



DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION
DISTRITAL EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DE BOGOTA

ESTUDIO GEOTECNICO DE LA QUEBRADA CHIGUAZA
FASE II

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 017 DE DICIEMBRE DE 1993

Santafé de Bogotá D.C., Abril de 1996

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERIA Y QUIMICA

000000

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS,
MINERIA Y QUIMICA
INGEOMINAS**

**DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DISTRITAL
EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DE BOGOTA**

**ESTUDIO GEOTECNICO DE LA QUEBRADA CHIGUAZA
FASE II**

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 017 DE DICIEMBRE DE 1993

Santafé de Bogotá D.C., Abril de 1996

ESTUDIO GEOTÉCNICO CAUCE PRINCIPAL QUEBRADA CHIGUAZA

INDICE

	Página
1.0 INTRODUCCION	1
2.0 GENERALIDADES	1
2.1 Descripción y Aspectos Urbanísticos	1
2.2 Antecedentes	2
2.3 Descripción del Problema	3
2.4 Topografía	4
2.4.1 Localización	4
2.4.2 Equipo	4
2.4.3 Especificaciones del levantamiento	4
3.0 INVESTIGACION GEOTECNICA	5
3.1 Geología	5
3.2 Geología Estructural	6
3.3 Geomorfoología	6
3.4 Inventario de Procesos de Inestabilidad	7
4.0 ANALISIS HIDROLOGICO E HIDRAULICO	8
4.1 Análisis Hidrológico de la Microcuenca de la Quebrada Chiguaza.	8
4.2 Caudales Adoptados.	9
4.3 Condiciones hidráulicas del cauce en 1990	9
4.3.1 Características hidráulicas de la Quebrada Chiguaza y sus afluentes	10
4.3.2 Capacidad de las Estructuras	11
4.4 Condiciones hidráulicas del cauce actual	11
4.4.1 Invasión de la ronda de la Quebrada	11
4.4.2 Socavación lateral de la Quebrada	12
4.4.3 Capacidad hidráulica	12
5.0 EVALUACION Y ANALISIS DE ESTABILIDAD	12
5.1 Metodología	12
5.2 Procesos denudativos	13
5.2.1 Estabilidad natural	13
5.2.2 Inducidos	14
5.2.3 Puntos críticos	14
5.3 Zonas homogéneas	16
5.4 Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa	18
6.0 MEDIDAS CORRECTIVAS GENERALES	19
6.1 Recomendaciones Generales	19
6.2 Recomendaciones Específicas	20
6.2.1 Erosión del cauce	20
6.2.2 Encauzamiento de la Quebrada	21

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C

6.2.3 Protección Contra Inundación	21
6.2.4 Remoción de Desechos de Talud	21
6.3 Sitios Críticos de Estabilidad	21
7.0 Conclusiones y limitaciones	24
8.0 Presupuesto	25

LISTA DE TABLAS

TABLA 1	Inventario de procesos denudativos
TABLA 2	Niveles esperados $Tr = 10$ años. Análisis hidráulico.
TABLA 3	Niveles esperados $Tr = 100$ años. Análisis hidráulico.
TABLA 4	Estaciones Fluviométricas. Análisis hidráulico.
TABLA 5	Sitios Susceptibles a Inundación.
TABLA 6	Zonas Homogéneas de Estabilidad.
TABLA 7	Análisis de Susceptibilidad
TABLA 8	Sitios Críticos Alcantarillas en Voladizo
TABLA 9	Sitios Críticos por Socavación
TABLA 10	Sitios Críticos por Estructuras
TABLA 11	Sitios Críticos por Inundación e Inestabilidad

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Localización General.
FIGURA 2	Isoyetas Medias Multianuales.
FIGURA 3	Isoyetas Máximas Mensuales.
FIGURA 4	Diagrama de Flujo. Cauce principal Quebrada Chiguaza. $Tr = 10$ años.
FIGURA 5	Diagrama de Flujo. Cauce principal Quebrada Chiguaza. $Tr = 100$ años.
FIGURA 6	Áreas de Aporte de la Quebrada Chiguaza y sus afluentes.

ESTUDIO GEOTÉCNICO CAUCE PRINCIPAL QUEBRADA CHIGUAZA

1.0 INTRODUCCION

Uno de los principales resultados del proyecto "Evaluación de Susceptibilidad y Amenaza Preliminar - Fase I" (INGEOMINAS, 1995), fue el determinar las rondas de los principales cauces en el suroriente de la ciudad como áreas con niveles de alta susceptibilidad y amenaza a fenómenos de remoción en masa. La Quebrada Chiguaza se enmarca en una zona de categorías de estabilidad V y VI. A lo largo del cauce las laderas presentan deslizamientos frecuentes; se evidencian procesos antiguos de remoción en masa, alto grado de erosión y, la intensidad y magnitud de los procesos denudativos se pueden asociar a períodos lluviosos.

El área de estudio (**Figura 1**) se caracteriza por presentar altos niveles de riesgo, definidos por la alta probabilidad de falla en las laderas o taludes de los cauces, conformados en gran parte del trayecto por depósitos recientes de botaderos, materiales de construcción, estériles y basuras; y localmente un alto grado de exposición de las viviendas que se encuentran invadiendo la ronda y en ocasiones el cauce mismo.

El presente estudio tiene como objetivo la zonificación geotécnica a fenómenos de remoción en masa a escala de detalle (1:2000) del cauce principal y la ronda de la quebrada Chiguaza, en términos de zonas homogéneas y susceptibilidad. Igualmente, plantear medidas correctivas y de mitigación para mejorar las condiciones ambientales del cauce, especialmente a nivel del entorno físico (componente suelo).

Los trabajos de campo, y la exploración geotécnica, y la evaluación de estabilidad se concentro en el corredor inferior de la cuenca alta de la Quebrada Chiguaza. Es decir, el sector comprendido entre el barrio Quindío y el estrechamiento de los cerros Juan Rey y Guacamayas. La cabecera, como la cuenca baja de la Quebrada Chiguaza, definida entre la confluencia de los cerros Juan Rey y Guacamayas hasta la desembocadura en el Río Tunjuelito, no estaban contempladas en el alcance del proyecto. No obstante el desarrollo del trabajo como el análisis geotécnico y las recomendaciones se hicieron extensivas a estas zonas sin llegar a particularizar.

2.0 GENERALIDADES

2.1 Descripción y Aspectos Urbanísticos

La quebrada Chiguaza es uno de los principales afluentes del Río Tunjuelito; su cuenca cubre un área aproximada de 1974 hectáreas y está dentro de la franja sur oriental de Santafé de Bogotá (**Figura 1**). Es asiento de numerosos barrios y urbanizaciones de alta densidad poblacional, que van desde la invasión y el tugurio hasta la urbanización planificada. Tanto el cauce principal como sus principales afluentes, Q. El Zuque, Q. Las Mercedes, y Varejones, están sometidas a una fuerte intervención antrópica, manifiesta por la invasión de su cauce y ronda con construcciones, en general de pobres características técnicas y carentes de servicios públicos adecuados. Esto implica la utilización de la quebrada como medio de disposición de aguas negras, desechos

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

sólidos domiciliarios, produciendo grave afectación de las condiciones sanitarias y ambientales, y fuerte incidencia sobre la estabilidad de las construcciones.

La quebrada nace en la falda de los cerros orientales de la Sabana de Bogotá a una altitud de 3500 m.s.n.m., drenando en dirección predominante NW. Su recorrido total es de unos 9.6 km., morfológicamente se diferencian dos sectores: un sector superior, de alta pendiente, desde su nacimiento hasta la brecha existente entre los cerros de Juan Rey y Las Guacamayas, en el cual recibe la afluencia de sus tributarios mayores; y un sector inferior, desde el mencionado accidente geográfico hasta su desembocadura en el Río Tunjuelito, a la cota 2560 m.s.n.m., aproximadamente, caracterizado por una baja pendiente.

En la parte alta de la cuenca de la quebrada entre las cotas 3200 y 3400 m.s.n.m., se desarrolla la cantera de El Zuque, de propiedad del Distrito Capital. La cantera presenta inadecuado manejo de sus materiales estériles, sin terraceo de los taludes en el cuerpo de los botaderos ni medidas de control de erosión y arrastre de sedimentos, los cuales vierten directamente a la quebrada EL Zuque (afluente de la quebrada Chiguaza).

La cuenca de la quebrada Chiguaza, se ha venido deteriorando rápidamente en la última década. Recibe en su corriente superficial los efluentes del alcantarillado sanitario y los residuos sólidos producidos por sus habitantes. A lo largo del cauce se presenta invasión de la ronda e incluso del cauce, con asentamientos humanos, algunos cultivos de maíz, y criaderos de cerdos etc., que generan la destrucción total del hábitat natural.

Adicionalmente, en algunos cruces de vías sobre la quebrada las estructuras, algunas de ellas ejecutadas por los propios habitantes del lugar, se constituyen obstrucciones al flujo y que causan inundación en sus alrededores por su deficiente capacidad hidráulica.

Desafortunadamente una gran extensión de las márgenes de la quebrada y sus afluentes, se encuentran densamente pobladas sin que se tenga plena conciencia del riesgo que ello implica, ni se respeta la zona de ronda, la cual debe ser claramente definida, señalizada e integrada paisajística y estructuralmente al sector circundante, con el uso de criterios urbanísticos apropiados a las condiciones locales.

A esta quebrada entregan sus aguas lluvias y servidas los barrios: Parcelación San José Sur Oriental, Altos del Poblado, La Herradura, San José Sur Oriental, San Miguel, La Gloria, La Gloria Baja San Martín de Loba, La Victoria, Moralba y Urbanización Continental, entre otros.

Según el DAMA sobre la ronda de la quebrada Chiguaza, se encuentran seis parques, tres escuelas, un salón comunal y más de 150 metros usados para fines de vivienda, los cuales son franjas de riesgo en épocas de invierno; los barrios más afectados son La Picota, Marruecos, Molinos, Molinos del Sur y San Agustín.

2.2 Antecedentes

La problemática de la Quebrada se identificó en el estudio "Evaluación Preliminar de Susceptibilidad y Amenaza en las Localidades de Ciudad Bolívar, Rafael Uribe Uribe, Usme, y San Cristóbal de Santafé de Bogotá D.C.- Fase I", elaborado por Ingeominas, para el Departamento Administrativo de Planeación Distrital; en este estudio se definió el cauce de la quebrada Chiguaza como zona de amenaza alta a fenómenos de remoción en masa.

- FIGURA 7 Perfil Longitudinal Quebrada Chiguaza
- FIGURA 8 Detalle de Disposición de los Muros de Enrocado.
- FIGURA 9 Detalle Disipadores de Energía para Entrega de Alcantarillas en Voladizo.

LISTA DE PLANOS

- PLANO 1 Topografía
- PLANO 2 Unidades Geológicas
- PLANO 3 Procesos Morfodinámicos
- PLANO 4 Zonas Homogéneas
- PLANO 5 Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa

ANEXOS

1. Secciones transversales Quebrada Chiguaza. Puntos críticos. Niveles esperados
2. Cantidades de obra
3. Presupuesto aproximado según medidas correctivas

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C

El desarrollo de la "Fase II" del acuerdo 0170 - 1993 se contemplo la zonificación geotécnica de la quebrada, a escala de detalle (1:2000) cuyo objetivo es identificar zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa y plantear algunas recomendaciones para controlar los principales problemas en el drenaje, sin llegar a diseños detallados.

Del estudio de zonificación geotécnica, se estableció que en la actualidad la ronda de la Quebrada Chiguaza corresponde a formas típicamente antropogénicas donde el hombre ha sido su principal perturbador. El cauce ha sido afectado por deforestación, modificación de su sección hidráulica con construcciones y residuos sólidos. A lo largo del mismo se identifican problemas de erosión por socavación y pequeños fenómenos de remoción en masa desarrollados especialmente en los materiales inconsolidados.

La alta pluviosidad en el área y el aporte de material proveniente de las áreas de disposición de estériles de la cantera El Zuque, originaron en mayo de 1994 y marzo de 1995 dos eventos caracterizados como flujos de lodos o avalanchas.

La avalancha de lodos del 94 a su paso se desbordó en varios sectores, arrasando huertas y casas. En el sector aguas arriba de la carretera a oriente, produjo por lo menos cuatro muertos y varios heridos.

2.3 Descripción del Problema

Por la magnitud de los procesos causantes de inestabilidad es posible subdividir la cuenca de la quebrada Chiguaza en dos sectores: Curso Alto, ubicado aguas arriba del estrechamiento, de los cerros Juan Rey y Guacamayas y, curso de Bajo desde allí hasta la desembocadura del Río Tunjuelito. Sobre los cuales se identifican problemas de estabilidad propios de la condición natural de la vertiente de la quebrada y fenómenos inducidos por la alta intervención antrópica.

La condición natural de estabilidad del sector Alto del valle de la quebrada, depende en gran medida de la presencia del cuerpo coluvial cuaternario. Las formas más importantes de inestabilidad son, la reptación del cuerpo coluvial que se manifiesta por agrietamiento del terreno que culmina como derrumbes y desprendimientos, especialmente en las partes frontales del cuerpo sedimentario, y la erosión lateral de las márgenes por socavación y ataque de la corriente; el confinamiento de los cauces es la consecuencia del deslizamiento de las márgenes. Como causas de la reptación pueden mencionarse la inclinación del plano límite inferior del cuerpo sedimentario, y el hecho de encontrarse sobre las arcillolitas de la formación Bogotá.

El principal fenómeno del sector Alto, por su poder destructivo es la ocurrencia de avalanchas, que pueden ser ocasionadas por el material estéril y sobrenadante de la cantera "El Zuque" propiedad de la Secretaría de Obras Públicas, localizada en la parte alta del perímetro urbano. Por lo observado en las inspecciones realizadas a la cantera, no existe un manejo adecuado del estéril, el cual, al no ser dispuesto en una zona de botadero apropiada y continuar su disposición en las laderas adyacentes, seguirán siendo aportantes como material de arrastre de la quebrada, con las consecuencias ya conocidas.

En general, el paisaje actual de la ronda de la Quebrada es de origen predominantemente antropogénico, debido a la presencia continua de depósitos de cubierta inconsolidados, de alta erodabilidad hídrica, condiciones morfométricas pronunciadas, una alta dinámica evolutiva

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C

reflejada en el desarrollo de fenómenos de remoción en masa de carácter inducido y aumento de erosión por socavación e incisión.

Los tipos más frecuentes de deslizamientos inducidos son los traslacionales, rotacionales y flujos de tierra, enmarcados principalmente en rellenos heterogéneos (botaderos de tierra) en la mayoría de los casos producto de la pérdida de pata por acción de la corriente de la quebrada (socavación). La participación del hombre como causa contribuyente y/o detonante se refleja en el confinamiento del cauce de la quebrada, la saturación de los materiales producto de roturas o desconexiones en las redes de aguas sanitarias, o bien por el aporte directo de estas últimas a las riberas.

2.4 Topografía

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

2.4.1 Localización

El levantamiento se realizó en la ronda de la quebrada, es decir, la franja de intervención directa del drenaje, en un corredor de cien metros de ancho, se extendió entre las coordenadas 93.600 - 94.600 m N y 96.800 - 99.800 m. E con altitudes entre 2300 y 2690 m.s.n.m., la longitud barrida fue de 3.8 Km. aproximadamente que comprende el sector entre los Barrios Quindío y Molinos del Sur 2º sector. Cabe mencionar que el levantamiento se programó hasta la desembocadura de la Qda. Chiguaza en el Río Tunjuelito, pero debido a problemas sociales y de inseguridad en el sector, se interrumpió el desarrollo normal de las actividades topográficas.

2.4.2 Equipo

Además del personal calificado del INGEOMINAS para estas labores, se utilizó equipo especializado como lo es la estación electrónica total (distanciómetro) WILD T1000 con aproximación al segundo en lectura angular, alcance de 2500 m. con PRISMA DE CONSTANTE - 22 mm. y margen de error de aproximadamente 2 mm. por Km. medido, con lo que se logró la precisión alcanzada.

2.4.3 Especificaciones del levantamiento

La cota y coordenadas de salida se tomaron según la ubicación de puntos de referencia en planchas del IGAC a escala 1:2000. Posteriormente se trazó una poligonal abierta de cuyos vértices se radiaron todos los detalles y puntos de nivel; se ocuparon 30 deltas topográficos y se visaron aproximadamente 800 puntos de topografía. El área levantada fue de aproximadamente 38 has., como resultado final se obtuvo el **Plano 1** a escala 1:2000 con curvas de nivel cada 2 y 3 m., en la zona baja del estudio (Molinos del Sur) se presentan cada 5 y 10 m., dicho plano se anexa en el presente informe.

3.0 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

La investigación geotécnica se realizó con base en un trabajo de campo que permitió caracterizar cualitativamente el área, identificar afloramientos de roca, definir la forma y geometría de los depósitos recientes, e identificar procesos denudativos presentes en el área.

3.1 Geología

La quebrada Chiguaza nace en los cerros orientales de la Sabana de Bogotá a una altura de 3500 m.s.n.m. y recorre una longitud de aproximadamente 9.6 Km. en dirección NW. La parte estudiada corresponde al sector comprendido entre los barrios El Quindío en la parte superior y Molinos del sur, segundo sector en la parte baja de la quebrada. En su recorrido corta rocas sedimentarias de edad terciaria, correspondientes a las Formaciones Bogotá y Regadera y depósitos no consolidados del Cuaternario (**Plano 2**).

Las areniscas del Grupo Guadalupe forman los cerros escarpados hacia el oriente y se hallan en posición estratigráfica invertida, con buzamiento hacia el E. debido a que hacen parte del flanco occidental invertido del anticlinal de Bogotá. En este Grupo se encuentra la cantera El Zuque

Las formaciones terciarias también presentan inversión de los estratos en la parte alta de la ladera en la base de los escarpes, pero al occidente de la Avenida Ciudad de Villavicencio las capas muestran buzamiento normal al W.

La **Formación Bogotá - Conjunto Inferior (Tpbi)** aflora en la margen derecha, parte alta de la quebrada. Está constituida por una secuencia de arcillolitas grises, amarillas y rojizas altamente meteorizadas, con estratificación gruesa e intercalaciones menores de areniscas grises, verdes amarillas y violáceas de grano grueso y muy friables.

La **Formación Bogotá - Conjunto Superior (Tpbs)** aflora esporádicamente en forma de ventanas en la parte media de la quebrada. Está compuesta principalmente por arcillolitas grises y rojizas, con pequeñas intercalaciones de areniscas hasta de 30 cm. de espesor.

La **Formación Regadera (Ter)** aflora en los cerros Juan Rey y Guacamayas. Está conformada por areniscas friables de color gris claro, amarillo y violáceo de grano fino a conglomerático altamente meteorizadas con intercalaciones de arcillolitas grises y rojizas.

Los macizos rocosos se encuentran cubiertos por materiales no consolidados, en los que dominan los depósitos de ladera (**Qdp**), dentro de ellos se involucran los depósitos fluvio glaciales (**Qfg**), especialmente enmarcados entre la falla de Bogotá y los cerros de Juan Rey y las Guacamayas.

Dentro de los depósitos de cubierta se encuentran también los materiales de desecho (**Qre**, estériles), especialmente en las inmediaciones de la cantera El Zuque y en las márgenes de la quebrada, a lo largo del cauce y cofinándolo. Estos depósitos sobreyacen en gran parte de la zona a los depósitos de ladera y alcanzan espesores hasta de 10 m, son los materiales más heterogéneos, se encuentran conformando taludes desnudos con inclinación máxima 1H: 3V. Normalmente se observan afectados por erosión en surcos, socavación o constituyendo el cuerpo central de deslizamientos debido a su alta disgregabilidad hídrica.

