cientos de metros, contrario al petróleo que requiere miles de metros. Usamos solamente los primeros diez metros del subsuelo para otros varios propósitos. Otra área de expansión, a un paso más rápido que el pasado, es el avance hacia el espacio exterior, lo cual demuestra que realmente estamos utilizando el geoambiente de una manera completamente integral.

El hecho que el hombre rápidamente esté explotando todos los recursos conocidos en el ambiente natural, así como en el ambiente en expansión, es una dura realidad. Estamos explotando nuestra Madre Tierra completamente pero ... lo estamos haciendo de una manera correcta e integrada? Lamentablemente debemos responder "no".

Cuando explotamos varios recursos disponibles en una sola región, los utilizamos más o menos aisladamente. Los tratamos como si existieran por separado, como si fueran diferentes artículos de un almacén, cada uno perteneciente



779

a un dueño particular y verdaderamente como un reino particular y separado. !El resultado son conflictos de interés!. Esto es por supuesto, la antítesis del concepto de integración. La integración es la base de la idea del "sistema" del uso de los recursos, en el cual todos los recursos son tratados como una sola unidad. Una área geográfica dada (una región dada) debe ser tratada como un espacio multicomponente, como un complejo tejido con cada una de sus partes unidas con muchos hilos. Este sistema no es estático sino dinámico. Se desarrolla y cambia con el tiempo. Se presenta una jerarquización entre sus componentes heterogéneos; algunas partes son más importantes y cambian mucho más rápidamente que otras.

Solo después de haber reconocido nuestro ambiente, con todos sus minerales y otros recursos naturales actuando como un sistema, se puede desarrollar su uso integrado. Notamos aquí que quizás la palabra "integrada" no es la descripción más apropiada de un acercamiento a un sistema. El término "mutualmente compatible" puede ser una expresión apropiada, porque involucra el concepto de conservación. Por motivos de simplicidad, sin embargo, la palabra "integrada" será usada de aquí en adelante.

180

## Explotación de los Recursos Naturales y el Geoambiente- Una historia de sucesos

### Recursos No Renovables

Los recursos no renovables (p. ej. los no combustibles, los minerales metálicos y no metálicos, los recursos energéticos) se consideran de primera importancia. Su explotación normalmente alcanza a impactar en los recursos renovables (p. ej. suelo y agua, especialmente agua subterránea). En el caso de los minerales, la distancia geográfica entre la posición del recurso en extracción y los centros de consumo debe ser enfatizada. Dos tercios del consumo de minerales de importancia industrial sucede en Norteamérica, Europa occidental, y Japón, 20 a 25% en países industriales del antiguo sistema socialista, y el resto de los materiales en Asia, Africa y Suramérica.

Países industrialmente avanzados, no obstante, no están en capacidad de satisfacer sus necesidades con sus propios recursos. Los Estados Unidos, por ejemplo, importan el 80% de sus principales minerales industriales mientras que los países de la Comunidad Económica Europea y Japón importan el 75%. No se espera que ocurran cambios sustanciales con respecto a la ubicación de las extracciones y los centros de consumo hasta fines de siglo.



181

Esto significa que el impacto negativo de la extracción mineral sobre el geoambiente llegará a ocurrir manifiestamente en lugares distintos a donde son consumidos. Una gran cantidad de transporte de materiales esta tomando lugar: el 75% de la producción global de minerales es extraída de regiones inhabitadas por el 75% de la población mundial y es transportada a otras regiones de nuestro planeta donde el 25% de la población vive. Esto crea un problema económico, social y ecológico para los países en vias de desarrollo, particularmente debido a que frecuentemente la extracción de minerales se planea incorrectamente y se realiza de manera incontrolada. Los recursos minerales no se explotan de una manera integrada, y el geoambiente no está protegido debido a limitaciones financieras.

Las reservas de los minerales no combustibles y los recursos energéticos son limitadas y estan por agotarse. Por estas razones, su explotación y proceso industrial debe ser enfocado con el ánimo de beneficiar la sociedad. Esto también es una parte importante del proceso del uso integrado de los recursos naturales. Sumando estos aspectos, el uso de los recursos naturales en el sector militar es inefectivo.



182

De acuerdo con información de la Organización Cultural, Científica y Educativa de las Naciones Unidas (Unesco, 1982), el consumo global estimado de aluminio, cobre, níquel y platino para propósitos militares es mayor que la demanda total para estos minerales para todos los propósitos en Africa, Asia y América Latina, juntas. El consumo militar estimado de minerales seleccionados como cobre, plomo, aluminio, níquel, plata, zinc y feldespato suma del 6 al 11% del consumo total de estos minerales.

La situación del consumo de petróleo es similar; el petróleo es la fuente de más del 75% de la energía militar total. El cinco ó seis por ciento del consumo total anual de petróleo, cantidad equivalente a la mitad del consumo en naciones en vías de desarrollo, se consume en actividades militares.

Las estadísticas mencionadas arriba eran válidas en 1982. Recientes estadísticas muestran que hay un aumento en la tendencia del consumo, especialmente en el caso de ciertos minerales estratégicos tales como titanio y aluminio.

Es obvio que los recursos naturales pueden ser usados no solamente de una manera desintegrada, si no en una forma que va en detrimento de la especie humana. Desafortunada-

mente la solución del problema no está en las manos de los geólogos.

### Recursos Renovables

El suelo y el agua son los recursos naturales claves para el sostenimiento y supervivencia del hombre. Ambos recursos son renovables, vulnerables a las actividades humanas y a menudo no son utilizados de una manera integrada.

### Suelo

Pérdidas de suelo debidas a urbanización, industrialización y construcción de carreteras se reportan en todos los continentes. La agricultura en particular ha impactado negativamente el suelo con frecuencia. Esto es causado por el continuo incremento de la producción de alimentos al aumentar la demanda de estas, a un ritmo que crecerá casi un 100% a la vuelta de un siglo. Durante este mismo período, el área de tierra arable se espera que crezca solamente en un 4%.

Durante el curso de varios milenios, los ecosistemas naturales originales de regiones y continentes han cambiado debido a las actividades agrícolas del hombre. Los sistemas agroindustriales han llegado a ser parte integral de los ecosistemas naturales y geosistemas. La transformación gradual del ecosistema inducida por excavación, siembra,



184

fertilización, irrigación y drenaje ha alterado en la interacción entre vegetación, suelo, agua, y roca.

Excavaciones profundas y el uso de maquinaria pesada, fertilizantes (especialmente químicos), pesticidas e irrigación incrementa la producción de cereales. Sin embargo, los efectos obvios son un impacto negativo en la calidad del suelo, pérdidas por erosión, desertificación, salinización, alcalinización.

Las pérdidas de suelo causadas por erosión comunmente suman 10 toneladas por hectáreas por año (p. ej. 0.2 a 1 mm de espesor del perfil del suelo), pero en algunas de las mayores areas productoras de alimentos del mundo, las pérdidas pueden variar hasta 240 toneladas por año. La erosión ocurre a escala continental en Australia donde afecta más del 40% del area cultivada. Produce efectos negativos en el sistema hidrológico tales como sedimentación de las corrientes, eutroficación y contaminación del agua.

Un tiempo largo y un pobre manejo de la irrigación frecuentemente arroja como resultado una salinización del suelo y del agua subterránea. Como consecuencia de la irrigación ocurrió la salinización del suelo en las antiguas civilizaciones entre los rios Eúfrates y Tigris y

185

el Valle del Rio Nilo. Hoy en dia, amplias areas en el Valle del Rio San Joaquín en Estados Unidos, la región Karakum en la Unión Soviética y otras han sido tratadas por la salinización del perfil del suelo. La salvación del suelo requerirá una gran inversión financiera. En el presente, aproximadamente 250 millones de hectáreas de suelo, estrechamente el 15% de las tierras cultivadas del mundo, están irrigadas (Unesco, 1982). De acuerdo con diferentes fuentes, casi la mitad de esta área está afectada por la salinidad y deslizamientos resultado de la irrigación. Los métodos son a menudo ineficientes; aproximadamente el 80% del agua de irrigación se pierde por evaporación, transpiración y/o escapes. Efectos colaterales de irrigación a menudo incluyen deterioro de la calidad del agua subterránea. La irrigación ineficiente es un problema económico y ecológico muy serio por que el agua que se utiliza para este proceso aproximadamente suma el 80% del consumo mundial de los recursos hídricos.

La sobrefertilización y el uso incorrecto de fertilizantes artificiales, común en países de Europa Central y Occidental, produce la descomposición de la materia orgánica del suelo y la "contaminación de nitrógeno" en el agua, especialmente en el agua subterránea, suelos y plantas, incluyendo verduras e incluso se ha demostrado el



efecto negativo en la salud humana por la absorción de nitrógeno.

Aproximadamente 6 millones de hectáreas de tierra se pierden anualmente por desertificación. Hoy este proceso amenaza alrededor de 800 millones de hectáreas de suelo, y se espera que aumente a 960 millones para el año 2000 (1980).

También son aplicables las pérdidas de tierras productivas debido al uso agrícola con fines militares. Se ha estimado que en tiempos de paz al menos 500 mil kilómetros cuadrados de tierra son usadas con fines militares.

Una remoción completa y por largo tiempo del perfil del suelo ocurre en regiones donde los recursos naturales son extraídos mediante explotaciones a cielo abierto.

Comparando en una escala mundial las enormes pérdidas de suelo, o su deterioro en calidad con las consecuencias que esto trae, dependiendo de las condiciones naturales se requerirán varios cientos de años para crear 1 centímetro de perfil de suelo.

El suelo como un recurso natural comunmente se sacrifica para desarrollar y explotar otros recursos naturales y para urbanizar el área terrestre. A nivel mundial el área de



187

tierra arable per capita, esta en constante decrecimiento, resultando en una producción intensificada de cereales en áreas cada vez más pequeñas de tierra con el consecuente deterioro de la calidad del suelo y del agua. El suelo es el recurso que debería ser utilizado y protegido de una manera integrada. El valor económico, ecológico y la significancia del suelo como componentes del geoambiente son frecuentemente subestimados. Se necesita urgentemente un planeamiento y manejo a largo plazo, apoyados con políticas tanto a escala regional y nacional para la protección y conservación de los sistemas de suelos.

#### Agua Subterránea

Como un recurso natural renovable, el agua subterránea presenta un continuo proceso de recarga y descarga (tanto natural como artificial). La cantidad de tiempo requerido para que el agua subterránea se mueva de la zona de recarga a la descarga está en el orden de miles de años, marco de tiempo imperceptible en la escala humana. La circulación relativamente somera del agua subterránea aumenta la vulnerabilidad de los acuíferos. El agua subterránea es un medio geológico irremplazable, exógeno y es un recurso vital para el hombre. Cuando se contamina, sin embargo, puede ser uno de los medios más peligrosos debido a su movilidad y habilidad de transportar y transformar

108

contaminantes. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, al rededor del 80% de las enfermedades estan relacionadas con el agua.

El agua subterránea se utiliza a menudo sin ningún control. Su explotación exagerada puede llevar al descenso de las reservas del recurso y además a la declinación del nivel freático. Esta "minería" de agua subterránea puede causar hundimientos de tierra, intrusiones de agua salada, salinización de los acuíferos en áreas costeras y decrecimiento en la fertilidad del suelo. Cuando el uso del agua subterránea no se coordina con respecto a las condiciones de recarga y descarga natural la calidad del geoambiente se impactará negativamente.

