INFORME FINAL

SITIO 1.4: BARRIO BUENOS AIRES

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 1.4 denominado Buenos Aires, ubicado en la carrera 17B entre la diagonal 76 sur y la calle 76C sur. El sitio corresponde a una antigua cantera de explotación de arcilla para una ladrillera, el cual se ha poblado con familias de escasos recursos a su alrededor, sin ninguna recuperación o adecuación urbanística. En el Plano 2 se presenta el sector de estudio.

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, 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, junto con los planos de construcción, las cantidades de obra y el presupuesto.

Las especificaciones técnicas 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 de Bogotá, en la zona correspondiente a lo hoy conocido como Ciudad Bolívar (Localidad 19), donde se localiza el barrio Buenos Aires, 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, Buenos Aires, corresponde a una zona utilizada para extracción de arcilla, por parte de una ladrillera. Posteriormente, esta actividad fue abandonada sin realizar obras de recuperación y adecuación de los cortes efectuados, y fueron conformados rellenos con depósitos de escombros y basuras. A continuación la cantera y el área aledaña fueron ocupadas por viviendas, sin efectuar obras de urbanismo, creando así una zona de riesgo para sus habitantes.

De acuerdo con informaciones de la UPES, en 1995 y 1996 se presentaron emergencias por deslizamientos, que obligaron a evacuar varias viviendas.

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.

2.1.2 Condiciones del sector

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, Lima 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].

La zona de estudio en el barrio Buenos Aires 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 93 825, E 93 200 y elevación 2605 msnm. La zona está limitada según la nomenclatura del área entre la diagonal 76 sur y la calle 76 C sur, hacia el sector oeste de la carrera 17 B.

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 Buenos Aires.

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

En el sector en riesgo de Buenos Aires hay 80 predios, de los cuales 72 corresponden a viviendas ya construidas en las cuales habitan aproximadamente 370 personas. Las personas que habitan en estas viviendas se encuentran en estado de hacinamiento, razón por la cual fue difícil la consecución de información demográfica. La infraestructura social con la que cuenta el barrio, en especial en el sector en riesgo, es bastante precaria. No cuentan con los servicios básicos, no hay espacios destinados a la recreación, ni tampoco espacios públicos. Puede decirse que están en condiciones de pobreza absoluta.

El barrio, sin embargo, tiene un proceso interesante de organización y esfuerzo comunitario, a través del cual se han alcanzado logros importantes. A nivel de educación se consiguió la construcción de un centro educativo, convertido en escuela distrital primaria, gracias a recursos aportados por la comunidad con la venta del cocinol y la gestión ante la alcaldía de la localidad con lo cual se consiguieron recursos del Fondo de Desarrollo Local y de la Secretaría de Educación.

También se consiguió un salón comunal, que durante siete años sirvió de infraestructura física para el funcionamiento de la escuela y actualmente se proyecta como una futura biblioteca comunitaria.

A nivel de salud, la mayoría de familias están inscritas en el programa de beneficiarios del SISBEN y acuden en general al Centro de Salud de Vista Hermosa, en razón a que en el barrio no existe un centro de éstos.

En relación con los servicios públicos, de acuerdo con los planos oficiales de la EAAB, en el sector no hay servicios de acueducto y alcantarillado oficiales. Si bien el servicio existe parcialmente (cuentan con agua sólo algunas horas del día), se realiza con redes no legalizadas que fueron construidas por el urbanizador o la comunidad. No existen tampoco redes oficiales de alcantarillado de aguas lluvias.

La EEB factura el servicio de energía con tarifa básica, pues aún no hay contador. La conexión de energía se realiza directamente de los postes.

Los servicios públicos tienen carácter de ilegal en algunos sectores, en razón a que el barrio ha sido legalizado por sectores, debido a que fue construido por etapas, por tres urbanizadores distintos. Al hacer el trámite de desenglobe y legalización se obtuvieron los servicios parcialmente y otros sectores construidos posteriormente en la periferia y la zona inestable se quedaron sin servicios legalizados.

En el programa de reubicación por riesgos de la UPES no está considerado ningún predio del barrio Buenos Aires. Además, ninguna de las familias censadas en este estudio está en proceso de negociación para su reubicación, según la información de sus habitantes.

2.2 TOPOGRAFÍA

Los trabajos geodésicos y topográficos ejecutados para este sitio, se referenciaron de dos puntos con mojón en concreto y platina metálica, identificados con los nombres de 7-BA y 8-BA, 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 como complemento por la magnitud de la topografía.

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 generada 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 en estudio

La extracción de arcillas con destino a la industria de la construcción creó un talud en el barrio Buenos Aires que se ha visto afectado por fenómenos de inestabilidad, generados por la infiltración de aguas lluvias y la carencia de alcantarillado.

