# INFORME FINAL

# SITIO 1.7: BARRIO JUAN PABLO II - SECTOR LA ESPERANZA

## 1. INTRODUCCIÓN

El Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias del Distrito Capital, FOPAE, y la Unidad de Prevención y Atención de Emergencias UPES, suscribieron con Ingetec S. A el contrato de consultoría No. 1314-110/97, Estudios y Diseños de Estabilidad de Taludes, Control de Erosión y Manejo de Aguas para la Estabilización de Diferentes Sitios de Ciudad Bolívar, Santa Fe de Bogotá. Estos estudios corresponden al Grupo 1 de todos los que fueron contratados en la misma época con diferentes firmas consultoras. En el Plano 1 se muestra la localización general de los ocho sitios de estudio que constituyen dicho grupo.

El presente informe se relaciona con el estudio del Sitio 1.7 denominado Juan Pablo II-Sector La Esperanza, ubicado en inmediaciones de la Diagonal 70 sur con Carrera 18P. El sitio corresponde a un antiguo frente de explotación de una cantera, el cual se ha poblado con familias de escasos recursos a su alrededor, sin ninguna recuperación o adecuación urbanística. (Ver localización de la zona en estudio en el Plano 2).

Las condiciones propias del sitio no recuperado, tales como la alta pendiente y los materiales superficiales erosionables, han generado con el tiempo un proceso de deterioro del sector, que incluye la ocurrencia clara de inestabilidades, el cual, sumado a la disposición inadecuada de basuras y a la construcción no planeada de viviendas en su alrededor, crea una zona de preocupación para el Gobierno Distrital y de riesgo para sus habitantes

El presente documento contiene un resumen de los estudios básicos realizados bajo el contrato mencionado, los diseños de las obras remediales que se proponen para mejorar la seguridad del sector y las medidas de solución, junto con los planos de construcción, las cantidades de obra y el presupuesto. Las especificaciones técnicas de construcción se presentan en un volumen aparte aplicable a los ocho sitios de estudio incluidos en dicho contrato.

# 2. RESUMEN DEL DIAGNÓSTICO

## 2.1 GENERALIDADES

Desde la década del 60, los cerros localizados al suroccidente de la ciudad de Santa Fe Bogotá, en la zona correspondiente a lo hoy conocido como Ciudad Bolívar (Localidad 19), donde se localiza el barrio de Juan Pablo II-Sector La Esperanza, fueron sometidos a una actividad de explotación minera a cielo abierto, para la obtención de materiales pétreos destinados a la industria de la construcción. Esta actividad extractiva modificó sustancialmente la morfometría original de dichos cerros y alteró su estabilidad natural.

El sitio de estudio, corresponde a una zona utilizada para explotación minera, la cual fue abandonada conformando frentes de explotación con una morfología de pendientes fuertes y áreas de inestabilidad potencial. Las áreas dejadas por la explotación fueron ocupadas por viviendas, sin que se efectuaran obras de adecuación ni de infraestructura para su urbanización, con lo cual se creó una zona de riesgo para sus habitantes.

### 2.1.1 Información de referencia

La información de referencia consultada y analizada para este estudio se relaciona a continuación:

- Información cartográfica en escala 1:2000, 1:10 000 y 1: 25 000 disponible en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC.

- Información urbana y cartográfica en las bases digitales elaboradas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, y por el Catastro Distrital.

- Cartografía y planos de redes a escala 1:5000, disponibles en la EAAB

- Proyecto de Factibilidad para el Mejoramiento y/o Localización de Asentamientos Humanos Ubicados en Zonas de Alto Riesgo en la Localidad de Ciudad Bolívar, por María de los Ángeles Vargas, 1992

- Estudio de Investigación Técnica en Áreas de Riesgo en Ciudad Bolívar, Sector Candelaria y Jerusalén, por Javier Pava, 1993

- Programa de Fortalecimiento y Cualificación del Comité Local de Emergencias en la Localidad de Ciudad Bolívar, por María de los Ángeles Vargas, 1992

- Estratigrafía y Sedimentología de la Parte Inferior de la Formación Guaduas al sur de la Sabana de Bogotá, por Julivert (1963).

- Los Rasgos Tectónicos de la Región de la Sabana de Bogotá y los Mecanismos de Formación de las Estructuras, por Julivert (1963).

- Cartografía geológica general de la zona donde se encuentra el sitio de estudio, Ingeominas

- Fotografías aéreas del IGAC números 025, 026 y 027 del Vuelo C-1404 del año 1972 y 390 y 391 del vuelo R 1131 del año 1991.

- Estudio Geotécnico, Barrio Juan Pablo II, INGEOMINAS, 1995.

### 2.1.2 Contexto barrial

Ciudad Bolívar es una localidad con grandes problemas ambientales. Entre los más importantes descuellan la destrucción del suelo por la industria extractiva (canteras y similares), la erosión e inestabilidad de tierras (en parte ligada a la industria extractiva), la degradación del suelo por disposición inadecuada de residuos sólidos, el deterioro de su sistema orográfico (cerros suroccidentales de la ciudad), la insuficiencia de zonas verdes urbanas, la contaminación del agua (río Tunjuelo, quebradas Quiba y otras), el deterioro de sus cuencas altas, las crecidas e inundaciones, la polución visual y la contaminación del aire por la industria extractiva y el ruido" [1].

Ante la existencia de fenómenos naturales adversos a los pobladores que habitan en sectores cercanos a los sitios donde es probable su ocurrencia, se decidió declarar éstos como " zonas de riesgo ", por su permanente exposición a la amenaza. Entre éstas se encuentra el barrio Juan Pablo II-Sector La Esperanza.

El sitio se localiza sobre la ladera occidental de uno de los cerros suroccidentales de Santa Fe de Bogotá, que bordean el extremo sur de la Sabana de Bogotá, en inmediaciones de la margen izquierda del río Tunjuelito, con coordenadas aproximadas (origen Bogotá), N 95 450, E 91 850 y una elevación de 2615 msnm. La zona está limitada según la nomenclatura del área entre la Diagonal 70 sur y Carrera 18P.

[1] DAMA "Perfil Ambiental de Santa Fe de Bogotá". Corporación Misión siglo XXI, Página 187, 1996

El sector La Esperanza está construido desde hace cerca de 10 años, iniciándose con loteos que hasta hoy Planeación Distrital sigue considerando como ilegales; las familias poseen promesa de compra-venta pero no escritura. Este sector está incluido en el barrio Juan Pablo II. Los servicios públicos básicos han sido tomados de las redes cercanas aún sin legalizar por las empresas públicas y en la actualidad no se les factura a algunas viviendas agua ni luz, pero sí el servicio telefónico. A otras viviendas les facturan según el Plan 50 con la EAAB o tarifa básica, lo mismo que con la EEB.

No se obtuvo información demográfica de Juan Pablo II en su totalidad, pero se conoció que en La Esperanza, habitan aproximadamente 250 familias. La infraestructura social con la que cuenta ofrece posibilidades de atención en servicios de educación y salud, pero carece de espacios destinados a la recreación. La comunidad tiene un salón comunal, que en un principio fue otorgado a las madres comunitarias.

El equipamiento con el que se cuenta es el de Juan Pablo ll, que está dotado de salón comunal, centro de salud (CAMI), escuela y colegio.

A nivel de salud, la población asiste al CAMI, a través del programa de beneficiarios del SISBEN; otros cuentan con la prestación del servicio por parte de alguna EPS.

En el barrio existen viviendas que están ubicadas en cercanías de la quebrada de Limas, razón por la cual están afectadas por la ronda hidráulica definida por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, y por eso mismo, La Empresa tiene a algunas familias en programas de reasentamiento.

El barrio está considerado como estrato 1 por las empresas públicas de servicios, aunque algunas veces se les factura como estrato 2.

La UPES, encargada directa de desarrollar los planes de reasentamiento, está llevando a cabo los estudios y adelanta procesos de negociación y reubicación. Por información recogida en el sitio, se verificó que ninguna de las familias por reubicar, consideradas por este estudio, están en otro proceso similar. Por tanto, se debe iniciar el proceso de información de su situación y de negociación de predios, así como de acompañamiento al traslado.

## 2.2 TOPOGRAFÍA

Los trabajos geodésicos y topográficos ejecutados en este sitio, partieron de dos puntos con mojón en concreto y platina metálica, identificados con los nombres de 11-LE y 12-LE, mojones que fueron amarrados en coordenadas y cotas vértice BOSA-5-Datum Bogotá y planos cartesianos con origen Bogotá, datos certificados por el IGAC.

Desde estos dos puntos se radiaron los puntos necesarios para detallar la zona requerida para el diseño de las obras. En algunos casos hubo necesidad de colocar puntos auxiliares complementarios por la magnitud del área.

Adicionalmente, se ubicaron los paramentos de las manzanas, midiendo los predios correspondientes a cada manzana.

Los datos en campo fueron procesados en oficina por medio de programas de computador y la topografía se generó con el programa EAGLE-POINT.

En el Anexo 1, se presentan la certificación del IGAC, las coordenadas y cotas de los puntos de referencia y las carteras de campo utilizadas para el levantamiento, y en el Plano 2 la topografía respectiva.

## 2.3 GEOLOGÍA

### 2.3.1 Descripción del área de estudio

El talud en el sector de estudio tiene una orientación variable entre N10°W y N55°E, longitud de 110 m en su base, inclinación desde vertical a cerca de 25° con la horizontal y una altura entre 10 y 15 m.