Para conservar la calidad del agua subterránea, es esencial que la industria reduzca el consumo de agua mediante la introducción de tecnologías en seco, ciclos de recirculación de agua cerrados y recuperación y tratamiento de aguas de desecho. Una tarea para el sector agrícola es implementar un cambio fundamental en los métodos de irrigación. Los métodos tradicionales hasta ahora no han sido efectivos por el consumo de agua y energía. Los agricultores deberían desarrollar mejores métodos en el cultivo de la tierra tendientes a conservar la materia



189

orgánica del suelo. Es esencial minimizar los impactos negativos de los fertilizantes inorgánicos y pesticidas en el agua. En el caso de la industria minera se debería incrementar la efectividad de la extracción y uso del recurso si el agua subterránea en la periferia del área de la mina era utilizada antes de convertirse en agua de desecho. Adicionalmente, pozos de investigación perforados durante la exploración de minerales y menas deberían ser apropiadamente asegurados hasta la terminación de las investigaciones, porque acuíferos con diferentes calidades de agua pueden llegar a interconectarse durante el transcurso de la perforación.

El uso creciente de los recursos de agua superficial y subterránea afectará en en futuro cercano la economía de muchos países. El extendido desarrollo industrial y social del mundo estará supeditado a la cantidad y calidad de los suministros de agua del presente. Tanto a escala regional como continental el desarrollo y transporte del agua será bastante costoso. Se requerirá un uso integrado del agua superficial y subterránea. Los históricos y dramáticos casos de contaminación de agua y descenso de acuíferos requiere la formulación e implementación de una política y estrategia de aguas racional como parte de una política y de un manejo gubernamental que controle la explotación de

190

los recursos naturales.

#### Aspectos Políticos, Sociales y Económicos del Problema

El uso integrado de los recursos naturales con respecto al geoambiente esta afectado por muchos factores no geológicos que ejercen una influencia dominante en el descuido de la parte geológica y las consideraciones ambientales.

Los factores claves que determinan como los recursos son utilizados son los costos reales de la explotación mineral y beneficios relacionados. Consideraciones políticas, tales como valores estratégicos de los minerales y el valor de la infraestructura del país, juegan un papel importante. Generalmente los impactos en el ambiente son de importancia secundaria al decidir como los recursos serán utilizados. Los cálculos de los beneficios usualmente no incluyen los efectos de la explotación del mineral en la salud humana o el bienestar de otras especies biológicas. Generalmente, los datos son insuficientes para expresar cuantitativamente las pérdidas sociales y económicas causadas por la ausencia debida a enfermedad, acortamiento de la vida útil, migración de población.

El valor del geoambiente está tasado primordialmente por el mantenimiento del volumen de las reservas de recurso



191

natural y el beneficio económico que puede generarse con su uso. A medida que los recursos se van agotando el geoambiente pierde su valor a los ojos de muchos de los que planifican y toman decisiones. La restauración de la calidad del geoambiente con la renovación resultante del balance entre los procesos naturales en las tierras perturbadas a menudo no es prioridad. El mejoramiento es costoso, y frecuentemente se dilata, cuando no se hace infinito.

Esta estrategia de corto plazo, basada en el beneficio económico inmediato, no tiene en cuenta el hecho que los efectos ecológicos negativos de la explotación del geoambiente a menudo se manifiestan después de un largo período de tiempo. Es importante por lo tanto que un monitoreo integrado, más que aislado, de la atmósfera, biósfera, hidrósfera y geosistema debería ser establecido como parte integral de proyectos que involucren el uso de los recursos naturales.

El tiempo cuando los recursos naturales se utilizaban en pequeñas cantidades y sin control está irrevocablemente terminando. Es necesario enfatizarle a los que toman decisiones, los aspectos geológicos de la creación de los recursos naturales. La naturaleza requiere literalmente



190

millones de años para crear los recursos que son, y han sido usados, ineficientemente en una fracción del tiempo geológico. La formación de nuevos recursos que reemplacen los actuales, tomará similarmente largos períodos de tiempo para crearlos, si es que las condiciones geológicas se presentan de igual manera con que fueron formadas originalmente.

Un manejo pobre, irresponsable, y un control insuficiente de la explotación de los recursos puede causar la degradación ecológica del geoambiente con una seria consecuencia financiera y moral. A largo plazo la restauración del geoambiente degradado es usualmente mucho más costosa en inversiones y en tiempo que la misma explotación de los recursos.

Que motivaciones psicológicas hacen que el género humano descuide la protección del medio ambiente? Por que buscamos el azar y la suerte más que una solución a los problemas de una manera realista usando bases científicas? Estamos seguros que la reducción en impuestos y el apoyo financiero de proyectos que suministren una protección profiláctica del geoambiente deberían tener siempre prioridad, aun sobre los mas sofisticados sistemas de multas y sanciones financieras ex post facto? Hay legislaciones efectivas con

193

legislaciones efectivas con la fuerza suficiente que garanticen protección y conservación del geoambiente? ¿Se han establecido sistemas de autoridad geoambiental a nivel estatal o nacional? ¿Estamos educando e informando a la población, incluyendo a los niños, acerca de la influencia del hombre en el geoambiente?

El uso integrado del geoambiente y los recursos debe considerar los aspectos científicos, tecnológicos, ecológicos, económicos, sociales, políticos, y por último pero no menos importante, los morales. Ninguno de estos debería ser descuidado en el planeamiento, análisis y toma de decisiones. Resumiendo los aspectos enunciados anteriormente parecería que a menudo nos falta el tiempo, la interdisciplinaria y el compromiso para llevar a cabo una investigación geológica sobre la explotación integrada de los recursos naturales. Los métodos de minería no están siempre diseñados para extraer y utilizar todos los minerales asociados a la roca huésped y las rocas circundantes. Reservas considerables están extendidas y disponibles en rocas comunes como granito, basalto y otras. Los métodos de procesamiento algunas veces utilizan pocos componentes de la roca y desechan el resto. El espacio subterráneo necesita no ser siempre utilizado simplemente



194

como un reservorio para la disposición de desechos. El desarrollo de la geoarquitectura del paisaje esta aun en sus comienzos. Las decisiones políticas deberían estar diseñadas para maximizar los beneficios a largo plazo para la sociedad más que para conseguir el beneficio instantáneo.

El aspecto moral es uno de los elementos claves en la compleja relación entre el geoambiente y la utilización de los recursos naturales. La explotación de los recursos naturales de la tierra debe ser realizada de una manera responsable con el claro compromiso de dejarle algo a las próximas generaciones.

El género humano ha estado viviendo en este planeta por muchas decenas de milenios, por lo tanto no hay razón por la cual no lo continuemos haciendo. ¿Tenemos la suficiente conciencia moral, para voluntariamente reducir nuestras propias necesidades y demanda de recursos naturales para proteger el derecho a nacer de las próximas generaciones? ¿Somos capaces de pensar en el futuro lejano, a pesar que, aun no hallamos protegido el ambiente en beneficio de nuestros hijos?

Nuestra responsabilidad con las futuras generaciones, no obstante, no requiere reducciones de nuestra parte, sino

más bien el desarrollo de nuevos métodos, tecnologías y efectiva cooperación internacional. Al lado de los aspectos políticos, la crisis del petróleo ha comenzado una cadena de reacciones positivas que ha traído como resultado el desarrollo de unas alternativas de recursos energéticos y tecnologías nuevas con menor consumo de energía. La "crisis del cobalto" trajo consigo una severa caída en la producción de cobalto en Zaire en 1978 (Goeller & Zucker, 1984), estimulando una implantación rápida y a largo plazo de sustitutos del cobalto, que han reemplazado parcial y en algunos casos completamente al mineral. Inmensas reservas pueden ser conseguidas por el tratamiento tecnológico de minerales y menas, por la restricción y miniaturización de productos, con el mantenimiento, conservación y construcción de máquinas, y la utilización de partes profundas de la litosfera, océanos, espacio exterior. No resulta fácil imaginar la sociedad humana en el próximo siglo. Si la razón le gana a las emociones, y la paz a la guerra, las diferencias en las esferas técnicas, económicas y sociales entre las naciones serán menores que hoy. Los intereses nacionalistas de los países, aun en el caso de los recursos naturales, probablemente brindarán un camino en el interés de la coexistencia planetaria.



196

Algunos gobiernos reconocen la necesidad del uso integrado de los recursos naturales con respecto al geoambiente, y son el soporte de investigaciones completas y del desarrollo de nuevas tecnologías, además están creando controles institucionales e instrumentos legislativos para la solución de problemas geoambientales.

No obstante, coordinación y cooperación internacional en algunas ocasiones desaparecen. Capacidades intelectuales y financieras se desperdician al implementar proyectos idénticos o similares. Debería verse que lo que verdaderamente se necesita es una fuerte organización internacional, influyente e imparcial que pueda integrar y coordinar un programa geoambiental nacional.

#### CONCLUSION

El uso integrado de los recursos naturales es un problema complejo y de largo plazo que requiere cooperación internacional y esfuerzos interdisciplinarios. Está estrechamente relacionado con el crecimiento poblacional, la protección del ambiente en general, y la protección del geoambiente en particular. El flujo de material creado por la actividad humana incide en dimensiones geológicas. Los recursos naturales en muchas áreas de nuestro planeta han



107

sido explotados antieconómica, desintegrada e irracionalmente, así cambian el geoambiente en tierras de desechos o "paisaje lunar" por largos períodos de tiempo. Este enfoque no es adecuado para las sociedades modernas.

No se deben esperar descubrimientos revolucionarios conectados con el uso integrado de los recursos naturales y el geoambiente en un futuro cercano. De hecho la solución de los problemas corrientes en esta área radica en el desarrollo de nuevos métodos de investigación geológica; desarrollo de métodos más efectivos y tecnologías en la explotación de los recursos naturales y la protección y restauración del medio ambiente. Para conseguir esto, criterios económicos, sociales, institucionales y legislativos deben ser aplicados mucho más consistentemente. Es necesario enfatizar que el remedio para los daños sobre el geoambiente y la población debe ser incluido en el presupuesto financiero para la explotación de las materias primas.

El período entre el presente y la década siguiente parece ser especialmente crítico, porque la demanda de los recursos naturales aumentará grandemente y la tecnología de tratamiento y explotación se quedarán a la saga. Las naciones en vía de desarrollo durante este período serán

190

afectadas por la explotación de sus recursos naturales. Un insuficiente control gubernamental sobre los recursos en explotación tendrá un impacto negativo sobre el geoambiente. Por lo tanto, se requiere implementar a nivel gubernamental una política estratégica de planeación a largo plazo en el uso de los recursos naturales.

Reservas insuficientes de algunos minerales y tecnología inadecuada para la extracción y tratamiento de las menas y minerales deben estimular el desarrollo del control y la cooperación internacional. También se requerirá estar de acuerdo en el consumo y protección de tipos selectos de recursos minerales para preservar los suministros adecuados y tener así anticipadamente la demanda de las futuras generaciones.

Esperamos y preveemos que se presente coordinación internacional en un programa geoambiental, de manera similar a los usados por los biólogos y zoólogos para proteger las especies vegetales y animales en peligro de extinción.