Este talud es de vertical a subvertical, tiene dirección general N35°-40°E, longitud aproximada de 100 m y altura entre 5 y 13 m, el cual se detalla en el Plano 3.

2.3.2 Estratigrafía

La secuencia litológica está conformada por depósitos del período Cuaternario, representados por materiales de deslizamiento, materiales de deslizamiento mas rellenos y coluvión, y por arcillolitas del período Terciario, pertenecientes a la Formación Bogotá. El talud mencionado está constituido por coluvión, con excepción de su extremo sur, en donde la mitad superior está compuesta por arcillolitas. También se encuentra un delgado nivel de suelo pobre en componentes húmicos, que no se diferenció por su poco espesor. Véase Plano 4.

2.3.2.1 Cuaternario

- **Materiales de deslizamiento y rellenos (Qd+r, Qd)**

Conformados por suelo y material arcillolimoso que engloba fragmentos y bloques de arenisca provenientes del depósito de coluvión, escombros y basuras. Estos materiales se agrupan en la unidad Qd+r, a excepción de los correspondientes al deslizamiento más reciente, los cuales son denominados Qd. Los depósitos conformados por estos materiales alcanzan espesores del orden de los 3,5 m según la perforación PT-BA-01 y los apiques AP-BA-01 y AP-BA-02. Véanse Plano 4 y Anexo 2.

- **Depósito de coluvión (Qc)**

Conformado por algunos fragmentos y bloques de arenisca dispersos y soportados en matriz arcillolimosa de color pardo, cuyo espesor es variable, alcanzando en algunos sitios de 3,5 a 4,0 m.

Este depósito se dispone discordantemente sobre arcillolitas de la Formación Bogotá.

2.3.2.2 Terciario

- **Formación Bogotá (Tb)**

La Formación Bogotá yace concordantemente sobre la Formación Cacho y está conformada en general por arcillolitas, lodolitas y arcillolitas limosas rojo-grisáceas, en parte púrpuras y gris verdosas, pobremente estratificadas, con intercalaciones locales de lentejones de arenisca de grano fino a medio, friables. Los sedimentos de esta formación se depositaron en ambiente continental durante el periodo Terciario. Su espesor se estima entre 450 y 800 metros.

En el sector de Buenos Aires está representada por una gruesa secuencia de arcillolita morada, plástica, masiva.

2.3.3 Geología estructural

Las capas de la Formación Bogotá hacen parte del flanco occidental del sinclinal de Usme y presentan orientación general N45° - 50°E/24° - 40°SE.

En el apique AP-BA-02 localizado al extremo sur de la zona de estudio, se identificaron los siguientes sistemas de discontinuidades, procesados con el programa Stereo y representados en la Figura 1.

Estratificación: N46°E/34°SE

Diaclasas
Sistema 1 N68°W/84°NE
Sistema 2 N35°E/79°NW

La estratificación de las arcillolitas es masiva, caracterizada por planos muy separados de poca continuidad.

Las diaclasas son discontinuas, bastante próximas, planas, cerradas, sin relleno, lisas y secas. Determinan un macizo rocoso moderadamente fracturado.

2.3.4 Geomorfología

El sitio de estudio se localiza sobre una zona baja o deprimida, suavemente ondulada, que hace parte de un glacis de acumulación, dispuesto sobre una unidad de relieve estructural plegado bajo, como consecuencia de la erosión. Los materiales que conforman esta unidad agradacional son producto de la erosión de las rocas que conforman las laderas de los cerros circundantes. Dichos materiales fueron transportados por el agua de escorrentía o rodaron por acción de la gravedad hasta la parte inferior de las laderas y áreas bajas circundantes, donde se acumularon en forma caótica. Las arcillolitas de la Formación Bogotá conforman el relieve estructural plegado bajo.

Sobre estos terrenos se ha ejercido una fuerte intervención antrópica representada principalmente por la extracción antitécnica y desordenada de las arcillolitas de la Formación Bogotá, que alteró sus características morfométricas originales. Las aguas infiltradas saturan los materiales líticos presentes, provocando su falla y dando origen a deslizamientos de pequeña y mediana magnitud.