La extracción de materiales pétreos con destino a la industria de la construcción creó un talud en el sector La Esperanza que se ha visto afectado por fenómenos de inestabilidad, causados por la ausencia de manejo de las aguas superficiales, sobre un terreno erosionable y de fuerte pendiente. Véase Plano 3.

### 2.3.2 Estratigrafía

La secuencia litológica presente corresponde a un relleno compuesto por materiales de deslizamiento y depósitos de coluvión del período Cuaternario y a rocas de la Formación Guaduas, cuya edad está comprendida entre los períodos Cretáceo Superior y Terciario Inferior. También se encuentra un delgado nivel de suelo residual pobre en componentes húmicos, de 40 a 60 cm de espesor, que no se diferenció para no enmascarar la geología del sector. Véase Plano 4.

### 2.3.2.1 Cuaternario

- **Depósitos de derrubios (Qdr)**

La ausencia de cobertura vegetal y la alta pendiente del talud favorecen el desprendimiento del material meteorizado de los niveles de arcillolita y arenisca de la Formación Guaduas, sobre los cuales está conformado el talud de la zona en estudio.

Sobre el sector oriental de este talud y cubriendo parte de los muros de algunas de las casas ubicadas en cercanías a él se presentan depósitos de derrubios, a manera de pequeños conos de sección truncada, los cuales están conformados por arcilla y algunos fragmentos de arenisca. Por su forma cónica, estos depósitos son de espesor variable alcanzando un valor promedio del orden de los 2 m.

- **Materiales de deslizamiento (Qd1, Qd2)**

Según el análisis de las fotografías aéreas 390 y 391 del vuelo R1131 del IGAC, después del año 1991 se presentaron dos deslizamientos sobre el talud en estudio. De estos fenómenos de remoción en masa se conserva la corona de deslizamiento y el material removido o materiales de deslizamiento. Los materiales removidos en el deslizamiento de la parte central del talud se denominan Qd1 y los removidos en el deslizamiento que afectó el extremo sur del talud se denominan Qd2. En general, estos materiales están conformados por fragmentos de roca arenisca y arcilla, dispuestos en forma caótica.

El espesor del depósito que conforman estos materiales es variable. Se estima que el correspondiente al deslizamiento de la parte central del talud alcanza un máximo de 4 m a 4,5 m, mientras que el del deslizamiento del sector sur, tiene un máximo de 2,5 m.

- **Relleno (Qr)**

Es un depósito medianamente consolidado, de espesor variable, con un máximo estimado de 2 m. Se localiza en el sector que correspondía al patio de la antigua cantera y está conformado fundamentalmente por material arcilloarenoso y algunos fragmentos de arenisca. Parte de este material corresponde a los estériles producto de la actividad extractiva.

- **Depósitos de coluvión (Qc)**

Estos depósitos son irregulares en su forma, distribución y composición. El coluvión que aflora en la parte media del talud en estudio, está compuesto por fragmentos angulares de arenisca de variado tamaño, soportados en matriz arcillosa, alcanzando un espesor máximo de 2 m. El coluvión que aflora en el sector sur del talud, está constituido por fragmentos predominantemente pequeños y angulares de arenisca, dispersos en matriz arcillosa. Este depósito alcanza un espesor de 2,4 m.

#### 2.3.2.2 Cretáceo - Terciario

- **Formación Guaduas (Tkg)**

La Formación Guaduas es una unidad de carácter arcilloso principalmente, aunque con importantes intercalaciones de arenisca. Su ámbito de formación es transicional entre marino y continental y su espesor varía entre 700 y 1000 metros. Esta formación genera un relieve normalmente deprimido.

En la zona de estudio aflora un segmento de la parte inferior de la Formación Guaduas. En la base de este segmento se encuentra un nivel de 2,0 m a 2,5 m de espesor de arenisca gris clara, cuarzosa, de grano medio, suprayacido por un paquete de aproximadamente 6,5 m a 7,0 m de espesor de arcillolitas grises laminadas; suprayaciendo la arcillolita se presenta otro nivel de 5 a 6 m de espesor de arenisca cuarzosa de grano medio; seguidamente se encuentra una secuencia de arcillolita gris laminada con intercalaciones de capas delgadas y medianas de arenisca gris, cuarzosa, de grano fino a medio, las cuales son más seguidas en la parte baja y van disminuyendo progresivamente hacia arriba.

### 2.3.3 Geología estructural

En el sitio de estudio, las capas de la Formación Guaduas están plegadas suavemente, formando un pequeño sinclinal, que produce variaciones en su inclinación.

La orientación general de la estratificación en el sector oriental del talud es NS/6°W y N10°-15°W/12°-13°SW, y en el sector sur es N8°W/3°NE y N83°W/18°NE. Fuera del sitio de estudio, en inmediaciones de la quebrada de Limas, la estratificación está orientada NS/28°E y N6°-30°E/22°-25°SE. El sinclinal definido tiene un eje con orientación general NS.

En el sector oriental del talud, en los afloramientos de los estratos de arenisca se midieron las discontinuidades correspondientes a la estratificación y a diaclasas. En cuanto a la

estratificación fue fácil seleccionar el más representativo, mientras que los datos de diaclasas se procesaron mediante el programa de computador Stereo, para obtener los sistemas principales tal como se ilustra en la Figura 1. En general, el macizo se encuentra fracturado, con las siguientes discontinuidades:

Estratificación N15°W/13°SW

Los planos de estratificación, en general, están bien definidos, paralelos y continuos. Las arcillolitas, aunque laminadas, conforman niveles o capas delgadas a muy gruesas, mientras que las areniscas se presentan en capas delgadas a gruesas.

Diaclasas:
Sistema 1 N82°W/82°NE
Sistema 2 N10°E/80°NW

Las diaclasas, agrupadas en estos dos sistemas principales, son discontinuas, muy próximas, planas, cerradas a ligeramente abiertas y abiertas, oxidadas, con relleno de arcilla blanda y rugosas.

### 2.3.4 Geomorfología

El sitio de estudio está localizado en la parte baja de la ladera occidental de una colina, sobre la margen derecha de la quebrada de Limas. Esta colina hace parte de los cerros suroccidentales de Santa Fe de Bogotá, que bordean el extremo sur de la sabana de Bogotá, los cuales conforman un relieve montañoso estructural plegado denudacional.

La ladera de la colina en referencia, sobre la cual se localiza el barrio, fue sometida a una fuerte intervención antrópica por la explotación antitécnica de los niveles de arenisca de la Formación Guaduas.

La actividad minera alteró las características morfométricas originales de la ladera, introduciendo taludes verticales y despojó la zona de la escasa cobertura vegetal nativa, dando lugar a que los procesos morfodinámicos degradativos actúen con mayor intensidad. La construcción de viviendas sin contar con alcantarillado pluvial dió origen a los procesos degradativos que actuaron con mayor intensidad. Las rondas de las quebradas El Zanjón y de Limas fueron invadidas y contaminadas con aguas servidas y basuras. Las basuras obstruyen periódicamente el cauce de la quebrada impidiendo el libre curso de las aguas. Esta obstrucción del cauce de dichas quebradas en las temporadas de lluvia conlleva a su desbordamiento, a la inundación de viviendas y las vías localizadas en su ronda y a daños en los puentes que las atraviesan.

Adicionalmente, en las temporadas de lluvia el crecimiento de la quebrada El Zanjón erosiona sus márgenes, ocasionando el desprendimiento de bloques y cantos rodados de los depósitos cuaternarios situados aguas arriba del sector de La Esperanza, los cuales obstruyen también su cauce y represa parcialmente la quebrada, con el subsiguiente desbordamiento de sus aguas.

### 2.3.5 Sismología

En el estudio de "Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá" elaborado por INGEOMINAS (1997), se definieron cinco zonas principales. La zona de Ciudad Bolívar, se ubica dentro de la Zona 1 - Cerros, de las establecidas en dicho estudio. La aceleración máxima (Am) establecida para esta zona es de 0,24 g.

Por otra parte, por su entorno geológico, Santa Fe de Bogotá se ubica en una zona de amenaza sísmica intermedia, con un valor de aceleración máxima probable de 0,20 g, según el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia.

Para el presente estudio se adoptó un valor de la aceleración máxima de diseño de 0,24 g.

## 2.4 GEOTECNIA

### 2.4.1 Descripción del problema

La actividad minera generó una morfología de pendientes fuertes y áreas de inestabilidad potencial. Los problemas de inestabilidad en este sitio son los siguientes:

- **Deslizamientos**

Hasta la fecha se han presentado varios eventos de este tipo. El más reciente, ocurrido a finales de 1997, fue de tipo rotacional y afectó el área sur de la zona en estudio, cercano a la quebrada El Zanjón, donde confluye un caño sin nombre. Involucró parte del depósito coluvial que se encuentra sobre suelos residuales de arcillolita y ocasionó el colapso de la vivienda ubicada en ese sitio; actualmente, se observan algunos escarpes y reptación de los suelos superficiales.

Anteriormente, se habían presentado otros deslizamientos, siendo el de mayor magnitud el que ocurrió en 1996 en la zona central del área, de tipo rotacional, que afectó las viviendas que se encontraban en este sitio, haciendo necesaria la reubicación de sus habitantes; este deslizamiento fue originado por infiltraciones de la red de alcantarillado e involucró parte

del depósito coluvial, los suelos residuales y la roca, arcillolita altamente meteorizada que conforma el talud.