En el curso de la historia geológica, nuestro planeta ha sido formado solamente por la acción de las fuerzas naturales. En los últimos momentos el hombre apareció sobre

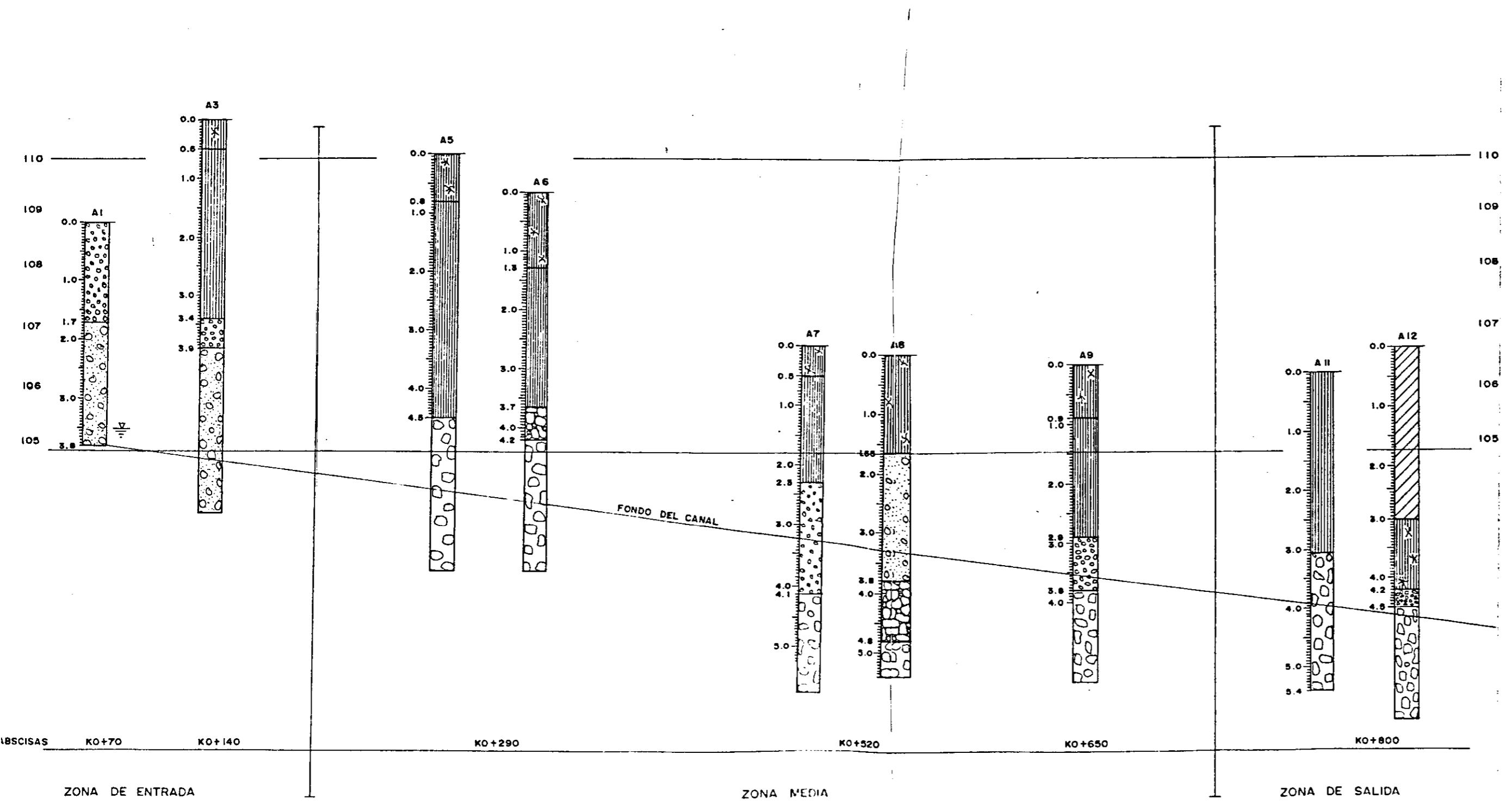


199

la superficie del reloj geológico y empezó una era de transformaciones artificiales sobre la tierra.

En un limitado espacio y tiempo el hombre ha evaluado las riquezas de la naturaleza y las ha usado para optimizar las condiciones de vida de una especie en procreación rápida. La influencia del hombre en la naturaleza, sin embargo, no siempre está balanceada. El hombre está afectando los sistemas naturales sin un conocimiento completo de todas sus consecuencias. De un lado, estamos erigiendo obras grandiosas y espectaculares que reflejan nuestro intelecto y esfuerzo para utilizar los recursos tan eficientemente como es posible. Por otro lado, al actuar inconciente y negligentemente estamos deteriorando nuestro geoambiente.

Sin embargo el hombre debe valorar, que ésta era de revolución científica y técnica debe ser complementada en armonía con la naturaleza, porque del propio desarrollo armónico de la naturaleza depende la evolución armónica del hombre.



**CONVENCIONES**

	ARCILLA
	GRAVA FINA A MEDIA
	GRAVA MEDIA GRUESA
	FORMACION ROCOSA
	RELLENO HETEROGENEO
	ARCILLA CON RAICES
	ARENA
	BLOQUES Y GRAVAS DE ARENISCAS EN MATRIZ ARENO-ARCILLOSA
	NIVEL FREATICO

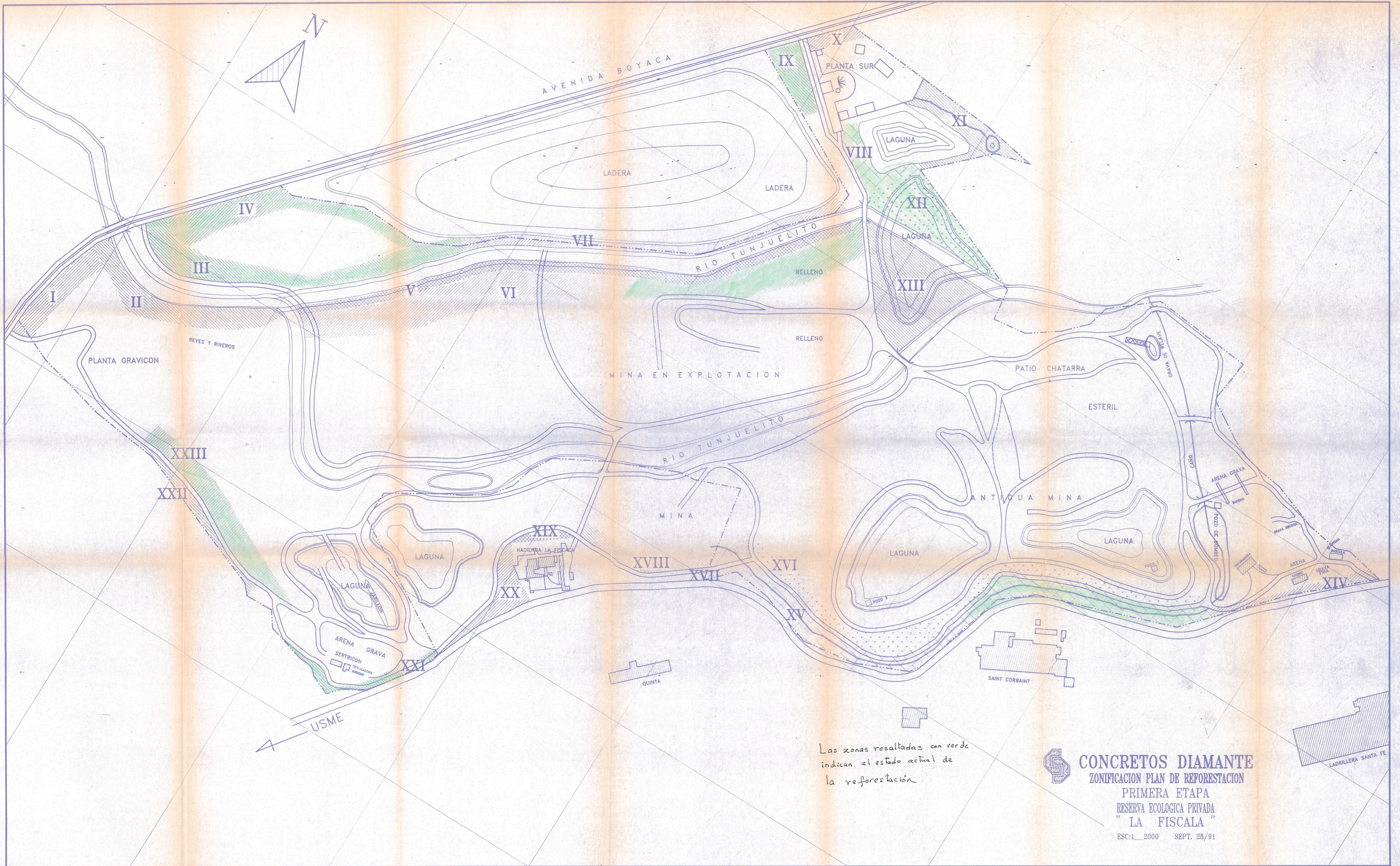
CONCRETOS DIAMANTE

RIVEROS LEYVA & CIA.  
CONSULTORES

PROYECTO DE RECTIFICACION DEL RIO TUNJUELO

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL ALINEAMIENTO PROPUESTO





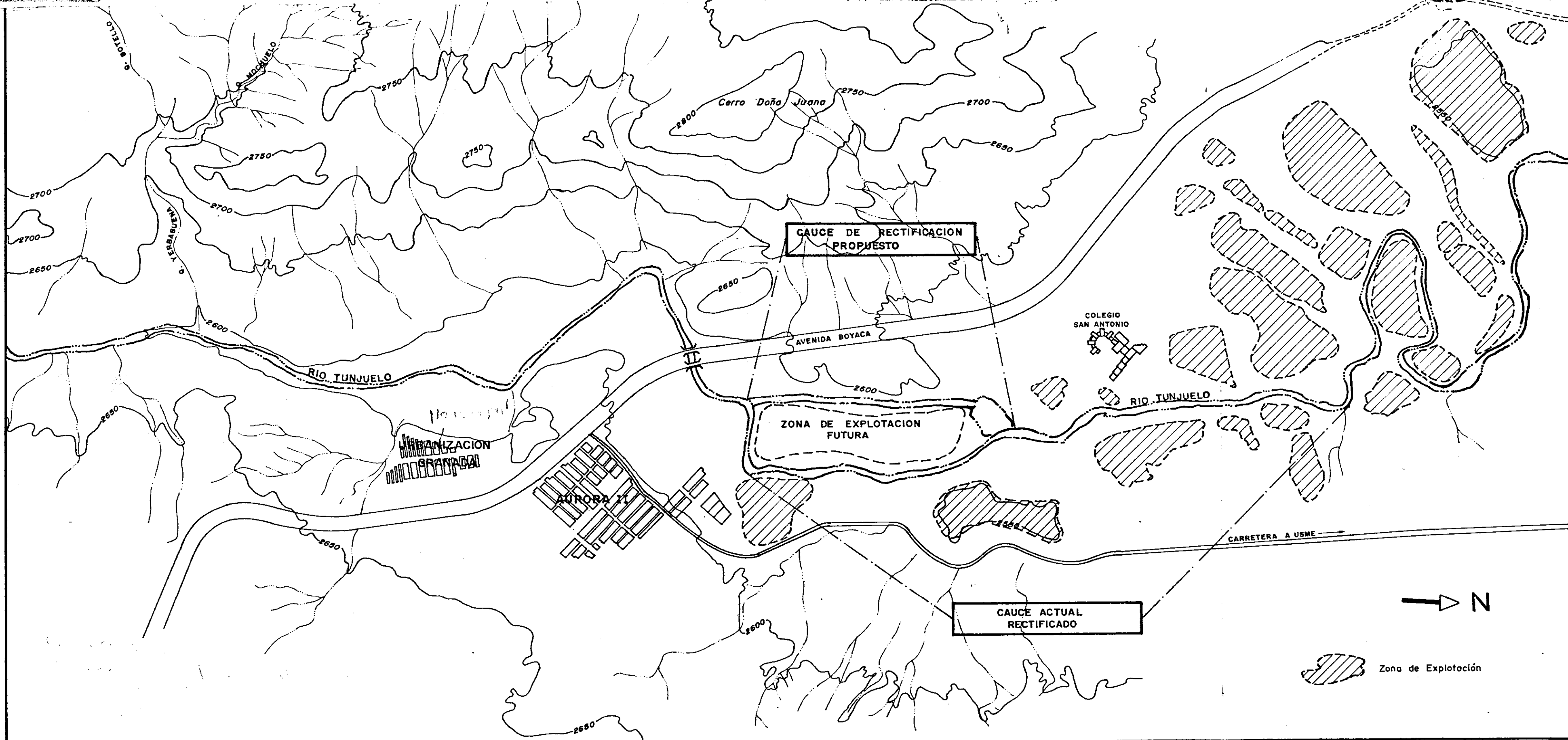
Las zonas resaltadas con verde indican el estado actual de la reforestación



