INFORME FINAL

SITIO 1.8: BARRIO ALTOS DE JALISCO

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 en 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 corresponde a los diseños definitivos del sitio 1.8, denominado Altos de Jalisco, ubicado en la Calle 62A sur entre carreras 18K y 18U. El sitio corresponde a un asentamiento de familias de escasos recursos en un terreno de una antigua ladrillera, cuya localización se presenta en el Plano 2.

Las condiciones propias del sitio no recuperado, tales como la alta pendiente y los materiales erosionables, han generado con el tiempo un proceso de deterioro del sector, que 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 de construcción se presentan en un volumen aparte, aplicables 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 Altos de Jalisco, 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, Altos de Jalisco, se utilizaba para extracción de arcilla por parte de una ladrillera que, de acuerdo con lo indicado por habitantes de la zona, funcionó hasta 1980. Esta actividad fue abandonada sin realizar obras de recuperación y adecuación de los cortes efectuados. A continuación, la cantera y el área aledaña fueron ocupadas para vivienda sin efectuar obras de adecuación e infraestructura para su urbanización, creando así 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 elaborada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE y por Catastro Distrital.

- La cartografía y planos de redes a escala 1:5000 disponible 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.

- Microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá, INGEOMINAS, 1997.

- Fotografías aéreas del IGAC números 026, 027 y 028 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 y la polución visual. Otros problemas significativos son 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 estos está el sector de estudio del barrio Altos de Jalisco.

La zona de estudio en el barrio Altos de Jalisco 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 95 775, E 92 875 y una elevación de 2610 msnm. La zona está limitada según la nomenclatura de la zona entre las calles 62 A sur y 63 sur y entre las carreras 18U y 18K.

Este es un barrio que se encuentra en situación de pobreza, dadas sus necesidades básicas insatisfechas y cuenta aproximadamente con 450 familias que representan 2500 habitantes. La infraestructura social con la que se cuenta es bastante precaria, no hay espacios destinados a la recreación ni espacios públicos. A nivel de educación no existen centros educativos propios del barrio.

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

El sector presenta una cobertura parcial de servicio de acueducto, que se abastece del sistema Wiesner mientras el servicio de alcantarillado de aguas servidas y lluvias es deficiente o no existe. La escasa red de alcantarillado pluvial configura condiciones propicias para la generación de frentes erosivos y ablandamiento de los materiales superficiales.

El servicio de recolección de basuras se presta con alguna regularidad. Sin embargo, en algunos sitios se presenta acumulación de grandes cantidades de basura, principalmente en las laderas de los cerros. La deficiencia en la prestación del servicio obedece en algunos casos al difícil acceso y/o al mal estado de las vías.

Los servicios básicos se prestan de manera provisional. El acueducto y la energía en algunas casas es facturable y en otras aún no, pero se adelantan los acuerdos con las empresas de prestación de dichos servicios.

Si se considera que la prevención es un factor fundamental para la calidad de vida, se convierte en tema prioritario y por tanto precisa de acciones inmediatas y concretas. La primera de ellas es la reubicación de las personas que hoy se encuentran radicadas en zonas de alto riesgo.

En particular, para Altos de Jalisco, no se reporta ningún predio en el listado brindado por la UPES, dentro del programa de reubicación por riesgo, y las familias que fueron censadas para este estudio, como posibles a trasladar, tampoco mencionaron que ya hubieran sido censadas por la UPES para el efecto de negociación y reubicación.

2.2 TOPOGRAFÍA

Se ubicaron dos puntos con mojón en concreto y platina metálica, identificados con los nombres de 9-AJ y 10-AJ, mojones que fueron amarrados en coordenadas y cotas al 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 obtenidos 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 correspondiente.

2.3 GEOLOGÍA

2.3.1 Estratigrafía

La secuencia litológica presente en Altos de Jalisco corresponde a depósitos del período Cuaternario, representados por un relleno, derrubios, materiales de deslizamiento y un nivel de suelo residual, y por rocas del período Terciario de la Formación Bogotá.

2.3.1.1 Cuaternario

- **Relleno (Qr)**

Conformado por suelo residual, arcilla, arena y fragmentos pequeños de arenisca y arenisca conglomerática, correspondiente al material estéril o de desecho de la explotación realizada en la ladera para la extracción de arcillolita o para el acondicionamiento del terreno para la construcción de viviendas. Este material de relleno se encuentra medianamente compactado y su espesor es variable, con un máximo de 3 metros.

- **Depósito de derrubios (Qde)**

Corresponde a suelo y roca meteorizada desprendidos del talud adyacente y dispuestos sobre su base. Su espesor es variable, pero se estima que no sobrepasa los 2 m. Estos depósitos se encuentran en la base del sector sur del talud escarpado en la zona de estudio.

- **Materiales de deslizamiento (Qd1, Qd2 y Qd3)**

Estos depósitos son de color pardo oscuro, conformados por materiales de relleno, suelo arcilloarenoso, arcilla y fragmentos de arenisca. El talud que limita la ladera en la zona de estudio fue afectado por tres fenómenos de remoción en masa de bajas proporciones en los sectores norte, central y sur. El de la parte central corresponde a un deslizamiento rotacional (Qd1), en el cual el material deslizado presenta un espesor de hasta 4,8 m, según

la perforación PT-AJ-1; es el más importante, por ser el que mayor área afecta y por presentar un mayor volumen de material removido. El deslizamiento de la parte sur corresponde a flujos de detritos que se acumularon hacia la base del talud en forma de conos de sección truncada (Qd2). Por último, el deslizamiento de la parte norte corresponde a un pequeño deslizamiento traslacional (Qd3).

- **Suelo (Qs)**

Es un suelo residual arcilloarenoso de color pardo oscuro, en el cual se encuentran dispersas gravas de cuarzo y fragmentos pequeños de roca. Este suelo conforma la ladera en estudio y cubre los diferentes niveles de roca de la Formación Bogotá. Su espesor varía de 0,5 a 3,0 metros.