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, activados por el deficiente drenaje de aguas negras y lluvias. Los problemas de estabilidad en este sitio son los siguientes:

- **Deslizamientos**

Recientemente se produjo un deslizamiento de tipo rotacional que involucró parte del depósito coluvial. La masa inestable que tiene un espesor entre 3,5 m y 4,0 m, cubrió un área aproximada de 300 m² y afectó dos de las construcciones sobre el talud y la vía localizada en la corona del mismo, en el extremo norte. Así mismo terminó de destruir las tuberías de aguas negras y actualmente continúa el aporte de aguas negras hacia la zona del movimiento. Esto hace que continúe el riesgo de nuevos deslizamientos, así el depósito coluvial que suprayace a la arcillolita en las condiciones actuales parezca estable y únicamente sometido a procesos de erosión hídrica superficial. En condiciones de mayor humedad hay peligro de destrucción de las viviendas localizadas sobre este depósito y en el área adyacente inferior.

- **Caída de bloques**

Hacia el costado sur del área en estudio se observan algunos bloques de hasta un metro cúbico de diámetro, que forman parte del depósito coluvial. El proceso de erosión actual remueve la matriz de este depósito y produce desprendimiento de los bloques inmersos en ella.

2.4.2 Zonificación geotécnica

Se evaluó la composición del subsuelo diferenciando los tipos de suelo según sus características geológicas, 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.

Se delimitaron las zonas cubiertas por depósitos cuaternarios representados por coluviones o depósitos de ladera y rellenos antrópicos. También se delimitaron las zonas donde se presenta meteorización de la roca, que da origen a suelos residuales, los cuales se diferenciaron de los otros horizontes de roca. El área se dividió en tres zonas que corresponden a la zona alta, media y baja del talud, tal como se muestran en el Plano 3.

2.4.2.1 Zona 1

Comprende el área cubierta por depósitos coluviales (Qc), los cuales se localizan en la parte alta del escarpe, donde fueron construidas algunas de las viviendas del barrio Buenos Aires, entre las calles 77A sur y carrera 17B. Estos depósitos están compuestos por fragmentos y bloques de areniscas dispersos en matriz arcillo limosa de color carmelita a parda, de espesor variable entre 3,5 m y 4 m y con taludes conformados con inclinación entre 60° y verticales.

En esta zona se observaron procesos de erosión laminar y en surcos, erosión en cárcavas y deslizamientos que han comprometido los taludes conformados en estos materiales. Se presentan ocasionalmente caída de bloques del depósito coluvial. El deslizamiento más reciente ocurrió a finales del año pasado y ocasionó la destrucción parcial de una vivienda en madera construida sobre el talud y actualmente se encuentra en riesgo alto por lo que se debe evacuar.

2.4.2.2 Zona 2

Dentro de esta zona se incluye la parte intermedia y baja del talud donde aparecen suelos producto del desprendimiento de los materiales que constituyen el escarpe y rellenos de desechos y basura (Qd). El espesor de estos depósitos es variable entre 1 m y 4 m. Los taludes tienen inclinación entre 20° y 40°.

Se identificaron procesos de erosión hídrica, reptación y deslizamientos locales de poca magnitud que afectan estos suelos que representan riesgo alto para las viviendas localizadas en la pata del talud.

Se destaca la presencia de escurrimientos de aguas negras y lluvias dentro de esta zona, provenientes de la parte alta del talud.

2.4.2.3 Zona 3

Comprende la parte baja del talud, donde se presentan afloramientos de arcillolita de la Formación Bogotá (Tb). Esta roca subyace al depósito coluvial que conforma la Zona 1 y al depósito de materiales deslizados y rellenos de la Zona 2; se encuentra a nivel de las viviendas localizadas en la base del talud y aflorando en la zona media del talud hacia el costado sur del área. La roca se presenta completamente meteorizada en superficie, en un espesor entre 0,60 m y 1,00 m; a continuación la roca es moderada a altamente meteorizada. Los taludes tienen inclinación entre 20° y 40°.

Se identificaron procesos de erosión hídrica que afectan la roca completamente meteorizada superficial.

2.4.3 Exploración del subsuelo

Para la investigación de las condiciones del sitio se efectuaron dos (2) apiques de sección 1,5 m x 1,5 m, AP-BA-1 y 2 que se excavaron hasta 2,80 m y 2,50 m de profundidad, respectivamente, y la perforación con taladro PT-BA-1, que se llevó hasta 7,25 m de profundidad. Durante la excavación de los apiques se obtuvieron muestras para su clasificación en el laboratorio. En el Plano 3 se muestra la localización de las exploraciones mencionadas. Los registros litológico de las exploraciones se presentan en el Anexo 2.