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

A lo largo de las márgenes principalmente en las partes alta y media de la quebrada afloran **Depósitos de ladera (Qdp)**. Son el producto de la acción denudativa y antrópica que han sufrido las laderas. Están constituidos por coluviones y talus que en la mayor parte han sido alterados por el hombre al utilizar la quebrada y sus alrededores como botaderos.

Los materiales depositados en las orillas y lecho de la quebrada, corresponden a los **Depósitos Aluviales (Qal)** recientes; su espesor oscila entre pocos centímetros y 2.0 m aproximadamente.

3.2 Geología Estructural

El sector estudiado se ubica en el flanco oriental de la estructura regional del sinclinal de Usme - Tunjuelito. El rumbo promedio de los estratos es N10E buzando al W pero en la parte alta de la quebrada los buzamientos están invertidos, como consecuencia de la falla de Bogotá.

Las fallas longitudinales, están desplazadas por fallas transversales direccionales, como es el caso de la falla de Bogotá, dislocada por fallas en el flanco oriental que termina casi siempre en la falla principal. Por consiguiente, no hay evidencia clara de la continuidad de las mismas fallas transversales en las formaciones blandas del terciario.

3.3 Geomorfología

El área de la quebrada Chiguaza forma parte de la unidad geomorfológica de origen denudacional - estructural donde actúan procesos morfodinámicos como la socavación lateral y movimientos de remoción en masa, en gran parte influenciados por la acción antrópica al modificar sus laderas, utilizándolos como botaderos de basura, rellenos de materiales y construcción de zonas urbanas. La vegetación ha desaparecido completamente y por su cauce transcurren la mayor parte de las aguas servidas de los barrios aledaños.

El tipo de corriente es rectangular y el patrón de drenajes es subparalelo hasta aproximadamente los cerros Juan Rey - Guacamayas y de este punto hasta la desembocadura en el Río Tunjuelito el patrón de drenaje es subangular.

El régimen de la quebrada desde su nacimiento hasta el sector de Los Pinos (aprox. abscisa K1+200) es torrencial capaz de arrastrar bloques hasta de 3 m, de diámetro. Desde este sitio y hasta donde entrega sus aguas al Río Tunjuelito, el tipo de flujo cambia, la pendiente promedio del cauce es baja, la carga disminuye considerablemente su tamaño, el cauce se amplía, la socavación disminuye y las laderas se tornan más suaves y con poca altitud.

El relieve muestra 4 sectores bien definidos a saber:

- La parte alta donde nace la quebrada hasta aproximadamente la carretera a Oriente, corresponde a una zona de montañas y colinas cuyas alturas y formas se deben al plegamiento de las rocas, las cuales aún conservan rasgos de las estructuras originales, a pesar de haber sido afectadas por procesos de denudación. Las laderas, en general, son escarpadas con pendientes entre 30° y 40°, mientras que la pendiente del cauce es de aproximadamente el 22% con una longitud de 500 m. A la altura del barrio Quindío sobre la margen derecha (aguas abajo), afloran areniscas friables interestratificadas con arcilloitas

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C

correspondientes a la Formación Bogotá, y sobre la margen izquierda afloran depósitos de pendiente y rellenos.

- De la carretera a Oriente hasta los cerros Juan Rey - Guacamayas, el cauce tiene una longitud de aproximadamente 3.3 Km. El relieve es de montañas onduladas con laderas de pendientes entre 25° y 40°. La pendiente media del cauce varía desde el 15% en la desembocadura de la Q. Ramal 1, al 8% en el sector de Los Pinos - La Península. Su cauce es estrecho, aproximadamente rectilíneo y con muy pocos afluentes. En sus márgenes afloran depósitos cuaternarios compuestos por depósitos de pendiente, depósitos de rellenos, los cuales han modificado en gran parte los taludes originales y algunas pequeñas terrazas. Los procesos morfodinámicos predominantes son la socavación lateral y los deslizamientos traslacionales, los cuales se mencionaron con más detalle en la descripción de puntos críticos.
- Los cerros Juan Rey y Guacamayas están conformados principalmente por areniscas duras de grano grueso con algunos niveles arcillosos orientados aproximadamente en dirección N-S. Sus cuñas son semiagudas y las laderas rectas, cubiertas de vegetación primaria que forman una especie de garganta, después de la cual el río se ensancha y transcurre por terrenos planos. Estos cerros se destacan de forma considerable dentro de una morfología ondulada compuesta esencialmente por depósitos cuaternarios. Los procesos morfodinámicos que afectan este sector son la erosión en surcos y la socavación lateral en ambas márgenes.
- La parte baja de la quebrada que se extiende desde la confluencia con la quebrada Varejones hasta la desembocadura de la Quebrada Chiguaza en el Río Tunjuelito. Sin embargo, la longitud que aparece en el mapa geológico es de sólo 500 m., y la pendiente del cauce es del 6%. En la margen derecha afloran areniscas y arcillolitas de la Formación Bogotá, pero la margen izquierda está conformada por terrazas bajas que corresponden a las zonas planas, las cuales han sido urbanizadas casi en su totalidad. Su cauce es más amplio con curvas suaves y muy pocos afluentes. Los procesos morfodinámicos que afectan la parte baja de la quebrada son la erosión antrópica al utilizar el cauce para vertimiento de aguas servidas y sus riberas como botaderos de materiales de construcción, y la socavación lateral la cual tiene un intensidad baja.

3.4 Inventario de Procesos de Inestabilidad

Considerando que la quebrada puede simularse a una obra lineal se programó un trabajo de inventario a lo largo del corredor del cauce. El trabajo de inventario debía ser rápido, sencillo, objetivo, y se trataba de registrar en el tramo estudiado los taludes inestables en las márgenes (50 m a lado y lado del cauce) del drenaje. Los datos que se tomaron en el desarrollo del trabajo fueron:

- Localización: Incluye dirección, sector y abscisa.
- Formación geológica y litología: Primero se ubicó la formación geológica, y seguidamente el tipo de material rocoso (arenisca y arcillolita) y de cubierta (Suelo, coluvión, botadero, relleno, etc)
- Morfología y morfometría: En este caso se consideró el perfil de la ladera, la pendiente promedio y la forma de los canales.

- Vegetación: Pretendió describir el efecto de la vegetación sobre la estabilidad de la ladera.
- Drenaje: Se consideró si era eficiente o deficiente, y su papel en la estabilidad del cauce y las márgenes.
- Condición de estabilidad: Se describió en forma resumida los tipos de deslizamientos, de acuerdo con la clasificación de Varnes (1970) y erosión y su grado de afectación.

En el inventario de procesos denudativos hecho a lo largo del cauce, se identificaron tanto fenómenos de erosión como de remoción en masa. Los procesos de erosión, son principalmente de tipo fluvial y en menor proporción de tipo hídrico (escorrentía superficial), manifestándose como socavación lateral de las márgenes, erosión en surcos y cárcavas respectivamente. La socavación se presenta en los depósitos aluviales (Qal) en una intensidad moderada a alta; mientras que la erosión hídrica es característica en la Formación Bogotá conjunto inferior (Tpbi) y los depósitos de pendiente (coluviones) localizados en la parte alta de la quebrada, la intensidad de ésta es alta.

Los procesos de remoción en masa, característicos son los deslizamientos de tipos traslacional y rotacional, ocurridos generalmente en materiales de relleno y botaderos. En menor proporción se presentan flujos de detritos especialmente en la parte alta de la cuenca (arriba del Barrio Quindío) y hundimientos en las márgenes debido a la socavación produce la corriente en los depósitos aluviales.

En la **Tabla 1** aparece el registro completo de la labor de inventario y en el numeral 5.2. se realiza un análisis sobre ellos.

4.0 ANÁLISIS HIDROLOGICO E HIDRAULICO

4.1 Análisis Hidrológico de la Microcuenca de la Quebrada Chiguaza.

La quebrada Chiguaza es uno de los principales afluentes del Río Tunjuelito, nace en la falda de los cerros orientales de la Sabana de Bogotá a una altitud de 3506 m.s.n.m., drenando en dirección predominante NW, su recorrido total es de 10.3 Km., y está claramente dividido en dos sectores. El superior, de alta pendiente, desde su nacimiento hasta la brecha existente entre los cerros de Juan Rey y Las Guacamayas, recibe la afluencia de sus tributarios mayores. El inferior, desde la brecha mencionada hasta su desembocadura en la margen derecha del Tunjuelito a la cota 2545 m.s.n.m. aproximadamente, caracterizado por su baja pendiente.

El área de drenaje de la Chiguaza es de 1890.4 ha, con un patrón de drenaje subparalelo a dendrítico, tiene una pendiente promedio ponderada de 16%. Las quebradas Chiguaza ramal 1, De morales, Varejones, La nutria, por la margen izquierda y Chiguaza ramal 2, Puente colorado y Las mercedes en la vertiente nor-oriental, son sus principales afluentes.

En la actualidad además de ser el drenaje natural de aguas lluvias, es también el colector natural de las aguas negras de asentamientos urbanos, los cuales pueden llegar a cubrir entre el 60% y 70 % de su extensión.

En su porción alta la Quebrada Chiguaza posee pendiente que oscilan entre el 17% y el 2%. Aguas abajo de los cerros La Guacamaya - Juan Rey, la pendiente varía entre el 6.2% y el

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C

0.25%. En la confluencia con las quebradas Las Mercedes, Puente Colorado, Morales y Varejones se tiene valores promedios que oscilan entre 18% y 7%. Debido a la alta pendiente de la quebrada Chiguaza y sus afluentes su comportamiento es típicamente torrencial, con condiciones de flujo supercrítico en crecientes ordinarias y extraordinarias, lo que implica altas velocidades, gran poder erosivo, y flujo inestable con ocurrencia de resaltos hidráulicos ante la presencia de obstrucciones, rocas, etc. (Estudios y Asesorías 1990).

De acuerdo con el proyecto Ciudad Bolívar Fase I, el régimen de lluvias medio mensual en la zona es de 650 - 1100 mm. aproximadamente, y la máxima mensual (octubre) es de 90 a 110 mm. (**Figuras 2 y 3**).

4.2 Caudales Adoptados.

En los últimos años la cuenca de la quebrada Chiguaza, se ha deteriorado rápidamente al recibir en su corriente superficial los efluentes del alcantarillado sanitario y residuos sólidos producidos por los moradores que han invadido sus rondas.

Por este motivo se han hecho numerosos estudios a la quebrada Chiguaza dentro de los cuales se destacan "Proyecto del Río Bogotá", adelantado por Hidroestudios y Black & Veatch (1985), el cual utilizó un modelo de diseño hidráulico denominado Illudas (Illinois Urban Drainage Área Simulator), desarrollado por Terstriep y Stall (1974), para la determinación de los caudales extremos y la caracterización de "Tormentas de Diseño" para diferentes periodos de retorno con un rango amplio de duraciones, y localizaciones en distintas zonas de Bogotá. Como resultado del estudio se adoptó una tormenta con patrón espacial elíptico, de duración 1 hora.

En el estudio "Análisis y solución de algunas rondas de cauces y canales de Bogotá" adelantado por Estudios y Asesorías (1990), se corrigieron los estimativos de los cálculos de las tormentas de diseño presentados por el "Proyecto del Río Bogotá", mediante el empleo de un factor de zonificación adecuado, para la cuenca de la Quebrada Chiguaza. Estudios y Asesorías (1990).

Para el análisis hidráulico del presente informe se adoptaron los caudales máximos para los periodos de retorno de: 10 y 100 años, calculados por Estudios y Asesorías; por ser el estudio más reciente y completo de la quebrada Chiguaza.

En las **Figuras 4 y 5** se presentan los diagramas de flujo de la Qda. Chiguaza con los caudales adoptados para cada uno de los afluentes y en la **Figura 6** sus áreas de aporte, que conforman la red de drenaje de la zona de estudio para los periodos de retorno de 10 y 100 años.

4.3 Condiciones hidráulicas del cauce en 1990

En este numeral se analiza la capacidad hidráulica de la Quebrada Chiguaza y sus afluentes principales en la parte alta: La Quebradas Varejones, Puente Colorado y Las Mercedes, con base en el estudio "Análisis y soluciones de algunas rondas de cauces y canales de Bogotá" realizado por Estudios y Asesorías (1990).

En este estudio se determinaron los niveles alcanzados por las aguas en diferentes secciones con el fin de establecer la capacidad de los cauces y las necesidades de adecuación en las intersecciones con las vías.

Para esto se compararon los niveles de flujo para la creciente de los 100 años, y los niveles de las orillas del cauce o del terreno para un periodo de retorno de 10 años y con un borde libre suficiente para contener la creciente con probabilidad de ocurrencia de una vez en 25 años.

Para el análisis de las intersecciones de la Qda. con las vías se utilizaron los niveles para una creciente de 25 años de periodo de recurrencia.

4.3.1 Características hidráulicas de la Qda. Chiguaza y sus afluentes

Según el análisis hecho en el numeral precedente, se concluyó que en forma general los cauces de las quebradas poseen capacidad suficiente para conducir las crecientes analizadas, dadas las características de alta pendiente y cauce profundo que se observan en la mayoría de los tramos, con excepción hecha de algunos sectores muy localizados de la parte alta de la Qda. Chiguaza, el tramo final de la misma, y las Qdas. Mercedes y Morales.

No obstante, la capacidad hidráulica de los cauces es insuficiente por la construcción de viviendas sobre las rondas e incluso sobre los cauces, producto de un descontrolado desarrollo urbano. Esta disminución de área implica un aumento de la velocidad y la altura de flujo, en estas zonas, incrementando la amenaza por inundación.

A continuación se hará una breve descripción de los problemas de capacidad hidráulica de la Qda. Chiguaza y sus afluentes, identificados por Estudios y Asesorías

- La Quebrada Mercedes, se caracteriza por tener un cauce incipiente, de muy baja capacidad. Presenta problemas de socavación del lecho a causa de su alta pendiente, y de erosión de bancas en los alrededores de las confluencias con las quebradas Puente Colorado y Chiguaza, en razón a su entrega casi perpendicular al cauce.
- La Quebrada Morales, afluente de la Quebrada Varejones, sólo presenta problemas de capacidad en su porción alta, a la altura del barrio San Ignacio (Cra 13 Este), donde, la ronda se encuentra ampliamente invadida.
- La Quebrada Puente Colorado, se encuentra entubada mediante un colector de ladrillo de 1.8m de diámetro en el trayecto comprendido desde la plaza de mercado del barrio La Victoria sur - oriental hasta su desembocadura en la Qda. Mercedes.
- El cauce principal de la Quebrada Chiguaza, presenta una mayor invasión en sus riberas, generando problemas por insuficiencia de capacidad de su cauce, algunos de carácter local y otros que abarcan grandes extensiones.

Los primeros se localizan en la parte alta de la corriente y en sus ramales, en los barrios: La Nueva Gloria (carreras 11, 12 y 13 Este), Colmena (carrera 13 Este).

Los segundos se localizan: Aguas abajo de la confluencia con la Qda. Las Mercedes hasta la brecha entre los cerros de Juan Rey y Las Guacamayas donde la margen izquierda se encuentra ampliamente invadida; y Trayecto final, presenta problemas de desbordamiento principalmente en los dos últimos kilómetros antes de desembocar en el Río Tunjuelo.

4.3.2 Capacidad de las Estructuras

Las características geométricas de las estructuras, elevaciones de niveles de agua y caudales requeridos para los análisis de cada uno de los tipos de obra se consignan en las tablas 5.19 a 5.21 del estudio "Análisis y soluciones de algunas rondas de cauces y canales de Bogotá" elaborado por Estudios y Asesorías (1990). En estas tablas se evalúa la capacidad y las mejoras para cada una de las obras.

Se concluyó que las estructura tipo Box Culverts, presentaban insuficiencia para permitir el paso de la creciente de los 25 años de periodo de retorno. En cuanto a la capacidad hidráulica de las estructuras tipo puente, se encontró que la mayoría de ellas pueden conducir las crecientes de 25 y 100 años de periodo de recurrencia.

4.4 Condiciones hidráulicas del cauce actual

Mediante un amplio programa de campo, se logró identificar los principales factores que maximizan la amenaza por inundación e inestabilidad en las márgenes, los cuales son:

- Invasión de la ronda
- Socavación lateral de la Quebrada.
- Insuficiencia de la capacidad hidráulica de las estructuras: localizadas en las intersecciones con las vías, y en la entrega de las alcantarillas en voladizo localizadas en las márgenes de los cauces.

4.4.1. Invasión de la ronda de la Quebrada:

Se hizo un análisis hidráulico de los puntos críticos identificados en el trabajo de campo, en la franja de estudio de la Quebrada Chiguaza, que consiste en determinar los niveles correspondientes a las avenidas hidrológicas de 10 y 100 años de periodo de recurrencia. Para esto se determinaron secciones transversales (Ver anexos) y los perfiles de fondo de la Quebrada (Figura 7). Se tomó un intervalo de coeficientes de rugosidad de Manning adecuados para este tipo de corrientes variando entre 0.04 y 0.06; para el cálculo hidráulico se utilizó la teoría de flujo uniforme, estos resultados son de tipo aproximado debido a que el levantamiento topográfico es semidetallado, y a que el flujo en la zona alta es principalmente no uniforme y por espacios casi crítico. Esto último producto de las condiciones morfométricas del cauce, la cual es de tipo torrencial y/o de montaña.

Conscientes de todas las limitaciones, se considera para fines prácticos, una buena aproximación la aplicación de la teoría de flujo uniforme para determinar niveles máximos de avenidas. En las **Tablas 2 y 3** se presentan los resultados de los cálculos hidráulicos por sección crítica definida y en la **Tabla 4** el calculo en cada estación fluviométrica.

De acuerdo con este análisis, se hará una descripción de los problemas identificados en campo, con sus respectivas recomendaciones sin llegar al detalle de diseño, lo cual está fuera del alcance del proyecto.

Las riberas de la Qda. Chiguaza, han sido objeto en los últimos años de confinamiento de sus rondas por núcleos de viviendas producto de un desarrollo urbano descontrolado que ha llegado hasta el cauce mismo, ocasionando la reducción hidráulica del cauce, y de las áreas de retención

e infiltración de las aguas precipitadas sobre la cuenca. Esto se traduce en aumento de altura y velocidad de flujo ocasionando riesgos por inundaciones e inestabilidad en las márgenes.

Estos fenómenos se presentan en forma muy localizada. En la **Tabla 5** se presenta la localización de los sitios críticos con las respectivas recomendaciones.

4.4.2 Socavación lateral de la quebrada:

Se concentra indistintamente sobre los materiales más jóvenes y su distribución depende de la dinámica fluvial de la quebrada Chiguaza. En el sector alto de la cuenca, la erosión lateral de las márgenes es poco relevante ya que ellas están conformadas en rocas (areniscas y limolitas) del grupo Guadalupe. A partir de la cantera El Zuque hasta el estrechamiento de los cerros Juan Rey y Guacamayas, la alternancia entre depósitos de origen fluvio-glacial y antropogénicos, permite ver más acentuado este fenómeno, se destaca sin embargo, que los rellenos y botaderos por su naturaleza (disgregable) son los focos de concentración de la socavación.