2.3.1.2 Terciario

- **Formación Bogotá (Tb)**

La Formación Bogotá yace concordantemente sobre la Formación Cacho. Sin embargo, según Julivert (1962, 1963), esta situación no se presenta en la zona de estudio, ya que por la existencia de una falla, ha desaparecido la Formación Cacho y parte de la Formación Bogotá, colocando a esta última en contacto fallado con la Formación Guaduas.

La Formación Bogotá se compone, en general, de 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 la Formación Bogotá se depositaron en ambiente continental durante el período Terciario. Su espesor se estima entre 450 y 800 metros.

En el sector de Altos de Jalisco aflora un nivel de capas gruesas a muy gruesas de arenisca arcillosa cuarzofeldespática, de color blanco, que por oxidación se torna de color amarillo rojizo, de grano medio a grueso, localmente muy grueso, de dureza media a baja, friable y deleznable. Interestratificada con la arenisca arcillosa se encuentra arenisca conglomerática, cuarzofeldespática, con matriz arcillosa, de color amarillo claro y pardo rojizo, de dureza media, friable y deleznable, en capas muy gruesas. Este nivel presenta algunas intercalaciones de arcillolita morada clara, en parte laminada, en capas delgadas (25 a 30 cm de espesor). Conforma el extremo norte del talud que limita la ladera en la zona de estudio.

Infrayaciendo el nivel de areniscas se encuentra un nivel de arcillolita marrón y gris moteada de marrón, plástica, cuyo espesor se estima en 11 m. Los afloramientos de este nivel de arcillolita son escasos, ya que se encuentra cubierto por suelo residual y los materiales del deslizamiento principal (Qd1). Este nivel se aprecia en la parte superior del extremo sur del talud, que limita la ladera en la zona de estudio, y fue interceptado por la perforación PT-AJ-1. Véase registro en el Anexo 2.

Debajo del nivel de arcillolita se encuentra otro nivel de arenisca arcillosa cuarzofeldespática de color amarillo claro, de grano fino a medio, de dureza media, friable y en gran parte meteorizada. Sobre este nivel de arenisca se encuentra conformado casi en su totalidad el extremo sur del talud que limita la ladera en la zona de estudio. Allí la arenisca se encuentra moderada a totalmente meteorizada.

Es importante aclarar que en la localidad el tipo de la Formación Bogotá (flanco occidental del sinclinal de Usme, en la zona de la quebrada Zo Grande) no se presentan niveles de arenisca conglomerática. Por tal razón, es probable que la secuencia presente en Altos de Jalisco corresponda a la Formación Cacho y no a la Formación Bogotá, pero este es tema de estudios de estratigrafía más detallados.

2.3.2 Geología estructural

Las capas de la Formación Bogotá en la zona de estudio, hacen parte del flanco occidental del sinclinal de Usme. Localmente, estas capas se encuentran suavemente plegadas, presentando por tanto algunas variaciones en su orientación general. En los sectores norte y sur de la zona de estudio su orientación es N60° - 65°W/33° - 47°NE; mientras que en la parte central es de N68° - 70°W/55° - 60°NE.

Las capas de arenisca y arenisca conglomerática que conforman el extremo norte del talud se encuentran moderadamente fracturadas. Allí se identificaron los siguientes sistemas de discontinuidades, los cuales se representan en el diagrama de contornos de densidad de polos de la Figura 1.

Estratificación:	N67°W/42°NE

Diaclasas:

Sistema 1:	N58°E/61°SE
Sistema 2A:	N25°W/82°SW
Sistema 2B:	N27°W/84°NE
Sistema 3:	N69°W/72°NE
Sistema 4:	N49°E/80°NW

Las diaclasas del Sistema 1 son discontinuas a poco continuas, bastante próximas a próximas, planas, muy abiertas a abiertas, con relleno de arena de dureza media y arcilla blanda, y con paredes rugosas y secas.
Las diaclasas del Sistema 2A son discontinuas y de continuidad media, próximas a bastante próximas, planas y onduladas, cerradas a ligeramente abiertas, sin relleno y cuando lo hay es de arena de dureza media, y con paredes rugosas y secas.

Las diaclasas del Sistema 2B son poco continuas, bastante próximas, planas, muy abiertas a abiertas, con relleno de arena de dureza media y en algunos casos arcilla blanda, con paredes rugosas y secas.

Las diaclasas del Sistema 3 son discontinuas a poco continuas, próximas a bastante próximas, planas, muy abiertas a abiertas, con relleno de arena de dureza media y en algunos casos arcilla blanda, y con paredes rugosas y secas.

Las diaclasas del Sistema 4 son poco continuas y discontinuas, bastante próximas a próximas, planas, muy abiertas, con relleno de arena de dureza media, y con paredes rugosas y secas.

2.3.3 Geomorfología

Los cerros suroccidentales de Santa Fe de Bogotá presentan cimas aplanadas y laderas inclinadas con pendientes medias a altas. Estos cerros han sido sometidos a una fuerte intervención antrópica, representada por la explotación minera a cielo abierto para la obtención de materiales destinados a la industria de la construcción. La actividad minera ha alterado las características morfométricas de las laderas, introduciendo taludes verticales, donde los procesos morfodinámicos degradativos actúan con mayor intensidad.

La zona de estudio en el barrio Altos de Jalisco 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. Este cerro se denomina Altos de Jalisco y hace parte de un relieve montañoso estructural plegado-denudacional, en parte conformado por las capas de la Formación Bogotá. La ladera tiene una pendiente media comprendida entre 28° y 35°, cuya base ha sido cortada con taludes verticales a subverticales, hasta de 8 m de altura.

En Altos de Jalisco el principal agente morfodinámico que degrada el área es la erosión hídrica laminar producida por el agua de escorrentía, consecuencia de la ausencia de una adecuada cobertura vegetal y de un sistema de alcantarillado de aguas lluvias.