En la perforación PT-BA-1 se realizaron ensayos de penetración estándar a diferente profundidad, en los materiales que fueron removidos por el deslizamiento que afectó el depósito coluvial y los suelos residuales de arcillolita. Los valores de N del ensayo de penetración estándar, medidos en estos suelos, varían en la siguiente forma:

Profundidad (m)		Valor N medido		
de	a	golpes/pie		
0,00	1,75	2	a	15
1,75	2,70	41	a	53
4,00	4,45	68		

2.4.4 Ensayos de laboratorio

Sobre muestras representativas de los materiales excavados de los apiques y recuperados en el sondeo (encontrados en la zona de deslizamiento) se realizaron ensayos de laboratorio con el objeto de determinar su composición granulométrica, propiedades índice para clasificación y los parámetros de resistencia al corte, para lo cual se ejecutaron gradaciones

por tamizado, se determinaron los límites de consistencia y se ejecutó un ensayo de corte directo CU. En la Tabla 1 se resumen los resultados de los ensayos realizados.

Los materiales son de composición arcillosa, con trazas de arena, gravas y algunos bloques. Las propiedades índice presentaron los siguientes valores:

Grava	0%	a	24%
Arena	7,5%	a	20%
Fracción fina	56%	a	93%
Límite líquido	32	a	49
Índice de plasticidad	13	a	23
Humedad natural	5%	a	24%
Clasificación USC	CL		

En los suelos residuales de la arcillolita las propiedades índice presentaron los siguientes valores:

Grava	0%	a	2%
Arena	1%	a	21%
Fracción fina	77%	a	98%
Límite líquido	32	a	44
Índice de plasticidad	16	a	23
Humedad natural	10%	a	12%
Clasificación USC	CL		

En el ensayo de corte directo, realizado en los suelos residuales de la arcillolita de la Formación Bogotá (Tb) se obtuvieron los siguientes parámetros de resistencia pico:

Cohesión: 24 kPa
Ángulo de fricción interna $\phi = 32°$

Los parámetros de resistencia residual son:
Cohesión: 0 kPa
Ángulo de fricción interna $\phi = 25°$

En la Figura 2 se presentan las envolventes de resistencia correspondientes a este ensayo.

2.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

La falta de manejo de las aguas lluvias y residuales son la causa detonante de los problemas de inestabilidad. Las consideraciones principales sobre este aspecto son:

- El cambio en la cobertura del suelo ha incrementado los caudales de escorrentía.

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

- En cuanto al manejo de las aguas residuales la mayoría de las redes existentes son construidas por los habitantes del sector, en muchos casos defectuosamente instalados, sin tener en cuenta las normas técnicas de la EAAB. Algunas casas descargan las aguas residuales domésticas al terreno natural, produciendo saturación de los suelos y subpresiones que causan problemas de estabilidad en las laderas y contaminación en las viviendas que se ubican en la parte baja.

2.6 PLANTEAMIENTO DEL ORIGEN DEL PROBLEMA

La explotación de material dejó taludes casi verticales hasta de 13 m de altura. Sobre ellos se conformaron rellenos de basuras y desechos que constituye parcialmente la Zona 2 y que forman parte de la masa deslizada.

El origen de los procesos de inestabilidad que se presentan en la zona, está relacionado con el inadecuado manejo de aguas lluvias y negras, que han ocasionado saturación, erosión hídrica y deslizamientos.

La construcción desorganizada de viviendas muy cerca de la corona y de la base del talud contribuye a generar y a resaltar la importancia de cualquier fenómeno de inestabilidad. Esto debido a que dichas viviendas forman parte de las causas de su ocurrencia y al mismo tiempo incrementan el riesgo que estos implican, por estar ubicadas en sus áreas adyacentes.

De acuerdo con lo observado superficialmente y con los resultados de las exploraciones geotécnicas, la inestabilidad principal en este sitio se relaciona con un movimiento rotacional que afectó el depósito coluvial superficial y los rellenos antrópicos, siendo el factor detonante de la inestabilidad la saturación de estos materiales. La falla se produjo

sobre el nivel de arcillolita meteorizada subyacente. La saturación del material fue provocada por los vertimientos de agua de una tubería de aguas negras de la vivienda localizada en la parte alta del talud, la cual, aún durante la realización de los estudios, continúa vertiendo sus aguas sobre el talud. Simultáneamente con el movimiento rotacional se produce el desprendimiento ocasional de bloques por erosión de la matriz.