Este fenómeno se muestra en el plano de procesos morfodinámicos, en cual se observa que este proceso ocurre a lo largo de la Quebrada, excepto en la franja aguas abajo de la confluencia de la Qda. Chiguaza con la Qda. Varejones ya que en esta zona actualmente existen obras correctivas.

4.4.3 Capacidad Hidráulica

De acuerdo con la visita de campo realizada durante los meses de noviembre y diciembre de 1995, y a la consulta del informe "Análisis y Solución de Algunas Rondas y Cauces de Bogotá", numeral 5.3.2, Capacidad de las Estructuras (Estudios y Asesorías, 1990), se pudo concluir que la mayoría de las estructuras hidráulicas tienen la capacidad para conducir las avenidas de 25 años de periodo de recurrencia, pero en la mayoría de los casos, estas obras han perdido su capacidad por causa de la acumulación de escombros y basuras que elevan considerablemente el fondo de las estructuras de tal manera que con una buena limpieza, pueden recuperar su operatividad.

No obstante, debido a la avalancha de mayo de 1994, evento de características hidrológicas especiales. La Sociedad Colombiana de Ingeniería (S.C.I) en su concepto técnico, concluyó que el puente de la Vía a Villavicencio debe ser diseñado con especial énfasis en las características hidrológicas e hidráulicas de la Quebrada. Por otra parte, recomendó hacer un estudio hidráulico detallado para todas las estructuras que se localizan aguas abajo de la Vía Villavicencio. El grupo técnico considera de gran importancia este tópico, ya que las estructuras de intersección no están diseñadas para conducir avenidas hidrológicas con periodos de retorno mayores a 25 años.

En cuanto a las estructuras de entrega de aguas servidas en voladizo se observó que la velocidad de entrega es alta y/o que la longitud de voladizo es pequeña ocasionando socavación en la base del talud, generando fenómenos de inestabilidad en las márgenes de las quebradas.

5.0 EVALUACION Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

5.1. Metodología

En el establecimiento de la zonificación por susceptibilidad se considero primero unidades

litológicas diferenciadas. Estas unidades recibirán una calificación de amenaza dependiendo de los fenómenos de inestabilidad que tengan asociados. De esta manera se reunirán bajo una misma denominación a las unidades de igual susceptibilidad:

Para efectos de este trabajo se adoptó la metodología desarrollada por Brabb et al en California, e implementada localmente por Hernández y Hernández (1988).

El método, de forma resumida consiste en:

- El área de estudio se divide en unidades o subunidades geológicas. A cada unidad se le determina el área.
- Se superpone al mapa de unidades geológicas, el mapa de inventario de deslizamientos, y se determina el porcentaje de área fallada en cada una de las unidades. Se procede a ordenar las unidades geológicas según la magnitud del área fallada.
- Se relacionan "clases de susceptibilidad" según intervalos convenientes del porcentaje del área fallada. De esta manera se califican las unidades geológicas mediante números romanos como números de clase.
Los números romanos representan la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa. Cuanto mayor sea el número romano mayor será el grado de susceptibilidad.
- Se superpone posteriormente el mapa de pendientes para analizar los intervalos de pendientes en los que se presenta la máxima frecuencia de deslizamientos para cada unidad. Los intervalos de pendientes que posean la máxima frecuencia se rotulan con el mayor número romano. A los intervalos de pendientes que posean una cantidad de deslizamientos menor se les rebaja el rango de susceptibilidad y se les rotula con números de menos clase que la unidad a la que pertenecen.

El modelo puede ir ajustándose al diferenciar entre inestabilidad profunda y superficial, de acuerdo con la condición estructural de las laderas rocosas, con las propiedades de los suelos, etc. De cualquier forma continuando un procedimiento similar al descrito, con nuevos factores (densidad de drenaje, vegetación, etc.), se puede obtener un método más completo de zonificación.

5.2 Procesos denudativos:

5.2.1 Estabilidad natural

El área de la cuenca de la quebrada puede considerarse estable. En el curso "alto" de la quebrada, ubicada aguas arriba del estrechamiento del cerro de Juan Rey - Las Guacamayas hasta su nacimiento, el grado de estabilidad de la cuenca depende de la presencia del cuerpo coluvial, que descansa sobre las arcillolitas de la formación Bogotá, los cuales buzcan hacia el sudoeste con ángulo de buzamiento pronunciado. El principal proceso de inestabilidad es la reptación del depósito fluvio-glaciar manifestado por agrietamiento del terreno; y desprendimientos del cuerpo sedimentario (González, 1994). De acuerdo con González (1994), como causas de la reptación pueden referirse la alta inclinación del sustrato de arcillolitas (Tpb) que facilita el deslizamiento, y el comportamiento impermeable del material.

La erosión lateral de las márgenes por socavación es pronunciado y está facilitado por el confinamiento del cauce debido a la presión del proceso urbanizador y los deslizamientos en sus márgenes hacia el mismo. El aporte de materiales de construcción y basuras es alto aumentando el confinamiento del cauce. El problema es más agudo donde las zonas de invasión están próximas al lecho.

El sector del "curso bajo", que discurre desde el estrechamiento de los cerros Juan Rey - Las Guacamayas hasta la desembocadura muestra condiciones de estabilidad buenas, gracias al contexto geomorfológico plano del valle aluvial y de terrazas del sector. Las zonas inestables se enmarcan en las orillas del drenaje y son el resultado de la erosión lateral de las riberas que genera pequeños desprendimientos de material en las laderas. Localmente, sin embargo, se han construido muros en gaviones y en cantiliver para reducir el poder de socavación.

5.2.2 Inducidos

El paisaje en la ronda de la Quebrada de origen predominantemente antropogénico, debido a la presencia de depósitos de cubierta "inconsolidados", de alta erodabilidad hídrica, condiciones morfométricas pronunciadas; presenta una alta dinámica evolutiva reflejada en el desarrollo de fenómenos de remoción en masa de carácter inducido y aumento de erosión por socavación e incisión.

Los tipos más frecuentes de deslizamientos son los traslacionales, rotacionales y flujos de tierra, enmarcados principalmente en rellenos heterogéneos (botaderos de tierra) en la mayoría de los casos producto de la pérdida de pata por acción de la corriente de la quebrada (socavación). La participación del hombre como causa contribuyente y/o detonante se refleja en el confinamiento del cauce de la quebrada, la saturación de los materiales producto de roturas o desconexiones en las redes de aguas sanitarias, o bien por el aporte directo de estas últimas a las riberas.

La precipitación posee un doble papel, primero produciendo el caudal de aporte de la quebrada dando lugar a crecidas y por ende aumentando el poder de socavación del drenaje; y segundo disgregando y erosionando directamente el material que constituye las márgenes, esta acción se ve favorecida en el caso de los rellenos por la falta de cobertura vegetal y las altas pendientes (>30°) de los taludes.

Al observar la **Tabla 1**, se concluye que los problemas de inestabilidad se concentran en las zonas donde el proceso urbanizador ha llegado hasta confinar el cauce de la quebrada; las pendientes normalmente superan los 30°, el sustrato dominante son las rocas arcillosas de la formación Bogotá, y los depósitos de cubierta corresponden a rellenos heterogéneos incoherentes, poco o nada "consolidados" recientes; y la vegetación es de matorral con poca presencia.

Los deslizamientos inducidos en las márgenes de la quebrada son de poca magnitud, localizados y de carácter principalmente superficial. No obstante, el nivel de vulnerabilidad, es alto producto del pronunciado desarrollo urbanístico en las rondas de la quebrada.

5.2.3. Puntos Críticos

Los puntos críticos identificados en la franja estudiada, se resumen a continuación:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C

Sector 1: Localizado en el barrio Quindío a la altura de las abscisas K3+560/800. Hay socavación de la quebrada y erosión en surcos de intensidad alta, poniendo en peligro la casas ubicadas en la margen izquierda (aguas abajo).

Sector 2: Localizado a 40 m. aguas abajo de la carretera a Oriente. Deslizamiento traslacional que afecta material de relleno ubicado en la margen derecha y socavación lateral en la misma margen de intensidad moderada. Afecta la ladera y puede ocasionar un posible represamiento de la quebrada.

Sector 3: Localizado en el Km. 3 a 40 m. de la desembocadura de la Qda. Ramal 1. Es un deslizamiento traslacional que afecta material de relleno, ubicado en la margen derecha y socavación alta de material en la pata del deslizamiento. Puede ocasionar represamiento de la quebrada.

Sector 4: Ubicado 20 m. antes de la Cra. 11B Este. Hundimientos y pequeño deslizamiento que afectan los depósitos de pendiente y el material aluvial, además se presenta socavación lateral en ambas márgenes. Pone en peligro la estabilidad de la ladera de la margen derecha, la cual está poblada en la parte superior. El gavión ubicado en la margen izquierda presenta evidencias de deterioro producido por la socavación que es de intensidad alta.

Sector 5: Ubicado en el barrio Los Pinos. Existen problemas por socavación lateral de intensidad de moderada a alta y evidencias de flujo y deslizamientos antiguos sobre material de relleno en la margen izquierda y depósitos de ladera en la margen derecha, donde existen por lo menos 3 viviendas que pueden ser afectadas por tales causas. 30 m. antes de la Cra. 10 Este, sobre la margen izquierda de la Qda. Ramal 2 se localizan varias viviendas en la parte superior de un talud casi vertical, el cual puede presentar problemas de inestabilidad por socavación lateral.

Sector 6: Entre las carreras 9 Este y 10 Este se presentan deslizamientos traslacionales y erosión en surcos de intensidad alta, sobre el material de relleno localizado en la margen izquierda ocasionando la inestabilidad de la ladera, también se presenta socavación lateral.

Sector 7: Paradero Nueva Gloria. Deslizamiento traslacional sobre material de relleno localizado en la margen izquierda y socavación lateral de intensidad moderada. Actualmente la ladera es inestable poniendo en peligro el paradero Nueva Gloria y en caso de un movimiento mayor podría causar el represamiento de la quebrada. En el cruce de la Quebrada con la Cra. 6a., la socavación lateral ya hizo fallar un puente y está afectando el puente actual.

Sector 8: En la transversal 5 con calle 46A, la socavación lateral de intensidad alta hizo fallar un muro en concreto, provocando un deslizamiento de tipo rotacional sobre depósitos de pendiente, el cual dañó parte de la calle y 2 casas que necesitan ser reubicadas, además varias casas están en peligro de sufrir los mismos daños si no se toman las medidas correctivas necesarias.

Sector 9: En la abscisa K1+840 la socavación lateral ha contribuido a ocasionar un deslizamiento de tipo traslacional sobre depósitos de pendiente ubicados en la margen derecha de la quebrada, además de provocar la inestabilidad de la ladera, pone en peligro las viviendas que se encuentran en su parte superior.

Sector 10: En la urbanización Villa del Gerro y sobre la margen izquierda hay una serie de deslizamientos de tipo rotacional sobre material de relleno y depósitos aluviales ocasionados por vertimientos de aguas sanitarias y socavación lateral de intensidad alta, los cuales ponen en serio

peligro las viviendas ya que el más grande tiene su corona a sólo 5 m. de éstas. Cabe anotar que algunas de las obras marginales han colapsado por efecto de la socavación y se recomienda la reparación de éstas.

Sector 11 y 12: En el tramo localizado entre las carreras 3 Bis Este y 1 D Este se presenta socavación lateral intensa, la cual pone en serio peligro a aproximadamente 9 casas que se encuentran ubicadas muy cerca a la orilla sobre la margen izquierda. Además se presentan colapsos de cajas de desagüe y redes hidráulicas de aguas negras, las cuales tendrán que repararse o reconstruirse. El puente vehicular sobre la carrera 1 Este sector Los Pinos, fue destruido parcialmente al igual que la escuela y varias casas han sido inundadas por crecientes de la quebrada en épocas de altas lluvias. En la confluencia de la Quebrada Mercedes con la Q. Chiguaza, abscisa K0+800, las casas localizadas en la margen derecha han sido inundadas varias veces y algunas de ellas han sido destruidas parcialmente, al igual que las casas localizadas en el barrio Diana Turbay, margen izquierda de la quebrada.

Sector 13: Barrio Diana Turbay, se presentan varios hundimientos principalmente en la margen derecha de la quebrada los cuales pueden afectar la banca de la vía en la margen derecha y han causado daños en algunas viviendas sobre la margen izquierda la socavación lateral se presenta en ambas riberas con intensidad alta.

Los puntos enunciados anteriormente están localizados en el Mapa de Procesos Morfodinámico (**Plano 3**) y una descripción resumida aparece en la **Tabla 1**.

5.3 Zonas homogéneas

Con todos los elementos descritos en los numerales anteriores se procedió a zonificar en sectores con características geotécnicas similares. Los parámetros utilizados para la evaluación fueron: tipo de material, relieve y drenaje.

El tipo de material se concentró a la descripción y caracterización de las diferentes unidades litológicas en superficie. Se definió la unidad de roca dominante (arenisca - arcillolita), la formación a la que pertenece y el grado de fracturamiento; y el tipo de depósito de cubierta. Para este último se estudió el origen, tipo de matriz y compresibilidad.

El valle de la quebrada, en el curso superior, se encuentra entallado en bancos de arenisca cuarzosa (Kg - grupo Guadalupe); y con rocas casi exclusivamente arcillosas, que se intercalan entre la formación Guaduas (KTg) y la formación Bogotá (Tpb), esta secuencia sólo se ve interrumpida por las areniscas de la formación Cacho (Tc).

Los materiales de cubierta van desde depósitos fluvio-glaciares (Qdp), hasta materiales de origen antropogénico (botaderos, Qb, y rellenos heterogéneos, Qre). El espesor de estos últimos alcanza, espacialmente, hasta 10 m., y su caracterización no es de fácil interpretación.

La evaluación del relieve parte de las condiciones morfométricas y de los procesos morfodinámicos actuantes. La cualificación del relieve se hizo en función de la pendiente promedio y las características de las laderas que descienden a la Quebrada Chiguaza.

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

El parámetro drenaje es tal vez, junto con el antrópico, el factor principal en la generación de procesos de inestabilidad y en la evolución de las condiciones morfodinámicas. El modelo de disección se evaluó con base en la pendiente media del cauce.

La cobertura vegetal no se incluyó en la definición de zonas homogéneas ya que particularmente el sistema vegetativo natural ha desaparecido y en su lugar sólo se observan pastos como cobertura y localmente los taludes se observan desnudos.

Teniendo en cuenta los parámetros anteriormente mencionados, se distinguieron cinco zonas homogéneas a lo largo de la franja estudiada:

- La Primera se extiende desde el K3+560 hasta el K3+800 (Barrio Quindío) en un relieve de montaña con laderas de forma convexa y de pendientes bajas; la unidad litológica corresponde al miembro inferior de la Formación Bogotá, el material superficial presente son depósitos de ladera en ambas márgenes; el recorrido del cauce es cuasi-rectilíneo sobre medianos depósitos aluviales con pendiente promedio del 22%. Los procesos erosivos más comunes son la socavación en el depósito aluvial y los surcos, los cuales se presentan con una intensidad media. En cuanto a los fenómenos de remoción en masa (F.R.M.) encontramos flujos de detritos y vestigios de avalanchas principalmente en la margen derecha con una intensidad media a alta.
- La Segunda Zona se extiende desde el K2+930 hasta el K3+560 (Ramales 1 y 2) en laderas con forma convexa y de pendientes bajas a altas; la unidad litológica corresponde al miembro superior de la Formación Bogotá, el material superficial se compone de depósitos de ladera en la margen izquierda y de rellenos heterogéneos en la margen derecha; el recorrido del cauce es meándrico sobre escaso depósito aluvial con pendiente promedio del 15%; los procesos erosivos, que más se destacan son la socavación y los surcos con una intensidad media, los F.R.M. presentes son los deslizamientos traslacionales y hundimientos ubicados principalmente en la margen derecha con una intensidad media.
- La Tercera Zona Homogénea se ubicó entre el K1+520 y el K2+930 (Nueva Gloria, Los Pinos, Villas del Cerro), el relieve es de característica convexa en la parte alta y cóncava en la parte baja, con pendientes medias y altas. La unidad litológica corresponde al miembro superior de la Formación Bogotá, el material superficial presente son depósitos de ladera en la margen derecha y rellenos en la margen izquierda. El recorrido del cauce es aproximadamente rectilíneo sobre depósitos aluviales con pendiente promedio del 10 al 15%; los procesos más importantes son la socavación y en menor grado los surcos con intensidad moderada, los F.R.M. presentes son principalmente los deslizamientos traslacionales ubicados, por lo general, en la margen izquierda con una intensidad media a baja, y, los deslizamientos rotacionales en la margen derecha con una intensidad baja.
- La Cuarta Zona corresponde al tramo desde el K0+650 al K1+250 (San Martín de Loba, La Península), de relieve convexo en la parte alta y plano en la parte baja, con pendientes bajas y medias; la unidad litológica corresponde al miembro superior de la Formación Bogotá, el material superficial presente consta de depósitos de ladera en ambas márgenes, botaderos en la margen izquierda y arcillolitas en la margen derecha; el recorrido del cauce es meándrico sobre depósitos aluviales con pendiente promedio del 6 al 8%; no se detectaron F.R.M., sin embargo, se identificó la socavación como proceso erosivo principal con una intensidad moderada a alta.

- Por último, la Quinta Zona Homogénea se extiende desde el K0+000 al K0+650 (Los Molinos), con características morfológicas planas y rectilíneas, y morfometría baja; las unidades litológicas corresponden al miembro superior de la Formación Bogotá y a la Formación Regadera. El material superficial presente consta de terrazas bajas en la margen izquierda y de areniscas en la margen derecha. El recorrido del cauce es meándrico sobre depósitos aluviales con pendiente promedio del 6%; el proceso erosivo, que más se destaca es la socavación con una intensidad media, en cuanto a los F.R.M. hay hundimientos sobre ambas márgenes con una intensidad baja a moderada.

Las características de las zonas se pueden apreciar con detalle en la **Tabla 6**, y en el **Plano 4**

5.4 Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa

De acuerdo con la metodología descrita en el numeral 5.1, se definieron (6) seis categorías de susceptibilidad así:

- i) CATEGORIA I: Susceptibilidad Muy Baja. Califican en ella los depósitos de ladera, las terrazas y la Formación Regadera, de morfología con pendientes bajas a medias. Se observan procesos de socavación leves y en general no se presenta evidencia de inestabilidad. Involucra gran parte del corredor (K0+000 a K2+000), excepto la ronda, entre los barrios Villa del Cerro, Canadá, Los Pinos, La Península y Molinos Segundo Sector.
- ii) CATEGORIA II: Susceptibilidad Baja. Corresponde a los rellenos heterogéneos y depósitos de ladera, pendiente media. No se aprecian procesos denudativos de importancia tan sólo fenómenos erosivos por socavación en surcos de intensidad moderada. Se encuentra diseminada en pequeñas áreas en las márgenes, pero fuera de la ronda de la quebrada, a la altura de los barrios Canadá, San Miguel, y Nueva Gloria.
- iii) CATEGORIA III: Susceptibilidad Media. Esta compuesta principalmente por el miembro inferior de la Formación Bogotá, en menor grado los rellenos y los depósitos de ladera con pendientes medias a altas. Se identifican desprendimientos de la cobertura vegetal, erosión en surcos, socavación y algunos movimientos rotacionales pequeños. Esta categoría cubre pequeñas áreas en la margen derecha en los barrios Quindío y Los Pinos.
- iv) CATEGORIA IV: Susceptibilidad Moderada a Alta. La integran los depósitos aluviales por el efecto de la socavación y los rellenos heterogéneos con pendiente media, en donde se identifican surcos, escarpes y evidencias de deslizamientos rotacionales y traslacionales, además, se identifican flujos de detritos, de frecuencia moderada. En esta categoría, se encuentra una franja de 40 m en las dos márgenes, que incluye la ronda, en predios de la Urbanización Villa del Cerro, Nueva Gloria y San Martín de Loba.
- v) CATEGORIA V: Susceptibilidad Alta. Enmarca los rellenos heterogéneos con pendientes altas a medias. Se identifican escarpes y deslizamientos nuevos o reactivados como también flujos y erosión por socavación. El cauce y ronda de la quebrada entre el K0+000 y el K1+500, barrios Molinos Segundo Sector, Los Pinos y La Península; y localmente las márgenes en las abscisas K2+300 a K2+600 y K2+900 a K3+300, barrios Nueva Gloria y Los Pinos.
- vi) CATEGORIA VI: Susceptibilidad muy alta. Califican los depósitos aluviales afectados por socavación intensa produciendo colapso de obras civiles, y los depósitos tipo relleno con altas

pendientes donde se identifican movimientos recientes, activos, de tipo traslacional con escarpes y superficies de rotura bien definidos. Incluye las dos márgenes entre el K2+600 al K3+200 en los barrios Nueva Gloria y Los Pinos.