2.3.4 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

En el sitio de interés del barrio Altos de Jalisco se adelantó la extracción de arcilla para una ladrillera que, de acuerdo con lo indicado por habitantes de la zona, funcionó hasta 1980. Esta actividad dejó un escarpe con pendiente cercana a la vertical y un área semiplana, la cual fue ocupada por viviendas, sin que se realizaran obras de adecuación y protección de los taludes ni de infraestructura para su urbanización.

La situación anterior permitió que las aguas lluvias y negras sin control, provenientes de las viviendas localizadas sobre el escarpe, activaran una serie de fenómenos de inestabilidad, que se mencionan a continuación.

- **Desprendimientos de bloques y detritos**

Se presenta ocasionalmente caída de bloques en el costado norte del área, donde se observan algunos bloques desprendidos que alcanzan hasta 3 m^3, provenientes del talud rocoso en este costado, originada por el diaclasamiento del macizo.

Durante la ejecución del presente estudio, después de un aguacero muy fuerte se presentó un desprendimiento de bloques sobre la casa identificada con la ficha 14 del censo, que obligó al desalojo temporal de sus habitantes. Esta vivienda ya había sufrido anteriormente un fenómeno similar, habiendo quedado como vestigio del mismo, un bloque de más de 2 m^3 incrustado en ella.

Hacia el límite sur del talud en estudio, se presenta volcamiento de detritos, que involucra la arenisca completamente alterada afectando los niveles de arcillolita y arenisca. Contribuyen con estos fenómenos los procesos de erosión laminar y erosión diferencial que afectan los niveles blandos de roca.

- **Deslizamientos**

Estos fenómenos están asociados a la presencia de suelos residuales y a los niveles de mayor alteración de la arcillolita, los cuales se localizan en la parte media del talud y que conforman una masa potencialmente inestable en condiciones de saturación. Contribuyen con este fenómeno la presencia de tuberías de aguas negras que vierten sus aguas al talud, incrementando la presión hidrostática interna, el agrietamiento superficial del terreno que facilita el ingreso del agua y la ausencia de un sistema de drenaje superficial.

- **Flujos de detritos**

Se presentan flujos de detritos provenientes de los niveles de arcillolita de la Formación Bogotá, que afloran en el costado sur del área. En este sitio, el 28 de septiembre de 1992, se produjo una avalancha de detritos por la rotura de la tubería de acueducto, que afectó la vivienda localizada en la calle 62A sur No. 18F-10, en la parte baja del talud.

2.4.2 Zonificación geotécnica

Se evaluó la composición del subsuelo diferenciando los tipos de suelo según sus características geológicas, el tipo, el 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 dos zonas geotécnicas homogéneas, que corresponden a talud norte y talud sur, las cuales se describen a continuación:

- **Talud norte**

Esta zona comprende la parte norte del escarpe, con orientación media N10°W, conformado principalmente por arenisca arcillosa cuarzo feldespática de grano fino a medio, de dureza media, meteorización moderada a débil y moderadamente fracturada, la cual está cubierta por un suelo residual de poco espesor y un suelo orgánico de espesor entre 0,3 m a 0,5 m. El escarpe en esta zona tiene una pendiente que varía entre 75° y vertical y una altura hasta de 7 metros.

En esta parte del escarpe se identificaron desprendimientos de bloques y procesos de erosión hídricos concentrada con zanjones y cárcavas, que afectan los suelos superficiales y la roca alterada.

- **Talud sur**

Esta zona comprende la parte sur del escarpe, con orientación media N25°W, conformado en su parte superior por un nivel predominantemente de arcillolita y en su parte inferior por arenisca arcillosa. La arcillolita se presenta muy alterada, de color morado, moteado de gris, con grava y arena cuarzosa. El nivel de arenisca arcillosa de grano fino a medio, de dureza baja y meteorización moderada a alta. La superficie de roca se encuentra cubierta por suelo residual arcilloso de color rojizo y un suelo orgánico de 0,6 m de espesor. El escarpe presenta una inclinación entre 60° y vertical.

En esta zona se identificaron dos fenómenos principales de inestabilidad, los cuales involucraron principalmente el nivel de arcillolita. Hacia el extremo sur se observa un desprendimiento de bloques de roca y flujo de detritos provenientes del nivel de arcillolita.

Hacia la parte baja del talud, aparecen suelos residuales producto de la alteración de la arenisca y suelos limo-arenosos provenientes del desprendimiento de los materiales que constituyen el escarpe, rellenos de desechos y basuras. El espesor de estos depósitos varía entre 0,6 m y 5,0 m, tal como se verificó mediante la perforación PT-AJ-1 y las trincheras TR-AJ-01 y TR-AJ-02.

Se identificaron, asimismo, procesos de erosión laminar y en cárcavas, reptación y deslizamientos locales de pequeña magnitud que afectan los depósitos de suelos, lo que da origen a cierto escalonamiento en la ladera. Hacia la parte norte de esta zona, en cercanía al sitio donde se ejecutó la perforación, se observaron algunos agrietamientos del terreno.

2.4.3 Exploración del subsuelo

Para la investigación de las condiciones geológicas y geotécnicas del sitio en estudio se tomaron muestras para clasificación y se levantaron las columnas estratigráficas de los taludes en los sitios señalados como TR-AJ-01 y TR-AJ-02. Se tomaron muestras superficiales en seis sitios, denominados como MM-1 a MM-6, para clasificación y ensayos de carga puntual, dos de los cuales corresponden a suelos residuales y los restantes a afloramientos rocosos. Se realizó la perforación con taladro PT-AJ-1 con el fin de establecer las características de los suelos que cubren la superficie de roca y el espesor de la masa inestable existente en este sector. Sobre las muestras obtenidas se efectuaron ensayos de

laboratorio para determinar sus propiedades físicas y geomecánicas. En el Plano 3 se muestra la localización de las exploraciones mencionadas.