3. MEDIDAS CORRECTIVAS

Dadas las condiciones de subnormalidad en que han surgido los desarrollos urbanos del sector, se hace necesario poner en marcha obras y programas de ordenamiento urbano, tendientes a reducir el riesgo de sus habitantes. Para estas obras se realizaron diseños geotécnicos encaminados a reconformar taludes y definir obras de contención, diseños hidráulicos para las obras relacionadas con drenajes, manejo de aguas, definición de los límites de afectación y diseño de obras de urbanismo, paisajismo y usos del suelo. Estos diseños se resumen a continuación:

3.1 DISEÑOS GEOTÉCNICOS

3.1.1 Análisis de estabilidad del talud

Las condiciones base para el estudio de la estabilidad del talud pueden resumirse de la siguiente manera:

- Las condiciones geotécnicas del sector objeto de este estudio son similares a lo largo del talud. Comprenden un suelo coluvial superior de 3 a 4 m de espesor, bajo el cual se encuentra arcillolita abigarrada de la Formación Bogotá, completamente a moderadamente meteorizada. En algunos sectores el talud de arcillolita se encuentra cubierto por suelos arcillosos producto del desprendimiento de la roca completamente alterada y de rellenos recientes efectuados por los habitantes del sector; el espesor de este depósito es del orden de 2,0 m.

- Hacia el extremo norte del talud, se presentó un deslizamiento el cual involucró la capa superior de suelo coluvial y la masa de roca completamente alterada subyacente. El movimiento tuvo una extensión de cerca de 20 m en sentido longitudinal y una altura de unos 8 m. El factor detonante del deslizamiento fue el agua proveniente de una tubería de aguas negras que descargaba directamente en la corona del talud.

Con el fin de deducir el estado en que se encuentra actualmente la masa deslizada y de determinar la resistencia de los materiales en el plano de la falla, se llevó a cabo un análisis retrospectivo del deslizamiento, en el cual se consideraron diferentes presiones de poros en el talud.

En la Figura 3 se presenta la Sección 1-1 con la superficie real de falla y las curvas de variación de los parámetros de resistencia C y ϕ para factores de seguridad de 1,0, 1,1, y

1,2, asumiendo presiones de poros de 0, 0,1, 0,2 y 0,3 del esfuerzo normal actuante sobre la superficie de falla. Si se parte del hecho que la masa considerada se encuentra en una condición límite, ésto es, con un factor de seguridad cercano a la unidad, y que se presenta una condición de presiones de poros altas por causa del flujo continuo de agua sobre ella, representada por un valor del parámetro ru de 0,20, se puede obtener un conjunto de parámetros de resistencia, C y ϕ, que sean representativos de las características promedio de resistencia del material en el plano de falla. Adicionalmente, si se considera que en la superficie de falla, la cohesión debe ser prácticamente cero, se concluye que el valor del ángulo de fricción debe ser cercano a 24°.

Para verificar los valores de los parámetros obtenidos anteriormente, se llevó a cabo un análisis de estabilidad adicional en el cual se estudió la estabilidad del depósito de material resultante en el sitio de un deslizamiento antiguo, según se ilustra en la Figura 4, correspondiente a la Sección 2-2 del Plano 3. En dichas figuras se presentan los análisis retrospectivos correspondientes en función de ϕ y C, también para distintas presiones de poros, donde se deduce que el talud tiene una estabilidad precaria en las condiciones actuales y puede producirse un nuevo movimiento en caso que se produzca un incremento en las presiones hidrostáticas dentro del mismo.

Por lo anterior, se concluye que es indispensable controlar todas las aguas lluvias y residuales de manera que se impida su descarga directa al talud y, por ello, la saturación del material, lo que puede ocasionar un nuevo deslizamiento o la reactivación de uno antiguo. Así mismo, es indispensable la construcción de una obra de contención que produzca un incremento en los factores de seguridad que presenta actualmente el talud, en sus distintos sectores. Los parámetros de resistencia deducidos de los anteriores análisis fueron empleados en el diseño de las obras de contención y protección del talud que se mencionan adelante

Aunque la experiencia de inestabilidades implica que éstas se produzcan a través de un mecanismo de tipo suelo, más que de tipo roca, dentro de la zona de roca completamente a moderadamente meteorizada, se ha estudiado la posibilidad cinemática de que se produzca un modo de deslizamiento determinado por las discontinuidades presentes en el macizo rocoso. De acuerdo con el levantamiento de discontinuidades efectuado en los afloramientos de roca, se determinó que existen dos sistemas principales de diaclasas con buzamiento promedio de 80°, orientados ortogonalmente con respecto a los planos de estratificación; éstos últimos presentan un rumbo sensiblemente paralelo al talud e inclinación de 34° en promedio hacia dentro del mismo. En la Figura 5 se presenta la representación estereográfica de las discontinuidades y del talud y los resultados numéricos del análisis, donde se deduce que sólo existe la posibilidad de que se produzca una falla planar sobre el plano del Sistema 2 si el talud presenta una pendiente de 79° (0,2 H : 1,0V) o mayor. Para taludes con menor pendiente no existe posibilidad cinemática de falla sobre planos de discontinuidad.