**CONCRETOS DIAMANTE**  
 ZONIFICACION PLAN DE REFORESTACION  
 PRIMERA ETAPA  
 RESERVA ECOLOGICA PRIVADA  
 "LA FISCALA"  
 ESC:1\_2000 SEPT. 28/91







RIVEROS LEYVA Y CIA. LTDA.	CONCRETOS DIAMANTE	CONTENIDO RECTIFICACION, ENCAUZAMIENTO Y ESTABILIZACION DEL RIO TUNJUELITO EN EL SECTOR DE LA FISCALA	UBICACION GENERAL	DISEÑO EDGAR FORERO B.	DIBUJO M. C. A. Z.	PLANO N° 1
					ESCALA 1: 10.000	

77e

**CEMENTOS DIAMANTE S.A.  
CONCRETOS DIAMANTE**

**PLAN DE RECUPERACION Y  
ESTABLECIMIENTO DE LA RESERVA  
ECOLOGICA PRIVADA "LA FISCALA"**

**INFORME EJECUTIVO**

SANTA FE DE BOGOTA, OCTUBRE DE 1991

E  
E 33,3

BBB FOPAE AA 18-01-95 V.3

**CEMENTOS DIAMANTE S.A.  
CONCRETOS DIAMANTE**

**PLAN DE RECUPERACION Y  
ESTABLECIMIENTO DE LA RESERVA  
ECOLOGICA PRIVADA "LA FISCALA"**

**INFORME EJECUTIVO**

**SANTA FE DE BOGOTA, OCTUBRE DE 1991**



## PRESENTACION

Cementos Diamante S.A. Concretos Diamante, conciente de su obligación de restablecer el equilibrio ecológico de la zona, en que ha desarrollado su actividad minera, presenta el programa de actividades necesarias para establecer la Reserva Ecológica Privada " La Fiscala".

Dicha reserva, pretende brindar en el futuro una alternativa verde a la comunidad, en la cual se concilien no solo los intereses de rehabilitación sino también los de generar zonas para esparcimiento tanto activo como pasivo, tan necesario para el desarrollo humano equilibrado tan escaso en esta parte de santa Fe de Bogotá.

Esperamos integrar alrededor de la idea, como ya se ha conseguido, no solo a los usuarios de la zona, sino también a todo organismo gubernamental y no gubernamental, que pueda aportar los conocimientos y experiencias en proyectos similares, por considerar que solo un esfuerzo de tipo interdisciplinario e interinstitucional garantiza llegar a feliz término.

La iniciación de este proyecto, da la oportunidad de establecerlo como piloto de recuperación de las zonas de explotación minera a cielo abierto. Se pretende que sea Piloto no solo en el ámbito interno de la Compañía, sino también sea ejemplo a nivel nacional.

## INTRODUCCION

La operación minera de Cementos Diamante S.A. - Concretos Diamante se caracteriza por estar dedicada principalmente a la explotación y beneficio de gravas y arenas para obtener agregados pétreos, provenientes de los depósitos fluviolacustres cuaternarios, localizados en la cuenca media del río Tunjuelito, que son extraídos con técnicas de explotación a cielo abierto y posteriormente beneficiados en plantas de trituración y lavado.

La actividad anterior, iniciada en la década de los cuarenta, ha inducido modificaciones serias en el paisaje y medio ambiente donde se localizan los recursos, producto de cincuenta años de operación.

La posición de los depósitos era estratégica para la Santa Fe de Bogotá de esas épocas, porque estaban localizados a más de 20 kilómetros del centro de la ciudad.

Con el correr del tiempo la ciudad creció aceleradamente y rápidamente la mina se vio rodeada de urbanizaciones densamente pobladas que no dejaron un espacio libre para separar el uso minero del uso poblacional.

Se debe tener en cuenta que la zona consistía en un valle cubierto de extensos prados y potreros dedicados a la agricultura y la ganadería.



carente de vegetación nativa, implicando que con la explotación no hubo necesidad de talar bosques ni terminar con reserva forestal alguna.

Históricamente se considera que la cuenca del río Tunjuelito ha suministrado la mayor parte de los agregados utilizados como materia prima para la construcción en Santa Fe de Bogotá. Además la tradición del municipio de Usme y del valle del Tunjuelito, ha sido la de tener siempre la industria minera como su principal ocupación y fuente de recursos, vocación que debe continuar, teniendo en cuenta que el volumen de material que falta por explotar es importante y constituye la base de sustento económico para un gran núcleo poblacional que depende directa e indirectamente de la industria de la construcción.

## DIAGNOSTICO PREVIO DE LA ZONA

El diagnóstico previo de la situación actual de la zona presenta el siguiente panorama:

- Suelo y paisaje sustancialmente modificado con presencia de inmensas excavaciones que sobrepasan en profundidad el nivel del lecho del río Tunjuelito.
- La mayoría de las excavaciones aparecen como depósitos y sitios de relleno resultado de la disposición de materiales producto del beneficio de agregados.
- Zona virtualmente sitiada por el progreso de urbanizaciones regulares y no regulares.
- Virtual carencia de cobertura vegetal y alta incidencia de erosión mecánica, eólica y fluvial.
- Alto volumen de pétreos, que de no aprovecharse implicaría acudir a reservas minerales distantes de la ciudad, con la incidencia macroeconómica que tal aumento de costos tendría en la industria de la construcción de vivienda y de obras públicas, así como en los niveles de empleo de personal no calificado.



## OBJETIVO

Concretos Diamante pretende con este estudio plantear una solución que contempla la restitución de los puntos tratados en el diagnóstico anterior para brindarle a la comunidad una oferta ambiental, que genere aire puro, paisaje y posibilidades de recreación tanto activa como pasiva, tan escasa hoy en día para la población del sector sur de la ciudad. La solución se desarrollará paralelamente con la explotación del recurso que aún permanece en el subsuelo de la Compañía, lo que garantiza su viabilidad económica encajando perfectamente con las últimas disposiciones distritales en cuanto a sólo permitir la explotación con fines de recuperación.

El proyecto minero generará nuestra compañía la rentabilidad necesaria para poder implementar el plan de recuperación ecológica y, a su vez permitirá, que la ciudadanía, mediante la generación de empleos y la adquisición de vivienda sin el sobre costo del transporte, aproveche el 100% del recurso disponible en la zona.

El proyecto propuesto abarca integralmente todos los frentes para ser contemplados en una alternativa de grandes proporciones, incluyendo una serie de planos que se anexan con el informe principal.

Este es el primer gran proyecto nacional de recuperación minera, que Cementos Diamante S.A. tiene como Plan Piloto, que posteriormente implementará en todas sus factorías y áreas donde tiene

explotaciones. Se pretende conciliar los intereses industriales con los conservacionistas, generando una segunda oportunidad de oferta ambiental que dé otras alternativas bien diferentes a las actuales, por lo tanto, debe ser un ejemplo a seguir por todas las industrias mineras de Colombia.

Para esto se considera necesario desarrollar el proyecto de recuperación y rehabilitación integrando todos los elementos en juego, tales como la estabilidad geotécnica de taludes, la recuperación y presentación geomorfológica, el manejo de aguas y lo más importante, la revegetalización y reforestación del área de interés, la cual luego de ser terminada da como resultado una alternativa de uso con tendencia social.

Con el montaje de un vivero y la asesoría de especialistas en la materia se reproducirán las especies nativas y exóticas necesarias para alcanzar el objetivo propuesto.



## LOCALIZACION

La cuenca media del rio Tunjuelito se localiza al sur, 500 m aguas arriba del puente de la avenida al Llano sobre el rio Tunjuelito, al occidente por la avenida Boyacá, al Oriente por la carretera a Usme y al norte por la zona de las manas.

Concretamente, la cantera La "Fiscalá", predio en el cual la Compañía realiza sus operaciones, se localiza de norte a sur, sobre la carretera que conduce a Usme Km ( 3 + 0 ), de oriente a occidente, entre la continuación de la Avenida Caracas ( Carretera Bogotá - Usme ) y la Autopista Bogotá - Villavicencio (Figura 1, plano 1).

La extensión del predio abarca 70 Ha. aproximadamente siendo atravesada por el rio Tunjuelito en una longitud aproximada de 1.100 m.

## ALTERNATIVAS DE RECUPERACION

Dentro del proceso técnico previo al diseño de la propuesta ambiental que presenta la Compañía a la ciudad, se han considerado las siguientes alternativas de uso, en relación con el objetivo y el estado actual del predio, concluyéndose lo siguiente:

### - Uso Agrícola y Pecuario:

Al no existir en la actualidad capa vegetal y presentar las actuales condiciones fisiográficas, resulta imposible establecer alguna actividad agropecuaria, razón por la cual se rechazó esta alternativa.

### - Uso Urbanístico:

Se descarta este uso por no ser posible adaptar la morfología de cráteres para la actividad urbanizadora. Todo ello, sin contar el difícil manejo del agua y los posibles peligros potenciales de inundación por desbordamiento del río Tunjuelito.

### - Relleno Sanitario:

En principio se consideró factible, pero al analizar las condiciones hidrogeológicas y las matrices de identificación de impactos, elaboradas especialmente para este proyecto, se



descartó esta posibilidad porque la zona es una de las últimas zonas de recarga de acuíferos, y se debe tener en cuenta que el sustrato está constituido por sedimentos cuaternarios inconsolidados, lo cual posibilita la impermeabilización por medios artificiales. Un relleno sanitario implicaría un aporte de lixiviados que contaminarían las aguas subterráneas sin contar la vecindad con el relleno de Doña Juana ( que aporta 2 l/s de lixiviados ) y con núcleos urbanos densamente poblados.

En los anexos 2 y 3 del informe principal se amplían estos argumentos, con toda la fundamentación científica del caso.

**- Uso Hidrológico Regulador:**

La E.A.A.B. ha venido estudiando, desde 1960, la posibilidad de establecer embalses que regulen el caudal del río Tunjuelito en las épocas de crecientes y controlar las inundaciones que se presenten en la parte plana de la cuenca del río en varios sitios, entre ellos los predios de La Fiscala. Sin embargo, por razones técnicas, económicas y prácticas se descartó esta posibilidad, destinando para esto la zona de inundación o ronda como embalse regulador.

**- Uso Forestal :**

El uso forestal posible es de carácter paisajístico, conservacional del medio ambiente y en ningún momento industrial, teniendo en cuenta que el área disponible es de un 25%, mientras que el 75% restante quedaría sin uso, lo cual no es recomendable.

- **Uso Recreacional :**

Contando con que el 75% restante no se puede destinar a la actividad forestal, sí se puede adecuar topográficamente para dedicarlo a un uso recreacional mediante la proyección de un parque ecológico que reúna los dos posibles usos, es decir, el forestal y el recreacional, dentro del marco de una **Reserva Ecológica Privada** que se establecerá en la zona, como resultado final de todo un programa integrado de recuperación y minería, que se espera se convierta en un piloto y modelo para zonas similares en el resto del país.



## RESERVA ECOLOGICA PRIVADA " LA FISCALA "

### CONSIDERACIONES GENERALES

Una vez planteado el establecimiento de la Reserva Ecológica Privada en el área de la cantera La Fiscala, en los estudios técnicos se consideran la evaluación, diagnóstico y plan general de rehabilitación geomorfológica, la estabilización de taludes finales, la protección final del cauce del río y la disposición técnica de los residuos de materiales, para desarrollar la revegetalización, la reforestación y el manejo del agua en el área de influencia de gravas en el río Tunjuelito.