La perforación con taladro PT-AJ-1 se llevó hasta 11,6 m de profundidad y durante su ejecución se realizaron ensayos de penetración estándar hasta una profundidad de 5,6 m, en los suelos que constituyen el material deslizado; 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	3,15	2	a	9
3,35	4,05	20	a	Rechazo
5,10	5,55	29		

Los registros litológicos de la perforación y de los levantamientos de las columnas estratigráficas efectuados, se presentan en el Anexo 2

2.4.4 Ensayos de laboratorio

Sobre las muestras de los materiales obtenidos en las exploraciones de campo se realizaron ensayos de laboratorio con el objeto de determinar su composición granulométrica y propiedades índice para clasificación, para lo cual se ejecutaron gradaciones por tamizado y se determinaron los límites de consistencia. En la Tabla 1 se resumen los resultados de los ensayos.

Con los fragmentos de roca obtenidos de los afloramientos, se labraron probetas cúbicas y se realizaron ensayos de carga puntual. Estos ensayos se realizaron sobre las muestras en la condición actual de humedad y se sumergieron muestras para saturarlas, las cuales se deshicieron durante el proceso. En la Tabla 2 se presentan los resultados de los ensayos de carga puntual realizados.

En la perforación PT-AJ-1, superficialmente y hasta 4.80 m de profundidad se encontraron materiales de deslizamiento, los cuales presentan la siguiente variación de sus propiedades índice:

Grava	0%	a	1%
Arena	0%	a	49%
Fracción fina	51%	a	70%
Límite líquido	23	a	27
Índice de plasticidad	11	a	12

Humedad natural	13,5%	a	14,2%
Clasificación USC	CL		

Los suelos residuales superficiales identificados en la trinchera TR-AJ-01, son de composición predominantemente granular y las propiedades índice presentaron los siguientes valores:

Grava	10%	a	27%
Arena	29%	a	37%
Fracción fina	43%	a	47%
Límite líquido	23	a	25
Índice de plasticidad	8	a	9
Clasificación USC	SC	a	SC-SM

La arenisca de la Formación Bogotá que aparece a continuación de los depósitos de relleno, de deslizamiento y de los suelos residuales, que se identificó en la trinchera TR-AJ-01 y en el sitio donde se tomo la muestra MM-2, presenta la siguiente variación de sus propiedades índice:

Grava	1%	a	46%
Arena	18%	a	91%
Fracción fina	8%	a	36%
Límite líquido	NL	a	24
Índice de plasticidad	0	a	10
Clasificación USC	SC, SM	a	SW-SM

En los ensayos de carga puntual efectuados en la arenisca se obtuvieron valores de Is_{50} entre 37 kPa y 10 MPa. Los mayores valores corresponden a los niveles de arenisca encontrados en el sitio MM-5. Los anteriores valores corresponden a una resistencia uniaxial entre 0,9 kPa y 246 MPa.

Los suelos residuales superficiales identificados en la trinchera TR-AJ-02, son de composición predominantemente fina y las propiedades índice presentaron los siguientes valores:

Grava	0%	a	2%
Arena	4%	a	6%
Fracción fina	92%	a	96%

Límite líquido	40	a	42
Índice de plasticidad	12	a	18
Clasificación USC	CL		

La arcillolita de la Formación Bogotá que se identificó en la trinchera TR-AJ-02 y en los sitios donde se tomaron las muestras MM-1 y MM-3 y a partir de 6,75 m en la perforación PT-AJ-1 presenta la siguiente variación de sus propiedades índice:

Grava	1%	a	26%
Arena	4%	a	34%
Fracción fina	58%	a	97%
Límite líquido	27	a	41
Índice de plasticidad	8	a	19
Clasificación USC	CL	a	CL-ML

En los ensayos de carga puntual efectuados en la arcillolita se obtuvieron valores de Is_{50} entre 453 kPa y 737 kPa. Los anteriores valores corresponden a una resistencia uniaxial entre 10,9 MPa y 17,2 MPa.

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 de tipo 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 para la construcción de viviendas en estos sectores ha producido una alteración del drenaje natural.

- En cuanto al manejo de las aguas residuales de la zona, se detectó que la mayoría de las redes existentes son construidas por los habitantes del sector y en muchos casos se instalaron defectuosamente y sin tener en cuenta las normas técnicas de la EAAB., lo cual ocasiona el deterioro temprano de algunas tuberías por las cuales drena el agua que posteriormente va al terreno natural causando problemas de estabilidad de las laderas.

- El tanque de abastecimiento de agua potable ubicado en la parte superior, presenta filtraciones, que saturan el suelo y eventualmente pueden causar problemas de estabilidad.

2.6 PLANTEAMIENTO DEL ORIGEN DEL PROBLEMA

La explotación de arcilla efectuada para una ladrillera que funcionó en este sector, afectó un área de aproximadamente 2ha, en un ladera con pendiente natural entre 28° y 35°. Como resultado de la explotación se generó un talud con pendientes fuertes de 13 m de altura máxima, 140 m de longitud y una diferencia de nivel de cerca de 15 m, entre la vía hacia el tanque de Jalisco calle 62A sur (Avenida del Progreso) y la corona del escarpe superior.

Como consecuencia de los procesos de explotación de la arcilla y la posterior ocupación del área con viviendas que se construyeron sobre y bajo el talud, muy cerca a éste, se interfirió el drenaje natural, originando procesos de erosión difusa, con formación de algunos canales y zanjas de erosión sobre la ladera desprotegida. Estos procesos tomaron mayor intensidad debido a la concentración del flujo superficial y a la ausencia de obras para el manejo de las aguas lluvias y negras, en las áreas ocupadas, produciéndose en el talud algunos fenómenos de inestabilidad.

