

## TABLA DE CONTENIDO

0. RESUMEN EJECUTIVO DEL ESTUDIO .....	10
0.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO .....	10
0.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	10
0.2.1 Localización de zonas de inundación probable .....	10
0.2.2 Protecciones actuales contra inundaciones .....	11
0.2.3 Condiciones de los drenajes existentes .....	11
0.2.4 Caudales máximos de los ríos Bogotá y Fucha .....	12
0.3 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LOS BARRIOS EN ESTUDIO ....	13
0.3.1 Organización Comunitaria .....	13
0.3.2 Asistencia en Salud .....	14
0.3.3 Tipología de la Vivienda .....	14
0.3.4 Equipamiento Comunal .....	14
0.3.5 Usos de los Predios .....	14
0.4 RIESGOS POR INUNDACIÓN .....	14
0.4.1 Metodología .....	14
0.4.2 Análisis de la Amenaza .....	15
0.4.3 Análisis de Vulnerabilidad .....	18
0.4.4 Análisis de Riesgos por Inundación .....	18
0.4.5 Análisis de Riesgo por Encharcamiento .....	19
0.5 MITIGACIÓN DE LOS RIESGOS DE INUNDACIÓN .....	19
0.6 RECOMENDACIONES SOBRE LEGALIZACIÓN DE BARRIOS .....	20
1. INTRODUCCIÓN .....	21
1.1 ANTECEDENTES Y PROPÓSITO DEL INFORME .....	21
1.2 PRESENTACIÓN Y RESUMEN DEL ESTUDIO .....	22
2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	24
2.1 ASPECTOS FÍSICOS .....	24
2.1.1 Ubicación .....	24
2.1.2 Relieve y Topografía .....	24
2.1.3 Condiciones geológicas y geomorfológicas .....	25
2.1.3.1 Geología .....	25
2.1.3.2 Geomorfología .....	28
2.1.3.3 Hidrogeología .....	31
2.1.3.4 Microzonificación sísmica .....	31
2.1.3.5 Zonas inundables .....	32
2.1.4 Aspectos Geotécnicos .....	33
2.1.4.1 Margen Izquierda del Río Bogotá .....	33
2.1.4.2 Margen derecha del río Fucha adyacente al barrio Paraíso de Bavaria .....	36

2.1.4.3	Análisis de estabilidad .....	38
2.1.4.4	Recomendaciones .....	38
2.1.5	Aspectos Climáticos .....	39
2.1.6	Caudales Máximos de los Ríos Bogotá y Fucha .....	40
2.1.6.1	Información Disponible .....	40
2.2	ASPECTOS SOCIALES .....	43
2.2.1	Políticas institucionales con relación al tema de riesgos .....	43
2.2.2	Contexto social y urbano de los barrios dentro de la localidad .....	45
2.2.3	Caracterización social de los barrios de estudio .....	49
2.3	USO DE LA TIERRA .....	61
2.3.1	Metodología .....	61
2.3.2	Normatividad existente .....	62
2.3.3	Planes maestros: viales, de acueducto y alcantarillado .....	65
2.3.3.1	Plan Maestro Vial .....	65
2.3.3.2	Plan Maestro de Acueducto .....	65
2.3.3.3	Plan Maestro de Alcantarillado .....	66
2.3.3.4	Otros aspectos a tener en cuenta en el estudio .....	67
2.3.4	Esquemas actuales y futuros de uso de la tierra .....	70
2.3.5	CONFLICTOS DE USO .....	77
2.4	PROBLEMAS SANITARIOS Y DE INUNDACIONES .....	77
2.4.1	Infraestructura de Drenajes .....	77
2.4.2	Sistema de manejo de inundaciones y respuesta institucional e informal .....	79
2.4.3	Manejo de residuos sólidos .....	80
3.	ANÁLISIS DEL RIESGO POR INUNDACIÓN .....	81
3.1	METODOLOGÍA GENERAL .....	81
3.2	ANÁLISIS DE LA AMENAZA .....	81
3.2.1	Amenaza de inundación por el río Bogotá .....	82
3.2.1.1	Volúmenes de la inundación .....	82
3.2.1.2	Niveles de Inundación .....	90
3.2.1.3	Duración de la inundación .....	90
3.2.2	Amenaza de inundación por el río Fucha .....	91
3.2.2.1	Volúmenes de inundación .....	91
3.2.2.2	Niveles de Inundación .....	93
3.2.2.3	Duración de la Inundación .....	94
3.2.2.4	Evaluación de la Amenaza .....	95
3.3	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD .....	95
3.4	ANÁLISIS DE RIESGOS .....	101
3.5	ANÁLISIS DE RIESGO POR ENCHARCAMIENTO .....	101
3.6	MITIGACIÓN DE LOS RIESGOS POR INUNDACIÓN .....	102
3.7	RECOMENDACIONES SOBRE LEGALIZACIÓN DE BARRIOS .....	110
4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	111