- **Reptación**

Ocurre en las zonas central y sur del área estudiada y afecta suelos superficiales y el depósito coluvial, respectivamente. En ambos sitios se presenta concentración de humedad, en el primer caso proveniente de la parte alta de la ladera y en el segundo caso, proveniente del lecho de la quebrada que limita el talud de estudio en su extremo sur.

- **Caída de bloques**

Se presenta en la zona central del área en estudio, en el escarpe que quedó del deslizamiento rotacional citado anteriormente, donde aflora arenisca altamente fracturada, intercalada con niveles arcillosos. En el escarpe se observan algunos bloques que alcanzan hasta 1 m³ de volumen y que ocasionalmente se desprenden del talud.

- **Erosión hídrica**

Se presenta en forma de cárcavas y surcos como resultado de la falta de un sistema de recolección de aguas lluvias en las calles y sobre los taludes.

### 2.4.2 Zonificación geotécnica

Para la zonificación del área en estudio se evaluó la composición del subsuelo diferenciando los tipos de suelo, el tipo y grado de meteorización de la roca, el grado de fracturamiento de la misma y las condiciones particulares de drenaje y estabilidad, que se observaron en las inspecciones del terreno y en los reconocimientos geológicos y geotécnicos.

El talud de estudio se dividió en tres zonas geotécnicas homogéneas que corresponden a talud norte, talud central y talud sur, tal como se muestra en el Plano 3, las cuales se describen a continuación.

#### 2.4.2.1 Talud norte - Zona 1

Comprende la parte norte del escarpe, donde la altura de los taludes oscila entre 13 m y 15 m medidos a partir de la carrera 18 P. En la parte superior del talud se encuentran suelos residuales de arcillolita de espesor variable entre 0,40 m y 0,60 m, bajo los cuales aparece

arcillolita de color amarillento y gris, altamente meteorizada, intercalada con niveles delgados de arenisca. La arenisca se presenta altamente fracturada y hacia la base del talud se observan conos de material deslizado, que cubren el afloramiento rocoso. Los taludes tienen inclinación entre 55° y 90°.

En esta zona se identificaron procesos de erosión hídrica laminar, que afectan los suelos residuales superficiales, y erosión en cárcavas, que han dado origen a los conos de materiales deslizados que se observan en la base del talud.

#### 2.4.2.2 Talud central - Zona 2

Esta zona comprende el talud central del área de estudio, donde se encuentra el escarpe del deslizamiento ocurrido en 1996 que alcanza una altura máxima de 8 m. En la zona cercana a la corona del talud actualmente no existen viviendas, pues los habitantes afectados por el deslizamiento fueron reubicados.

En el escarpe se observa un depósito coluvial de espesor variable entre 1,5 m y 2,0 m, bajo el cual aparece arcillolita de color amarillento y gris altamente a completamente meteorizada, intercalada con bancos de arenisca de grano medio a fino muy fracturadas. En los niveles de arenisca las diaclasas se encuentran rellenas de arcilla y roca fracturada. Los taludes tienen inclinación entre 25° y 30° en el coluvión y entre 60° y 80° en el afloramiento de arcillolita.

Se identificaron procesos de erosión hídrica laminar, que afectan los suelos residuales, y localmente se presenta erosión concentrada con formación de cárcavas y erosión diferencial, que afecta los niveles de arcillolita y el relleno de arcilla en la arenisca fracturada. De los niveles de arenisca que afloran en esta zona se presentan caídas ocasionales de bloques.

En general, se presenta una mayor meteorización en los niveles de arcillolita, respecto a la Zona 1. Se observan zonas húmedas y el extremo de una tubería rota de aguas negras en la zona de deslizamiento, de una de las viviendas afectadas por este evento.

#### 2.4.2.3 Talud sur - Zona 3

Comprende el extremo sur del talud, donde confluye la quebrada El Zanjón con un caño sin nombre, allí se presentó el movimiento más reciente que involucró parte del depósito coluvial y los suelos residuales de arcillolita. Existen viviendas en la parte alta del talud y el escarpe dejado por el deslizamiento alcanza una altura de 5 m, con taludes entre 70° y 90°.

Se encuentra un depósito coluvial apoyado en suelos residuales de espesor variable entre 1,50 m y 2,40 m; bajo éstos se encuentra arcillolita completamente meteorizada. Estos últimos materiales se caracterizan por una mayor meteorización respecto a las zonas anteriores.

Se presentan procesos de erosión hídrica laminar y concentrada con formación de cárcavas y surcos, que afectan los materiales que constituyen el depósito; se observan algunos escarpes pequeños, indicativos de reptación de suelos y zonas de mayor concentración de humedad, sin afloramiento de agua.

### 2.4.3 Exploración geotécnica y ensayos

En desarrollo de los estudios realizados por Ingeominas en 1995 se efectuaron investigaciones geotécnicas que consistieron en la ejecución de dos perforaciones con taladro, pozo 1 y pozo 2, una trinchera y ensayos de laboratorio.

Los pozos 1 y 2 se ejecutaron hasta 8,33 m y 7,90 m, respectivamente, y la trinchera 1 se excavó hasta 2,70 m.

En el Plano 3 se muestra la localización de las exploraciones mencionadas y los registros de las exploraciones se presentan en el Anexo 2.

### 2.4.4 Ensayos de laboratorio

Con el fin de complementar las investigaciones anteriores, durante el presente estudio se tomaron tres muestras superficiales de los escarpes rocosos denominadas MM1 a MM3 para efectuar los ensayos de laboratorio.

Sobre el material de estas muestras, se realizaron ensayos con el objeto de determinar la composición granulométrica y propiedades índice para clasificación, cuyos resultados se resumen en la Tabla 1.

En los estudios realizados por Ingeominas se efectuaron ensayos de compresión inconfinada y de carga puntual, los cuales se utilizaron para determinar los parámetros de la masa rocosa, los cuales se presentan en el Anexo 2.

A continuación se describen los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio:

En los estudios de Ingeominas de 1995, se obtuvieron valores de resistencia en el ensayo de carga puntual $Is_{50}$ entre 0,15 MPa y 1,07 MPa de los núcleos de limolita de color gris verdoso con alguna oxidación, fracturada. En la arcillolita de color amarillo, los valores de

resistencia en el ensayo de carga puntual $Is_{50}$ oscilaron entre 0,31 MPa y 0,65 Mpa y en la arenisca de grano fino de color gris claro, bien cementada, con algo de oxidación, en estratificación masiva, los valores de resistencia en el ensayo de carga puntual $Is_{50}$ oscilaron entre 0,38 MPa y 2,7 MPa

De los ensayos de compresión inconfinada se obtuvieron los siguientes valores:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Peso unitario húmedo | 21,0 | a | 21,5 | kN/m³ |
| Peso unitario seco | 18,7 | a | 19,0 | kN/m³ |
| Humedad natural | 11,2% | a | 15,0% | |
| Resistencia a la compresión inconfinada | 862,4 | a | 1242,4 | kPa |

De los ensayos de clasificación efectuados a las muestras MM1 y MM2, las propiedades índice de los suelos residuales de la arcillolita presentaron los siguientes valores:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Grava | 2,4% | a | 2,5% |
| Arena | 19,3% | a | 26,5% |
| Fracción fina | 71,1% | a | 78,2 |
| Límite líquido | 33 | a | 38 |
| Índice de plasticidad | 13 | a | 19 |
| Clasificación USC | CL | | |

## 2.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

El inadecuado manejo de las aguas lluvias y residuales son la causa principal de los problemas de inestabilidad. Estos problemas se presentan de las siguientes maneras:

- El cambio en la cobertura del suelo de la parte superior del cerro ha incrementado los caudales de escorrentía en la cresta del talud.

- Las aguas de escorrentía no han tenido ningún manejo hidráulico y ambiental. Las velocidades de flujo son altas y crean erosión en el pie de los taludes, contribuyendo a la inestabilidad de la zona aledaña a la antigua cantera.

- La construcción de viviendas sobre la ronda del afluente de la quebrada El Zanjón, ha producido una alteración del drenaje natural.

- La falta de planificación de la construcción de viviendas en estos sectores ha producido una alteración del drenaje natural y dentro del área de explotación.

- Las redes de acueducto y alcantarillado son construidas por los habitantes del sector y en muchos casos se instalan defectuosamente, produciendo fugas permanentes de agua, que se infiltran en el terreno originando saturación de los suelos y subpresiones causando problemas de estabilidad de las laderas y afectando por consiguiente las viviendas.

- El caño y la quebrada El Zanjón ubicada en el sector en estudio no han tenido ningún manejo de tipo hidráulico y ambiental. Esto causa en ocasiones deslizamientos a lo largo de su recorrido como consecuencia de las altas velocidades de flujo y la erosión en el pie de los mismos, contribuyendo a la inestabilidad de la zona aledaña a las canteras.

## 2.6 PLANTEAMIENTO DEL ORIGEN DEL PROBLEMA

La actividad extractiva de materiales pétreos afectó un área de aproximadamente 0,4 ha, de una ladera con pendiente natural del orden de 25°. Como resultado de esta actividad se generó un talud con pendientes fuertes, de 110 m de longitud y una altura máxima de 15 m.