Los fenómenos de inestabilidad están relacionados con las características geométricas del talud y su composición litológica. En el sector norte, el talud presenta una pendiente cercana a la vertical y una altura de 7 m en promedio.

Este talud está constituido principalmente por estratos de arenisca, en el cual se producen caída de bloques, originados por el diaclasamiento del macizo y la acción de las aguas superficiales. Dos fenómenos de este tipo se han presentado en este sector, afectando la vivienda ubicada en la pata del talud.

En el sector sur del talud, se han producido dos inestabilidades de consideración, aunque de características diferentes, ambas fueron originadas por flujos de agua provenientes en un caso por una tubería del alcantarillado y en el otro por una tubería del acueducto, que han afectado principalmente el nivel de arcillolita existente en la parte superior del talud. Estos fenómenos indican claramente la sensibilidad de la masa rocosa arcillosa a perder su resistencia ante la presencia de agua dentro de ésta.

Es por ello, que dentro del proceso de estabilización y recuperación del área, es muy importante la protección de la superficie, el drenaje del macizo rocoso y el manejo de todas las aguas superficiales.

3. MEDIDAS CORRECTIVAS

Dada 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 y proteger los taludes, diseños hidráulicos 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, paisajismo y usos del suelo. Estos diseños se resumen a continuación.

3.1 DISEÑOS GEOTÉCNICOS

3.1.1 Análisis de estabilidad del talud

Las diferencias geométricas y de composición existentes en el talud de interés del barrio Altos de Jalisco hacen necesario revisar independientemente cada una de las zonas en que se subdividió éste.

- El talud norte, conformado en arenisca de la Formación Bogotá, tiene una orientación variable entre N10°E y N10°W, una pendiente promedio de 80° y una extensión de cerca de 40 m.

  Las condiciones de estabilidad para este talud se evaluaron a partir del análisis cinemático de cuñas y bloques de roca mediante la representación estereográfica de los planos de las discontinuidades de la roca y el cálculo de los factores de seguridad y determinación de los bloques, según el método del bloque crítico de Goodman y Shi, tal como se muestra en la Figura 2.

  Para el cálculo de los factores de seguridad, se adoptó un ángulo de fricción básico de 32° para los planos de las discontinuidades. A partir de los resultados mostrados en dicha figura se deduce que existe un bloque crítico con un modo de falla a lo largo de la intersección de los planos de diaclasas de los Sistemas 2A y 3, con un factor de seguridad menor a la unidad, donde las diaclasas del Sistema 2A son sensiblemente paralelas a la cara del talud. De acuerdo con la orientación, baja frecuencia y poca continuidad de las diaclasas que intervienen en la formación del bloque crítico, se deduce que éste debe ser de pequeña magnitud y poco frecuente. La caída de bloques ocurrida recientemente involucró este mecanismo de falla.

- El talud sur, compuesto en su parte superior por arcillolita y en su parte inferior por arenisca, tiene una orientación media N15°W, una pendiente variable entre 50° y 80° y una extensión de aproximadamente 100 m. En este sector se produjo un deslizamiento el cual involucró la capa de suelo superior y los niveles superiores de arcillolita muy alterada. El fenómeno abarcó una masa de 4,8 m de espesor, según se dedujo del registro de la perforación PT-AJ-1, compuesta de un limo arcillo-arenoso, de baja plasticidad, con algunos fragmentos de arenisca, de consistencia blanda a media, hasta una profundidad de 3 m, y de muy firme a duro hasta 4,8 m.

  En la actualidad la masa inestable presenta algunas grietas que facilitan el ingreso de las aguas superficiales al interior de la masa. En esta zona cruza una tubería de gres que conduce las aguas negras de la parte alta del barrio, la cual se encuentra rota en el sitio de la inestabilidad, permitiendo que parte de las aguas se infiltren dentro del talud. Parte del material inestable se encuentra apoyado sobre el muro de una edificación existente en la pata del talud.

  Con el fin de estimar las propiedades de resistencia del material que presenta actualmente el material en el plano de falla, se efectuó un análisis retrospectivo de la masa inestable, en el cual se consideraron diferentes condiciones de presiones hidrostáticas representadas por el parámetro de presión de poros, ru, de 0, 0,1 y 0,2. En la Figura 3 se presenta la variación de los parámetros promedio C vs ∅, a lo largo de la superficie supuesta de falla, en el sector constituido por arcillolita, para factores de seguridad de 1,0, 1,1 y 1,2. En estos análisis se ha asumido, para las capas superficiales de arenisca, un ángulo de fricción de 32° y una cohesión nula.

  A partir de los análisis retrospectivos puede deducirse que el ángulo de fricción para el plano de falla en arcillolita puede estar entre 18° y 22°, dependiendo del valor que se estime para la presión de poros y asumiendo una cohesión nula. Si se considera que en la actualidad el factor de seguridad de la masa es mayor que la unidad, sin presiones hidrostáticas, es posible estimar un ángulo de fricción del orden de 22° y una cohesión nula para el material arcilloso en el plano de falla. Dicha masa podría experimentar movimientos adicionales, si la presión de poros alcanza un valor igual o mayor al valor correspondiente de la relación de presión de poros, ru, de 0,2. Si los taludes se mantienen libres de presiones hidrostáticas, el factor de seguridad del talud en este sector es del orden de 1,3 bajo condiciones de carga estática.

  Estos resultados permiten concluir que es indispensable para la estabilidad de los taludes, mantener libres de presiones hidrostáticas, para lo cual, es urgente construir las obras de manejo de aguas que se requieran para mantener las aguas alejadas de los taludes.

En otro sector del mismo talud se efectuó un análisis de estabilidad, en el sitio donde se presentó el flujo de detritos como consecuencia de la rotura del tubo del acueducto, correspondiente a la Sección 3-3 del Plano 3.

Para este análisis se emplearon los siguientes parámetros de resistencia, los cuales fueron deducidos con base en los resultados de los análisis retrospectivos y de la estimación de parámetros efectuados por el procedimiento E. Hoek, mostrado en las Figuras 4 y 5.