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, gaviones y suelo reforzado) 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 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 5 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 parámetro de cohesión del terreno natural de 10 kPa y un ángulo de fricción de 24°, considerando que para la fundación del muro se remueven los suelos blandos y sueltos

existentes en el talud. Así mismo, se ha considerado que existe un nivel freático sobre la superficie del terreno en la base del muro.

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 dos secciones, correspondientes a las Secciones B-B y D-D mostradas en los Planos 5 y 6, las cuales sirvieron para determinar la longitud, número y espaciamiento vertical de las capas de geomalla de refuerzo.

En el caso de la Sección B-B (véase Figura 6), la longitud del refuerzo está determinada por la estabilidad global, en razón de las características de resistencia menores del material de fundación en relación con las del relleno reforzado. El relleno sobre el muro se construirá con el fin de proporcionar una adecuada protección para la parte superior del talud existente. En el caso del extremo norte del muro, donde no se requiere el relleno superior, debido a la menor altura del talud, 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 en planta y secciones la ubicación y dimensiones del relleno en suelo reforzado con geomalla y la conformación del talud.

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:

- Cunetas para el manejo de aguas lluvias.

- Colectores principales para el manejo de aguas residuales.

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

- Construcción de un colector principal por la carrera 17B, en la corona del talud

- Una cuneta para drenaje de aguas lluvias, de sección trapezoidal en concreto, ubicada en la carrera 17B, también en la corona del talud

Los sistemas mencionados de aguas lluvias y residuales deberán entregarse a redes futuras que se construyan por la carrera 17C, (que drena en sentido norte sur), lo cual es propicio para el manejo de aguas del sector en estudio. Se estima que la longitud de empalme es del orden de 100 m entre el punto de descarga de los drenajes de aguas lluvias y aguas negras en la carrera 17B con calle 76 sur, y el punto de conexión con las redes futuras que se prevé instalar en la carrera 17C. Para la ubicación de estas obras véanse Planos 7 y 8.

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 Casa Blanca, operada por la EAAB. [2], los cuales se presentan en la Tabla 2 y Figura 7.

3.2.1.1.2 Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia

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

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

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 paso y 100 años en canales y pasos 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:

$$Tc = 3{,}9756 \times L^{0{,}77} \times S^{-0{,}385}$$

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 ó 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 Applied Hidrology[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 Hill, 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 8. 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 negras

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 190 l/hab.día y según las Normas de Alcantarillado de la EAAB se adoptó un coeficiente de retorno del 80%.

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:

$$Qmd = (1/86400) \times C \times D \times R \times A$$

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: (1/86400) 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:

$$Qmáx = C_1 \times Qmd$$

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:

τ: Fuerza tractiva [Kg./m^2]
γ: 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 usará relleno Tipo 3 y Tipo 5. Véase detalle 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: cunetas y estructuras de paso.

- **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 cunetas de drenaje.
- Cálculo del tiempo de concentración.
- Cálculo de la intensidad de los aguaceros para períodos de retorno de 100 años en cunetas 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

- **Criterios hidráulicos de diseño**

- Cunetas

  Las cunetas se dimensionaron para un caudal de 100 años mediante la aplicación de la fórmula de Manning de manera que la sección, 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 = Area 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 en la Tabla 7.

En los Planos 9 y 10 se presentan la localización, dimensiones y refuerzo de las obras de manejo de aguas.

3.3 PREDIOS AFECTADOS

Como otra de las medidas de solución para mitigar el riesgo se propone la delimitación del área de aislamiento y protección del talud y la evacuación y demolición de doce viviendas y la compra de cinco lotes localizados en la parte sur del área.

Con base en la medidas de mitigación estructural, es decir de las obras de ingeniería para el manejo del talud que deben minimizar el riesgo, se adoptó como criterio básico causar el menor efecto sobre las familias aledañas y sobre la infraestructura social existente. Dadas las condiciones de vulnerabilidad social, por su grado de Necesidades Básicas Insatisfechas en que vive la población del sector, se pretende proponer una medida que ocasione el menor impacto social en el sentido de traslados involuntarios, atendiendo las políticas del Banco Mundial y el de la UPES frente a reasentamientos. Se propone remover exclusivamente la población indispensable para construir el muro de contención y dejar un espacio de protección a lo largo de la parte baja del talud.

Se presenta una situación de urgencia en la reubicación, dado que en el sector de abajo drenan las aguas residuales de la parte alta, que descargan a campo abierto, pues el alcantarillado no está conectado a redes adecuadas. Las familias al recibir estas descargas en sus casas se ven expuestas a infecciones y problemas sanitarios en especial los niños, que soportan fuertes olores y contacto directo con los residuos orgánicos que corren por los pisos de sus casas.