En el **Plano 5** y la **Tabla 7** se presenta la zonificación por susceptibilidad en forma gráfica y tabulada respectivamente, donde se definen espacialmente cada una de las categorías descritas anteriormente.

6.0 MEDIDAS CORRECTIVAS

En este capítulo se plantea una serie de obras y medidas de mitigación que buscan mejorar la condición ambiental y de estabilidad a lo largo del cauce y la ronda de la quebrada.

Se proponen medidas y/o obras a nivel general y puntual, de carácter institucional buscan mejorar y cambiar la actitud de los habitantes frente a su entorno físico; y de ejecución de obras de ingeniería tendientes a mejorar las condiciones de estabilidad de las riberas y del propio flujo de la quebrada.

Las recomendaciones planteadas más adelante contemplan las hechas en los estudios anteriores consultados como son: Estudios y Asesorías, Informe Sociedad Colombiana de Ingeniería, Hidroestudios, Incomplan. Dichas recomendaciones y propuestas de obras no han sido materializadas y en la actualidad siguen siendo válidas, con el atenuante que los fenómenos de inestabilidad son cada vez más intensos.

6.1 Recomendaciones Generales

Implementar por parte de las autoridades competentes un plan de Reordenamiento Urbano en la cuenca de la quebrada Chiguaza, con énfasis en la ronda de la misma, especialmente, en la parte alta de la misma sobre los cerros orientales, complementados con programas de saneamiento básico que puedan ser implementados por el DAMA.

La recuperación total de la ronda de la quebrada y sus afluentes, definida por ley con un ancho máximo de hasta 30 m a lado y lado de la línea externa del cauce es la principal medida Ambiental a ejecutar. La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá está facultada para delimitar dichas rondas y posee los estudios que le permiten hacerlo. Cualquier plan de recuperación, como mínimo deberá contemplar los siguientes aspectos:

- Reubicación de las viviendas establecidas en la ronda, y demolición de aquellas que obstruyan el flujo. La reubicación preferiblemente se realizará mediante un programa de participación institucional y comunitaria.
- Limpieza, recuperación y encauzamiento del cauce de la quebrada donde sea necesario. Cercamiento de las zonas de fácil acceso para botar basura en forma clandestina.
- Prohibir a constructores particulares realizar cualquier obra de rectificación del cauce rellenos o construcciones de cualquier índole en la zona de ronda.
- Prohibir el uso del cauce como botadero de basuras y materiales de descapote o residuos de construcción. Mejorar las medidas policivas con respecto a la vigilancia de los cauces.

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C

- Prohibir toda construcción por encima de la cota de servicios que en general es la 2835 m.s.n.m.. En la parte alta de la cuenca de la quebrada Chiguaza, se debe prohibir el desarrollo urbanístico por encima de la cota 3000 m.s.n.m., ya que éste ha superado la cota de servicio.
- Implementación de un plan de reforestación sobre las riberas y a lo largo del cauce de los diferentes cursos de agua, con especies arbustivas y arbóreas nativas o que se adapten a las nuevas condiciones del área, con el fin que cumplan con la protección del suelo contra la erosión.
- Implementar programas de educación ambiental que destaquen la importancia, manejo y conservación de los recursos naturales, especialmente el hídrico, enmarcados en un desarrollo comunitario sostenible.
- Manejo de aguas sanitarias y construcción de colectores para eliminar vertimientos al cauce. Igualmente, en los sectores donde actualmente se hacen las entregas de aguas residuales al cauce, se deberán construir estructuras hidráulicas de caída con disipadores de energía para la protección del fondo del cauce y laderas adyacentes contra la erosión. En la **Tabla 8** se enumeran los sitios críticos sobre los cuales se deben adelantar este tipo de obra.

A lo largo del cauce de la quebrada, sobre la red vial perpendicular al eje del cauce, se deberá implementar un sistema de alcantarillado pluvial, para el control y manejo de todas las aguas lluvias y de escorrentía superficial que drenan hacia el cauce, dicho alcantarillado deberá contemplar las estructuras de entrega directa al cauce. Esta labor deberá ser liderada por la EAAB.

6.2 Recomendaciones Específicas

6.2.1. Erosión del Cauce.

Este fenómeno se presenta en forma generalizada a lo largo del cauce de la quebrada, por lo tanto se recomienda la construcción de obras marginales de protección como enrocados, bolsacreto, entre otros, en los sitios de mayor intensidad. En la **Tabla 9** se especifican los sitios donde se debe realizar la protección.

Se recomienda la construcción de muros de enrocado cuyo espesor de recubrimiento debe ser el suficiente para acomodar los cantos más grandes en mínimo dos capas. Debajo del enrocado debe colocarse un filtro de geotextil o de grava. No deben emplearse rocas laminadas, fracturadas o meteorizadas. En la **Figura 8** se indican detalles para su disposición.

Se recomienda para la entrega de este tipo de alcantarillas en voladizo, utilizar tubos de ARMCO ya que tienen mayor rugosidad en el interior, lo cual resulta ventajoso para reducir las velocidades de salida o aumentar el diámetro donde sea posible, y la construcción de disipadores de energía de tipo impacto (como enrocado) en el lecho y márgenes para la protección contra la socavación y la acción de los remolinos. En la **Figura 9**, se indican detalles para su disposición.

6.2.2. Encauzamiento de la Quebrada

Este aparte se enfoca hacia el mejoramiento de la capacidad hidráulica del cauce, la cual se ve disminuida principalmente por la invasión del cauce por basuras y/o materiales de desechos de construcción, o estériles como en el caso de la Cantera el Zuque.

En forma general y con carácter permanente se debe implementar un programa de mantenimiento que contemple la limpieza de basuras, desechos de construcción y estériles del fondo del cauce y de las estructuras hidráulicas que se encuentran a lo largo del cauce. Complementariamente en las zonas donde se detecten derrumbes inminentes en las orillas al paso de aguas de avenidas futuras, se construirán muros laterales en gaviones, en mampostería de piedra pegada, diques en concreto, etc..

Se requiere de una revisión de cada una de las estructuras hidráulicas, alcantarillas y puentes, que se han construido a lo largo del cauce, con el fin de determinar su funcionalidad con respecto a su capacidad hidráulica y de seguridad al ser usadas como pasos peatonales o puentes vehiculares. En la **Tabla 10** se muestra los sitios por donde se debe iniciar esta labor por parte de la EAAB.

6.2.3. Protección Contra Inundación

Aunque este tema no es objeto del presente estudio, con base en el análisis hidráulico aproximado, expuesto en el numeral 4.4.1, capítulo 4 y en la consulta de estudios anteriores, se pudo establecer que las áreas más propensas a este fenómeno corresponden al barrio Quindio, aguas abajo del área de confluencia de las quebradas Chiguaza y Las Mercedes, y en la zona de irrigación a la altura del Barrio Diana Turbay (Caso 13, numeral 6.3), la **Tabla 11** presenta dichos sectores. Las medidas correctivas para estos sitios se describen en el numeral 6.3 "Sitios Críticos de Estabilidad", pero en general, consisten en el realce de las márgenes con muros en gaviones

6.2.4. Remoción de Desechos de Talud

En los sectores del cauce donde se detecten materiales sueltos, como es el caso de la margen derecha a la altura del parqueadero Nueva Gloria, basuras, desechos de construcción y estériles, acumulados en las riberas del cauce, y que presenten una alta susceptibilidad a fallar o a fluir bajo condición de saturación de la masa, deberán ser retirados parcial o totalmente. Esta operación puede realizarse con una pala o balde de arrastre o bulldozer, una retro y volquetas.

6.3 Sitios Críticos de Estabilidad

En este numeral se presentan las recomendaciones a nivel específico sin llegar al detalle de diseño que se deben adelantar para el manejo y control de cada uno de los fenómenos de remoción en masa descritos anteriormente.

- Cantera El Zuque

Por la complejidad del problema, y teniendo en cuenta que la cantera pertenece a la Secretaría de Obras Públicas del Distrito, La Secretaría bajo supervisión del DAMA, deberá adelantar un estudio de recuperación ambiental del área directa e indirectamente afectada por la explotación

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C

del recurso natural, el cual deberá hacer énfasis en el manejo del medio físico, contemplando aspectos como: estabilidad de los taludes tanto en los frentes de explotación como en las áreas de disposición de estériles, un plan de manejo minero, y de reforestación y ordenamiento de la red de drenaje intervenida, entre otros.

Cabe resaltar que el solo cierre de la cantera no impide que se vuelvan a presentar fenómenos de remoción en masa locales o del tipo de avalanchas de carácter destructivo.

- Sector 1: Localizado en el barrio Quindio (K3+560/800).

En este sector se recomienda como medida prioritaria la reubicación de la primera línea de viviendas localizadas sobre la margen izquierda del cauce. Recuperación de la ronda según el estudio de reordenamiento urbanístico, y realizar la protección del cauce con obras marginales tipo enrocados o similares.

- Sector 2: Localizado a 40 m. aguas abajo de la carretera a Oriente (K3+270).

Teniendo en cuenta que la masa está en movimiento, con probabilidad de represar el cauce, se definen como medidas correctivas la reconfiguración del talud mediante el retiro de la masa deslizada y el perfilado del talud con ángulos inferiores a los 45 grados, implementación de obras de drenaje para el control de aguas de escorrentía con cunetas y zanjas de coronación, revegetalización del talud y si es necesario obras para el control de la socavación.

- Sector 3: Localizado a 40 m. de la desembocadura del Ramal 1. (K3+040).

Este sector presenta las mismas características del sitio 2, por lo tanto las medidas correctivas propuestas para el sitio 2 son válidas.

- Sector 4: Ubicado 20 m. antes de la Cra. 11B Este. (K2+820).

Los problemas de estabilidad que se identificaron en este sector son de pequeña magnitud, por lo tanto las medidas correctivas se deben dirigir a la reconfiguración del talud con pendientes menores a los 45 grados y revegetalización de las superficies terminadas, mantenimiento de las obras existentes sobre la margen izquierda. Protección de la margen derecha con muro de control en gaviones de 4 m. de altura y cimentado 1.0 m. bajo el nivel de base actual de la Quebrada entre las abscisas K2+820 a K2+860, y complementados con las obras de drenaje y revegetalización del área.

- Sector 5: Ubicado en el barrio Los Pinos. (K2+700 a K2+800).

Como medida inmediata se debe realizar la reubicación de las viviendas que están construidas directamente sobre la ronda del cauce. Se deben adelantar obras de protección de las márgenes según la intensidad del proceso de socavación en el momento del diseño y construcción de las mismas, especialmente sobre la margen derecha se debe reconfigurar el talud con pendientes menores a 45 grados, construcción de estructuras de protección contra la erosión como sistemas de captación de aguas lluvias (cuencas, zanjas de coronación), empradización del talud y revegetalización de los taludes.

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

- Sector 6: Entre las carreras 9 Este y 10 Este. (K2+420 a K2+570).

Debido a la complejidad y magnitud de los fenómenos de remoción en masa detectados en este sector se hace necesario adelantar un estudio geotécnico detallado, el cual definirá las medidas correctivas y obras necesarias para la estabilización y mejoramiento paisajístico del área.

- Sector 7: Paradero Nueva Gloria.

En este sector se deben adelantar medidas correctivas a varios niveles. En primera instancia se recomienda la reubicación del paradero de buses, que representa la mayor causa del deterioro ambiental y de estabilidad del sector. Como medida a corto plazo la descarga de los taludes de la margen izquierda, e impedir el uso del sector para la disposición de basuras y materiales de desechos de construcción.

- Sector 8: En la transversal 5 con calle 46A. (K1+900 a K2+000).

La morfología del cauce y la intensidad de la socavación lateral, incidieron hasta producir la falla del muro de contención en concreto por pérdidas de soporte en la base, por lo tanto la solución a los problemas de estabilidad del sector es la construcción de un muro de contención sobre la margen derecha del cauce que a su vez sirva de obra de protección marginal contra la socavación. El diseño y construcción del muro deberá estar basado en un estudio geotécnico detallado del área. Como medida inmediata se deben reubicar las viviendas en riesgo que están construidas sobre la ronda del cauce.

- Sector 9: En la abscisa K1+840.

Las características del fenómeno son similares a las del sitio 8, pero con menor intensidad. Sin embargo, la solución para el control del deslizamiento puede contemplar alternativas diferentes al muro de contención planteada en el sitio 8.

- Sector 10: Urbanización Villa del Cerro

Este sector se caracteriza por la presencia sobre la margen izquierda de deslizamientos de tipo rotacional en material de relleno y depósitos aluviales ocasionados por socavación lateral y saturación de la masa por vertimientos sanitarios no controlados de intensidad alta. La magnitud de los deslizamientos, en cuanto área y profundidad afectada, no es de fácil determinación, por lo tanto las soluciones a los procesos de inestabilidad deben estar justificadas con base en un estudio geotécnico detallado.

- Sectores 11 y 12: Entre las carreras 3 Bis Este y 1D Este. (K1+300 a K1+500).

En este sector se presenta socavación lateral intensa en ambas márgenes, principalmente en la izquierda, en donde se encuentran en serio peligro aproximadamente 9 casas ubicadas muy cerca a la orilla, por ello tendrán que construirse protecciones en los márgenes con gaviones. El problema se ve acentuado por la entrega directa de las aguas servidas en la quebrada, ya que actualmente las cajas de desagüe y redes hidráulicas de aguas negras colapsaron. Estas últimas tendrán que repararse y, si es el caso, construir estructuras de disipación.

- Sector 13: Barrio Diana Turbay.

Se presentan varios hundimientos principalmente en la margen izquierda de la quebrada los cuales pueden afectar la banca de la vía, además el sector es susceptible a inundaciones en periodos de crecientes y se presenta socavación lateral en ambas márgenes; debido a lo anterior y para proteger la banca de la vía, se recomienda realzar la margen izquierda con gaviones. Sobre la margen derecha se presenta un pequeño deslizamiento del material superficial por lo cual, se deberá retirar el material movido simplemente debido a la proximidad de la roca.

7.0 CONCLUSIONES Y LIMITACIONES

El proyecto no pretendió, evaluar la condición geotécnica e hidráulica de la subcuenca de la Quebrada Chiguaza, se concentro exclusivamente en el corredor del cauce de la Quebrada y su ronda, aunque su estudio requirió tener en cuenta el área total de la misma. Por esta razón, tanto el informe, como la ayuda cartográfica se limito directamente a una franja de 80 m de ancho, donde el lecho constituye el eje. Además, los detalles de análisis geotécnico e hidráulico y el levantamiento topográfico sólo involucraron la zona baja de la cuenca alta de la Chiguaza, entre el Barrio Quindio y, los cerros de Juan Rey y Guacamayas, sobre una longitud de 3800m.

Contrario a la idea generalizada, el comportamiento geotécnico natural de la Quebrada es bueno. La alta frecuencia espacial y temporal, de problemas de inestabilidad es el resultado de la intervención antrópica sobre el entorno físico del cauce y márgenes del drenaje. El componente antropogénico se ve reflejado desde la cabecera, con el manejo antitécnico de la cantera El Zuque, hasta las zonas morfológicas y geotécnicamente más estables, en la desembocadura, influenciadas por desarrollos urbanísticos, sin modelos planificados y con adecuada cobertura de servicios.

Las recomendaciones y soluciones propuestas están dirigidas a equilibrar el daño producido al entorno ambiental por el hombre; así: retiro de materiales (botaderos, basuras), estabilización de depósitos antropogénicos recientes; mejoramiento de la capacidad hidráulica de la Quebrada y las estructuras de cruce; control de procesos de erosión y manejo de residuos líquidos.

El caudal de transporte actual de la Quebrada, está lejos de corresponder al aporte directo de la cuenca. El comportamiento del drenaje es el de un colector abierto con aportes sanitarios directos de las urbanizaciones circunscritas al cauce. El daño ambiental a la cuenca y cauce es irreversible, razón por la cual tal vez, la mejor solución es la canalización de la Quebrada. No obstante, los vertimientos líquidos deberían manejarse con colectores a tubo cerrado independientes del drenaje.

Debido a la alta dinámica evolutiva de la zona, se debe hacer un control permanente de las medidas correctivas, ya que su vida útil y validez es incierta.

El desarrollo urbanístico, debe corresponder a modelos planificados y estructurados, donde los métodos de zonificación geotécnica (específicamente susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa) y de aptitud del suelo juegan papel preponderante en la determinación de zonas de vivienda, geotécnicamente estables.

000030

TABLAS

El plano de susceptibilidad presentado en este trabajo, permite priorizar la implementación de las medidas de control a lo largo del cauce y márgenes de la Quebrada. Las áreas de mayor susceptibilidad (categoría VI), deben ser las primeras en ser tratadas.

El diseño de las obra de prevención y control en los sectores críticos está sujeto a la ejecución de estudios geotécnicos detallados que incluyan: a) la caracterización de la morfometría y propiedades geomecánicas de los materiales de cubierta; b) modelos estratigráficos de las zonas de deslizamientos; y evaluación de estabilidad con base en parámetros obtenidos de análisis de sensibilidad tanto para condición seca, como saturada.

A lo largo de las márgenes de la Quebrada, es común encontrar eventos inestables inducidos de menor orden, como deslizamientos rotacionales y traslacionales y flujos de tierra, principalmente en rellenos heterogéneos, de origen antrópico, que afectan de manera local el cauce de la Chiguaza, confinándolo.

La amenaza por inundación está espacialmente concentrada en los barrios Quindio y Molinos segundo sector, y aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Las Mercedes. Este fenómeno tiene fundamento en los grandes caudales de arrastre que son el resultado de aportes sanitarios y de la carga hidráulica en épocas de lluvias, así como en la reducción de la capacidad hidráulica del cauce por la implementación de obras urbanísticas, como es el caso del barrio Quindio.

8.0 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Teniendo en cuenta las características del estudio adelantado, se presentan de manera preliminar los costos aproximados de los estudios y/u obras necesarias para la recuperación morfológica y ambiental del cauce principal del la quebrada Chiguaza.

En cuanto a las recomendaciones generales, que son básicamente de carácter institucional, no resulta fácil realizar un presupuesto de los programas que cada una de las entidades involucradas deba asumir con la problemática ambiental de la quebrada. Estos costos deberán incluirse dentro del proyecto general de recuperación del cauce, y serán presentados por dichas entidades en el momento oportuno.