- Nivel de arcillolita : C = 18 kPa ; $\phi = 22°$
- Nivel de arenisca : C = 25 kPa ; $\phi = 32°$

Los resultados de estos análisis se presentan en la Figura 6 donde se indican los factores de seguridad del talud para tres superficies potenciales diferentes, en las condiciones actuales, con una presión de poros variable correspondiente a un valor de ru de 0,0, 0,1 y 0,2 y bajo condiciones de carga sísmica. Estos resultados indican que el talud presenta un factor de seguridad estático del orden de 1,3, sin la presencia de presiones de poros. Con la presencia de tales presiones, el factor de seguridad se reduce a valores cercanos a la unidad. Asimismo, bajo condiciones de carga sísmica, el factor de seguridad resulta ligeramente inferior a la unidad.

Los resultados anteriores permiten concluir que las condiciones de estabilidad del talud en su sector sur pueden mejorarse apropiadamente si se reduce la pendiente del talud en el sitio del escarpe, se drena la masa rocosa de manera que se impida el desarrollo de presiones de poros dentro del talud y se protege su superficie del efecto de las aguas superficiales.

3.1.2 Diseño de las obras de estabilidad del talud

- **Talud norte**

En este talud, para evitar nuevas caídas de bloques se prevé la instalación de un sistema de protección compuesto por malla metálica, concreto neumático y pernos. De acuerdo con las características de los bloques potencialmente inestables que se estimaron anteriormente, se considera que será suficiente colocar pernos de 2,5 m de longitud, espaciados 2,0 m en ambas direcciones, para el refuerzo del talud en este sector.

- **Talud sur**

En este sector se propone efectuar algunas excavaciones con el fin de conformar un talud con pendiente uniforme de 1,0H : 1,0V, complementado con huecos de drenaje, protección con pasto de la superficie excavada y obras para el manejo de las aguas superficiales, según se describen más adelante.

Con el fin de evaluar el efecto de dicha excavación en la estabilidad del talud, se realizó un nuevo análisis de estabilidad para la Sección 3-3 del Plano 3, en el cual se involucró la excavación prevista y se consideró que no deben existir presiones hidrostáticas dentro del talud, como consecuencia de las obras de drenaje y manejo de agua prevista. Estos análisis, cuyos resultados se muestran en la Figura 4 indican que con la excavación, el factor de seguridad del talud aumenta a un valor de 1,5, el cual se reduce a 1,0 por efecto de la aplicación de la carga de sismo. Estos valores son satisfactorios como medida de la estabilidad del talud.

En los Planos 5 y 6 se presenta la planta y secciones de las excavaciones y obras de estabilización previstas.

3.2 DISEÑO DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS

El sistema de drenaje de aguas lluvias y residuales domésticas, se estudió en forma cuidadosa en el sector, debido a la no uniformidad del desarrollo urbanístico, lo que dificulta el trazado adecuado de las obras de manejo de las aguas de excedencia. Véanse Planos 7 y 8.

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

- Cunetas y colectores para el manejo de aguas lluvias.

- Colectores principales para el manejo de las aguas residuales.

Los sistemas de drenaje de aguas lluvias y de aguas residuales operarán en forma separada para evitar la contaminación de las fuentes naturales, que generen problemas de saneamiento y afecten la población en el sector de estudio.

Para el sitio en estudio se plantean las siguientes obras:

- Construcción de los colectores principales de aguas residuales y su entrega a la red de alcantarillado construida por la EAAB en la Avenida del Progreso, calle 63 sur, con carrera 18U, en inmediaciones de la zona en estudio.

La disposición de la red de alcantarillado de aguas residuales domésticas, tendrá dos puntos de inicio, uno en la calle 63 Sur entre carreras 18L y 18K y bajará por la carrera 18L, para recibir el colector proyectado por el callejón existente en la parte media del talud; y otro que se plantea paralelo al límite de las construcciones existentes en la zona alta del área de estudio; éstos dos realizarán su entrega al colector final que se proyecta en la parte inferior del talud.

- Construcción del sistema de drenaje de aguas lluvias, consistente en cunetas, de sección trapezoidal revestidas en concreto. La ubicación de las cunetas se dispuso de tal modo que drenarán la totalidad del talud, para tal fin se propuso una cuneta en la parte superior paralela a la calle 63 Sur, que intercepta la escorrentía proveniente de la parte alta de la cuenca aferente; dos cunetas en la zona intermedia que drena el área de drenaje por debajo de la calle 63 Sur; que tendrán como objeto proteger las viviendas existentes a lo largo de la calle 62A Sur o Avenida del Progreso.

  Se plantea un colector de aguas lluvias que recibirá los aportes de las cunetas superiores e intermedias y que finalmente se empalmará con el colector futuro que debe estar integrado a la red de aguas lluvias de la EAAB, existente en la carrera 19B en la calle 62C Sur. La longitud aproximada del colector es de 200 m.

A continuación se presentan los criterios de diseño para el dimensionamiento de las obras de drenaje contempladas.

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 presentándose 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 3 y Figura 7.

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

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 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 adoptaron 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 4.

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 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.

3.2.1.5.2 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 5 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 6.

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

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

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 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:

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

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 7.

- **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:

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, y se procuró en lo posible 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 rellenos 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: 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 un período 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 = 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 6 y el dimensionamiento de las cunetas en la Tabla 8.

- Alcantarillado pluvial

Para el predimensionamiento del alcantarillado pluvial, se adoptaron los criterios de diseño de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB). El predimensionamiento cubre únicamente el colector principal.

La cantidad de aguas lluvias considerada para el diseño del colector principal está integrada por las aguas provenientes de la escorrentía del área aferente a la zona en estudio.