## LISTA DE TABLAS

### Tabla No.

- 2.1 Análisis de Estabilidad - Jarillones ríos Bogotá y Fucha.
- 2.2 Valores de Parámetros Climáticos. Estación SP - Aeropuerto El Dorado.
- 2.3 Registro de Caudal Máximo en la Estación Río Bogotá - Puente Cundinamarca.
- 3.1 Determinación del Riesgo en función de la Amenaza y de la Vulnerabilidad.
- 3.2 Determinación del Coeficiente de Rugocidad de Manning,  $n$ . Río Bogotá.
- 3.3 Determinación del Coeficiente de Rugocidad de Manning Compuesto,  $n_c$ . Río Fucha.
- 3.4 Determinación de la Severidad en función de la Profundidad y la Duración.
- 3.5 Determinación de la Amenaza en función de la Frecuencia y de la Severidad.
- 3.6 Estimativo del Costo del Cierre de la Brecha.

## LISTA DE FIGURAS

### Figura No.

- 1.1 Extensión de la Inundación de 1979.
- 2.1 Zona de Estudio y Localización de Barrios.
- 2.2 Variación Temporal de Parámetros Climáticos. Estación SP - Aeropuerto El Dorado.
- 2.3 Curvas PADF para la Sabana de Bogotá. Duración de la Tormenta: 3 horas.
- 2.4 Relación Nivel Vs. Caudal. Estación Río Bogotá - Puente Cundinamarca.
- 2.5 Hidrogramas de Afluentes del Río Bogotá. Tr = 10 años.
- 2.6 Hidrogramas de Afluentes del Río Bogotá. Tr = 100 años.
- 3.1 Adecuación Hidráulica del Río Bogotá. Planta y Morfología General.
- 3.2 Esquema Básico. Sistema Hídrico. Río Bogotá y sus Afluentes.
- 3.3 Sección Típica del Río.
- 3.4 Esquema de Cálculo de Volumen de Inundación.
- 3.5 Planta General del Río Fucha. Localización de Secciones Transversales.
- 3.6 Perfil General del Río Fucha.
- 3.7 Curva de Descarga del Río Bogotá en su confluencia con el río Fucha.
- 3.8 Curva de Capacidad Área Inundable del Río Bogotá en Fontibón.
- 3.9 Curva de Capacidad Área Inundable por el Río Fucha en Barrio Paraíso de Bavaria.
- 3.10 Esquema de la Brecha en Jarillón. Río Bogotá - Barrio Villa Andrea.
- 3.11 Curva de Capacidad Área Inundable por el Río Fucha en la confluencia con el Río Bogotá.
- 3.12 Esquema Funcional de la Estructura del Cierre de la Brecha.

## LISTA DE PLANOS

### Plano No.

- 2.1 Geología
- 2.2 Geomorfología
- 2.3 Microzonificación Sísmica
- 2.4 Acuerdo 6 de 1990. Plan de Ordenamiento Físico del Borde Occidental de la Ciudad.
- 2.5 Acuerdo 6 de 1990. Plan de Ordenamiento Físico del Borde Occidental de la Ciudad. Nivel 1 de Zonificación.
- 2.6 Acuerdo 6 de 1990. Plan de Ordenamiento Físico del Borde Occidental de la Ciudad. Nivel 2 de Zonificación.
- 2.7 Acuerdo 6 de 1990. Plan de Ordenamiento Físico del Borde Occidental de la Ciudad. Nivel 3 de Zonificación.
- 2.8 Uso Actual del Suelo. Plan Maestro Vial.
- 2.9 Uso Actual del Suelo. Red Matriz de Acueducto, Localización General de las Obras.
- 2.10 Uso Actual del Suelo. Sistema de Aguas Lluvias Existentes y Proyectados.
- 2.11 Uso Actual del Suelo. Sistema de Aguas Negras. Existentes y Proyectados.
- 2.12 Uso Actual del Suelo. Barrio Los Chircales.
- 2.13 Uso Actual del Suelo. Barrio Kassandra.
- 2.14 Uso Actual del Suelo. Barrio Prados de La Alameda.
- 2.15 Uso Actual del Suelo. Barrio Villa Andrea.
- 2.16 Uso Actual del Suelo. Barrio Villa Liliana.
- 2.17 Uso Actual del Suelo. Barrio Paraíso de Bavaria.
- 3.1 Amenaza por Inundación en la Localidad de Fontibón.
- 3.2 Vulnerabilidad a Inundación . Localidad de Fontibón
- 3.3 Riesgos por Inundación. Localidad de Fontibón

## LISTA DE ANEXOS

Anexo No.