El presupuesto de las recomendaciones específicas: control de erosión, encauzamiento quebrada y remoción de desechos; se presenta en el anexo de cantidades de obra generales y su presupuesto correspondiente. El cálculo de costos para los sitios definidos como críticos, involucra el presupuesto de los estudios y/u obras de carácter muy preliminar, se aconseja para estos casos, concretar licitaciones que contemplen diseño y construcción de medidas correctivas para cada uno, el anexo presenta dichos costos.

TABLA No. 2
NIVELES ESPERADOS Tr = 10 años - ANALISIS HIDRAULICO

Sección No.	Abscisa (Km)	Zona Homogénea	Caudal (m ³ /s)	S (m/m)	z	H (m)	B (m)	n	Nivel (m)
1	K3+690	1	12,8	0,22	0,5	2.0 - 4.0	2,0	0,04	0,73
								0,05	0,83
								0,06	0,93
							5,0	0,04	0,40
								0,05	0,46
								0,06	0,52
2	K3+530	2	12,8	0,15	1,5	0.7 - 1.5	3,0	0,04	0,59
								0,05	0,66
								0,06	0,73
3	K3+360	2	12,8	0,15	1,0	1.0 - 1.5	3,0	0,04	0,61
								0,05	0,69
								0,06	0,77
4	K3+250	2	12,8	0,15	1,0	2.0 - 3.0	1,0	0,04	1,00
								0,05	1,13
								0,06	1,23
							3,0	0,04	0,61
								0,05	0,69
								0,06	0,77
5	K3+020	2	14,9	0,15	2,5	3,0	3,0	0,04	0,60
								0,05	0,67
								0,06	0,74
6	K2+930	3a	17,0	0,15	1,0	1,5	5,0	0,04	0,54
								0,05	0,61
								0,06	0,68
7	K2+700	3a	18,9	0,15	1,5	2.0 - 4.0	3,0	0,04	0,73
								0,05	0,82
								0,06	0,91
							5,0	0,04	0,56
								0,05	0,63
								0,06	0,70
8	K2+600	3a	20,7	0,15	1,0	2.0 - 2.5	5,0	0,04	0,60
								0,05	0,69
								0,06	0,77
9	K2+460	3a	20,7	0,10	1,5	3.0 - 4.0	3,5	0,04	0,71
								0,05	0,81
								0,06	0,89
10	K2+285	3b	22,6	0,10	1,0	3,5	9,0	0,04	0,50
								0,05	0,58
								0,06	0,64
11	K2+240	3b	23,5	0,10	0,5	3.0 - 4.0	2,0	0,04	0,37
								0,05	1,56
								0,06	1,74
12	K1+960	3b	25,6	0,10	1,5	2.0 - 3.0	5,0	0,04	0,75
								0,05	0,85
								0,06	0,94

TABLA No.2
(continuación)

Sección No.	Abscisa (Km)	Zona Homogénea	Caudal (m ³ /s)	S (m/m)	z	H (m)	B (m)	n	Nivel (m)
13	K1+860	3b	26.8	0.10	1.5	2.5	3.5	0.04	0.92
								0.05	1.03
								0.06	1.15
14	K1+640	3b	28.1	0.10	1.0	1.0	1.5	0.04	1.44
								0.05	1.62
								0.06	1.77
15	K1+500	4a	30.0	0.10	1.0	3.0 - 3.5	5.0	0.04	0.85
								0.05	0.97
								0.06	1.08
16	K1+450	4a	30.0	0.10	1.5	3.0	6.0	0.04	0.74
								0.05	0.85
								0.06	0.94
							7.0	0.04	0.68
								0.05	0.78
								0.06	0.86
17	K1+400	4a	30.9	0.10	0.5	3.0	6.0	0.04	0.80
								0.05	0.92
								0.06	1.03
18	K1+075	4a	33.6	0.08	1.0	4.0	8.0	0.04	0.73
								0.05	0.84
								0.06	0.94
19	K0+845	4b	35.4	0.08	1.0	2.0 - 2.5	6.0	0.04	0.90
								0.05	1.02
								0.06	1.14
20	K0+740	4b	41.6	0.06	2.0	1.5	6.0	0.04	1.01
								0.05	1.14
								0.06	1.26
							7.0	0.04	0.93
								0.05	1.06
								0.06	1.17
21	K0+620	5	54.0	0.06	2.0	1.5 - 3.0	4.5	0.04	1.32
								0.05	1.48
								0.06	1.63
22	K0+380	5	60.5	0.06	1.0	3.0	7.5	0.04	1.18
								0.05	1.35
								0.06	1.50
23	K0+100	5	60.5	0.06	2.0	2.0	6.5	0.04	1.19
								0.05	1.35
								0.06	1.49

TABLA No. 3
NIVELES ESPERADOS Tr = 100 años - ANALISIS HIDRAULICO

Sección No.	Abscisa (Km)	Zona Homogénea	Caudal (m ³ /s)	S (m/m)	z	H (m)	B (m)	n	Nivel (m)
1	K3+690	1	28,8	0,22	0,5	2,0 - 4,0	2,0	0,04	1,19
								0,05	1,36
								0,06	1,51
							5,0	0,04	0,66
								0,05	0,76
								0,06	0,85
2	K3+530	2	28,8	0,15	1,5	0,7 - 1,5	3,0	0,04	0,92
								0,05	1,04
								0,06	1,14
3	K3+360	2	28,8	0,15	1,0	1,0 - 1,5	3,0	0,04	0,97
								0,05	1,11
								0,06	1,22
4	K3+250	2	28,8	0,15	1,0	2,0 - 3,0	1,0	0,04	1,49
								0,05	1,66
								0,06	1,80
							3,0	0,04	0,97
								0,05	1,11
								0,06	1,22
5	K3+020	2	30,8	0,15	2,5	3,0	3,0	0,04	0,87
								0,05	0,98
								0,06	1,07
6	K2+930	3a	32,8	0,15	1,0	1,5	5,0	0,04	0,79
								0,05	0,90
								0,06	1,00
7	K2+700	3a	35,8	0,15	1,5	2,0 - 4,0	3,0	0,04	1,03
								0,05	1,16
								0,06	1,28
							5,0	0,04	0,81
								0,05	0,92
								0,06	1,02
8	K2+600	3a	38,8	0,15	1,0	2,0 - 2,5	5,0	0,04	0,88
								0,05	1,00
								0,06	1,11
9	K2+460	3a	38,8	0,10	1,5	3,0 - 4,0	3,5	0,04	1,00
								0,05	1,14
								0,06	1,25
10	K2+285	3b	41,8	0,10	1,0	3,5	9,0	0,04	0,73
								0,05	0,83
								0,06	0,93
11	K2+240	3b	43,3	0,10	0,5	3,0 - 4,0	2,0	0,04	1,95
								0,05	2,22
								0,06	2,45
12	K1+960	3b	46,8	0,10	1,5	2,0 - 3,0	5,0	0,04	1,05
								0,05	1,19
								0,06	1,32

TABLA No. 3
(continuación)

Sección No	Abscisa (Km)	Zona Homogénea	Caudal (m3/s)	S (m/m)	z	H (m)	B (m)	n	Nivel (m)
13	K1+860	3b	48,8	0,10	1,5	2,5	3,5	0,04	1,27
								0,05	1,43
								0,06	1,57
14	K1+640	3b	50,8	0,10	1,0	1,0	1,5	0,04	1,93
								0,05	2,15
								0,06	2,34
15	K1+500	4a	53,8	0,10	1,0	3,0 - 3,5	5,0	0,04	1,19
								0,05	1,36
								0,06	1,51
16	K1+450	4a	53,8	0,10	1,5	3,0	6,0	0,04	1,04
								0,05	1,18
								0,06	1,31
							7,0	0,04	0,96
								0,05	1,09
0,06	1,21								
17	K1+400	4a	55,8	0,10	0,5	3,0	6,0	0,04	1,16
								0,05	1,33
								0,06	1,49
18	K1+075	4a	60,2	0,08	1,0	4,0	8,0	0,04	1,04
								0,05	1,19
								0,06	1,32
19	K0+845	4b	63,2	0,08	1,0	2,0 - 2,5	6,0	0,04	1,26
								0,05	1,44
								0,06	1,60
20	K0+740	4b	74,2	0,06	2,0	1,5	6,0	0,04	1,38
								0,05	1,56
								0,06	1,72
							7,0	0,04	1,29
								0,05	1,46
0,06	1,61								
21	K0+620	5	96,1	0,06	2,0	1,5 - 3,0	4,5	0,04	1,78
								0,05	1,99
								0,06	2,17
22	K0+380	5	107,0	0,06	1,0	3,0	7,5	0,04	1,65
								0,05	1,88
								0,06	2,09
23	K0+100	5	107,0	0,06	2,0	2,0	6,5	0,04	1,63
								0,05	1,83
								0,06	2,02

TABLA No. 4
ESTACIONES FLUVIOMETRICAS - ANALISIS HIDRAULICO

Estación fluviométrica No.	Abscisa (Km.)	Cota (m.s.n.m.)	Zona homogénea No.	Caudal		Capacidad hidráulica (m ³ /s)
				Tr = 10	Tr = 100	
1	Cantera El Zuque	3200	1	12,6	28,5	254
2	K3 + 080	2586	2	12,8	28,8	258
3	K2 + 940	2564	2 - 3a	17	32,8	242
4	K0 + 820	2348	4b	35,4	63,2	190
5	K0 + 520	2334	5	60,2	107	190
6	K0 + 360	2320	5	60,5	107	225

Los valores de caudales se tomaron del informe "Análisis y solución de algunas rondas de cauces y canales de Bogotá, Anexo III - ESTUDIOS Y ASESORIAS (1990)"

TABLA No. 5
Sitios susceptibles a inundación

Sitio crítico	Abscisa	Fenómeno	Recomendación
Barrio Quindío	K3+690	Inundación e inestabilidad margen izquierda	Reubicación de viviendas y demolición
Barrio Quindío	K3+530	Inundación e inestabilidad margen izquierda	Reubicación de viviendas y demolición
Barrio Quindío	K3+360	Inundación e inestabilidad margen izquierda	Reubicación de viviendas y demolición
Barrio Canadá	K1+450	Inundación e inestabilidad margen izquierda	Reubicación de viviendas y demolición
Barrio Canadá	K1+400	Inundación e inestabilidad márgenes izquierda y derecha	Reubicación de viviendas y demolición
Aguas abajo confl. Qda. Mercedes	K0+740	Inundación e inestabilidad margen derecha	Reubicación de viviendas y demolición
Aguas abajo confl. Qda. Mercedes	K0+620	Inundación e inestabilidad márgenes izquierda y derecha	Reubicación de viviendas y demolición
Barrio Diana Turbay	K0+380	Inundación e inestabilidad márgenes izquierda y derecha	Realzar las márgenes con bolsacretos altura aprox. 2m.

TABLA No. 6
ZONAS HOMOGENEAS DE ESTABILIDAD - QUEBRADA CHIGUAZA - Ver Plano No.

3		5				6				7				8
MATERIALES		DISEÑO Y ADAS BARRERAS				PROCESO SIMULACIONES				OBRAS CORRECTIVAS		OBSERVACIONES		
INDICACION	DESCRIPCION	DISEÑO SUPERFICIAL		DISEÑO SUPLENTO		EROSION		MOVIMIENTO EN MASA		HABILITACION	OBRAS CORRECTIVAS	OBSERVACIONES		
		MARGEN	SECCION	TIPO DE OBRAS	TIPO DE OBRAS	MARGEN	%	MARGEN	%					
ARCILLOSA - Tpm	MODERADO	Obp	Obp	CAUCE	DESMALTE	NO	NO	NO	NO	NO	Rv. Ob. Lc	Obp. Ob.		
CELOLITA - Tpm	MODERADO	Obp	Obp			NO	NO	NO	NO	NO	Ob. Ob. Lc	Obp. Ob.		
ARCILLOSA	MODERADO	Obp	Obp	RECTILINEO	SUPERVALEDO	NO	NO	NO	NO	NO	Ob. Ob. Lc	Obp. Ob.		
		Obp	Obp			NO	NO	NO	NO	NO	Ob. Ob. Lc	Obp. Ob.		
ARCILLOSA Tm	MODERADO	Obp	Obp			NO	NO	NO	NO	NO	Rv. Ob. Lc			
		Obp	Obp			NO	NO	NO	NO	NO	Rv. Ob. Lc			
ARCILLOSA Tpm	MODERADO	Obp	Obp			NO	NO	NO	NO	NO	Rv. Ob. Lc			
		Obp	Obp			NO	NO	NO	NO	NO	Rv. Ob. Lc			

7. OBRAS CORRECTIVAS	
Obp	Obras de estabilización perimetral
Obp	Obras marginales
Obp	Obras de modificación sección vertical
Obp	Obras de captación y manejo de aguas
Lc	Impacto del cauce
Ob	Obras estructurales
Ob	Obras anti-erosión
Rv	Reubicación de viviendas

ZONAS H.L.

000040

000040

TABLA No. 7
ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD (Ver Plano No.5)

CATEGORÍA	% FALLA	LITOLOGÍA PREDOMINANTE	PENDIENTE NATURAL	PROCESOS NATURALES	SUSCEPTIBILIDAD	MODELO SIMPLIFICADO DE ESTABILIDAD
I	(0,6)	Qdp - Depósitos de pendiente - Coluviones de matriz arcillosa y pequeños tálus	B a M 5 - 20°	Erosión laminar poco intensa, se presentan algunos escarpes pequeños en la parte baja.	Estas zonas no presentan evidencias de inestabilidad y se consideran estables; el efecto de la socavación es bajo.	
		Qt - Terrazas Material depositado en la parte baja y media de la quebrada, de composición predominantemente limo - arcillosa	B 0 - 10°	Algunas de estas terrazas se ven afectadas moderadamente por socavación		
II	(6,10)	Ter - Formación Regadera: Areniscas con intercalaciones de bancos arcillosos.	M 20 - 30°	En general no presentan procesos denudativos de importancia.	Zonas que no presentan evidencias de deslizamientos, pero se pueden desarrollar procesos erosivos intensos y deslizamientos en el futuro, el efecto de la socavación es bajo a moderado.	En suelos, deslizamientos rotacionales y hundimientos
		Qre - Rellenos: Material de relleno heterogéneo, tierras sobrantes y desechos de construcciones.	A a M 20 - 45°	No presenta procesos denudativos de importancia.		
III	(10,25)	Qdp - Depósitos de pendiente: Coluviones de matriz arcillosa y pequeños tálus.	M a A 15 - 35°	Actividad del agua superficial reflejada por erosión en surcos; además se ven afectados por socavación	Zonas con características de deslizamientos antiguos últimamente estables, actividad moderada de los procesos erosivos. Se identifican depósitos de pequeños deslizamientos; el efecto de la socavación es bajo.	En suelos, deslizamientos rotacionales En roca, disposición estructural favorable.
		Tpbi - Formación Bogotá - Conjunto Inferior. Alternancias de areniscas grises claras a grises verdosas cuarzosas muy friables, con arcillolitas grises a negras	M 15 - 30°	La escorrentía superficial genera desprendimientos de la cobertura vegetal y procesos de erosión en surcos; se presenta algo de socavación.		
IV	(25,40)	En menor grado se presentan Qre y Qdp	M a A 25 - 40°	Presencia de escarpes de deslizamientos antiguos y pequeños movimientos.	Zonas con evidencias de deslizamientos y procesos de inestabilidad anteriores; el efecto de la socavación es alto	En suelos, deslizamientos rotacionales y traslacionales, además se presentan algunos flujos.
		Qal - Depósitos Aluviales Aluviones pequeños localizados generalmente en el lecho de las quebradas.	B 5 - 7°	Erosión por socavación de la quebrada en las márgenes, lo que ha causado colapso de estructuras de contención		
		Qre - Rellenos Material de relleno heterogéneo.	M 20 - 45°	Erosión en surcos y presencia de escarpes de deslizamientos.		

TABLA No. 7 (Continuación)
ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD (Ver Plano No.5)

CATEGORÍA	% FALLA	LITOLOGÍA PREDOMINANTE	PENDIENTE NATURAL	PROCESOS NATURALES	SUSCEPTIBILIDAD	MODELO SIMPLIFICADO DE ESTABILIDAD
V	(40-50)	Cre - Rellenos. Material de relleno heterogéneo.	A a M 20 - 45°	Presencia de escarpes de deslizamientos y algo de erosión por socavación.	Zonas que presentan deslizamientos nuevos o reactivados; el efecto de socavación es bajo a moderado.	En suelos, deslizamientos traslacionales y flujos.
VI	>50	Qal - Depósitos Aluviales: Aluviones pequeños localizados generalmente en el lecho de las quebradas.	B 3 - 5°	Erosión intensa por socavación de la quebrada sobre las márgenes, colapso de estructuras de protección marginal	Zonas con deslizamientos activos, bien definidos y recientes, además las condiciones del entorno son desfavorables; el efecto de socavación es moderado a alto.	En suelos, deslizamientos traslacionales y flujos.
		Qre - Rellenos: Material de relleno heterogéneo.	A 30 - 45°	Presencia de deslizamientos activos, escarpes, superficies de ruptura y planos de corte como evidencias de movimientos Erosión en surcos.		