Los cortes efectuados para la explotación de la arenisca dejaron expuestos los niveles de arcillolita y el depósito coluvial que cubre parte de la zona. La explotación interfirió los drenajes naturales, constituidos por la quebrada El Zanjón y algunos de sus afluentes que vierten sus aguas a la quebrada de Limas. Posteriormente, se originó el asentamiento urbano del sector de La Esperanza, para el cual se efectuaron trabajos de reconformación, mediante nuevas excavaciones y construcción de rellenos, sin ningún control. Los procesos erosivos y de socavación se concentraron en los cauces y márgenes de las quebradas, situación que se agravó por el inadecuado manejo de aguas lluvias y negras de las viviendas levantadas en la zona.

Los procesos de inestabilidad que se presentan en este sector han sido originados por el inadecuado manejo de aguas lluvias y residuales sobre unos taludes con pendiente cercana a la vertical, que han ocasionado erosión y saturación de los suelos arcillosos. Contribuyeron en este proceso las características de los materiales que constituyen el depósito coluvial, los suelos cohesivos producto de la meteorización de rocas arcillosas, el fracturamiento y alteración de los niveles de arenisca.

La ubicación de las viviendas muy cerca de la corona y la base del talud generan un riesgo alto y contribuyen directamente en el origen de los fenómenos de inestabilidades que afectan el talud.

En la zona norte del talud, los fenómenos de inestabilidad comprenden principalmente fenómenos de erosión hídrica producida por las aguas de escorrentía, que descarga

directamente en la corona del talud y que provocan la caída de masas de arcillolita, principalmente, de poco espesor.

En las zonas central y sur, los deslizamientos que han tenido lugar afectan especialmente los niveles de arcillolita presentes en la parte media superior del talud. Estos fenómenos se han originado por la pendiente casi vertical del talud y la acción de las aguas lluvias y negras provenientes de las viviendas ubicadas en la parte alta del talud. En el sector central se observa, actualmente, el extremo de una tubería de aguas negras de una vivienda destruida por el deslizamiento, el cual pudo ser la causa detonante de la inestabilidad. En el talud sur, el terreno presenta una alta humedad debido a las aguas superficiales que descienden por la calle que desemboca en la parte de este sector del talud y, además, por el agua que pueda estar aportando el caño que baja por el extremo sur del área de estudio.

# 3. MEDIDAS CORRECTIVAS

Debido a las condiciones de alto riesgo en que se encuentran algunas viviendas del sector de La Esperanza, del barrio Juan Pablo II, es necesario poner en marcha obras y programas de ordenamiento urbano, tendientes a mitigar dicho riesgo.

Para estas obras se realizaron diseños geotécnicos encaminados a reconformar taludes y definir obras de contención, diseños hidráulicos y estructurales para las obras relacionadas con drenajes y manejo de aguas, definición de predios afectados para reubicación de algunas viviendas y diseño de obras de urbanismo y paisajismo y usos del suelo. Estos diseños se resumen a continuación.

## 3.1 DISEÑOS GEOTÉCNICOS

### 3.1.1 Análisis de estabilidad de los taludes

La estabilidad de los taludes del escarpe se analiza bajo mecanismos diferentes de falla, teniendo en cuenta su constitución rocosa o de suelo.

En el caso del talud rocoso, perteneciente a la Zona 1, se estudió la posibilidad cinemática de que se produzca un mecanismo de falla a lo largo de planos de discontinuidad. En la Figura 2 se presenta la proyección estereográfica de las discontinuidades existentes en la masa de roca y la orientación promedio de los taludes, en la cual se observa que existe la posibilidad cinemática de deslizamiento planar sobre la estratificación. Considerando un ángulo de fricción de las discontinuidades de cerca de 20°, el factor de seguridad para este tipo de falla resulta mayor que 1,5, lo cual permite descartar problemas de inestabilidad de los taludes por causa de las discontinuidades presentes en el macizo rocoso.

En el caso de la Zona 2, donde se ha presentado un deslizamiento que involucra una masa de cerca de 20 m de ancho y 5 m de profundidad, se llevó a cabo un análisis retrospectivo del deslizamiento, con el fin de deducir las condiciones en que puede encontrarse la masa inestable y determinar las propiedades de resistencia del material en el plano de falla existente. Para este análisis se han considerado condiciones variables de presiones de poros representadas por un valor de la relación de presión de poros, $r_u$, de 0, 0,1 y 0,2. En la Figura 3 se presentan la sección de análisis y los resultados del análisis de estabilidad.

Si se parte del hecho que en las condiciones actuales, la masa producto del deslizamiento se encuentra en un estado límite de estabilidad, con un factor de seguridad cercano a la unidad y con una relación de presión de poros relativamente alta, del orden de 0,15 a 0,2, debido al

continuo aporte de agua proveniente de una tubería del alcantarillado, ubicada directamente encima de la masa inestable, se llega a la conclusión de que el material a lo largo de la superficie de falla debe tener un ángulo de fricción cercano a 24° y una cohesión nula.

Los resultados del análisis retrospectivo de la masa inestable permite concluir, además, que al controlarse el aporte de agua sobre la masa de deslizamiento, su factor de seguridad se incrementa en una proporción del orden de 10%.

Para evaluar las características de resistencia de la masa rocosa de arcillolita se efectuó un análisis mediante el procedimiento de Hoek, el cual se presenta en la Figura 4.

Para dicho análisis se partió de un valor de resistencia a la compresión uniaxial de 1,1 MPa, el cual se obtuvo de los resultados de los ensayos de compresión inconfinada, mostrados en el Tabla 1.

Con base en los análisis, se concluye que es indispensable controlar todas las aguas lluvias y residuales de manera que se impida su descarga directa al talud y, con ello, la saturación del material. Asimismo, se requiere construir una obra de contención y modificar la pendiente del escarpe con el fin de incrementar el factor de seguridad del talud, para que cumpla con los criterios de seguridad mínimos establecidos en la práctica para este tipo de obras.

Para el diseño de las obras de contención y protección del talud se adoptan los siguientes valores de los parámetros de resistencia.

- Suelo arcilloso $\phi = 24°$ $C = 0$
- Arcillolita $\phi = 28°$ $C = 18$ kPa
- Arenisca $\phi = 35°$ $C = 40$ kPa

### 3.1.2 Diseño del muro de contención en suelo reforzado con geomalla

#### 3.1.2.1 Selección del tipo de muro

Entre las posibles alternativas de muros de contención (concreto reforzado, concreto gravedad o gaviones) se seleccionó el tipo de muro en suelo reforzado con geomalla por las siguientes razones:

- El muro es suficientemente flexible para acomodarse a posibles condiciones desfavorables de cimentación, compuestas por materiales relativamente blandos y deformables.

- Emplea para su construcción materiales de bajo costo y de fácil consecución, obtenidos de las excavaciones para la obra y en canteras cercanas.
- Su construcción es sencilla y rápida.

- Se adapta fácilmente a las características topográficas del talud por proteger.

Por todo lo anterior, este tipo de muro es el más favorable desde los puntos de vista técnico, constructivo y económico.

### 3.1.2.2 Propiedades de los materiales

En la construcción del muro en suelo reforzado se debe emplear un relleno esencialmente granular, bien gradado, con tamaño máximo de 64 mm y un contenido de finos (pasa tamiz 200) menor de 25%.

El índice de plasticidad de la fracción que pasa el tamiz 40 deberá ser menor o igual a 12 y no debe contener materia orgánica. Bajo estas condiciones, en el diseño se ha asumido un ángulo de fricción de 32° para el material de relleno del muro.

Como elemento de refuerzo se ha considerado una geomalla de poliester de alta resistencia, con una resistencia última a la tensión de 52 kN/m y una resistencia admisible de diseño a largo plazo de 23 kN/m. El factor de seguridad involucrado en este último valor es de 2,3, el cual incluye el factor de seguridad por creep de 1,5, por durabilidad de 1,25 y por daño en el sitio de 1,20.

### 3.1.2.3 Método de diseño

El método de diseño del muro en suelo reforzado con geomalla considera la estabilidad externa e interna del muro, la cual está relacionada a la resistencia al corte del suelo, la resistencia a la tensión de las capas de refuerzo y a la resistencia a la extracción de las capas de refuerzo dentro del relleno.

Los factores de seguridad empleados en los análisis de estabilidad son los siguientes:

- Estabilidad externa:

  - Deslizamiento $\geq$ 1,5
  - Volcamiento $\geq$ 2,0
  - Capacidad de soporte $\geq$ 2,0

- Estabilidad interna: $\geq$ 1,5
  - Extracción $\geq$ 1,5

- Estabilidad global $\geq$ 1,5 estático
  $\geq$ 1,0 sismo

Los análisis de estabilidad externa consideran el relleno reforzado como un bloque monolítico, para el cual se determinan los factores de seguridad para las tres condiciones anotadas arriba.

A partir de los análisis de estabilidad interna se obtiene el espaciamiento vertical de las capas de refuerzo, mediante un procedimiento de ensayo y error, en el cual se determina la longitud necesaria de geomalla para prevenir un excesivo movimiento horizontal de las capas de refuerzo a través del relleno y el estado admisible de esfuerzos aplicados a cada capa de refuerzo.