Las explotaciones en la zona, aisladas en las excavaciones, han originado graves problemas en la ronda del río, encontrándose su lecho "colgado" y, como ya se acotó, delimitado por taludes casi verticales, situación que ha inestabilizado la dinámica del río, obligando a su protección longitudinal mediante jarillones de 2 a 4 m de altura.

Se suma a lo anterior la acción desestabilizadora de las urbanizaciones incontroladas, que causan un riesgo.

El análisis se realizó en en dos etapas consecutivas, que se resumen a continuación :

#### - Etapa de Evaluación del Terreno:

En esta actividad se hizo un análisis de la situación actual de las explotaciones realizadas por Concretos Diamante junto con una evaluación geomorfológica del cauce del río Tunjuelito, las zonas de explotación y las laderas contiguas, permitiendo identificar los sectores críticos de inestabilidad.

El marco geomorfológico de la zona de explotación lo controla el sinclinal de Usme, constituido en su núcleo por la Formaciones Regadera y Usme suprayacidas por un espeso depósito (20-80 m) fluviolacustre compuesto por gravas y limoarcillosos, depositados en épocas de deshielo.

Lateralmente la zona se encuentra delimitada por laderas de pendiente moderadas, correspondientes a la Formación Tilatá, donde se localizan zonas urbanas y áreas de pendientes fuertes con erosión interna.

Las características geomorfológicas del río, establecidos con base en la interpretación de aerofotografías desde 1940 a 1991 ( Anexo 5 ), indican que la morfología original correspondió a un cauce de características sinuosas, desarrollado sobre una planicie aluvial donde se identifican antiguos meandros cortados por la dinámica fluvial.

Las unidades resistentes, delimitan el cauceaguas arriba del sector de La Fiscala con una Morfología de Patrón recto, sin variaciones en el tiempo. En el sector aguas abajo de La Fiscala el comportamiento es característico de ríos meándricos, con una



carga de sedimentos de grava y arena en equilibrio morfológico. No obstante estas condiciones de equilibrio han cambiado durante las explotaciones entre 1950 y 1980, al rectificar el margen izquierdo con un trazo rectilíneo que trajo como consecuencia una variación en la dinámica fluvial al cambiar la pendiente, el régimen de flujo y la capacidad de carga de la corriente. Para corregir esto se requiere una protección longitudinal mediante gaviones y la configuración de jarillones laterales.

Las características geomorfológicas de las zonas de explotación actuales, se configuran en varias depresiones de 100 a 500 m de ancho, delimitadas por taludes de 30 a 70 m de altura. El diseño futuro contempla la configuración de una sola depresión mayor, que como ya se dijo, su explotación integrada permitirá su recuperación geomorfológica y ecológica y la estabilización de taludes, como se explica en la siguiente etapa.

**- Etapa de Recuperación Morfológica del Terreno :**

Esta actividad buscó la disposición final de cada una de las unidades paisajísticas del terreno en cuanto a composición, manejo y uso. Se diferencian distintas unidades de paisaje, individualizadas para el manejo integral de la zona.

- \* **Unidad de Talud** : correspondiendo a los taludes finales, delimitados por el piso de excavación. Su composición es heterogénea ( gravas, arenas, lentes arcillosos ) que le comunica una estabilidad a las pendientes casi verticales, debido a la cohesión y fricción interna de las partículas, sumada a la escasa permeabilidad de estos (es decir, no va a

haber agua subterránea circulando, uno de los factores desestabilizantes principales, para cualquier talud ). El estado final se presenta en los planos 2 y 6.

- \* **Unidad Piso de Excavación :** corresponde a los materiales del paleocauce del río Tunjuelito, compuestos por grandes bloques embebidos en una matriz arenarcillosa, permitiendo la infiltración de aguas además que es un piso muy irregular. La adecuación contempla el manejo de aguas usadas en el tratamiento de desechos mineros y los planes de reforestación y recuperación ecológica.
- \* **Unidad de Terreno Plana :** corresponde a los sectores planos que delimitan la zona de recuperación morfológica. Está conformada por materiales granulares. El manejo de esta unidad debe estar dirigido a la ubicación de obras de drenaje y obras de protección.

Es importante señalar el manejo que se le debe dar a los rellenos productos de los desechos de trituración, contemplando los siguientes aspectos :

- \* **Composición y propiedades geotécnicas de los materiales.**
- \* **Disposición que se les da a los materiales en el sitio de almacenamiento, contemplando la estabilidad.**
- \* **Diseño de diques o sistemas de protección lateral.**
- \* **Conservación y manejo de estos materiales para su utilización.**



\* Preparación del sitio de ubicación de desechos.

Los anteriores puntos están gobernados por criterios económicos, geotécnicos y ecológicos, siendo contemplados cuidadosamente en el informe principal, recomendando el mejor uso que se les debe dar, siempre acudiendo a criterios de ingeniería geotécnica posterior a la minería.



## **RESERVA ECOLOGICA PRIVADA " LA FISCALA "**

### **CONSIDERACIONES PARTICULARES**

Basados en el anterior análisis se trata la propuesta de solución de una manera particular para el área específica de la cantera La Fiscala. Se discutirá brevemente las obras que se desarrollarán de una manera simultánea para alcanzar el objetivo propuesto.

#### **- Rectificación del Actual Cauce del Rio**

Como se trató anteriormente, las condiciones de inestabilidad en las que se encuentra el rio Tunjuelito ( estar con el cauce "colgado", tener taludes de alturas considerables a lado y lado ) llevaron a su rectificación. Para esto se definieron una serie de parámetros, que incluyen la construcción de un nuevo cauce, que garantiza la estabilidad del curso del agua para un período de retorno de 50 años y el diseño de una sección que garantice el caudal de diseño adecuadamente. Se consideran las obras de protección interna para evitar socavación lateral, además de las obras de protección de los taludes internos.

### **- Manejo de Taludes ( Planos 2 y 6 )**

Por estar construyéndose actualmente, para la zona del nuevo canal y el resto de los taludes del predio se han podido seguir todas las recomendaciones técnicas de los geotecnistas que garantizan una estabilidad adecuada, como un correcto terráceo, un correcto manejo de las pendientes propias de las bermas que conducen a un correcto manejo de aguas para evitar infiltraciones, que es uno de los principales factores de desestabilización.

Teniendo en cuenta que los taludes del barrio La Aurora II son unas paredes de alta pendiente, por que conlindan con los cráteres resultado de la explotación de compañías mineras ajenas a Concretos Diamante, se requiere dar una solución efectiva, mediante un control de escorrentía superficial y de aguas lluvias y servidas a la zona, además de la reconfirmación de los taludes existentes y su revegetalización y reforestación posteriores que garanticen la estabilidad redundando en el beneficio de la comunidad.

- Se pretende realzar el dique existente para el manejo de las aguas captadas y vertidas por la microcuenca del costado oriental de la cantera (planos 2 y 6).

### **- Sistema Vial ( plano 3 )**

El proyecto contará con una red vial, producto de la actividad minera, que permitirá la interconexión total entre las diferentes zonas en las que se ha dividido el proyecto, garantizándose su mantenimiento permanente.



#### **- Manejo de Aguas ( plano 4 )**

Es uno de los aspectos más delicados del proyecto, al cual se le ha dedicado particular atención, sin descuidar los más mínimos detalles, porque aquí es donde gravita la problemática de estabilidad en las obras de recuperación geomorfológica. Se debe garantizar que toda gota de agua lluvia sea captada en los depósitos de recarga dispuestos para tal fin sin que genere inestabilidades en los taludes por infiltración, por arrastre superficial o por carcavamiento. Además se evitará contaminación por materiales arrastrados o por aguas negras al establecer las cunetas perimetrales en concreto.

Las aguas negras se manejarán mediante colectores que las aislarán del agua del fondo de las canteras evitando con esto cualquier posibilidad de contaminación vertiéndolas finalmente al canal interceptor del río Tunjuelito ( plano 8 y 8a ).

Las aguas lluvias también tendrán un colector que las vertirán al río evitando su paso al fondo de la cantera (plano 8b ). Las aguas lluvias de la vía a Usme y la Autopista al Llano actualmente presentan un adecuado manejo, solo es necesario hacer un mantenimiento periódico a los canales donde son vertidas.

#### **- Revegetalización, Reforestación y Estabilización del Area Geomorfológicamente Recuperada ( plano 5 )**

Sumado a las obras anteriormente descritas, se implementará la zonificación, revegetalización y reforestación necesarios para la



complementación del proyecto y dar forma a la Reserva Ecológica proyectada.

Con base en la mayor definición de vocación y uso se ha subdividido el area del proyecto en ocho zonas.

	Area. en m2	%
1. Histórico cultural	20.000	2.85
2. Recreación Pasiva	93.730	13.4
3. Recreación Múltiple	140.300	20.0
4. Deportiva	30.000	4.3
5. Servicios	2.500	0.35
6. Vias	120.000	17.14
7. Reforestación	90.810	13.0
8. Depósito de Agua	22.000	2.85

Las zonas de uso recreacional se caracterizan brevemente por los siguientes aspectos:

#### 1. Area Histórico Cultural

Ubicada en la antigua casa de la hacienda, tendrá una biblioteca y un museo. Se podrán desarrollar exposiciones y actividades teatrales, musicales, etc.

#### 2. Area de Recreación Pasiva

Ubicada en las pendientes suaves y planas, se dedicará al descanso y la contemplación, ambientada con prados, jardines y bosquetes con alta biodiversidad florística. Su infraestructura

consiste en senderos, bahías de descanso y miradores entre otros. Faunísticamente se implementarán especies de alta resistencia como copetones, palomos, torcazas y colibríes.

### **3. Area de Recreación Múltiple**

Dedicada al esparcimiento infantil y a actividades deportivas y culturales. Estará delimitada por setos. En el sector sur oriental se establecerá una cortina rompeviento para mitigar y restarle velocidad a este fenómeno atmosférico. Posteriormente se ambientará el área con bosquetes multiestratos, cuya infraestructura consiste básicamente en zona de juegos infantiles y el establecimiento de un arboretum combinado con zona de descanso

### **4. Area Deportiva**

Destinada al desarrollo de actividades deportivas, como volibol, microfútbol, atletismo, tejo, basketbol, en una infraestructura basada en canchas múltiples, además de la construcción de una pista de atletismo cuyo perímetro atravesará las otras áreas.

### **5. Area de Servicios**

Incluirá infraestructura necesaria para desarrollar casetas de información, primeros auxilios, sanitarios, administración y parqueaderos que estarán localizados en zonas aledañas al área deportiva.



ornamentales, para separar zonas con diferente uso, para realzar el paisaje.

- Prados

Se refiere a la cobertura de piso, principalmente de los taludes y zonas verdes. Específicamente para esta revegetalización se utilizan una mezcla de gramíneas.

- Jardines

Corresponde a las zonas cercanas a las construcciones civiles y unidades de servicios, constituidos por especies como crotos, novios, margaritas, fucsia, rosas, palmas, cactus, helechos, etc.

- Setos

Serán localizadas en las zonas aledañas a las unidades de servicios, en una sola línea, empleando cipreses.

- Arboretum didáctico

Se dedicará especialmente para reunir un conjunto de especímenes botánicos representativos del bosque andino, exclusivo para especies nativas. Con esto se pretende ilustrar a los estudiantes y público en general sobre conocimientos en la ciencia de la botánica.



## 6. Reforestación y Paisajismo Zonas Verdes

De acuerdo con los planos y diagramas anexos han sido dispuestos diferentes paisajes y sitios que incluyen la siembra de especies nativas, las cuales son las que presentan el mejor comportamiento, además de la adaptación de las especies foráneas que contribuyan al éxito de esta etapa.