La mitigación de los riesgos consistirá en solucionar el problema de alcantarillado de aguas residuales y 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.

En la siguiente tabla se muestra la información recogida en campo de los predios que se verán afectados por las obras de mitigación con el número de ficha de censo, la dirección, el nombre del propietario, area, número de pisos, números de familias, número de personas que habitan la vivienda y su uso. En el Anexo 4 se presentan las fichas correspondientes a cada uno de los predios censados y el plano con su localización respectiva.

Durante el trabajo de campo los habitantes informaron de un deslizamiento ocurrido a finales de 1997, que ocasionó daños a la casa reportada en la Ficha No. 1 y que motivó el traslado de sus habitantes a una casa vecina.

CENSO DE PREDIOS AFECTADOS BARRIO BUENOS AIRES							
FICHA No.	**DIRECCIÓN**	**PROPIETARIO**	**AREA m^2**	**No. PISOS**	**No. FAMILIAS**	**No. PERSONAS**	**USO**
1	Calle 76 No 17B - 06 sur	Cayetano González	84 m^2	1	2	6	Vivienda
2	Calle 76 No 17B - 00 sur	Israel Barrantes y Ana Bernal	72 m^2	1	1	7	Vivienda
3	Cra 17B No 76A - ? sur	Matilde Galeano	48 m^2	1	1	4	Vivienda
4	Calle 76A No 17B - 01 sur	Martha Pineda	72 m^2	1	1	6	Vivienda
5	Calle 76A sur No 17B - 06 s	Mercedes Buitrago	72 m^2	1	Deshabitada	----	Vivienda
6	Cra 17A No 76 - 79 sur	María Odilia Martínez	65 m^2	1	1	3	Vivienda
7	Calle 76B sur No 17B - 01	Arnulfo Herrera (propietario) Martha Rojas y Leonardo Medina (arrendatarios)	72 m^2	1	1	4	Vivienda
8	Calle 76B sur No 17B - 04	Emperatriz Díaz	72 m^2	1	1	4	Vivienda
9	Calle 76C sur No 17B - 01	Carlos Zuluaga (Propietario) Andrés Saldaña (arrendatario)	72 m^2	1	1	3	Vivienda
10	Sin nomenclatura	Sin información	72 m^2	Sin construir	----	----	Lote
11	Cra 17B No 77A - 29 sur	Fausto Velandia	143 m^2	1	1	5	Vivienda y comercio
12	Calle 76A Sur No. 17B-12	Ana Isabel Guarín	72 m^2	1	1	10	Vivienda
13	Sin nomenclatura	Alfonso Cruz Montaña	250 m^2	0	0	0	Lote
14	Diag. 76 sur No. 17-?	William Pinilla	60 m^2	1 con plancha	2	7	Vivienda
15	Sin nomenclatura	Antonio Ardila	72 m^2	0	0	0	Lote
16	Sin nomenclatura (lotes 3 y 4)	José Puertas	144 m^2	0	0	0	Lotes
17	Clle. 76 Sur No. 17B-05	Luz Nancy Sánchez	72 m^2	0	0	0	Lote

3.4 OBRAS DE URBANISMO, PAISAJISMO Y USOS DEL SUELO

El resumen de aspectos principales que influyen en este tipo de obras es el siguiente:

- El área de riesgo se encuentra localizada en un barrio de desarrollo intermedio, provisto parcialmente de servicios de energía, acueducto y transporte.

- En las áreas vecinas al sector de interés se localiza una escuela, el centro de salud y un salón comunal. El uso de la tierra para vivienda se encuentra actualmente en proceso de densificación.

- 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 algunas vías que rematan contra el talud.

- 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 ha previsto 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.

En los Planos 11, 12 y 13 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 Buenos Aires se establecen las siguientes prioridades:

- Delimitación de las áreas de protección y aislamiento, reubicación y demolición de doce viviendas localizadas en la pata del talud y la negociación de cinco predios no construidos.

- Construcción de las obras de manejo de aguas.

- Construcción del muro en suelo reforzado con geomalla y conformación del talud

- Obras de urbanismo y paisajismo.

En el 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 de la zona afectada, con el fin de verificar 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 horizontales como verticales 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.

- 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 inicialmente con una frecuencia 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 encomendados a INGETEC S.A.