000041

TABLA No.8
QUEBRADA CHIGUAZA
SITIOS CRITICOS - ALCANTARILLAS EN VOLADIZO
SOLUCIONES PROPUESTAS

ABSCISA	MARGEN	SOLUCION
K3+580	D	Adecuación estructuras de entrega y construcción de disipadores
K3+550	I	Adecuación estructuras de entrega y construcción de disipadores
K3+340	I	Adecuación estructuras de entrega y construcción de disipadores
K3+080	I	Adecuación estructuras de entrega y construcción de disipadores
K2+430	D	Adecuación estructuras de entrega y construcción de disipadores
K2+200	I	Adecuación estructuras de entrega y construcción de disipadores
K1+580	I	Reparación y mantenimiento de estructuras(villas del cerro)
K1+560	I	Adecuación estructuras de entrega y construcción de disipadores
K1+460	D	Adecuación estructuras de entrega y construcción de disipadores
K1+430	D	Adecuación estructuras de entrega y construcción de disipadores
K1+250	D	Adecuación estructuras de entrega y construcción de disipadores
K0+370	D	Adecuación estructuras de entrega y construcción de disipadores

TABLA No. 9
QUEBRADA CHIGUAZA
SITIOS CRITICOS POR SOCAVACION - SOLUCIONES PROPUESTAS

ABSCISA		SECTOR	MARGEN	SOLUCION	OBSERVACIONES
INICIAL	FINAL				
K3+600	K3+700		I	Protección Marginal-Enrocado	
K3+480	K3+530		I	Protección Marginal-Enrocado	
K3+320	Via oriente		I+D	Protección Marginal-Enrocado	En las aletas
K3+280		Sitio 2	D	Protección Marginal-Enrocado	
K3+160	K3+210		I	Protección Marginal-Enrocado	
K3+010	K3+050	Sitio 3	D	Protección Marginal-Enrocado	
K2+870	K2+930		D	Protección Marginal-Enrocado	
K2+810	K2+860	Sitio 4	D+I	Mantenimiento obras	
K2+700	K2+760	Sitio 5	I+D	Protección Marginal-Enrocado	
K2+600	Ramal 3		I+D	Mantenimiento obras	Presentan infiltración
K2+500	K2+520	Sitio 6	I	Protección Marginal-Enrocado	
K2+430	K2+450	Sitio 6	I	Protección Marginal-Enrocado	
K2+400	K2+430		D	Mantenimiento obras	
K2+230	K2+270		I	Protección Marginal-Enrocado	
K1+920	K1+980	Sitio 8	D	Muro contención en concreto	
K1+880	K1+920		I	Protección Marginal-Enrocado	
K1+820	K1+850	Sitio 9	D	Muro contención en concreto	
Puente	K1+820			Protección Marginal-Enrocado	10 m arriba y abajo
Puente	Cra 3B Este		I+D	Protección Marginal-Enrocado	En las aletas
K1+580	K1+680	Sitio 10	I+D	Reparación Obras	
K1+480	K1+570	Sitio 11	D	Protección Marginal-Enrocado	
K1+260	K1+300		I+D	Protección Marginal-Enrocado	Alineamiento del cauce
K1+100	K1+200		D	Protección Marginal-Enrocado	
K1+050	K1+100		I	Protección Marginal-Enrocado	
K0+920	K0+960		I	Protección Marginal-Enrocado	
K0+670	K0+720		I	Protección Marginal-Enrocado	
K0+720	K0+750		D	Protección Marginal-Enrocado	
K0+480	K0+620		I+D	Protección Marginal-Enrocado	
K0+640	K0+670		D	Protección Marginal-Enrocado	
K0+300	K0+400		I	Protección Marginal-Enrocado	
K0+200	K0+140		I	Muro en gavion -realce via	
K0+270	K0+310		D	Protección Marginal-Enrocado	
K0+150	K0+190		D	Protección Marginal-Enrocado	

Nota: Si la reubicación coincide con los sitios criticos, queda sujeta a estudios geotecnicos criticos detallados

TABLA No. 10
QUEBRADA CHIGUAZA
SITIOS CRITICOS POR ESTRUCTURAS - SOLUCIONES PROPUESTAS

ABSCISA	SITIO	ESTRUCTURA	SOLUCION
K3+320	via oriente	Puente	Construcción puente Qd=28,8m ³ /s, Tr=10años
K3+560	B. Quindio	Puente peatonal	Canalización, Prof. min=1.20m, mejorar estructura disipación
K2+600	Ramal 3	De entrega y discipación	Limpieza y mantenimiento
Cr. 7a-E	via victoria	Puente peatonal	Limpieza y mantenimiento
Cr. 12b-E		Puente	Construir puente de mayor capacidad, Qd=28,8m ³ /s
K2+570	Cr. 10-E	Puente	Limpieza de bloques
K2+100	Cr. 6a-E	Puente	Limpieza y mantenimiento; reparación
Cr. 6E, 5E		Puentes peatonales	Limpieza
K1+820		Puente	Limpieza
K1+680	Cr. 3b-E	Puente	Limpieza
Cr. 3bis-E		Puente	Limpieza
K1+120	Cr. 1-E	Box coulbert	Construirlo
K2+720	Cr. 11a-E	Muro en cantiliver	Construirlo, B=6 m, H=6 m
K0+320		Puente peatonal	Construirlo

TABLA No. 11

QUEBRADA CHIGUAZA
SITIOS CRITICOS POR INUNDACION - SOLUCIONES PROPUESTAS

ABSCISA		SECTOR	MARGEN	SOLUCION	OBSERVACIONES
INICIAL	FINAL				
K3+600	K3+700	B. Quindio	I	Reubicar viviendas-manejo ronda	
K3+320	K3+550	B. Quindio	I	Reubicar viviendas-manejo ronda	via a oriente
K1+300	K1+500	sitios 11 y 12	I	Reubicar viviendas-manejo ronda	B. Canada
K0+600	K0+800		D	Reubicar viviendas-manejo ronda	

QUEBRADA CHIGUAZA
SITIOS CRITICOS POR INESTABILIDAD - SOLUCIONES PROPUESTAS

ABSCISA		SECTOR	MARGEN	SOLUCION	OBSERVACIONES
INICIAL	FINAL				
K2+700	K2+760		D	Reubicar viviendas	
K2+600	ramal 3		I	Reubicar viviendas	
K2+400			D	Reubicar viviendas	
K2+200		sitio 7	I	Reubicar viviendas	Paradero buses- N. Gloria
K1+940	K1+980	sitio 8	D	Reubicar viviendas	Parte superior del talud
K1+940	K1+850	sitio 9	D	Reubicar viviendas	Parte superior del talud

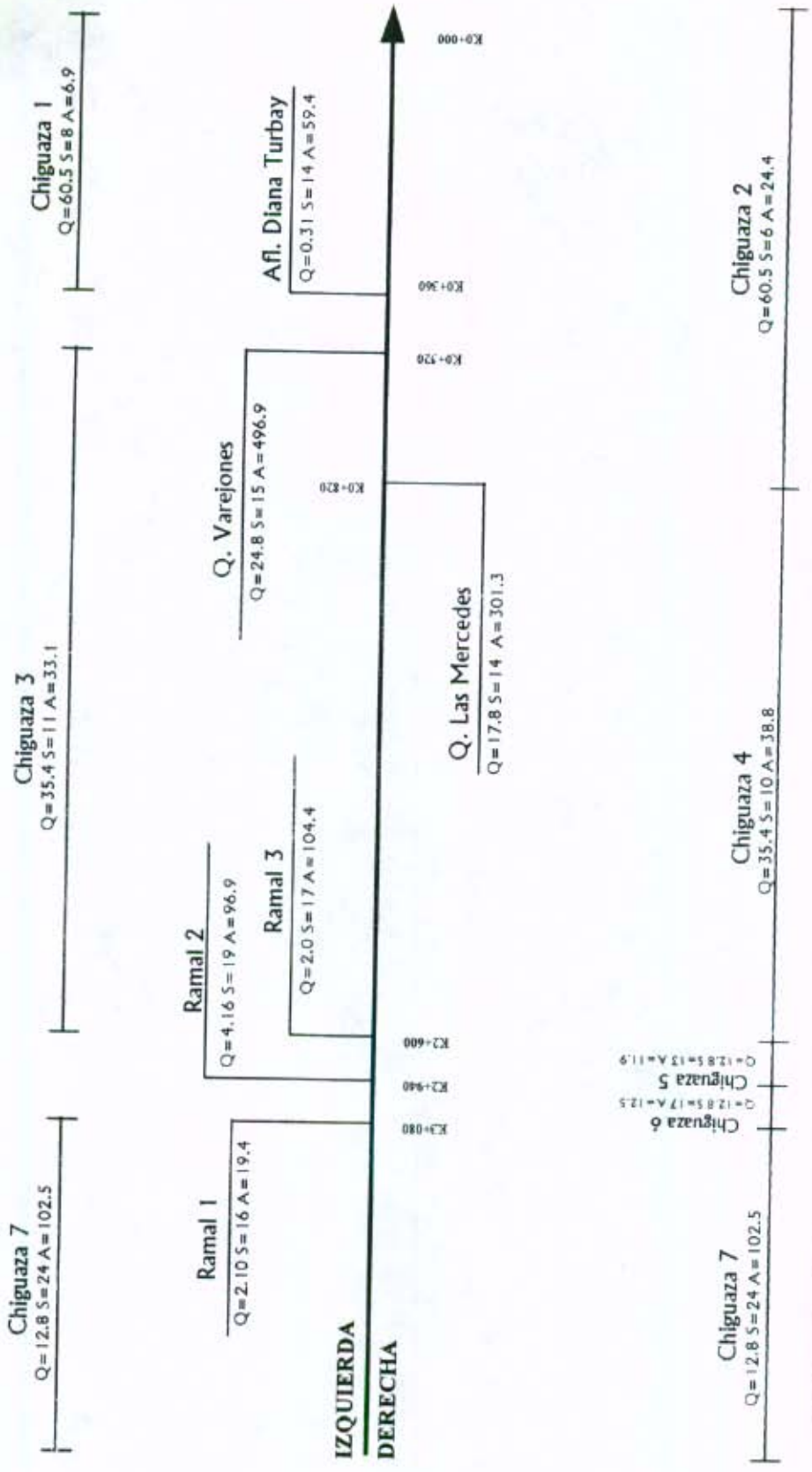
Nota: Si la reubicación coincide con los sitios críticos, queda sujeta a estudios geotécnicos críticos detallados

000046

FIGURAS

Figura No. 4
Diagrama de flujo Cauce principal
Quebrada Chiguaza

Caudales estimados para un periodo de recurrencia de 10 años (HE-B&V)

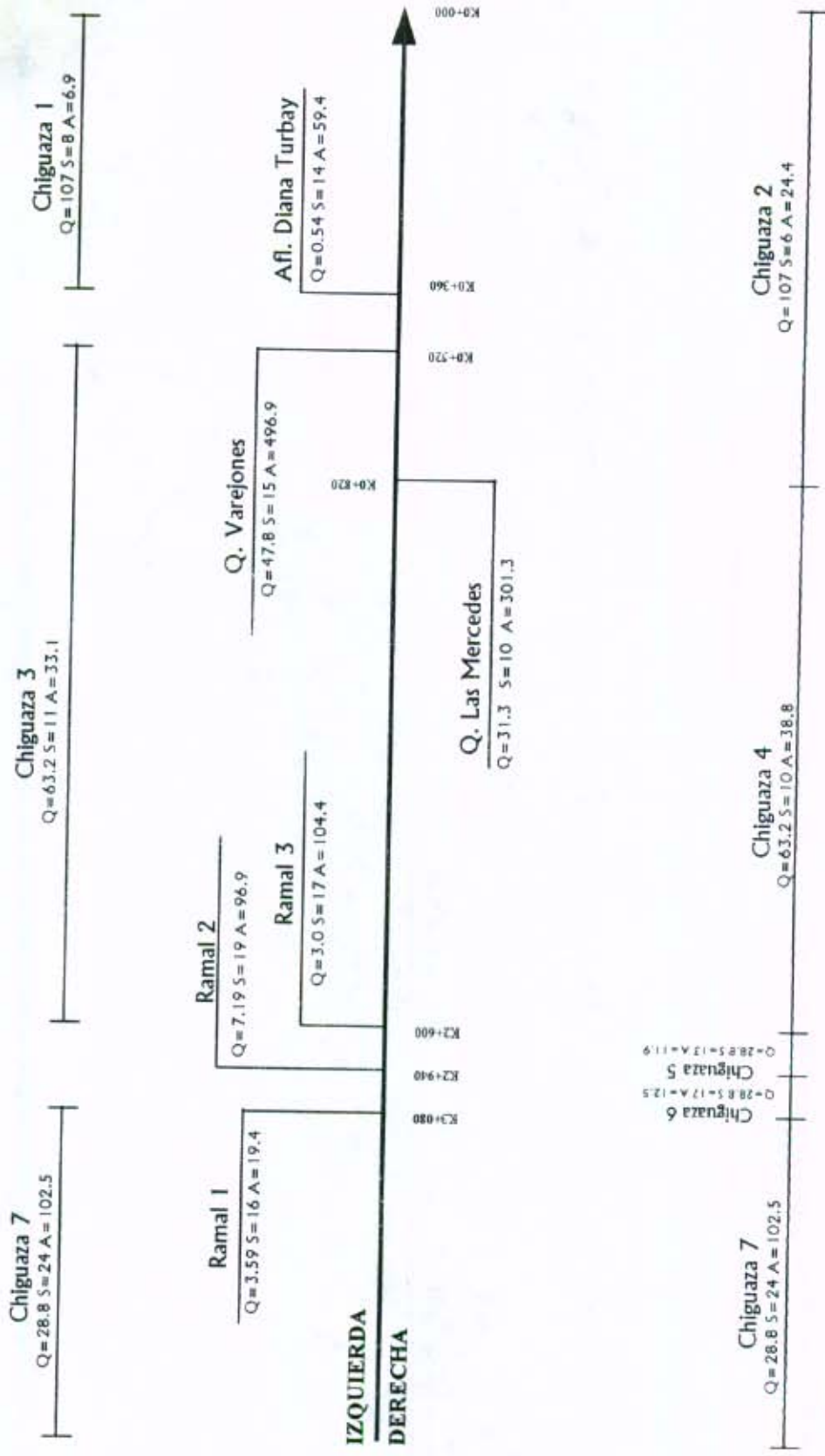


$(Q) = m^3/s$ (S) = % (A) = Ha

Tomado y adaptado de Análisis y solución de algunas rondas de cauces y canales de Bogotá. Estudios y Asesorías 1990

Figura No. 5
Diagrama de flujo Cauce principal
Quebrada "La Chiguaza"

Caudales estimados para un periodo de recurrencia de 100 años (HE-B&V)



$$(Q) = m^3/s \quad (S) = \% \quad (A) = Ha$$

FIGURA No. 6

AREAS DE APOORTE DE LA
QUEBRADA CHIGUAZA Y SUS AFLUENTES:
Barrio Quindio - Los Molinos