Los diferentes aspectos a considerar son:

- Barrera viva de aislamiento general perimetral

Con la cual se bordeará todo el perímetro del área de influencia del proyecto, con una longitud de 6.840 m, y un número de 9.120 árboles entre especies nativas y foráneas.

- Separadores de zonas

Diseñadas con un doble propósito: servir de atenuantes a la acción del viento, con una acción predominante N-S y delimitar internamente los distintos casos de usos. Se sembrarán principalmente acacias de diferentes variedades.

- Cortinas ambientales rompaviento

Se establecerán en los taludes de los márgenes de los drenajes naturales para aislarlos del conjunto y desviar olores y gases.

- Bosquetes ornamentales

Son unidades que producen flores de diversos colores que se plantan para constituirse en distintos medios o hábitats

- Bosque ecológico

Dentro del área del proyecto del parque se han zonificado algunos sectores para establecer reforestaciones ecológicas con el objetivo de darle una variante al paisaje, cambiar la estructura de la cobertura vegetal, crear un microclima y construir un telón que rompa la vista del entorno periférico.

- Revegetalización de taludes

En este punto se han diferenciado tres clases de taludes:

- Talud de pendiente mayor de  $70^{\circ}$
- Talud de pendiente menor de  $70^{\circ}$
- Taludes internos y jarillones del nuevo cauce del río Tunjuelito.

Los taludes mayores de  $70^{\circ}$  son los que conlindan con la vía a Usme. Se encuentran desnudos ( sin cobertura vegetal ) en un 90% del área. Se manejarán con barreras vivas donde el terreno lo permita, para controlar el agua de escorrentía superficial y lixiviación, así como detener el arrastre de materiales granulares. Se revegetalizará con plantas gramíneas principalmente, de distinta variedad.

Los taludes menores a  $70^{\circ}$  se manejarán mediante terrazas que controlen aguas de escorrentía y arrastre de material. Se revegetalizará con especies gramíneas, enredaderas, rastreras.

Los taludes internos y jarillones del río Tunjuelito se revegetalizarán con pasto y gramíneas, además de especies arbustivas nativas.



## PROPUESTA DEL MANEJO GENERAL PARA LA RECUPERACION DE LA ZONA DE GRAVERAS DEL RIO TUNJUELITO

Un esfuerzo de esta magnitud para desarrollar un programa de recuperación que de como resultado el establecimiento de una Reserva Ecológica Privada, no puede estar aislado de la problemática general de la zona. Deben ligarse las condiciones generales y particulares operando bajo un esquema común, coherente y complementario.

Para facilitar esta labor de tipo institucional, se realiza una ampliación y extrapolación del programa en particular para que ambos sirvan como un aporte, la primera como plan piloto y la segunda como elemento de trabajo para que las entidades encargadas lo puedan tener como punto de partida y referencia para el trazado de políticas que sirvan de marco integral para el desarrollo y recuperación de la zona.

Es de anotar que las empresas dedicadas a la industria minera en este sector han llegado a un consenso alrededor de las ideas aquí expuestas, siendo estas por lo tanto de aceptación general.

Se presenta un inventario de los puntos básicos que resume el estado actual del área y parte de la influencia que el proyecto de recuperación de Concretos Diamante sobre ella:

#### **- Alcantarillado**

La E.A.A.B. ha provisto para el área de La Fiscala un plan para dotarla de alcantarillado por separado, que incluya a las urbanizaciones de la zona y un esquema para el interceptor de aguas negras paralelo al río Tunjuelito.

#### **- Aguas Lluvias**

Para canalizar las aguas lluvias se prevé la rectificación del río Tunjuelito hacia el occidente, lo cual hace necesario la construcción de un conducto, que reciba la red de La Aurora y de otras urbanizaciones aledañas.

#### **- Aguas Negras**

El interceptor previsto por la E.A.A.B. para recolectar las aguas negras en el área comprendida entre Usme y Bosa se muestra en el plano temático titulado "alcantarillado". Para el sector comprendido entre la urbanización San Andrés de los Altos y el comienzo de la propiedad de Concretos Diamante y la Ladrillera Santa Fe, se ha hecho una reubicación tentativa del interceptor en este sector, evitando conducirlo por los socavones de las explotaciones de áridos.

#### **- Suelos**

Los suelos de este sector de la cuenca del Tunjuelito muestran un alto grado de degradación y agotamiento resultado de prácticas inadecuadas de agricultura y ganadería intensiva, que produjeron la desaparición de la capa vegetal y cambios en el clima.



condicionando que agrológicamente no sean aptos para desarrollar ningún tipo de agricultura.

#### - Uso de la Tierra

La mayor parte del área motivo del estudio, se encuentra a lo largo del río Tunjuelito y está dedicada a la actividad minera aprovechando los materiales aluviales del río.

Existen varias industrias dedicadas a la explotación de agregados pétreos para la industria de la construcción, una de las cuales es Concretos Diamante, con un área de 70 Ha.

Teniendo en cuenta la anterior evaluación se observa que no es un panorama muy alentador, pero realza y da mayor importancia a cualquier programa de recuperación que se llegare a instituir, abarcando en lo posible, la superficie global del área ( 200 Ha ), para obtener finalmente una Gran Reserva Ecológica al sur de la ciudad, que carece actualmente de esta alternativa.

Se formula esta propuesta ambiental para el predio de la Compañía con la integración de todos los predios e industrias gravilleras de la zona, además de los distintos estamentos estatales y privados que puedan prestar su concurso como el Ministerio de Minas y Energía, Distrito Capital, Instituto Distrital para la Recreación y el Deporte, CAR, Jardín Botánico, E.A.A.B., Inderena, Asogravas, Comunidad y DAMA.

Con el establecimiento de la reserva ecológica se tendría un pulmón verde al sur de la ciudad, en un sector de alta contaminación de aire, beneficiando a una población de 500.000 habitantes, teniendo en



cuenta que los parques de la zona solamente son el de Usme y el Tunjuelito, con una capacidad que no satisface la demanda recreacional de todo el núcleo poblacional existente.

Dentro de esta orden de análisis, se concluye que no solo el predio de propiedad de Concretos Diamante, se destinará para establecer una Reserva Ecológica Privada, sino que todo el sector de influencia de las graveras, una vez sea concluída la explotación y aprovechamiento minero, también se tenga como destinación final el establecimiento de una gran Reserva Ecológica Metropolitana, que se convierta en el gran pulmón del sur de Santa Fe de Bogotá.

## CONCLUSIONES

Mediante la implementación de un programa de recuperación de la zona de gravas que actualmente se explotan en un sector de la cuenca baja del río Tunjuelito, propiedad de Cementos Diamante S.A. - Concretos Diamante, se desarrolla el establecimiento de la **Reserva Ecológica Privada " La Fiscala "**, proyecto que permitirá establecer en el futuro una alternativa de solución verde, mediante una reserva forestal, que genere aire puro, paisaje y posibilidades de recreación tanto activa como pasiva, solución que de ser desarrollada para el total del área de la zona de explotación, llegaría a generar una oferta ambiental para una población estimada en 500.000 habitantes, teniendo en cuenta el déficit de espacios que hoy existe para estas actividades.

La recuperación morfológica comprende el diseño final de los taludes que delimitarán las excavaciones, la disposición de los residuos de materiales con el fin de dar la mayor disposición para desarrollar los planes de reforestación, empradización y obras de drenaje con miras a la recuperación ecológica.

Inicialmente se considera la rectificación del cauce actual del río, la estabilización geotécnica de los taludes integrándolos con los taludes de los barrios vecinos, diseño de sistema vial y el manejo de aguas lluvias y negras, que luego de ser terminadas, dan una zona en equilibrio.

Con base en la mejor definición de vocación y uso se delimitaron cinco áreas: recreación pasiva, servicios, recreación múltiple, deportiva e histórica cultural.

En el diseño de las zonas verdes y paisajismo se seleccionaron las especies vegetales que mejor se adaptan a la zona, pretendiendo establecer nicho ecológico para aves y demás fauna que pueda albergar.

Se ha logrado ya la integración de todas las industrias que participan en la explotación de gravas a lo largo del Tunjuelito, y se espera hacer integración de las entidades gubernamentales y no gubernamentales que puedan contribuir con el proyecto teniendo en claro que es un programa interdisciplinario e interinstitucional y que su éxito depende del concurso de todos.

+



## **ANEXO FOTOGRAFICO**



FOTO 1. Preparación del talud para su empradización en el nuevo canal del rio Tunjuelito.



FOTO 2. Proceso de revegetalización del talud con cespedón. Finalmente se tendrá una cobertura del 100%.





FOTO 3. Revegetalización de taludes. Obsérvese el adecuado manejo que se le hizo al talud.



FOTO 4. Panorámica de la empradización de uno de los taludes definitivos de la mina.





FOTO 5. Revegetalización concluída de uno de los taludes del nuevo canal del río Tunjuelito. Se debe esperar el crecimiento del césped.



FOTO 6. Siembra experimental en donde se espera encontrar las especies de mejor adaptación a la zona. Se cuenta con la colaboración del Jardín Botánico.





FOTO 7. Las especies sembradas están debidamente clasificadas con el nombre vulgar y el científico.



FOTO 8. Aspecto del vivero que alberga 25.000 plantas de diferentes especies.



FOTO 9. Se ha tenido especial cuidado al escoger las variedades que mejor se adaptan a la zona. En primer plano "enredaderas" para cubrir las coronas en los taludes.





FOTO 10. La información se ha digitalizado mediante la aplicación AUTOCAD para controlar el diseño y ejecución del plan de reforestación.



FOTO 11. Plano digital en escala 1:2.000 en el cual se distribuyen las zonas de revegetalización en la primera etapa (señaladas con rojo y numeros romanos).

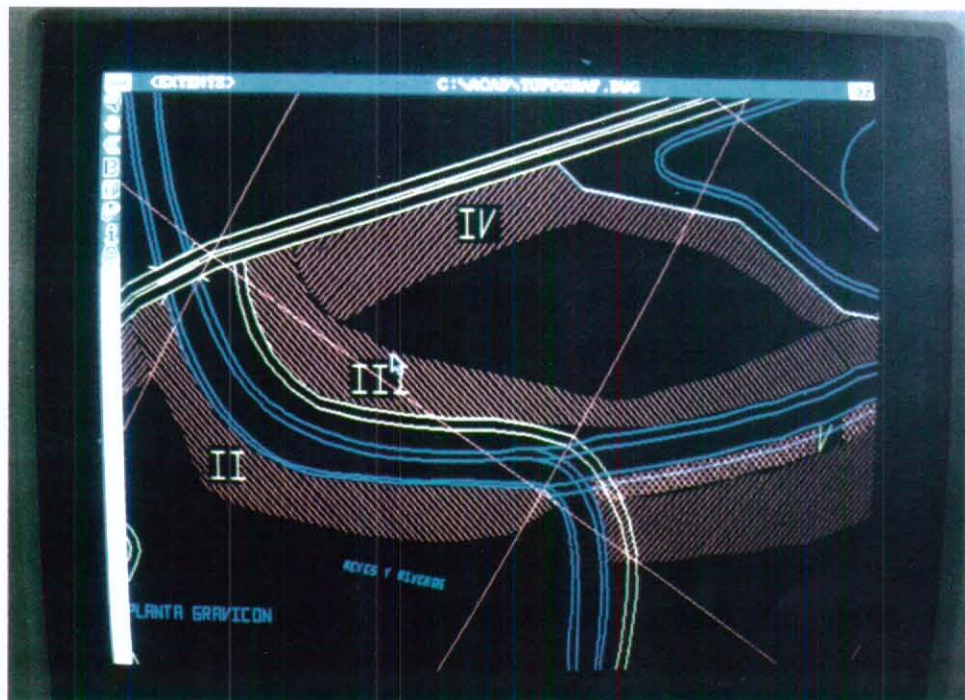


FOTO 12. Detalle del mapa de zonas de reforestación de la primera etapa.