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

Plano	Título
1	Localización General.
2	Sitio 1.4: Barrio Buenos Aires. Topografía.
3	Sitio 1.4: Barrio Buenos Aires. Geología. Planta.
4	Sitio 1.4: Barrio Buenos Aires. Geología. Secciones.
5	Sitio 1.4: Barrio Buenos Aires. Muro de Contención y Rellenos. Planta.
6	Sitio 1.4: Barrio Buenos Aires. Muro de Contención y Rellenos. Secciones.
7	Sitio 1.4: Barrio Buenos Aires. Localización General de Obras de Manejo de Aguas.
8	Sitio 1.4: Barrio Buenos Aires. 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 1.4: Barrio Buenos Aires. Obras Arquitectónicas. Planta.
12	Detalles Arquitectónicos I.
13	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 han utilizado las tarifas de Construdata, según lo acordado con la interventoría de los estudios.

INFORME FINAL

SITIO 1.4: BARRIO BUENOS AIRES

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 Condiciones del sector 3
2.2 TOPOGRAFÍA 5
2.3 GEOLOGÍA 5
2.3.1 Descripción del área en estudio 5
2.3.2 Estratigrafía 5
2.3.2.1 Cuaternario 6
2.3.2.2 Terciario 6
2.3.3 Geología estructural 6
2.3.4 Geomorfología 7
2.3.5 Sismología 7
2.4 GEOTECNIA 8
2.4.1 Descripción del problema 8
2.4.2 Zonificación geotécnica 8
2.4.2.1 Zona 1 9
2.4.2.2 Zona 2 9
2.4.2.3 Zona 3 10
2.4.3 Exploración del subsuelo 10
2.4.4 Ensayos de laboratorio 10
2.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA 12
2.6 PLANTEAMIENTO DEL ORIGEN DEL PROBLEMA 12
3. MEDIDAS CORRECTIVAS 14
3.1 DISEÑOS GEOTÉCNICOS 14
3.1.1 Análisis de estabilidad del talud 14
3.1.2 Diseño del muro de contención en suelo reforzado con geomalla 16

3.1.2.1 Selección del tipo de muro 16
3.1.2.2 Propiedades de los materiales 16
3.1.2.3 Método de diseño 17
3.1.2.4 Resultados 18
3.2 DISEÑO DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS 18
3.2.1 Estudios hidrológicos 19
3.2.1.1 Lluvias 19
3.2.1.2 Caudales 19
3.2.1.3 Período de retorno de diseño 20
3.2.1.4 Tiempo de concentración 20
3.2.1.5 Caudales de diseño 21
3.2.2 Estudios hidráulicos 22
3.2.2.1 Alcantarillado de aguas negras 22
3.2.2.2 Drenaje de aguas lluvias 25
3.3 PREDIOS AFECTADOS 27
3.4 OBRAS DE URBANISMO, PAISAJISMO Y USOS DEL SUELO 28

4. CRONOGRAMA DE OBRAS Y SEÑALAMIENTO DE PRIORIDADES 30

5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO, SEGUIMIENTO E INSTRUMENTACIÓN 31

6. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 32

7. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO 33

TABLAS
FIGURAS
PLANOS
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

1. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

2. REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL. ESTACIÓN CASA BLANCA 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 CUNETA.

8. CRONOGRAMA DE LAS OBRAS.

9. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO.

LISTA DE FIGURAS

1. CONTORNOS DE DENSIDAD DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES.

2. ENSAYO DE CORTE DIRECTO SOBRE ARCILLOLITA

3. ANÁLISIS RETROSPECTIVO. SECCIÓN 1-1.

4. ANÁLISIS RETROSPECTIVO. SECCIÓN 2-2.

5. MODOS DE DESLIZAMIENTO DE BLOQUES.

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

7. HISTOGRAMA ESTACIÓN CASA BLANCA.

8. CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA

LISTA DE PLANOS

1. LOCALIZACIÓN GENERAL

2. SITIO 1.4: BARRIO BUENOS AIRES. TOPOGRAFÍA.

3. SITIO 1.4: BARRIO BUENOS AIRES. GEOLOGÍA. PLANTA.

4. SITIO 1.4: BARRIO BUENOS AIRES. GEOLOGÍA. SECCIONES.

5. SITIO 1.4: BARRIO BUENOS AIRES. MURO DE CONTENCIÓN Y RELLENOS. PLANTA

6. SITIO 1.4: BARRIO BUENOS AIRES. MURO DE CONTENCIÓN Y RELLENOS. SECCIONES.

7. SITIO 1.4: BARRIO BUENOS AIRES. LOCALIZACIÓN GENERAL DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS.

8. SITIO 1.4: BARRIO BUENOS AIRES. 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 1.4: BARRIO BUENOS AIRES. OBRAS ARQUITECTÓNICAS. PLANTA

12. DETALLES ARQUITECTÓNICOS I.

13. 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 1.4. Barrio Buenos Aires
Documento No.:	**UPES - CB - 020**

	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			