- 1 Secciones Transversales y Perfiles de Flujo de los Ríos Bogotá y Fucha.
- 2 Levantamientos Topográficos.

## LISTA DE DISTRIBUCIÓN

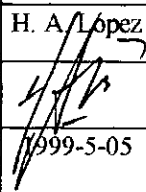
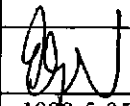
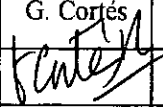
Copias de este documento han sido entregadas a las siguientes dependencias de la UPES e Ingetec S.A. Las observaciones que resulten de su revisión y aplicación deben ser informadas al Coordinador del Proyecto para proceder a realizar sus modificaciones:

<u>DEPENDENCIA</u>	<u>No. DE COPIAS</u>
UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - UPES	1
INTERVENTOR DEL CONTRATO	2
Coordinador del Proyecto	1





## ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Contrato.:		UPES - 1314 - 001 - 98				
Título Documento:		Zonificación de riesgo por inundación en diferentes sectores de Bogotá - Informe Final . Revisión 2				
Documento No.:		UPES-EZR-005				
<b>A</b>			<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>P</b>		Nombre	H. A. López	H. A. López	H. A. López	
<b>R</b>	Vo. Bo. Coordinador Aseguramiento de Calidad	Firma				
<b>O</b>		Fecha	1998-12-1	1999-2-05	1999-5-05	
<b>B</b>		Nombre	E. Giraldo	E. Giraldo	E. Giraldo	
<b>A</b>	Vo. Bo. Coordinador del Proyecto	Firma				
<b>C</b>		Fecha	1998-12-1	1999-2-05	1999-5-05	
<b>I</b>		Nombre	G. Cortés	G. Cortés	G. Cortés	
<b>Ó</b>	Vo. Bo. Director del Proyecto	Firma				
<b>N</b>		Fecha	1998-12-1	1999-2-05	1999-5-05	

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES Y PROPÓSITO DEL INFORME

El presente informe presenta el estudio de riesgos de algunos barrios pertenecientes a la localidad de Fontibón, en cumplimiento del contrato No. 1314-01/98, firmado entre la Unidad de Prevención y Atención de Emergencias (UPES), Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE), de la Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, e Ingetec S.A., y cuyo objeto es la realización de una zonificación de riesgo por fenómenos de inundación con el fin de fundamentar la legalización de algunos barrios de las localidades de Fontibón y Tunjuelito.

Con el fin de atender requerimientos formulados por el Departamento Administrativo de Planeación Distrital, la UPES solicitó a los consultores, el estudio de riesgos de los siguientes barrios localizados en la localidad de Fontibón: Los Chircales, Kassandra I, II y III, Prados de la Alameda I y II, Villa Andrea, Villa Liliana y Paraíso de Bavaria.

De acuerdo con los requerimientos de la UPES, y en vista de las condiciones de vigencia del estudio de riesgos mencionado, se convino que el presente informe solamente contendrá una evaluación de riesgos por inundación de los barrios mencionados en el párrafo anterior, y que en el informe definitivo del estudio se incluirán los aspectos complementarios, como son las medidas de mitigación de riesgos.

El desarrollo del trabajo mencionado requirió de la ejecución de las siguientes labores:

1. Recopilación y análisis de la información existente relacionada con los barrios en estudio; dicha información se refirió a los temas de topografía, hidrometeorología, geología y geomorfología, geotecnia, uso del suelo y sistemas de alcantarillado existente y proyectado en la zona de estudio.
2. Realización de investigaciones de primera mano para complementar la información existente; dichas investigaciones tuvieron que ver con las siguientes disciplinas: Topografía, hidrología, hidráulica, socioeconomía, geotecnia, geología y geomorfología, y usos del suelo.
3. Zonificación de las amenazas por inundación que afectan a los barrios en estudio, mediante análisis de tipo hidráulico y topográfico.
4. Análisis de vulnerabilidad de los asentamientos, mediante el uso de criterios de tipo físico y socioeconómico.