La estabilidad global del muro se estudia a partir de un análisis de estabilidad por el método de tajadas de Spencer, implementado en el programa Galena. En los análisis se asumió un ángulo de fricción de 24° y una cohesión nula debido a que la superficie potencial de falla considerada está limitada por el material suelto proveniente de un deslizamiento, considerando, además, que para la fundación del muro se remueven los suelos blandos e inestables existentes en el talud.

#### 3.1.2.4 Resultados

En el Anexo 3 se presentan las hojas de cálculo y los resultados de los análisis de la estabilidad global para la Sección B-B mostrada en la Figura 5. Con base en estos análisis se ha determinado la longitud, número y espaciamiento vertical de las capas de geomalla de refuerzo. La longitud de las capas de refuerzo está determinada por la condición de estabilidad del muro al deslizamiento.

En los Planos 5 y 6 se presentan las características del muro en suelo reforzado con geomalla.

### 3.1.3 Diseño de los taludes

Para el diseño de los taludes de excavación del escarpe existente se seleccionaron dos secciones, Secciones A-A y C-C, mostradas en el Plano 6, con el fin de establecer la pendiente óptima del talud. Estos taludes, como se observa en dicho plano están conformados por arcillolitas, con una intercalación de arenisca hacia su parte inferior, de 5,0 m de espesor, aproximadamente. En las Figuras 6 y 7 se incluye la superficie potencial de deslizamiento crítica y el factor de seguridad obtenido en condiciones estáticas y sin presiones hidrostáticas.

De acuerdo con las características de resistencia de los materiales, la estabilidad de los taludes está gobernada principalmente por la presencia del nivel de arenisca; por ello, la superficie potencial de deslizamiento crítica se desarrolla íntegramente dentro de los estratos de arcillolita.

El factor de seguridad del talud en la actualidad es del orden de 1,23, en promedio. Para incrementar este factor a un valor mayor de 1,5, se ha encontrado que el talud debe tenderse a una pendiente de por lo menos 1,5 H:1,0V, en promedio. Con este talud se obtienen los resultados que se muestran en las Figuras 8 y 9 .

## 3.2 DISEÑO DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS

Como medidas estructurales o físicas para el manejo de las aguas lluvias y las aguas residuales se proponen las siguientes:

- Rectificación del cauce natural en la zona de estudio.

- Canales, cunetas y estructuras de disipación para el manejo de aguas lluvias.

- Colectores principales para el manejo de las aguas residuales.

Como alternativa de manejo de las aguas lluvias y aguas residuales para el control de la estabilización de los taludes, se prevé la utilización de estructuras de conexión con los sistemas existentes más cercanos. Dichos sistemas deben operar separadamente para evitar problemas de contaminación en las fuentes naturales donde se realice la descarga. Se prevén las siguientes obras hidráulicas:

- Un colector principal de aguas residuales, que se conectará a la red de alcantarillado existente más cercana.

- Cunetas para drenaje de aguas lluvias, de sección trapezoidal en concreto, ubicadas en la corona del talud y a lo largo de la pata del talud hasta su descole al canal de entrega a la quebrada El Zanjón.

- Canalización del tramo del cauce natural, localizado dentro del sector en estudio que permitan recobrar la sección hidráulica para el manejo de los caudales para un período de retorno de 100 años, con base en las Normas de la EAAB y considerando que el canal está ubicado en zona de alta densidad poblacional.

- Recuperación de las rondas hidráulicas de una manera integral con los aspectos geotécnicos, sociales, ambientales y jurídicos para determinar la necesidad de traslado de los habitantes instalados en estas zonas.

- Relocalización del tramo inicial del colector de aguas residuales construido en el caño afluente a la quebrada El Zanjón, con el fin de reconformar su sección y permitir la construcción del canal que entregará a la quebrada El Zanjón.

Sobre el plano base del sector (Véase Plano 7) se delimitó la cuenca de drenaje y se determinaron los parámetros morfométricos como área de drenaje, longitud de recorrido del agua y pendiente de la cuenca, información utilizada posteriormente en el cálculo de los caudales máximos.

A continuación se presentan los criterios de diseño y dimensionamiento de las obras de manejo de aguas:

### 3.2.1 Estudios hidrológicos

#### 3.2.1.1 Lluvias

##### 3.2.1.1.1 Régimen de lluvias

En la zona el régimen de lluvias es bimodal, con dos períodos de lluvias, de abril a mayo y de septiembre a noviembre, y dos períodos secos, entre los meses de diciembre a marzo y de junio a agosto. Para la determinación del régimen pluvial se tomaron como base los registros históricos de la estación El Tunal, operada por la EAAB. [2], los cuales se presentan en la Tabla 2 y Figura 10.

##### 3.2.1.1.2 Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia

[2] Fuente. Estudios Geotécnicos Barrio Jerusalén Sector Canteras y Sector Nueva Argentina FASE II - INGEOMINAS, Diciembre de 1995.

Se utilizaron las curvas Intensidad - Duración - Frecuencia calculadas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, adoptando para diseño las ecuaciones correspondientes al sector en estudio.

### 3.2.1.2 Caudales

Cuando se carece de información hidrométrica, como es el caso del sector en estudio, es factible obtener los caudales máximos mediante un modelo matemático que tiene en cuenta las características hidrológicas y morfométricas propias de cada cuenca y permite relacionar los caudales de drenaje con la precipitación máxima que cae sobre la misma para diferentes períodos de retorno, asumiendo que el caudal así estimado tiene el mismo período de recurrencia que la precipitación que lo genera.

Se adoptó el modelo conocido como Método Racional, de muy sencilla aplicación en cuencas o subcuencas con extensión menor o igual a 2,5 $km^2$, cubriendo así la totalidad del área de drenaje del sector en estudio.

### 3.2.1.3 Período de retorno de diseño

El cálculo de los caudales máximos se realizó para períodos de retorno de 3, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Se adoptó para diseño, períodos de retorno de 10 años para cunetas, 25 y 50 años para canales y estructuras de disipación y 100 años en canal, cuneta y estructuras de disipación ubicados aguas arriba de asentamientos humanos, de acuerdo este último con las normas vigentes de la EAAB.

### 3.2.1.4 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo que toma el agua en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés.

De las diversas expresiones que se tienen para determinar este tiempo, en el presente estudio se adoptó la propuesta por Kirpich la cual se aplica bastante bien a cuencas pequeñas, y está representada por la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Tc = 3{,}9756 \times L^{077} \times S^{-0{,}385}}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración, en minutos

L = Longitud del cauce desde el sitio más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés, en kilómetros.
S = Pendiente ponderada del cauce, en (m/m).

Los resultados se presentan en la Tabla 3.

### 3.2.1.5 Caudales de diseño

La metodología más utilizada en hidrología para generar caudales en cuencas pequeñas o menores donde no existe información hidrométrica, consiste en la estimación del caudal suponiendo una intensidad uniforme de la precipitación para la duración total del evento. De esta forma, el caudal en un punto dado de la cuenca crecerá paulatinamente hasta alcanzar un valor máximo cuando la totalidad de la cuenca esté contribuyendo a la escorrentía en el sitio de concentración de las aguas, y permanecerá constante a partir de ese momento hasta que termine el evento de precipitación.

El procedimiento resultante para calcular el caudal máximo se conoce con el nombre de "Método Racional" y se expresa mediante la relación:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6}$$

Donde:

Q = Caudal máximo, ($m^3/s$)
C = Coeficiente de escorrentía.
I = Intensidad de la lluvia, (mm/h)
A = Área de drenaje, ($km^2$)

#### 3.2.1.5.1 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía, es aquel que relaciona el volumen total del agua precipitada con el volumen real de la escorrentía producido después de descontar las pérdidas por almacenamiento, retención e infiltración; es propio de cada cuenca y depende de la morfometría de ella, del tipo de suelo, de la cobertura y de la condición de humedad antecedente.

Para el coeficiente de escorrentía se siguieron los criterios presentados en el texto Applied Hydrology[3] . Con base en las características del suelo y la cobertura vegetal de las cuencas, se adoptó un coeficiente de escorrentía C de 0,80.

[3] Applied Hidrology, Ven Te Chow, Mc. Graw, Pág. 498, 1988

#### 3.2.1.5.2 Intensidad

La intensidad se selecciona para una duración igual a la del tiempo de concentración propio de la cuenca y para el período de retorno establecido; consecuentemente, el caudal calculado corresponderá a la creciente con una frecuencia igual a la de la precipitación con la intensidad seleccionada.

La intensidad de la lluvia en mm/h para los diferentes períodos de retorno se obtuvo a partir de las curvas Intensidad - Duración - Frecuencia, calculadas por la EAAB, obteniéndose los resultados que se indican en la Tabla 4 y en la Figura 11. Se considera que la duración de la lluvia de diseño en cada cuenca es igual al tiempo de concentración.

Los valores de los caudales máximos para las obras de drenaje se presentan en la Tabla 5.

### 3.2.2 Estudios hidráulicos

#### 3.2.2.1 Alcantarillado de aguas residuales

Para el predimensionamiento de los colectores de aguas residuales se adoptaron criterios de diseño de la EAAB. El predimensionamiento cubre únicamente el diseño del colector principal hasta conectarse con la red de alcantarillado existente, o en un punto donde posteriormente pueda ser integrado a futuros diseños de la red.

#### 3.2.2.1.1 Criterios generales

La cantidad de aguas residuales considerada para el diseño de cada uno de los colectores principales está integrada por las aguas residuales domésticas generadas por el sector en estudio. La estimación de caudales se realizó teniendo en cuenta la población aferente a cada tramo.