Para las condiciones de velocidad, caudales y pendientes, se adoptaron los siguientes criterios de velocidad real y caudal, de acuerdo con las normas de la EAAB:

- Velocidad real: Mínimo 1,0 m/s , Máximo 6,0 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.
- El coeficiente de rugosidad de Manning de 0,013 correspondiente a tubería de concreto.

Para el diámetro de las tuberías véase Tabla 9.

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 parte de las medidas de solución para mitigar el riesgo, se propone la delimitación del área de aislamiento y protección y la evaluación y demolición de trece viviendas y la negociación de seis lotes.

Con base en las medidas de mitigación estructural, es decir 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 viviendas 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 lo mínimo posible, lo cual implica algunos traslados temporales mientras se realiza la obra, y se plantea que los lotes existentes se negocien con el fin de declararlos de utilidad pública y así pasa a ser un espacio público, con el objeto de restringir su uso en construcciones.

La mitigación de los riesgos consistirá en solucionar el problema de alcantarillado de aguas residuales y lluvias, acompañados 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 presenta la información recogida en campo de los predios que se verán afectados, la cual incluye el número de la ficha, la dirección, el nombre del propietario, área del predio, el número de pisos, el número de familias, el número de personas que habitan y el uso del predio. Además cada predio se ha identificado con un número de ficha de dicho censo y su respectiva localización en un plano, los cuales se incluyen en el Anexo 3. Estas viviendas de acuerdo con la alternativa de solución o manejo del talud, necesariamente deben ser reubicadas. En el barrio Altos de Jalisco, hay una franja de viviendas ubicadas frente a la vía pavimentada de acceso principal, calle 63 sur anteriormente calle 62A sur, donde su parte posterior da contra el talud, razón por la cual, las familias deben tomar medidas preventivas durante la obra al igual que otras ubicadas en la parte alta.

Este barrio, en su reordenamiento y proceso de legalización presenta doble nomenclatura, haciéndose referencia en este informe a las nuevas direcciones, aunque en algunos predios se presenta confusión sobre este aspecto.

CENSO DE PREDIOS AFECTADOS BARRIO ALTOS DE JALISCO							
FICHA No.	**DIRECCIÓN**	**PROPIETARIO**	**ÁREA**	**PISOS**	**No. FAMILIAS**	**No. PERSONAS**	**USO**
1	Calle 63 s No 18K - 26	William Eduardo Vargas	$72m^2$	1	1	4	Vivienda
2	Calle 63 s No 18K - 22	Rubiela Ramírez	$72m^2$	1	1	6	Vivienda

CENSO DE PREDIOS AFECTADOS BARRIO ALTOS DE JALISCO							
FICHA No.	**DIRECCIÓN**	**PROPIETARIO**	**ÁREA**	**PISOS**	**No. FAMILIAS**	**No. PERSONAS**	**USO**
	(16)						
3	Calle 63 s No 18K - 20 (14)	Juan G. Lesmes	72m^2	1	1	1	Vivienda
4	Calle 63 s No 18K - 08	Gilberto Ariza	72m^2	1	1	2	Vivienda
5	Cra 18K No 62A - 75 s	Rosalba Pulido	140m^2	1	1	7	Vivienda
6	Cra 18K No 62A - 69 s	Doris Góngora (arrendataria) Melba ? (propietaria)	72m^2	1	1	7	Vivienda
7	Cra. 18K No. 62A-63 s	María de Jesús Villamil Rodríguez	72 m²	1	2	6	Vivienda
8	Sin nomenclatura	Daniel Cuéllar	72m^2	Sin construir	---	---	Lote
9	Sin nomenclatura	Sin información	72m^2	Sin construir	---	---	Lote
10	Sin nomenclatura	Luz Delia Medina	72m^2	Sin construir	---	---	Lote
11	Calle 62 A Bis No.18L-40	Luis Edilio Hincapié	72m^2	Sin construir	---	---	Lote
12	Sin nomenclatura	Jairo ?	72 m²	Sin construir	---	---	Lote
13	Sin nomenclatura	José Reyes Pardo	216 m²	Sin construir	---	---	Lote
14	Calle 62A Bis No. 18L-76 Int. 4	María Carmen Monroy	50 m²	1	1	6	Vivienda
15	Cra. 19 Bis No. 62A-42 s	Jairo Linares/Pastora Urrego	90 m²	2	2	7	Vivienda
16	Cra. 19 Bis No. 62A-30 s	Ana Dolores Rodríguez	224 m²	1	1	4	Vivienda
17	Calle 62A Sur No. 19-21	Esperanza Rodríguez	165 m²	1	1	5	Vivienda
18	Cra.18L No. 62A-33 s Int. 1	Mercedes (sin más inf.)	72 m²	1	1	4	Vivienda
19	Clle. 62 A bis s No. 18K-??	María Lourdes Robles	72 m²	1	2	5	Vivienda

3.4 OBRAS DE URBANISMO, PAISAJISMO Y USOS DEL SUELO

El planteamiento arquitectónico comprende el mayor aprovechamiento de las áreas para destinarlas al servicio de la comunidad por medio de áreas de recreación pasiva, recreación activa para la población infantil y áreas para la construcción de una edificación como equipamento comunal destinado a un puesto de salud, sala-cuna, jardín infantil, etc.

Como eje de circulación se plantea un sendero sobre la parte baja del talud paralelo a la vía vehicular posterior a las viviendas existentes, el cual conectará un parque de juegos infantiles propuesto como punto final del sendero con la zona occidental hacia la carrera 18U.

Sobre la parte superior del talud se plantean circulaciones tipo calle peatonal o callejón conformado por las viviendas actuales y una línea de árboles futuros. Estos caminos rematarán en plazoletas de zonas duras. Estas circulaciones estarán unidas al eje de circulación inferior por medio de una escalera que salvará la diferencia de niveles.

Se propone la siembra de árboles alrededor de las plazoletas, a lo largo de los senderos y calles peatonales y en las áreas necesarias para contribuir a la estabilidad de los taludes.