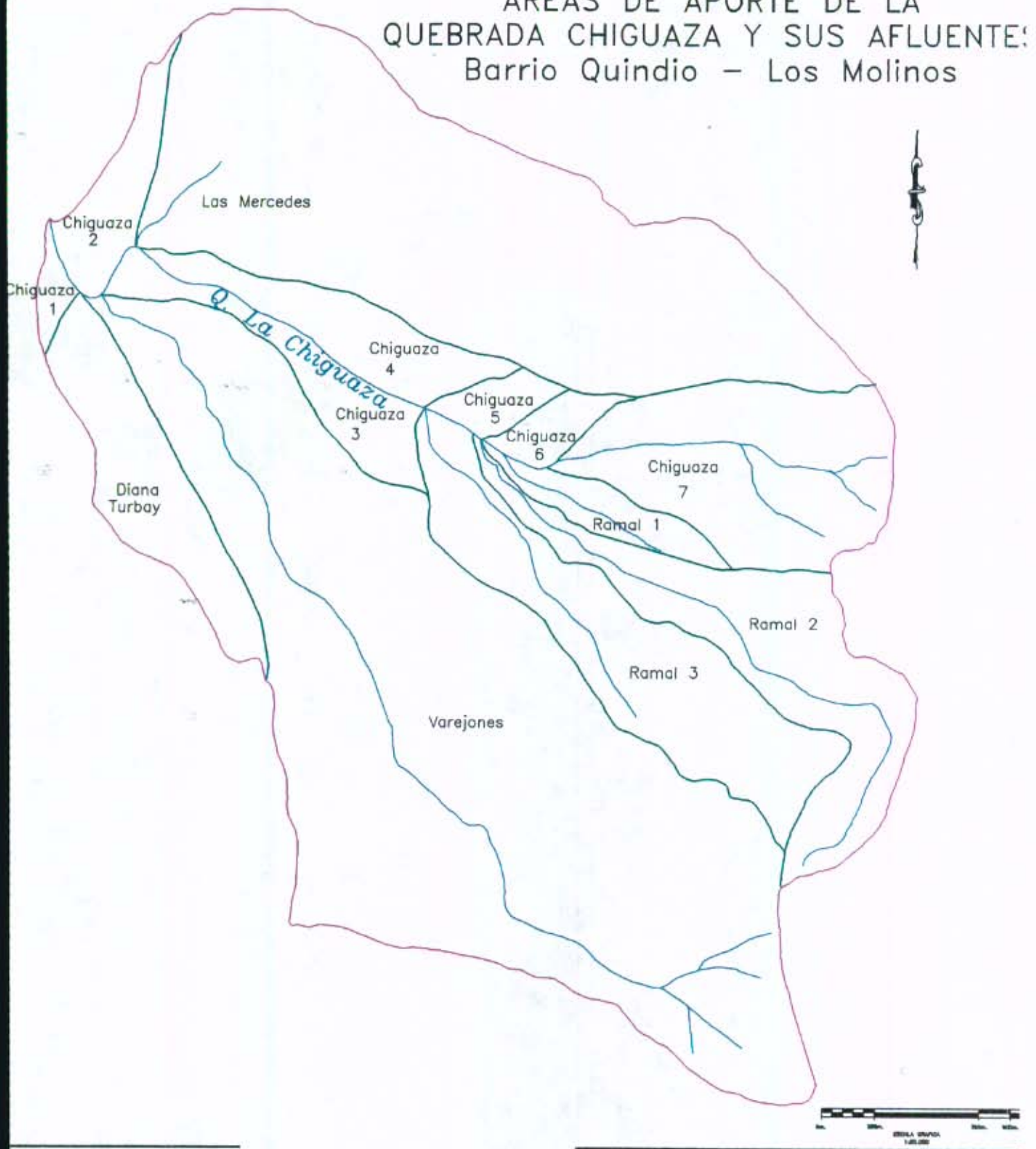


FIGURA No.7
QDA. CHIGUAZA - Perfil Longitudinal 1
Fondo

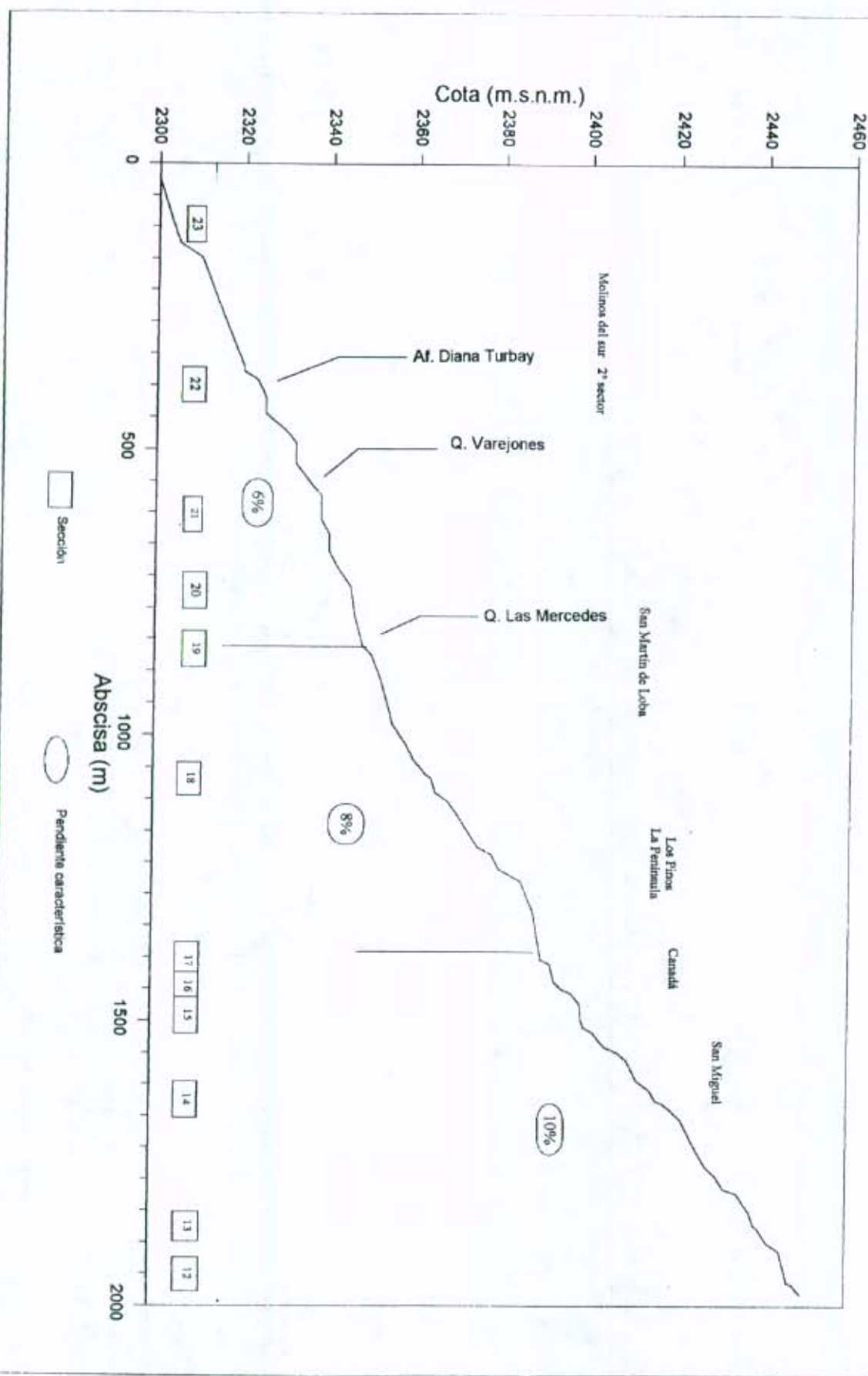


FIGURA No.7
QDA. CHIGUAZA - Perfil longitudinal 2
Fondo

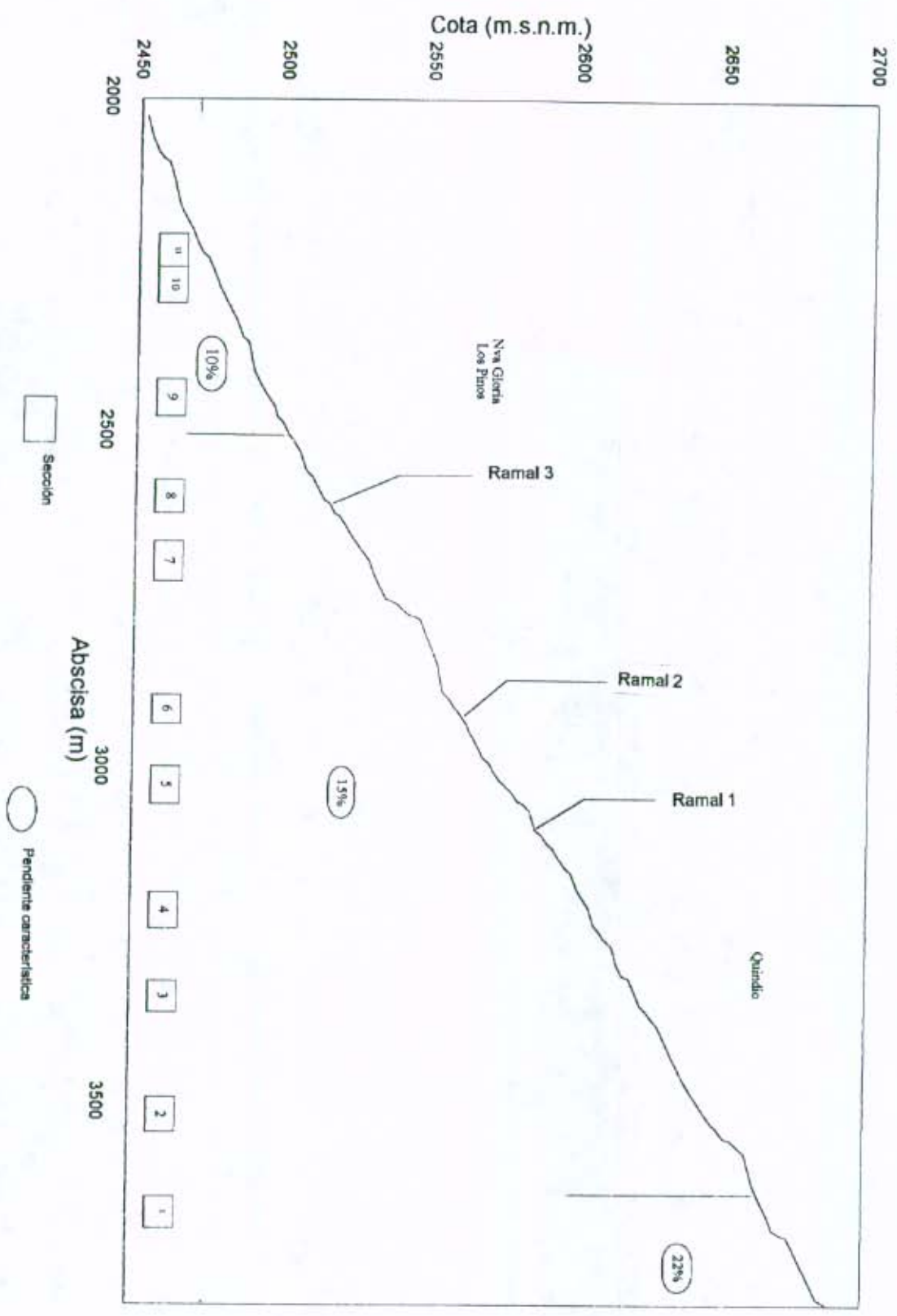


Figura No.8
ENROCADO TIPO

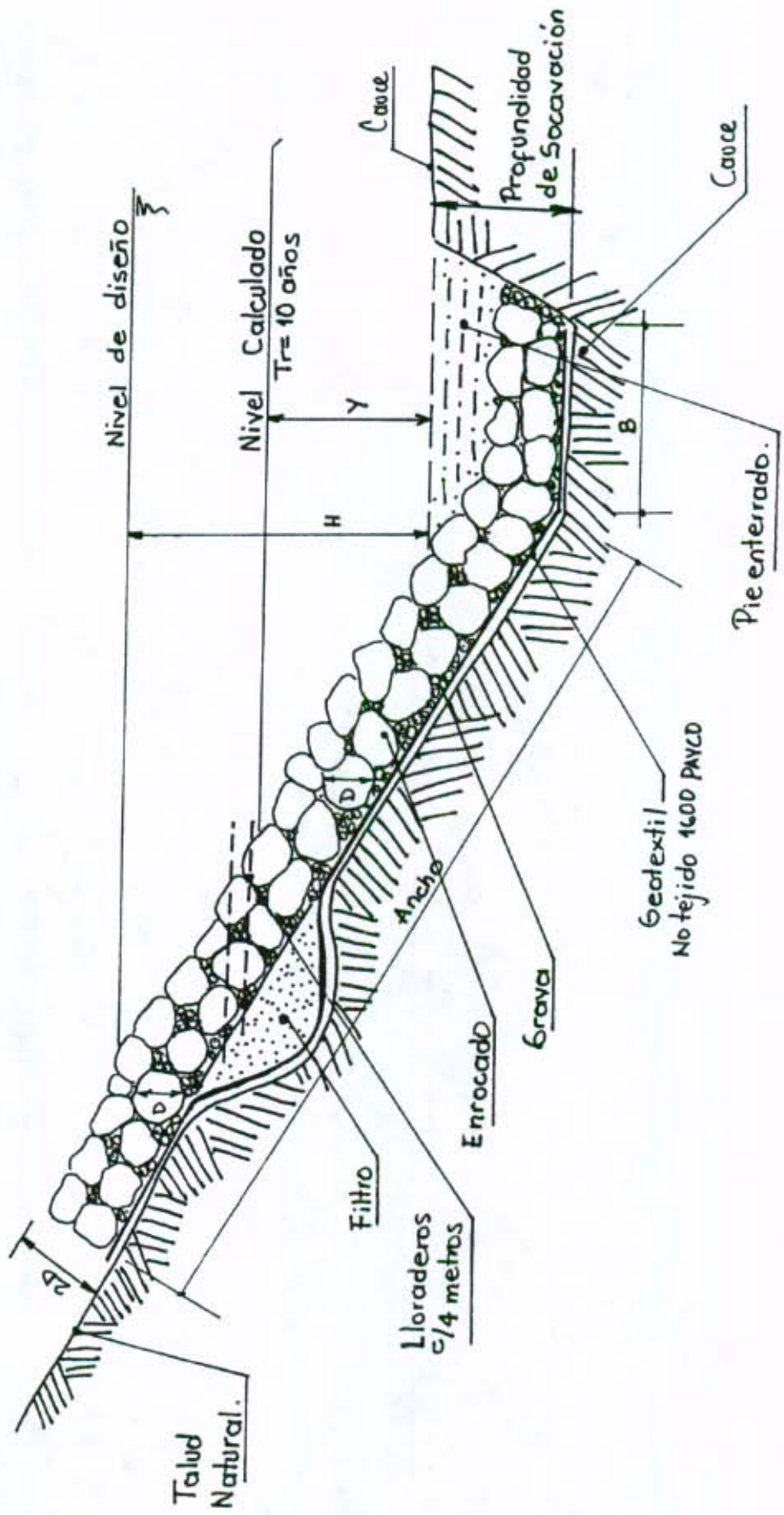
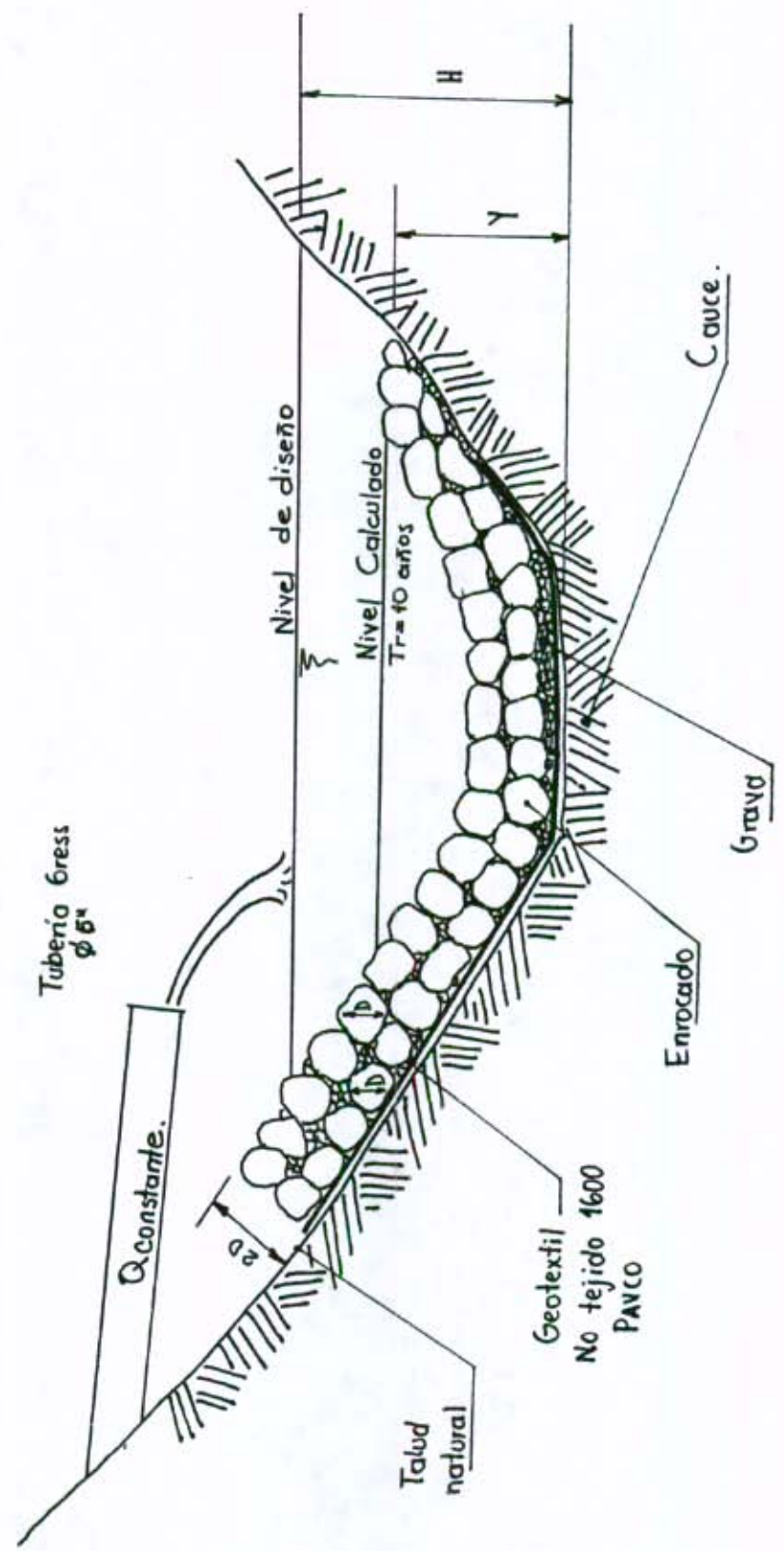


Figura No. 9
ALCANTARILLA EN VOLADIZO TIPO



ANEXOS

PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II
 MEDIDAS CORRECTIVAS GENERALES
 CANTIDADES DE OBRA - ENROCADOS
 QUEBRADA CHIGUAZA

Abscisa	Margen	Longitud (m)	Ancho (m)	B (m)	H (m)	Espesor 2D=80cm (m)	Geotextil 1600 Pavco (m ²)	Material de Filtro (m ³)	Enrocado (m ³)	Excavación (m ³)
K3 + 600	I	100	5.37	2	2	0.8	537	25	429.6	669.6
K3 + 480	I	50	6.37	3	2	0.8	318.5	12.5	254.8	434.8
K3 + 320	I+D	50	6.37	3	2	0.8	318.5	12.5	254.8	434.8
K3 + 160	I	50	7.65	1	2.25	0.8	382.5	12.5	306	366
K2 + 870	D	60	8.37	5	2	0.8	502.2	15	401.76	761.76
K2 + 230	I	40	13.21	9	2	0.8	528.4	10	422.72	854.72
K1 + 880	I	40	7.15	2	2.75	0.8	286	10	228.8	324.8
K1 + 820	I+D	20	7.15	8.5	2.25	0.8	143	5	114.4	318.4
K1 + 700	I+D	50	5.7	1.5	2.25	0.8	285	12.5	228	318
K1 + 260	I+D	40	9.37	6	2.75	0.8	374.8	10	299.84	587.84
K1 + 100	D	100	11.37	8	2	0.8	1137	25	909.6	1869.6
K1 + 050	I	50	11.37	8	2	0.8	568.5	12.5	454.8	934.8
K0 + 920	I	40	11.37	8	2	0.8	454.8	10	363.84	747.84
K0 + 670	I	50	9.65	6	2	0.8	482.5	12.5	386	746
K0 + 720	D	30	9.65	6	2.25	0.8	289.5	7.5	231.6	447.6
K0 + 480	I+D	140	7.57	4.5	2.25	0.8	1059.8	35	847.84	1603.84
K0 + 640	D	30	7.57	4.5	2.75	0.8	227.1	7.5	181.68	343.68
K0 + 300	I	100	11.5	7.5	2.5	0.8	1150	25	920	1820
K0 + 270	D	40	11.5	7.5	2.5	0.8	460	10	368	728
K0 + 150	D	40	11.5	6.5	2.5	0.8	460	10	368	680
TOTALES							9965.1	280	7972.08	14992.08

cant-chi.xls

Ver esquema tipo de la Figura No. 9.

PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II
MEDIDAS CORRECTIVAS GENERALES
CANTIDADES DE OBRA - ALCANTARILLAS EN VOLADIZO
QUEBRADA CHIGUAZA

Abscisa	Margen	Longitud (m)	Ancho (m)	B (m)	H (m)	Espesor 2D=80cm (m)	Geotextil 1600 Pavco (m ²)	Enrocado (m ³)	Excavación (m ³)	
K3 + 580	D	50	6.37	3	2	0.8	318.5	254.8	434.8	
K3 + 550	I	50	6.37	3	2	0.8	318.5	254.8	434.8	
K3 + 340	I	50	6.37	3	2	0.8	318.5	254.8	434.8	
K3 + 080	I	80	6.37	3	2	0.8	509.6	407.68	695.68	
K2 + 430	D	50	6.37	3.5	2	0.8	318.5	254.8	464.8	
K2 + 200	I	50	5.1	2	2.75	0.8	255	204	324	
K1 + 560	I	50	8.37	5	2	0.8	418.5	334.8	634.8	
K1 + 460	D	50	9.37	6	2	0.8	468.5	374.8	734.8	
K1 + 430	D	50	9.37	6	2	0.8	468.5	374.8	734.8	
K1 + 250	D	50	9.37	6	2	0.8	468.5	374.8	734.8	
K1 + 250	D	50	11.37	8	2	0.8	568.5	454.8	934.8	
K0 + 370	D	50	11.43	7.5	2.5	0.8	571.5	457.2	907.2	
TOTALES								5002.6	4002.08	6735.28
Longitud de Tubería (Gress) (m)									600	

cant-chi.xls

Ver esquema tipo de la Figura No. 8.