#### 3.2.2.1.2 Población de diseño

Para la determinación de caudales se consideró la población de saturación estimada para las áreas aferentes de los sectores en estudio, considerando una densidad de 1000 habitantes por hectárea, resultado obtenido del análisis de desarrollo y proyección socio económica de la población.

#### 3.2.2.1.3 Determinación de caudales

De acuerdo con lo establecido anteriormente, se estimó un consumo de agua potable (Dotación) de 190l/hab.día y según las Normas de Alcantarillado de la EAAB se adoptó un coeficiente de retorno del 85%.

A partir del caudal medio diario se estimó el caudal máximo horario del día máximo, aplicando el respectivo coeficiente recomendado por las normas de diseño. Se consideró una tasa de infiltración de 0,02 l/ha-s correspondiente a la zona de infiltración baja y un aporte de caudal por conexiones erradas igual al 20% del caudal pico de aguas negras.

Los colectores se dimensionaron con un caudal de diseño correspondiente a la sumatoria del caudal máximo horario del día máximo, el caudal de infiltración y el caudal por conexiones erradas.

- **Caudal medio diario**

El caudal medio diario está dado por la expresión:

Qmd = ( 1/86 400) x C x D x R x A

Donde:

Qmd: Caudal medio diario de aguas residuales, en l/s
C: Consumo por habitante, en l/hab.día
D: Densidad de población, en hab/ha
R: Coeficiente de retorno
A: Área residencial bruta, en ha

Qmd: (1/86 400) x 190 l/hab.día x 1000 hab/ha x 0,8 x A
Qmd: 1,76 l/s.ha x A

Para los diámetros de las tuberías véase Tabla 6.

- **Caudal máximo horario**

El caudal máximo horario del día máximo, Qmáx, es función del Qmd y se determinó mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{Qmáx = C_1 \times Qmd}$$

Donde: $C_1$ : Coeficiente que depende del valor del Qmáx.

### 3.2.2.1.4 Criterios hidráulicos

- **Condiciones de velocidad, caudales y pendientes**

Se adoptaron los siguientes criterios de velocidad real y caudal a tubo lleno, de acuerdo con la EAAB:

- Velocidad real: Mínimo 0,6 m/s , Máximo 5,0 m/s.
- Relación caudal real / Caudal tubo lleno Q/Qo : < = 80%.
- Pendientes: Las pendientes mínimas y máximas para cada colector serán función de la velocidad a tubo lleno.
- Se adoptó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,013 correspondiente a tubería de concreto.

- **Fuerza tractiva**

Se utilizará el concepto de fuerza tractiva, que es la fuerza necesaria para iniciar el movimiento de una partícula, garantizando la auto-limpieza de los colectores. Esta fuerza tractiva se puede definir como:

$$\tau = \gamma R S$$

Donde:

$\tau$: Fuerza tractiva [ Kg./$m^2$ ]
$\gamma$: Peso específico del agua [ Kg./ $m^3$ ]
**R**: Radio hidráulico [ m ]
**S**: Pendiente [ m/m ]

De acuerdo con las normas para colectores de 8" y 10" la fuerza tractiva no debería ser menor de 0,15 kg/$m^2$.

- **Perfiles de la tubería**

La profundidad de los colectores se determinó como la diferencia entre la cota rasante de la vía y la cota clave de la tubería. Se procuró minimizar los volúmenes de excavación. El recubrimiento mínimo sobre la cota clave de los colectores adoptado fue de 1,0 m con respecto a la rasante de la vía.

- **Pozos de inspección**

El pozo de inspección típico utilizado para las redes de alcantarillado de aguas residuales, será en ladrillo, con un cono de reducción de 0,80 m de altura variable según cotas de diseño.

En cada pozo de inspección la diferencia de nivel entre la cota batea de entrada y la cota batea de salida se estimó en mínimo 2 cm permitiendo en todo caso que esta caída adoptada no interfiera con el funcionamiento hidráulico del colector. Véase detalle del pozo de inspección en el Plano 8.

- **Cimentación de la tubería e instalación**

Para los colectores se adopta tubería en concreto y se tienen en cuenta las condiciones de cimentación, calculada con base en la carga debido al relleno, carga viva y carga total, el factor de carga y los tipos de relleno. La instalación de la tubería se hará en condición de zanja.

Con respecto al tipo de relleno, se tiene que para la cimentación se utilizará relleno seleccionado tipo Material Granular bien compactado, relleno Tipo 1, y para el resto de la zanja se usarán Tipo 3 y Tipo 5, de acuerdo con lo indicado en el Plano 8.

En general se tiene que para los diámetros de 8" y 10" se utilizará tubería de concreto con un factor de carga de 1,9. El ancho de las zanjas será de 0,65 m para tubería de 8" y de 0,7 m para la de 10".

### 3.2.2.2 Drenaje de aguas lluvias

Las obras de drenaje de aguas lluvias comprenden: canales, cunetas y estructura de disipación.

- **Metodología general del estudio**

Para el análisis hidrológico e hidráulico de estas estructuras se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Definición de las áreas de drenaje para cada una de las obras de drenaje.
- Cálculo del tiempo de concentración.

- Cálculo de la intensidad de los aguaceros para períodos de retorno de 10 años para cunetas, 25 y 50 años para canales y estructuras de paso y 100 años en canales y pasos ubicados aguas arriba de asentamientos humanos, de acuerdo con las curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia determinadas para la zonas de estudio.

- Determinación de los caudales de escorrentía máximos para el período de retorno adoptado.

- Predimensionamiento hidráulico de las cunetas, canal y estructura de disipación.

- **Criterios hidráulicos de diseño**

  - Cunetas y canal

  Las cunetas y el canal se dimensionaron para un caudal de 100 años mediante la aplicación de la fórmula de Manning de manera que las secciones, en la medida que los aspectos constructivos lo permitan, se aproxime a la más eficiente hidráulicamente. La Fórmula de Manning para flujo normal se expresa de la siguiente forma:

$$\mathbf{Q} = \frac{1}{n} \mathbf{A R^{2/3} S^{1/2}}$$

  Donde:

  n = Coeficiente de rugosidad de Manning
  A = Área de agua, en $m^2$
  R = Radio hidráulico, en m
  S = Pendiente de la línea de energía, en m/m.

El coeficiente de rugosidad de Manning adoptado para las estructuras en concreto fue de 0,013.

Los caudales de diseño se presentan en la Tabla 5 y el dimensionamiento de las cunetas y el canal en la Tabla 7.

En los Planos 7 y 8 se presentan las obras de manejo de aguas propuestas y en los Planos 9, 10 y 11 se presentan los detalles estructurales correspondientes

## 3.3 PREDIOS AFECTADOS

Dadas las condiciones de vulnerabilidad social, por su grado de Necesidades Básicas Insatisfechas en que vive la población del sector, en el diseño de las medidas estructurales de mitigación de los riesgos, se adoptó como criterio básico causar el menor efecto sobre las familias aledañas y sobre la infraestructura social existente. En el sentido de traslados involuntarios, atendiendo las políticas del Banco Mundial y el de la UPES frente a reasentamientos. Por ello las medidas de mitigación de los riesgos incluyen la remoción exclusiva de la población indispensable para construir el muro de contención y dejar un espacio de protección a lo largo de la parte alta y baja del talud.

En el sector de La Esperanza por causa de las obras, se verán afectados 27 viviendas. Las condiciones de las viviendas son precarias en su mayoría, construidas con madera combinada con zinc, techos en zinc y paredes en mampostería.

Allí se presenta una situación de urgencia en la reubicación, dado que en épocas de lluvias, fluyen constantemente las aguas arrastrando piedras y sedimentos. Las viviendas que quedan más expuestas ya han sufrido descargas de barro que motivan su evacuación.

La mitigación de los riesgos, involucra solucionar el problema de alcantarillado de aguas lluvias, acompañado de la obra de estabilización del talud. Esto a su vez lleva a recuperar este espacio, como un área verde con carácter de espacio público y posiblemente de recreación pasiva, con arborización adecuada y empradización, lo cual contribuye a suplir necesidades que al respecto tienen los habitantes.