"El estado planificará el  
manejo y aprovechamiento de los  
recursos naturales, para garantizar  
su desarrollo sostenible, su conserva-  
ción, restauración o sustitución..."

Art. 80 Constitución Nacional / 1991



77e

CEMENTOS DIAMANTE S.A.  
CONCRETOS DIAMANTE



PLAN DE RECUPERACION Y  
ESTABLECIMIENTO DE LA RESERVA  
ECOLOGICA PRIVADA "LA FISCALA"

PRIMERA ETAPA DEL PLAN DE REFORESTACION

INFORME DE ACTUALIZACION

SANTAFE DE BOGOTA, JUNIO 23 DE 1992

E 33,4

77,3

830 FORAE AA 18-01-95 V.4

**CEMENTOS DIAMANTE S.A.  
CONCRETOS DIAMANTE**

**PLAN DE RECUPERACION Y  
ESTABLECIMIENTO DE LA RESERVA  
ECOLOGICA PRIVADA "LA FISCALA"**

**PRIMERA ETAPA DEL PLAN DE REFORESTACION**

**INFORME DE ACTUALIZACION**

**SANTAFE DE BOGOTA, JUNIO 23 DE 1991**











## RESUMEN

El presente informe recoge las actividades que se han desarrollado desde la implementación de la Primera Etapa del Plan de Reforestación y Revegetalización hasta el momento, como parte fundamental del Proyecto de Establecimiento y Recuperación de la Reserva Ecológica Privada "La Fiscala".

Esta Primera Etapa incluye la zonificación de la cantera en veintitrés (23) sectores, adelantándose actualmente un programa planificado de siembra de especies nativas y no nativas en nueve (9) de ellos (Anexo 1), alcanzando hasta el momento la cifra de 32899 plantas..

Para garantizar la adaptación del mayor número de especies se construyó un vivero, con sus respectivos germinadores, que alberga en este momento 35506 plantas de 22 especies diferentes, de las cuales 20256 se encuentran listas para ser sembradas y 15250 se encuentran en proceso de germinación.

Para hacer un control técnico que cumpla con los más altos estándares de calidad y consecuentemente redunde en el logro de los objetivos propuestos el programa cuenta con los servicios de un ingeniero agrónomo, especialmente contratado para el proyecto, además de contar con la cooperación institucional del Jardín Botánico "José Celestino Mutis". Se persigue que se desarrollen proyectos relacionados con: manejo y recuperación del suelo, adaptación y propagación de especies, búsqueda de tecnologías que de una manera económica coadyuven al buen desarrollo del proyecto, etc.



## 1. PROGRAMA DE REFORESTACION

El programa empezó en el mes de abril de 1991, con la siembra de 718 árboles de las especies que mejor adaptabilidad podrian tener a las condiciones climáticas y topográficas de la cantera, como pinos, eucaliptos y acacias, con una altura entre 20 y 30 cm en los lugares que mejores condiciones mostraban para su crecimiento. Como era de esperarse, algunos ejemplares no prosperaron, no obstante lo cual se tuvo un éxito en esta parte.

Simultáneamente se edificó un vivero ( Fotos 1 y 2), en un terreno previamente preparado, donde las corrientes eólicas no llegan con demasiada fuerza. Sus dimensiones son 18m x 6m x 2.4m en la sección tapada, y de 26m x 30m en la parte destapada. Se adquirieron plántulas, de ocho especies, que por su tamaño (entre 5 y 7 cm) ofrecían una gran ventaja para ensayar su resistencia y adaptación (Tabla 1).

ESPECIE	CANTIDAD	ALTURA (cm)
Hayuelo	3000	5
Acacia	3000	5
Eucalipto	4500	5
Retamo Liso	400	7-10
Acacia Bracatinga	1100	7-10
Retamo Espinoso	5000	5
Ciro	50	7-10
Corono	1500	5
<b>TOTAL</b>	<b>16050</b>	

Tabla 1. Especies dispuestas en la primera fase del vivero.



FOTO 1. PANORAMICA DEL VIVERO. EN EL EXTERIOR SE OBSERVAN LOS GERMINADORES.



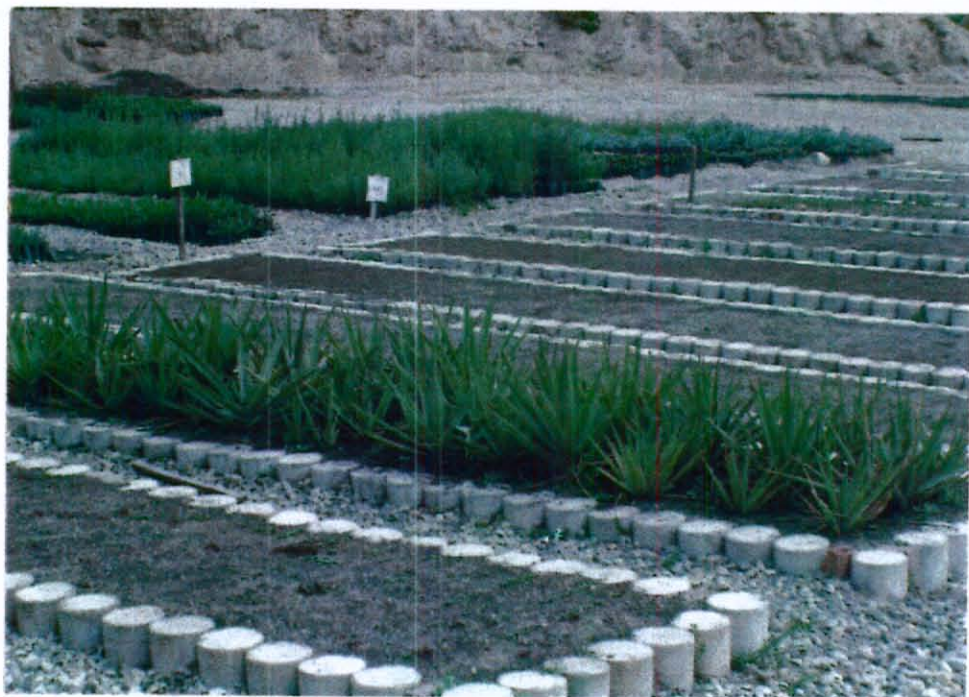


FOTO 2. EN LOS GERMINADORES SE ESTAN  
REPRODUCIENDO LAS ESPECIES  
QUE MEJOR SE ADAPTAN A LA  
ZONA.



A continuación se construyeron treinta y ocho germinadores para empezar a sembrar desde la semilla, en la misma cantera, construyéndose además una caseta para almacenar y embolsar tierra negra. Se adecuó un silo para almacenar agua y se llevó electricidad para que el riego de agua se hiciera con una bomba mediante mangueras y aspersores.

A principios de noviembre de 1991, con la asesoría del Jardín Botánico se dispuso un rincón experimental en la zona IX (Anexo 1) donde se sembraron plantas de 25 diferentes especies, para establecer con el tiempo cuales se adaptan mejor (Tabla 2).

#### ESPECIE

Palma de Cera	Pimiento
Nogal	Niquidamba
Mangle	Ligustrum
Jazmín Australiano	Guayacán de Manizales
Jazmín	Tuno
Carbonero Rojo	Cariseco
Tequendama	Arrayan
Pino Romerón	Roble
Escalonic	Chicalá
Cucharo	Cotoneaster
Caucho Sabanero	

**Tabla 2. Especies sembradas en el rincón experimental.**

Desde finales de 1991 (nov-dic) se han realizado intensas jornadas de reforestación, utilizando los ejemplares que se encontraban aclimatándose en el vivero. Se diseñó un programa computarizado de inventarios para controlar cuantas, donde y cuales variedades se han estado sembrando. La tabla 3 ilustra la cantidad y especies, por zonas, de esta primera reforestación.

ZONA	CANTIDAD	ESPECIE
II	100	Retamo Liso
	980	Retamo Espinoso
	<u>1010</u>	Eucaliptus
	2090	
III y IV	97	Retamo Espinoso
	120	Acacia Bracatinga
	510	Retamo Liso
	1760	Eucaliptos
	<u>1580</u>	Acacia Helanoxilon
4067		
VI	530	Hayuelo
	<u>410</u>	Retamo Espinoso
	940	
XV	1480	Retamo Espinoso
	1446	Corono
	1320	Eucaliptus
	739	Hayuelo
	120	Acacia Helanoxilon
	1665	Acacia Bracatinga
	490	Retamo Liso
	<u>15</u>	Ciro
7275		
XXI	205	Eucaliptus
	<u>902</u>	Acacia Bracatinga
	1107	
TOTAL	15479	

Tabla 3. Especies sembradas en la primera reforestación.

Como parte fundamental del programa se requirió realizar la resiembra (mitad de enero-finales de abril) de los ejemplares que por diversas razones no prosperaron, además de la siembra en nuevas zonas, lo cual incluye actividades como desyerbe en los alrededores de cada planta (sobre todo las más pequeñas) y hacer el riego constante en la zona con menor humedad.

La tabla 4 presenta las variedades resemebradas por zona, y las nuevas variedades sembradas.

ZONA	CANTIDAD	ESPECIE
III-IV	300	Eucaliptus
	<u>70</u>	Acacias
	370	
XV	480	Eucaliptus
	360	Acacias
	<u>600</u>	Sauces
	1440	
X	550	Acacias
	400	Retamo
	<u>300</u>	Eucalipto
	1250	
XII	150	Retamo
	<u>650</u>	Retamo Liso
	800	
TOTAL	3860	

Tabla 4. Especies utilizadas en la primera resiembra y nueva siembra.



Desde principios de mayo hasta el momento, se está realizando la segunda reforestación. La tabla 5 presenta las especies y el número de ejemplares sembrados en esta segunda jornada.

ZONA	CANTIDAD	ESPECIE
IV-A	2170	Acacia Bracatinga
	1840	Eucalipto
	530	Urapan
	206	Tunas
X	200	Acacia Bracatinga
	560	Hayuelo
	380	Retamo Espinoso
	570	Retamo Liso
	370	Urapán
	300	Cucubo
XII	500	Retamo Espinoso
	570	Retamo Liso
	500	Lulo
XV	580	Retamo Espinoso
	560	Retamo Liso
	400	Eucalipto
	486	Urapán
<b>TOTAL</b>	<b>10722</b>	

Tabla 5. Especies sembradas en la segunda reforestación.

Simultáneamente con la segunda reforestación se esta realizando la segunda resiembra, cuyos resultados se observan en la tabla 6.

ZONA	CANTIDAD	ESPECIE
III	210	Acacia Bracatinga
	100	Hayuelo
VII	290	Retamo Espinoso
XV	570	Acacia Bracatinga
	670	Hayuelo
	280	Retamo Espinoso
<b>TOTAL</b>	<b>2120</b>	

Tabla 6. Especies sembradas en la segunda resiembra.

En total el número de plantas sembradas en las dos jornadas de reforestación, sumadas con su respectiva resiembra es 32899.

En la actualidad el vivero cuenta con un número de 19405 plantas listas para ser sembradas (Tabla 7).

ESPECIE	
Retamo Espinoso	4300
Retamo Liso	3810
Hayuelo	4900
Acacia Bracatinga	1316
Urapán	1383
Chilca	560
Eucalipto	3136
<b>TOTAL</b>	<b>19405</b>

Tabla 7. Especies listas para ser sembradas.

Desde el inicio del programa se adquirieron 1121 plantas de diversas especies para determinar su adaptación dentro del vivero. Ahora se piensa incorporarlas dentro del programa. La tabla 8 ilustra este aspecto.