000056

**PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II
QUEBRADA CHIGUAZA**

Presupuesto Aproximado según Medidas Correctivas - Generales

ITEM	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario	valor total (Millones de \$)
1	Gaviones	m ³	420.00	72,015.00	30.25
2	Excavación	m ³	14,992.08	14,071.00	210.95
3	Enrocado	m ³	11,974.16	15,820.00	189.43
4	Geotextil no tejido 1600 Pavco	m ²	14,967.70	795.60	11.91
5	Material de filtro	m ³	280.00	27,500.00	7.70
6	Tubería Gress D = 6"	m	280.00	4,094.60	1.15
7	Limpieza y retiro de basuras	Global			66.60
SUBTOTAL					517.99
A.I.U.(25%)					129.50
TOTAL					647.48

pre-chig.xls

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

000057

**PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II
QUEBRADA CHIGUAZA**

Presupuesto Aproximado según Medidas Correctivas - Especificas

SECTOR	UBICACION	UNIDAD	ESTUDIOS (Millones de pesos)	OBRAS (Millones de pesos)	Valor total (Millones de pesos)
0	Cantera El Zuque	Global **	30	*	30
1	Barrio Quindio (K3+560)	Global **	2	20	22
2	40 m. aguas abajo Carretera a Oriente (K3+270)	Global **	3	22	25
3	40 m. aguas abajo Ramal 1 (K3+040)	Global **	3	20	23
4	Cra 11B Este (K2+820)	Global **	4	30	34
5	Barrio Los Pinos (K2+700 - K2+800)	Global **	3	25	28
6	Cras. 9 Este - 10 Este (K2+420 - K2+570)	Global **	15	*	15
7	Paradero Nueva Gloria	Global **	2	15	17
8	Transv. 5 * Calle 46A (K1+900 - K2+000)	Global **	15	*	15
9	K1+840	Global **	10	*	10
10	Urbanización Villa del Cerro	Global **	10	*	10
11 y 12	Cras. 3 bis Este - 1 bis Este (K1+300 - K1+500)	Global **	6	50	56
13	Diana Turbay	Global **	5	36	41
SUBTOTAL					326
A.I.U.(25%)					82
TOTAL					408

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

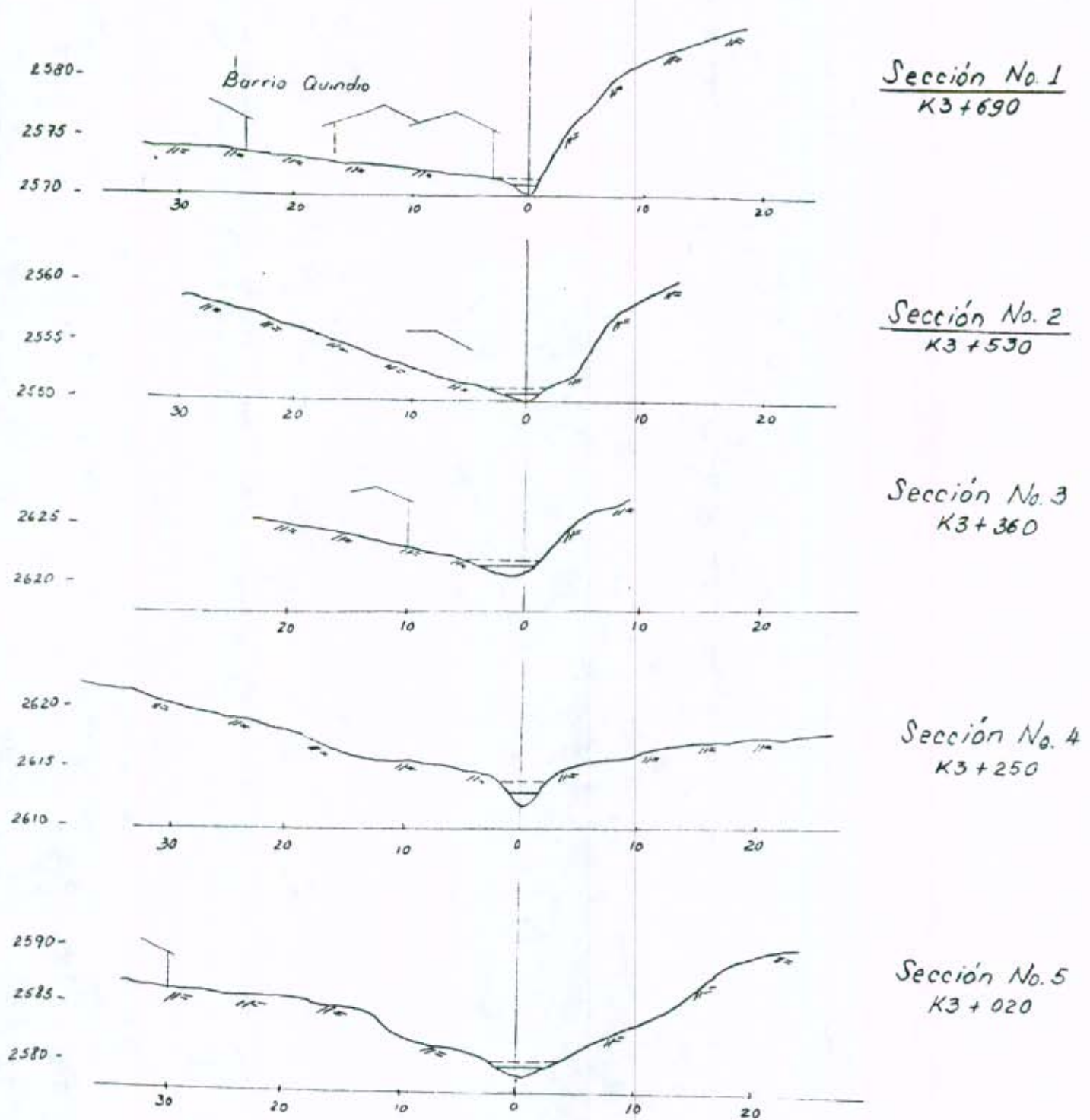
* Son valores sujetos a variaciones según la complejidad de las obras correctivas que se estimen necesarias en cada estudio específico detallado.
 ** Los precios globales se determinaron para abril de 1996

000058

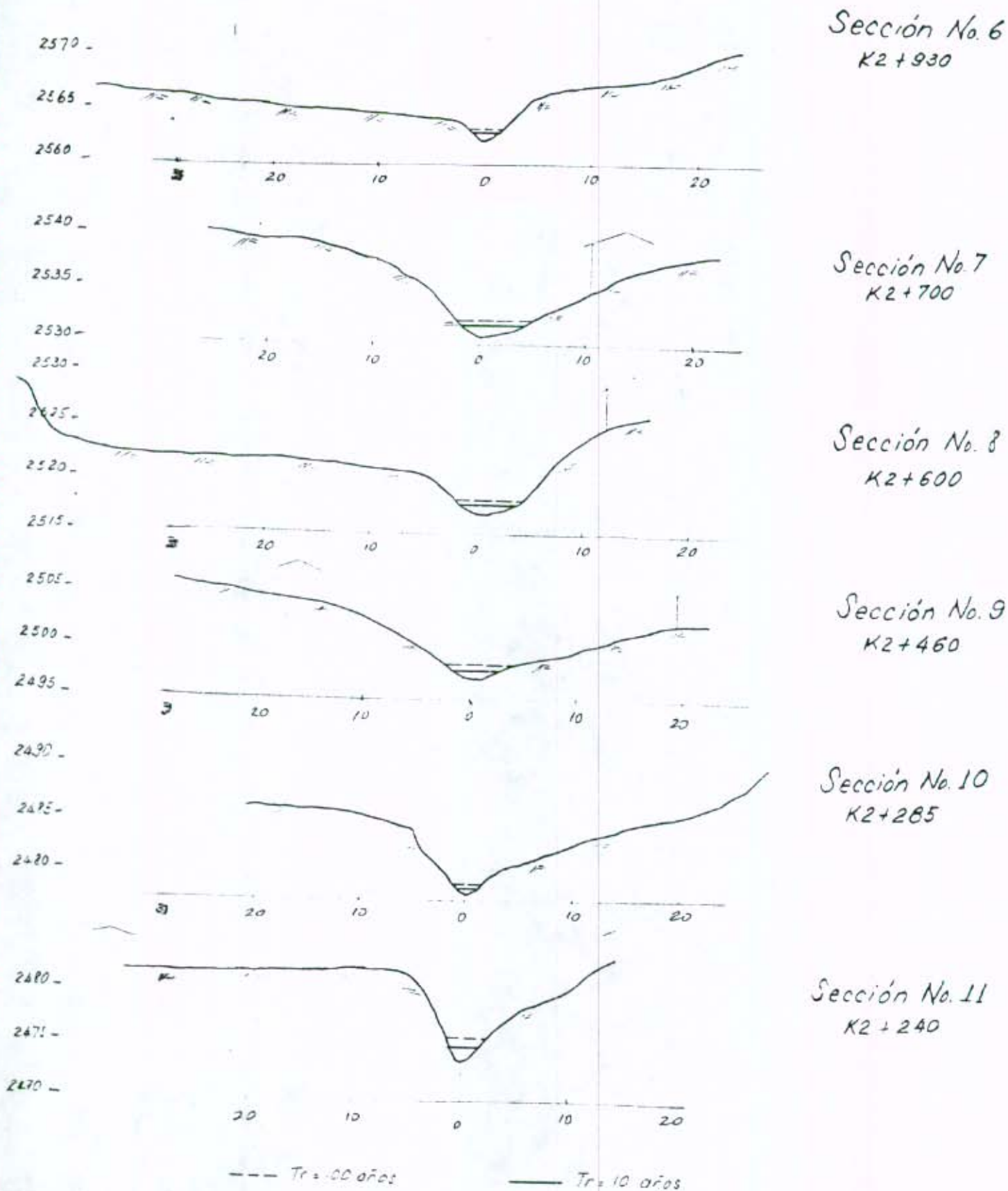
ANEXO UNO
SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA CHIGUAZA

000059

NIVELES ESPERADOS

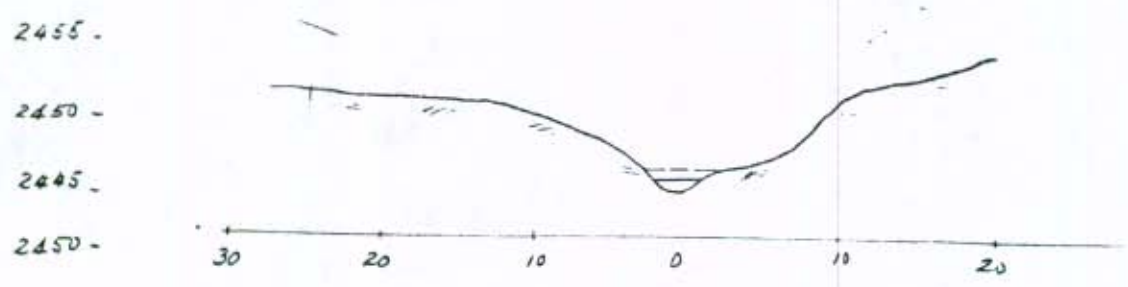


SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA CHIGUAZA
NIVELES ESPERADOS
(Continuación)

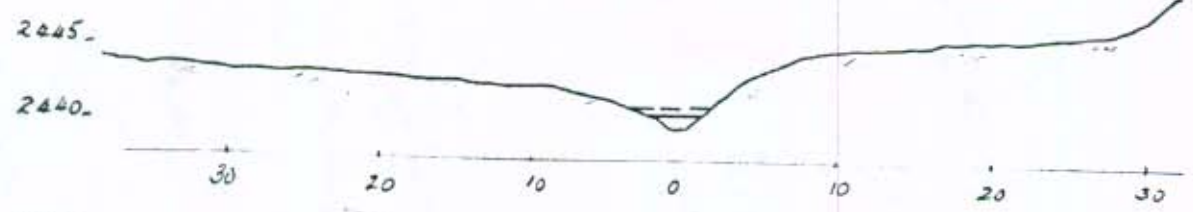


SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA CHIGUAZA

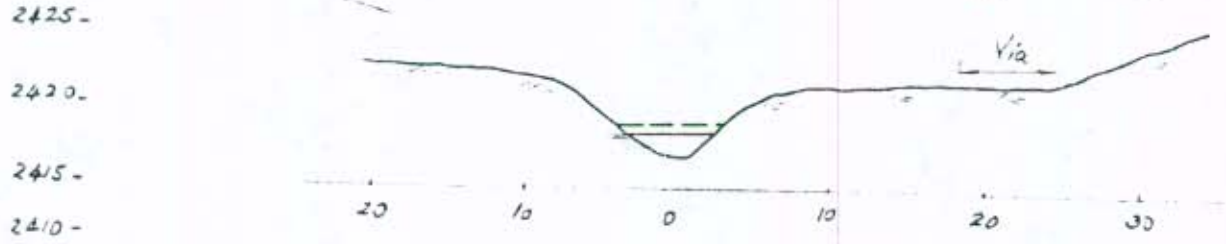
NIVELES ESPERADOS
(Continuación)



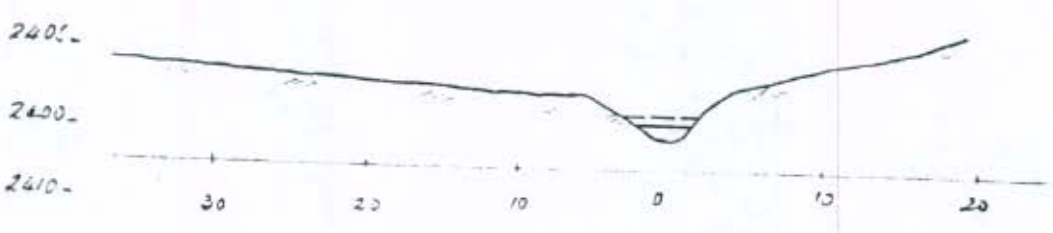
Sección No. 12
K1+960



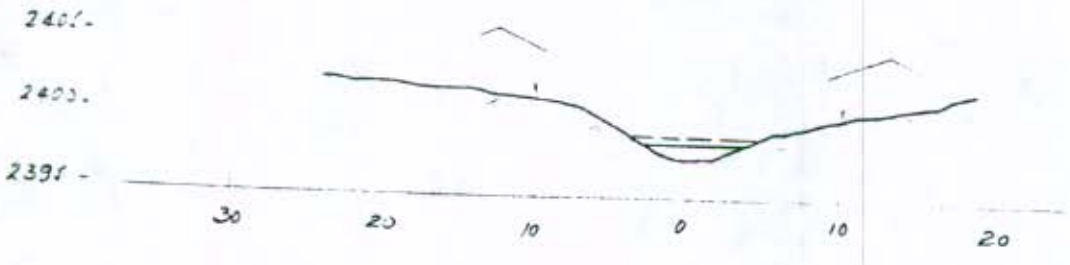
Sección No. 13
K1+860



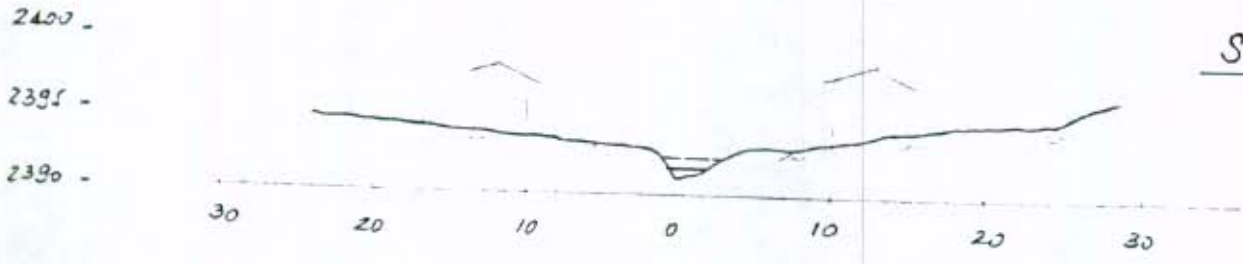
Sección No. 14
K1+640



Sección No. 15
K1+500



Sección No. 16
K1+450



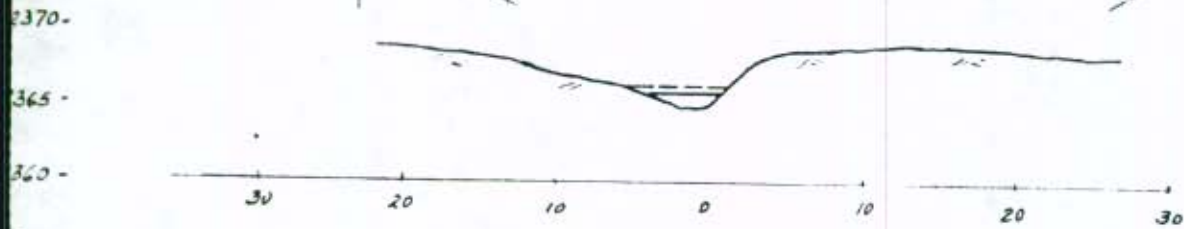
Sección No. 17
K1+400

--- Tr = 100 años — Tr = 10 años

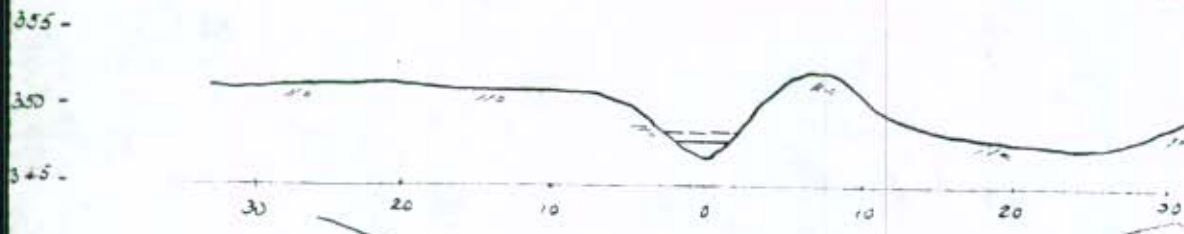
SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA CHIGUAZA

000062

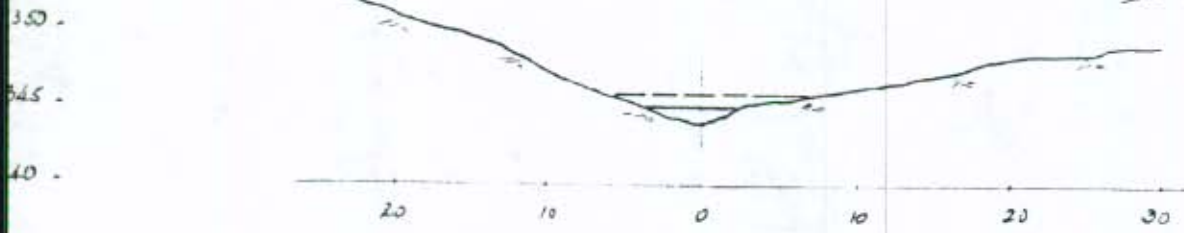
NIVELES ESPERADOS
(Continuación)



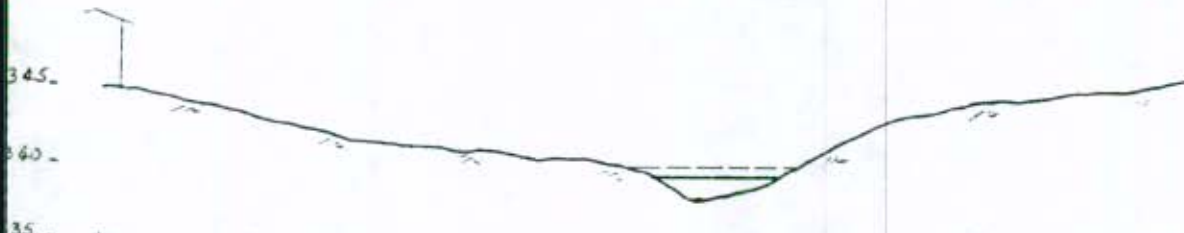
Sección No. 18
K1+075



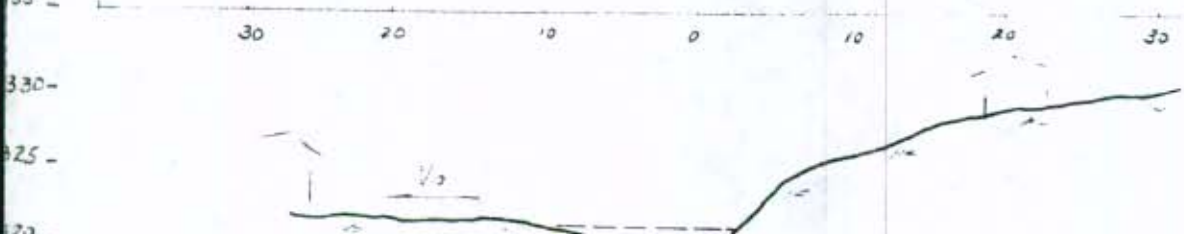
Sección No. 19
K0+845



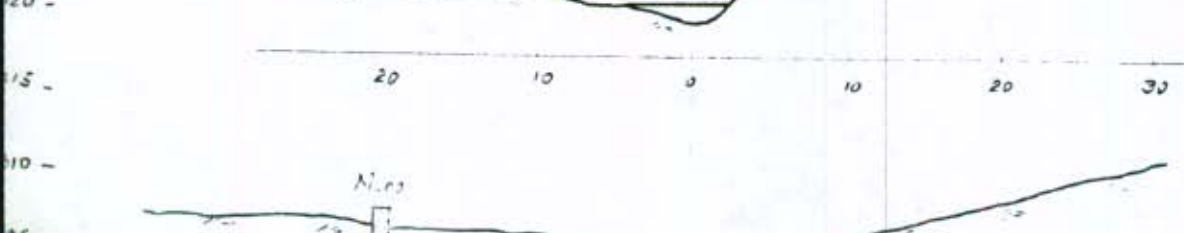
Sección No. 20
K0+740



Sección No. 21
K0+620



Sección No. 22
K0+380



Sección No. 23
K0+100

--- Tr = 100 años

— Tr = 10 años