En la siguiente tabla se presenta la información recogida en campo de los predios que se verán afectados, la cual incluye el número de ficha, la dirección, el nombre del propietario, área del predio, el número de pisos, el número de familias, el número de personas que la habitan y el uso del predio. Además, cada predio se ha identificado con un número de ficha de dicho de censo, las cuales se incluyen en el Anexo 4.

| CENSO DE PREDIOS AFECTADOS BARRIO JUAN PABLO II - SECTOR LA ESPERANZA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **FICHA No.** | **DIRECCIÓN** | **PROPIETARIO** | **AREA** | **No. PISOS** | **No. FAMILIAS** | **No. PERSONAS** | **USO** |
| 1 | Cra 18 p No 69 C 18 sur | Reinaldo Rodríguez/Propietario Rosa Herminda Patiño/Poseedor | 72m$^2$ | 1 | 1 | 6 | Vivienda |
| 2 | Cra 18 p No 69 C 20 sur | Victor Reinaldo Ordóñez | 60m$^2$ | 1 | 1 | 6 | Vivienda |
| 3 | Cra 18 p No 69 C 22 sur | Pablo Tocancipá | 37,5 m$^2$ | 1 | 1 | 5 | Vivienda |
| 4 | Cra 18 p No 69 D 02 sur | Bella Aurora Murillo | 78m$^2$ | 1 | 1 | 3 | Mixto Vivienda/ negocio |
| 5 | Cra 18 p No 69 D 08 sur | Irene Pinzón/ propietaria | 72m$^2$ | 1 | 1 | 4 | Mixto Vivienda/ |

| CENSO DE PREDIOS AFECTADOS BARRIO JUAN PABLO II - SECTOR LA ESPERANZA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **FICHA No.** | **DIRECCIÓN** | **PROPIETARIO** | **AREA** | **No. PISOS** | **No. FAMILIAS** | **No. PERSONAS** | **USO** |
| | | Carlos J.Jaramillo/ arrendatario | | | | | panadería |
| 6 | Cra 18 p No 69 D 14 sur | Héctor Escandón | 81m$^2$ | 1 | 1 | 7 | Mixto Vivienda/ tienda |
| 7 | Cra 18 p No 69 D 24 sur | Jorge Iván Botero | 100m$^2$ | 2 | 2 | 6 | Vivienda |
| 8 | Cra 18 p No 69 D 30 sur Dg. 70 sur No 18 Q 92 | Leopoldina Ruiz de Ángel | 100m$^2$ | 1 | 2 | 8 | Vivienda |
| 9 | Dg 70 sur No 18 Q 88 | Ismael A. Fuentes | 98m$^2$ | 2 | 2 | 13 | Vivienda/ panadería |
| 10 | Dg 70 sur No 18 Q 84 | Elsy | 72m$^2$ | 1 | 1 | 4 | Vivienda |
| 11 | Dg 70 sur No 18Q 80 | Isidoro Arismendi | 72m$^2$ | 1 | 1 | 6 | Vivienda |
| 12 | Dg. 70 sur No 18 Q 76 | Pedro Romero | 72m$^2$ | 1 | 2 | 12 | Vivienda |
| 13 | Dg 70 sur No 18 Q 72 | Sin información | 72m$^2$ | 1 | --- | X | Pequeña industria |
| 14 | Dg 70 sur No 18 Q 68 | Silvia Niño | 72m$^2$ | 1 | 1 | 2 | Vivienda |
| 15 | Dg 70 sur No 18Q 22 | Mario Tulio Cui | 72m$^2$ | 1 | 1 | 5 | Vivienda |
| 16 | Dg 76 sur No 18 Q 60 (16) | María Isabel Contreras/ Salatiel Pulido | 72m$^2$ | 1 | 1 | 5 | Vivienda |
| 17 | Dg 70 sur No 18 Q 56 (10) | Angel María Cruz/ Rosa Celina Beltrán | 72m$^2$ | 1 | 1 | 6 | Vivienda |
| 18 | Dg 70 sur No 18 Q 52 | Héctor Escandón | 72m$^2$ | 1 | --- | --- | Vivienda |
| 19 | Sin nomenclatura | Esteban Vargas | 72m$^2$ | Solo paredes | ---- | ---- | Vivienda |
| 20 | Cra 18 K No 69 B 75sur | Abel Forero | 72m$^2$ | 1 | 1 | 6 | Vivienda |
| 21 | Cra 18 K No 69 B 70 sur | Juan Clemente Martínez | 72m$^2$ | 1 | 1 | 3 | Vivienda |
| 22 | Cra 18 K No 69 B 66 sur | Benjamín Romero | 72m$^2$ | 1 | 1 | 7 | Vivienda |
| 23 | Cra 18 p No 69 D 20 sur | Rosa Elia Pulido/Epimenio Suárez Pulido | 72m$^2$ | 1 | 1 | 6 | Vivienda |
| 24 | Clle. 69C sur No. 18K-22 | Elson Quiza Narvaez (propietario) | 72 m² | 1 | 1 | 6 | Vivienda |
| 25 | Clle. 69C sur No. 18K-20 | Carlos Alberto Jiménez | 72 m² | 1 | 1 | 5 | Vivienda |
| 26 | Clle 69C sur No. 18K-18 | Fabiola Alvarez Aguirre | 72 m² | 1 | 1 | 5 | Vivienda |
| 27 | Clle 69C sur No. 18K-27 | Martha Lebro/ Aceneth Bejarano | 72 m² | 1 | 1 | 6 | Vivienda |

## 3.4 OBRAS DE URBANISMO, PAISAJISMO Y USOS DEL SUELO

El área de riesgo, objeto del plan de mejoramiento urbano y reducción de riesgos por inestabilidad de los taludes, está delimitada por vivienda en las partes alta y baja del talud; cuenta con una vía de acceso en la parte superior del talud y en la parte baja existen vías que circundan la zona de estudio.

El área carece de servicios de alcantarillado, teléfonos públicos, vías pavimentadas y gas, al igual que carece de un centro de salud, jardines infantiles y otros equipamientos comunales.

Ante la necesidad de evacuar la zona de riesgo potencial, el planteamiento arquitectónico se concentra en la organización de las áreas que quedarán disponibles después de ejecutadas

las obras de estabilidad, mediante la creación de zonas de recreación pasiva, senderos peatonales, plazoletas, parque infantil y calles peatonales; estas últimas conectarán la parte inferior y superior del talud a través de ejes de circulación formados por la conexión de las vías existentes. La plazoletas dispondrán de bancas, iluminación y árboles.

En la parte baja del talud se propone la construcción de dos escaleras, cada una en un extremo del talud, con el fin de salvar la altura que representa la conformación de los nuevos taludes.

Para mejorar la estabilidad de los taludes y contribuir al enriquecimiento del paisaje, se plantea la siembra de árboles y césped.

Igualmente se propone que a las viviendas del sector se les lleven servicios tales como vías, iluminación y teléfonos públicos.

En los Planos 12, 13 y 14 se presentan los diseños y detalles arquitectónicos y paisajísticos.

# 4. CRONOGRAMA DE OBRAS Y SEÑALAMIENTO DE PRIORIDADES

Con el propósito de mitigar los riesgos existentes en el sector de Juan Pablo II-Sector La Esperanza se establecen las siguientes prioridades:

- Definición de áreas de alto riesgo y reglamentación sobre el uso de la zona.
- Demolición de 27 viviendas y reubicación de sus moradores.
- Construcción de las obras de manejo de aguas.
- Reconformación del escarpe y construcción del muro de contención en suelo reforzado con geomalla.
- Obras de urbanismo y de recuperación de espacios públicos y paisajismo.

En la Tabla 8 se presenta el cronograma de las obras a ejecutar de acuerdo con las prioridades establecidas.

# 5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO, SEGUIMIENTO E INSTRUMENTACIÓN

Durante y después de la ejecución de las obras correctivas es importante hacer un seguimiento y/o instrumentación a la zona afectada con el fin de evaluar la estabilidad con el tiempo y/o hacer los correctivos necesarios una vez se detecten los problemas

Los principales parámetros por medir durante la evaluación de la estabilidad son los movimientos superficiales, tanto horizontal como vertical, y los caudales de agua captados por los sistemas de drenaje subsuperficiales.

El monitoreo o seguimiento se debe realizar tanto a corto plazo, es decir durante la ejecución de las excavaciones para la realización de las obras correctivas, como a largo plazo, una vez se hayan ejecutado las obras remediales.

Llevar a cabo un programa completo de instrumentación, como es lo ideal, resulta algo costoso y de difícil mantenimiento; por lo tanto para el seguimiento de estas obras se recomienda un programa muy sencillo y de bajo costo, que requiere un seguimiento periódico para la efectividad de los resultados.

Las medidas recomendadas para el seguimiento y monitoreo de las obras son las siguientes:

- Reconocimiento visual periódico de la zona. Inspecciones detalladas a la zona cada 90 días como máximo, las cuales se deberán intensificar en periodos de lluvia, especialmente después de aguaceros fuertes.

- Medición de movimientos horizontales y verticales. Durante la construcción se deben colocar puntos de control topográfico en la superficie del muro y en algunos otros puntos sobre los taludes, los cuales se deben controlar con una frecuencia no menor de dos veces al año.

- Mantenimiento de las obras de drenaje superficial, mediante un programa de limpieza de las estructuras.

- Mantenimiento de la protección y revestimiento de las superficies del muro y los taludes.

# 6. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En el Anexo 5 se presentan los planos de construcción para la ejecución de las obras recomendadas y en el documento UPES-CB-022 se presentan las especificaciones técnicas de construcción. Estas especificaciones se han preparado de manera que puedan aplicarse a los trabajos de construcción previstos para los ocho sitios incluidos en el Grupo 1 de Ciudad Bolívar.