En el aspecto urbano se plantea la recuperación de andenes, la reestructuración de la vía peatonal existente creando puntos de descanso y reunión, dotándola de árboles, bancas e iluminación.

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 interés en el barrio Altos de Jalisco, se establece el siguiente orden de prioridades para la construcción de las obras:

- Delimitación de las áreas de protección y aislamiento, demolición de trece viviendas, la reubicación de sus moradores y la negociación de seis predios no construidos.

- Construcción de las obras de manejo de aguas.

- Reconformación del escarpe en la parte sur del área de estudio, y refuerzo y protección del talud rocoso de la parte norte de la misma.

- Obras de paisajismo y urbanismo.

En la Tabla 10 se presenta el cronograma de la ejecución de los trabajos, de acuerdo con las prioridades señaladas.

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 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 algunos 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 de los taludes.

6. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En el Anexo 4 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 sector:

Plano	Título
1	Localización General.
2	Sitio 1.8. Barrio Altos de Jalisco. Topografía.
3	Sitio 1.8. Barrio Altos de Jalisco. Geología. Planta.
4	Sitio 1.8. Barrio Altos de Jalisco. Geología. Secciones.
5	Sitio 1.8. Barrio Altos de Jalisco. Obras de Estabilización. Planta.
6	Sitio 1.8. Barrio Altos de Jalisco. Obras de Estabilización. Secciones.
7	Sitio 1.8. Barrio Altos de Jalisco. Localización General de Obras de Manejo de Aguas.
8	Sitio 1.8. Barrio Altos de Jalisco. Localización 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 1.8. Barrio Altos de Jalisco. Obras Arquitectónicas. Planta.
12	Detalles Arquitectónicos I.
13	Detalles Arquitectónicos II.

7. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

En la Tabla 11 se presentan las cantidades de obra y 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 1.8: BARRIO ALTOS DE JALISCO

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 4
2.3 GEOLOGÍA 5
2.3.1 Estratigrafía 5
2.3.1.1 Cuaternario 5
2.3.1.2 Terciario 6
2.3.2 Geología estructural 7
2.3.3 Geomorfología 8
2.3.4 Sismología 9
2.4 GEOTECNIA 9
2.4.1 Descripción del problema 9
2.4.2 Zonificación geotécnica 10
2.4.3 Exploración del subsuelo 11
2.4.4 Ensayos de laboratorio 12
2.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA 14
2.6 PLANTEAMIENTO DEL ORIGEN DEL PROBLEMA 15

3. MEDIDAS CORRECTIVAS 16
3.1 DISEÑOS GEOTÉCNICOS 16
3.1.1 Análisis de estabilidad del talud 16
3.1.2 Diseño de las obras de estabilidad del talud 18
3.2 DISEÑO DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS 19
3.2.1 Estudios hidrológicos 20
3.2.1.1 Lluvias 20
3.2.1.2 Caudales 21
3.2.1.3 Período de retorno de diseño 21
3.2.1.4 Tiempo de concentración 21

3.2.1.5 Caudales de diseño 22
3.2.2 Estudios hidráulicos 23
3.2.2.1 Alcantarillado de aguas residuales 23
3.2.2.2 Drenaje de aguas lluvias 27
3.3 PREDIOS AFECTADOS 29
3.4 OBRAS DE URBANISMO, PAISAJISMO Y USOS DEL SUELO 30

4. CRONOGRAMA DE OBRAS Y SEÑALAMIENTO DE PRIORIDADES 32

5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO, SEGUIMIENTO E INSTRUMENTACIÓN 33

6. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 34

7. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO 35

TABLAS
FIGURAS
ANEXOS
PLANOS

LISTA DE TABLAS

1. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

2. RESULTADOS DE ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL.

3. REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL ESTACIÓN CASA BLANCA EAAB.

4. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LAS CUENCAS DE DRENAJE.

5. CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA.

6. DETERMINACIÓN DE CAUDALES.

7. CÁLCULO DEL ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES.

8. CÁLCULO DIMENSIONES DE CUNETAS.

9. CÁLCULO DEL ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS.

10. CRONOGRAMA DE LAS OBRAS.

11. 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. ARCILLOLITA.

5. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA MASAS DE ROCA FRACTURADA. ARENISCA.

6. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.

7. HISTOGRAMA ESTACIÓN CASA BLANCA.

8. CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA.

LISTA DE ANEXOS

1. TOPOGRAFÍA.
2. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS.
3. PREDIOS AFECTADOS.
4. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN.

LISTA DE PLANOS

1. LOCALIZACIÓN GENERAL.

2. SITIO 1.8. BARRIO ALTOS DE JALISCO. TOPOGRAFÍA.

3. SITIO 1.8. BARRIO ALTOS DE JALISCO. GEOLOGÍA. PLANTA.

4. SITIO 1.8. BARRIO ALTOS DE JALISCO. GEOLOGÍA. SECCIONES.

5. SITIO 1.8. BARRIO ALTOS DE JALISCO. OBRAS DE ESTABILIZACIÓN. PLANTA.

6. SITIO 1.8. BARRIO ALTOS DE JALISCO. OBRAS DE ESTABILIZACIÓN. SECCIONES.

7. SITIO 1.8. BARRIO ALTOS DE JALISCO. LOCALIZACIÓN GENERAL DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS.

8. SITIO 1.8. BARRIO ALTOS DE JALISCO. 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 1.8. BARRIO ALTOS DE JALISCO. OBRAS ARQUITECTÓNICAS. PLANTA.

12. DETALLES ARQUITECTÓNICOS I.

13. DETALLES ARQUITECTÓNICOS II.

ANEXO 1
TOPOGRAFÍA

ANEXO 2
INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

ANEXO 3
PREDIOS AFECTADOS

ANEXO 4
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 1.8. Barrio Altos de Jalisco
Documento No.:	**UPES - CB - 019**

	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			