<b>ESPECIE</b>	<b>CANTIDAD</b>
Chicalá	50
Aliso	50
Calestemon	50
Muelle	196
Cajeto	116
Duraznillo	100
Pino Pátula	96
Jazmín	275
Tibán	88
<b>TOTAL</b>	<b>1121</b>

**Tabla 8. Nuevas especies listas para ser sembradas.**

En total el número de plantas que se encuentran listas para ser sembradas es de 20256.

La tabla 9 muestra las plantas que se encuentran en este momento en germinación en el vivero.

<b>ESPECIE</b>	<b>CANTIDAD</b>
Hayuelo	3800
Retamo Liso	3500
Retamo Espinoso	3500
<b>TOTAL</b>	<b>10800</b>

**Tabla 9. Plantas en proceso de germinación actual.**



Además se tienen nuevas especies en proceso de germinación, a las cuales se les va a determinar el grado de adaptación (Tabla 10)

#### ESPECIE

Fique	1800
Palma Yuca	120
Covan	950
Chilca	800
Enredadera	180
Acacia mollisima	600
<b>TOTAL</b>	<b>4450</b>

Tabla 10. Nuevas especies incorporadas al programa.

En total se cuenta con un número de 15250 plantas en germinación.

## 2. PROGRAMA DE REVEGETALIZACION

El proceso de revegetalización empieza con la preparación progresiva de los taludes que van a quedar definitivos, dejándolos con una relación 1:1. Esta parte cubre un área de 38.000 m<sup>2</sup> aproximadamente.

Posteriormente se procede al recubrimiento con tierra vegetal, proveniente de las operaciones de descapote, de los taludes previamente preparados, para crear un horizonte de suelo. Se han recubierto 12900 m<sup>2</sup> hasta el momento.

Luego se empradiza con pasto. Hasta el momento se han empradizado 8960 m<sup>2</sup> de taludes (Anexo 1), abarcando las zonas III (Fotos 3 y 4), VI (Fotos 5, 6a y 6b), X (Foto 7), XV (Fotos 8 y 9), XXI (Fotos 10 y 11), XXIII (Foto 12) con pasto variedad kikuyo. Esta

variedad ha ofrecido una excelente respuesta, pudiéndose apreciar la cobertura que hasta este momento ha alcanzado. Simultáneamente mediante siembra al "voleo" se disponen semillas de higuierilla, carretón rojo y espino, con lo cual se pretende implementar otras especies en los taludes.

De acuerdo con el manejo paisajístico que se plantea en el Proyecto de Recuperación, en la zona XII se está empujando una cancha para practicar microfútbol, con semilla de grama azul y en los taludes que rodean a esta, con pasto rye grass italiano e inglés y carretón rojo (Foto 13).

En la zona VIII se adelanta la construcción de una laguna ornamental, cuya revegetalización avanza conjuntamente con las obras (Foto 14).

A nivel de plantas ornamentales se obtuvieron resultados frustrantes con las especies utilizadas en la fase de adaptación. Se replanteará la metodología utilizada, probando con nuevas variedades que puedan ofrecer una mejor resistencia, por ejemplo geranios, rosas, begonias, jacintos, siemprevivas, azucenas.

Se han construido materas con fragmentos de boulders de una manera estética con un doble propósito: para sembrar diferentes especies vegetales (Foto 13), y proteger árboles antiguos (Fotos 14 y 15).

### **3. PERSPECTIVAS**

Para garantizar que los objetivos del programa de reforestación y revegetalización se cumplan a cabalidad, se ha contratado a un ingeniero agrónomo, con amplia experiencia en la materia, además de los servicios institucionales de un equipo de profesionales del Jardín Botánico, que se encargarán de



desarrollar un programa de trabajo que básicamente contempla los siguientes aspectos:

- Aumentar e intensificar la propagación de especies nativas de buena adaptabilidad y rusticidad, mediante la construcción de semilleros y barbados (sitios donde se colocan las estacas para enraizarlas)

- Utilizar sustratos que se encuentran en la cantera con el fin de disminuir costos y destinar la tierra negra para el abonamiento de las especies transplantadas al sitio definitivo.

- Construir pozos o piletas para la descomposición de materiales vegetales y así obtener compost de excelente calidad que contribuirá a la conformación de la capa vegetal.

- Implementación de coberturas vegetales mediante mezclas de gramíneas y leguminosas como Rye Grass-Alfalfa, Ballico-Lupinus, Falsa Poa-Retamo, Kikuyo-Trébol Carretilla., con lo cual se busca que el nitrógeno que aportan las leguminosas sea aprovechado por las gramíneas, obteniéndose de esta manera propagación y abono verde.

- Establecimiento de barreras vivas con especies como Croton sp., Agave sp., Cactus sp., Lantana sp., Camiceto sp., Mimbre, Salvia, Passifloras con las cuales se evita la erosión por escorrentía y por la acción del viento.

- Se proyecta utilizar la lombricultura, aprovechando la potencialidad de estos organismos benéficos en la formación, mejoramiento y recuperación de suelos degradados. Se utilizará Lombriz Californiana (*Eisenia foetida*) porque en otros lugares ha demostrado una gran adaptabilidad, además que es un fertilizante excelente.



- Mediante la implementación de prácticas naturales, como el cultivo de microorganismos benéficos se espera mejorar la calidad del suelo.



FOTO 3. REVEGETALIZACION EN LA  
ZONA III.



FOTO 4. LA ZONA III PRACTICAMENTE  
YA ESTA CUBIERTA.





FOTO 5. PANORAMICA GENERAL DE  
LA ZONA VI.



FOTOS 6a y 6b. OBSERVESE LA EVOLUCION Y AVENCE DE LA EMPRADIZACION, ZONA VI.





FOTO 7 REFORESTACION Y REVEGETALIZACION  
EN LA ZONA X.





FOTO 8. APARTE DEL CESPED SE HA  
REFORESTADO CON ARBOLES  
EN PRIMER PLANO SAUCES  
Y EUCALIPTUS. ZONA XV.



FOTO 9. REVEGETALIZACION DE LOS  
TALUDES EN LA ZONA XV.



FOTO 10. EMPRADIZACION EN LA ZONA XXI





FOTO 11. LA ZONA XXI SE ENCUENTRA  
RECUBIERTA EN UN 90%.

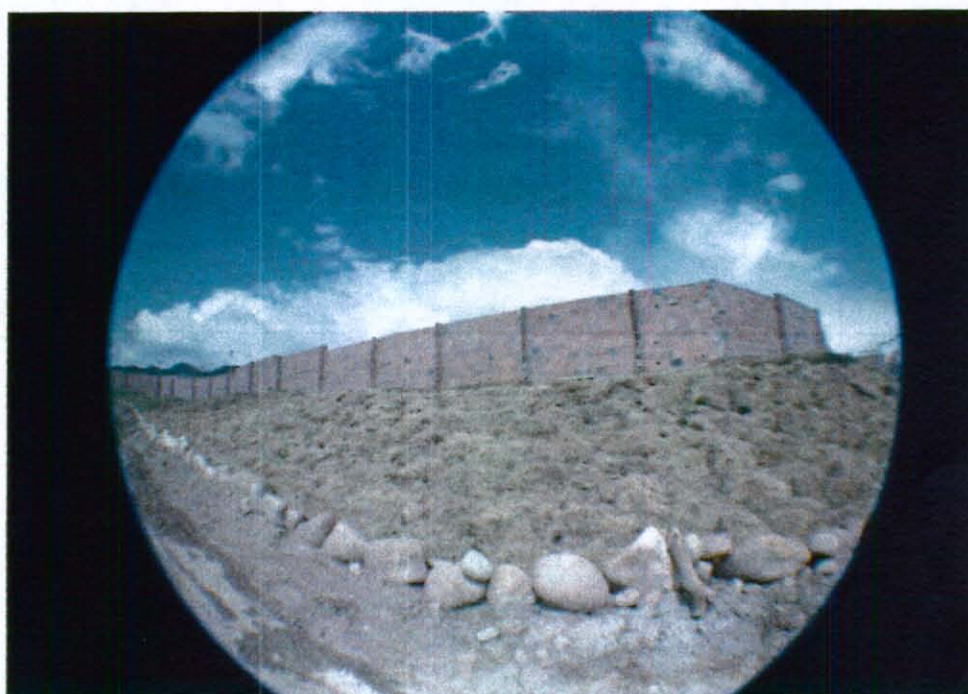


FOTO 12. PANORAMICA DE LA EMPRADIZACION  
EN LOS TALUDES DE LA ZONA XXIII



FOTO 13. DETALLE DEL PROCESO DE  
EMPRADIZACION DE LA ZONA  
XII (CANCHA DE MICROFUT-  
BOL).





FOTO 14. SE ESTA REFORESTANDO LOS  
AL REDEDORES DE LA LAGUNA  
ORNAMENTAL VIII.



FOTO 15. MATERA EN LA CUAL SE HAN  
SEBRADO DIFERENTES ESPECIES  
ACACIAS, RETAMOS. ZONA VI.



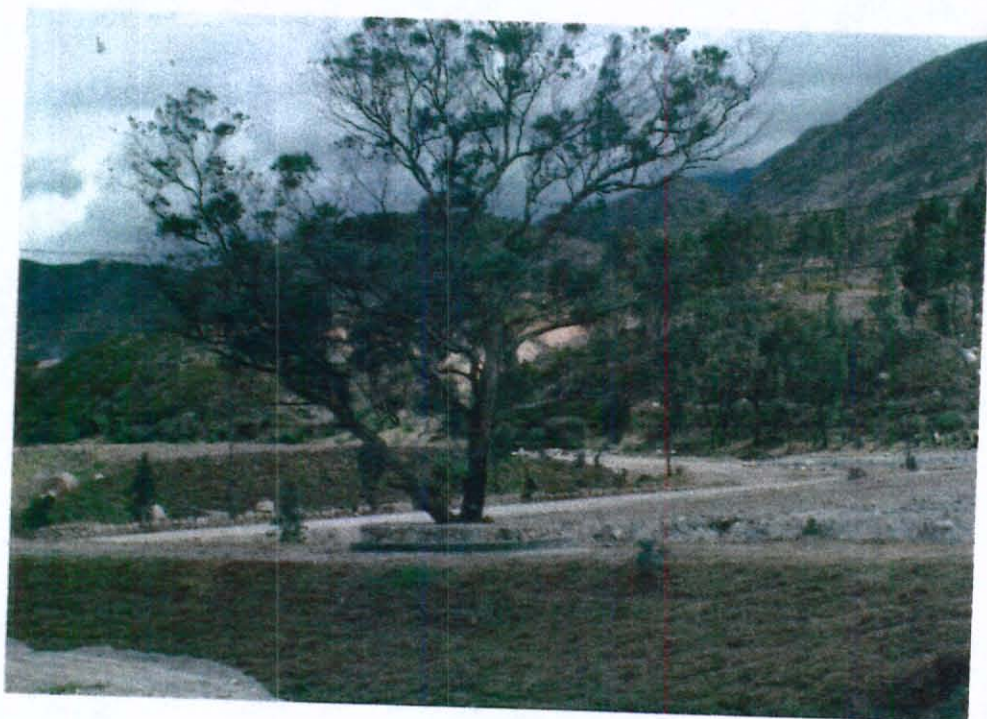


FOTO 16. LOS ARBOLES MAS ANTIGUOS  
SE ESTAN PROTEGIENDO CON  
MATERAS, CON FRAGMENTOS  
DE BOULDERS PROVENIENTES  
DE LA CANTERA.





FOTO 17. OBSERVESE LA ESTETICA  
QUE LE COMUNICA LAS  
MATERAS AL PAISAJE.