A continuación se presenta el listado de planos de construcción para este sector:

| Plano | Título |
|---|---|
| 1 | Localización General. |
| 2 | Sitio 1.7: Barrio Juan Pablo II - Sector La Esperanza. Topografía. |
| 3 | Sitio 1.7: Barrio Juan Pablo II - Sector La Esperanza. Geología. Planta. |
| 4 | Sitio 1.7: Barrio Juan Pablo II - Sector La Esperanza. Geología. Secciones. |
| 5 | Sitio 1.7: Barrio Juan Pablo II - Sector La Esperanza. Obras de Estabilización. Planta. |
| 6 | Sitio 1.7: Barrio Juan Pablo II - Sector La Esperanza. Obras de Estabilización. Secciones. |
| 7 | Sitio 1.7: Barrio Juan Pablo II - Sector La Esperanza. Localización General de Obras de Manejo de Aguas. |
| 8 | Sitio 1.7: Barrio Juan Pablo II - Sector La Esperanza. Obras de Manejo de Aguas. |
| 9 | Obras de Manejo de Aguas. Dimensiones y Refuerzo I. |
| 10 | Obras de Manejo de Aguas. Dimensiones y Refuerzo II. |
| 11 | Sitio 1.7: Barrio Juan Pablo II - Sector La Esperanza. Canal y Estructura de Entrega. Dimensiones y Refuerzo. |
| 12 | Barrio Juan Pablo II - Sector La Esperanza. Obras Arquitectónicas. Planta. |
| 13 | Detalles Arquitectónicos I. |
| 14 | Detalles Arquitectónicos II. |

# 7. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

En la Tabla 9 se presentan las cantidades de obra y el presupuesto aproximado de cada una de las obras previstas. Para los precios unitarios se ha utilizado las tarifas de Construdata, según lo acordado con la interventoría de estos estudios.

# INFORME FINAL

# SITIO 1.7: BARRIO JUAN PABLO II-SECTOR LA ESPERANZA

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN ..... 1

2. RESUMEN DEL DIAGNÓSTICO ..... 2
2.1 GENERALIDADES ..... 2
2.1.1 Información de referencia ..... 2
2.1.2 Contexto barrial ..... 3
2.2 TOPOGRAFÍA ..... 4
2.3 GEOLOGÍA ..... 5
2.3.1 Descripción del área de estudio ..... 5
2.3.2 Estratigrafía ..... 5
2.3.2.1 Cuaternario ..... 6
2.3.2.2 Cretáceo - Terciario ..... 7
2.3.3 Geología estructural ..... 7
2.3.4 Geomorfología ..... 8
2.3.5 Sismología ..... 9
2.4 GEOTECNIA ..... 9
2.4.1 Descripción del problema ..... 9
2.4.2 Zonificación geotécnica ..... 10
2.4.2.1 Talud norte - Zona 1 ..... 10
2.4.2.2 Talud central - Zona 2 ..... 11
2.4.2.3 Talud sur - Zona 3 ..... 11
2.4.3 Exploración geotécnica y ensayos ..... 12
2.4.4 Ensayos de laboratorio ..... 12
2.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA ..... 13
2.6 PLANTEAMIENTO DEL ORIGEN DEL PROBLEMA ..... 14

3. MEDIDAS CORRECTIVAS ..... 16
3.1 DISEÑOS GEOTÉCNICOS ..... 16
3.1.1 Análisis de estabilidad de los taludes ..... 16
3.1.2 Diseño del muro de contención en suelo reforzado con geomalla ..... 17

3.1.2.1 Selección del tipo de muro ..... 17

3.1.2.2 Propiedades de los materiales ..... 18
3.1.2.3 Método de diseño ..... 18
3.1.2.4 Resultados ..... 19
3.1.3 Diseño de los taludes ..... 19
3.2 DISEÑO DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS ..... 20
3.2.1 Estudios hidrológicos ..... 21
3.2.1.1 Lluvias ..... 21
3.2.1.2 Caudales ..... 22
3.2.1.3 Período de retorno de diseño ..... 22
3.2.1.4 Tiempo de concentración ..... 22
3.2.1.5 Caudales de diseño ..... 23
3.2.2 Estudios hidráulicos ..... 24
3.2.2.1 Alcantarillado de aguas residuales ..... 24
3.2.2.2 Drenaje de aguas lluvias ..... 28
3.3 PREDIOS AFECTADOS ..... 29
3.4 OBRAS DE URBANISMO, PAISAJISMO Y USOS DEL SUELO ..... 31

4. CRONOGRAMA DE OBRAS Y SEÑALAMIENTO DE PRIORIDADES ..... 33

5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO, SEGUIMIENTO E INSTRUMENTACIÓN ..... 34

6. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ..... 35

7. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO ..... 36

TABLAS
FIGURAS
PLANOS
ANEXOS

# LISTA DE TABLAS

1. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

2. REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL. ESTACIÓN TUNAL. EAAB.

3. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LAS CUENCAS DE DRENAJE.

4. CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA.

5. DETERMINACIÓN DE CAUDALES.

6. DIMENSIONAMIENTO DEL ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES.

7. CÁLCULO DIMENSIONES DE CANALES Y CUNETAS.

8. CRONOGRAMA DE LAS OBRAS

9. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO.

# LISTA DE FIGURAS

1. CONTORNOS DE DENSIDAD DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES.

2. MODOS DE DESLIZAMIENTO DE BLOQUES.

3. ANÁLISIS RETROSPECTIVO. SECCIÓN 2-2.

4. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA MASAS DE ROCA FRACTURADA.

5. MURO EN SUELO REFORZADO CON GEOMALLA. ESTABILIDAD GLOBAL. SECCIÓN B-B

6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD. TALUD NATURAL. SECCIÓN A-A.

7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD. TALUD NATURAL. SECCIÓN C-C.

8. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD. TALUD EXCAVADO. SECCIÓN A-A.

9. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD. TALUD EXCAVADO. SECCIÓN C-C.

10. HISTOGRAMA ESTACIÓN EL TUNAL.

11. CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA.

# LISTA DE PLANOS

1 LOCALIZACIÓN GENERAL.

2 SITIO 1.7: BARRIO JUAN PABLO II - SECTOR LA ESPERANZA. TOPOGRAFÍA.

3 SITIO 1.7: BARRIO JUAN PABLO II - SECTOR LA ESPERANZA. GEOLOGÍA. PLANTA.

4 SITIO 1.7: BARRIO JUAN PABLO II - SECTOR LA ESPERANZA. GEOLOGÍA. SECCIONES.

5 SITIO 1.7: BARRIO JUAN PABLO II - SECTOR LA ESPERANZA. OBRAS DE ESTABILIZACIÓN. PLANTA.

6 SITIO 1.7: BARRIO JUAN PABLO II - SECTOR LA ESPERANZA. OBRAS DE ESTABILIZACIÓN. SECCIONES.

7 SITIO 1.7: BARRIO JUAN PABLO II - SECTOR LA ESPERANZA. LOCALIZACIÓN GENERAL DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS.

8 SITIO 1.7: BARRIO JUAN PABLO II - SECTOR LA ESPERANZA. OBRAS DE MANEJO DE AGUAS.

9 OBRAS DE MANEJO DE AGUAS. DIMENSIONES Y REFUERZO I.

10 OBRAS DE MANEJO DE AGUAS. DIMENSIONES Y REFUERZO II.

11 SITIO 1.7: BARRIO JUAN PABLO II - SECTOR LA ESPERANZA. CANAL Y ESTRUCTURA DE ENTREGA. DIMENSIONES Y REFUERZO.

12 BARRIO JUAN PABLO II - SECTOR LA ESPERANZA. OBRAS ARQUITECTÓNICAS. PLANTA.

13 DETALLES ARQUITECTÓNICOS I.

14 DETALLES ARQUITECTÓNICOS II.

# LISTA DE ANEXOS

1. TOPOGRAFÍA.
2. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS.
3. MEMORIAS DE DISEÑO GEOTÉCNICO.
4. PREDIOS CENSADOS.
5. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN.

# ANEXO 1
# TOPOGRAFÍA

# ANEXO 2
# INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

# ANEXO 3
# MEMORIAS DE DISEÑO GEOTÉCNICO

# ANEXO 4
# PREDIOS CENSADOS

# ANEXO 5
# PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

# TABLAS

# FIGURAS

# ANEXOS

## LISTA DE DISTRIBUCIÓN

Copias de este documento han sido entregadas a las siguientes dependencias de la UPES - FOPAE e Ingetec S. A. Las observaciones que resulten de su revisión y aplicación deben ser informadas a la Dirección del Proyecto para proceder a realizar sus modificaciones:

| **DEPENDENCIA** | | **No. DE COPIAS** |
|---|---|---|
| Copias 1 y 2 | - UPES - FOPAE | 2 |
| Copia 3 | - Ingetec S. A. - Director del Proyecto | 1 |

## ÍNDICE DE MODIFICACIONES

| Índice Revisión | Sección Modificada | Fecha de Modificación | Observaciones |
|---|---|---|---|
| 0 | | 1998-06-30 | Versión Original |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

## REVISIÓN Y APROBACIÓN

| | |
|---|---|
| Contrato No.: | **1314 - 110 - 97** |
| Título Documento: | Informe Final Sitio 1.7. Barrio Juan Pablo II - Sector La Esperanza |
| Documento No.: | **UPES - CB - 021** |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Número de Revisión** | | **0** | **1** | **2** | **3** |
| **APROBACIÓN** | Responsables por elaboración | Nombre | A. Cubillos | | | |
| | | | G. Gómez | | | |
| | | | B. Díaz | | | |
| | | | M. P. Chávez | | | |
| | | | G. Moreno | | | |
| | | Firma | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | Fecha | 1998 - 06 - 30 | | | |
| | Vo. Bo. Coordinador Programa de Calidad | Nombre | C. Acero | | | |
| | | Firma | | | | |
| | | Fecha | 1998 - 06 - 30 | | | |
| | Vo. Bo. Dirección del Proyecto | Nombre | F. Amaya | | | |
| | | Firma | | | | |
| | | Fecha | 1998 - 06 - 30 | | | |