5. Análisis de riesgos de los barrios, mediante la combinación de amenazas y vulnerabilidades.

En el capítulo 2 de este informe se presentan la descripción del área de estudio en sus aspectos físicos y socioeconómicos, y de los problemas de inundación; el análisis de riesgos por este fenómeno es materia del Capítulo 3. Finalmente en el Capítulo 4 se incluyen las referencias bibliográficas consultadas en desarrollo del Estudio.

## 1.2 PRESENTACIÓN Y RESUMEN DEL ESTUDIO

El objetivo del presente informe es describir los riesgos por inundación que afectan a los siguientes barrios de la localidad de Fontibón :Los Chircales, Cassandra I, II y III, Prados de la Alameda I y II, Villa Andrea, Villa Liliana y Paraíso de Bavaria , y discriminar entre los riesgos altos, medios y bajos.

La razón para la ejecución del estudio es el proceso de legalización de asentamientos ubicados en el Distrito Capital a través de un comité conformado por las diferentes Empresas Distritales y liderado por el Departamento Administrativo de Planeación Distrital, dentro del cual la UPES tiene la función de conceptuar sobre zonas que presentan riesgo y que deben por tanto, ser excluidas del proceso de legalización.

Los barrios motivo de estudio están ubicados hacia el extremo occidental de la Ciudad Capital, en la planicie aluvial del río Bogotá, y por tanto están en su mayoría, sujetos a inundaciones por desbordamientos de dicho río, o por represamiento y reflujos de sus sistemas de alcantarillado durante épocas de invierno, cuando los niveles de agua del río Bogotá o sus afluentes están por encima de los niveles de los sistemas de alcantarillado de los barrios en estudio. Históricamente, el río Bogotá ha inundado sus márgenes durante épocas de invierno, afectando áreas que hoy forman parte de zonas desarrolladas urbanísticamente de algunos de los barrios estudiados. En la Figura No. 1.1 se ilustra la inundación ocurrida en 1979 y la ubicación de los barrios en estudio dentro del área de esta inundación.

Las diferentes empresas de servicios públicos de la Ciudad Capital tienen previstas obras en la localidad con el fin de atender las demandas actuales y futuras de servicios; entre ellos, en los barrios motivo de estudio, sin embargo, tales obras están en general, programadas para el mediano futuro.

La población asentada en los sitios de estudio es de bajo estrato socioeconómico, lo que se explica porque un gran porcentaje de población que demanda vivienda en la ciudad es pobre, y los terrenos de más bajo precio son los suburbanos en donde existe algún tipo de riesgo o de carencia de infraestructura.

Por otra parte, las mencionadas poblaciones tienen un tipo de organización social relativamente alto, que se manifiesta en su cohesión y actividades tendientes a su legalización.

Para efectos del presente estudio, se zonificaron los asentamientos humanos de acuerdo con las amenazas de inundación que los afectan, calificando como de amenaza baja, aquellas áreas en donde la frecuencia de inundaciones por desbordamientos es menor de una vez en 100 años. Se calificaron como áreas de amenaza media, a las comprendidas entre el borde de la inundación con un período de retorno de 100 años y el borde definido como aquel en donde la profundidad de la lámina de agua para un período de 10 años es menor de 50 cm. También se tuvo en cuenta para la delimitación de las áreas de amenaza media, la zona de inundación probable (ZIP) determinada geomorfológicamente, así como las inundaciones históricas delimitadas con base en aerofotografías.

Áreas de amenaza alta son aquellas en donde la profundidad de la lámina de agua para una inundación con un período de retorno de 10 años es mayor de 50 cm.

La delimitación del grado de vulnerabilidad de las zonas afectadas por inundaciones tuvo en cuenta aspectos físicos y socioeconómicos, y se consideraron las siguientes variables para efectos de asignación de calificación de vulnerabilidad: necesidades básicas insatisfechas, forma de tenencia de la vivienda, uso del predio, cohesión cultural, profundidad de la lámina de agua en caso de una inundación, materiales de construcción de la vivienda, altura de los cimientos, organización del barrio para enfrentar inundaciones, y proximidad del barrio a los jarillones del río Bogotá o sus afluentes.

La combinación de las amenazas de los asentamientos con su vulnerabilidad, permitió calificar el riesgo por inundación de cada asentamiento, y se obtuvieron las siguientes calificaciones.

Nombre del barrio	Riesgo
Los Chircales	Bajo en todo el barrio.
Kassandra I, II, III.	Bajo (en el sector superior); Medio (en la zona baja).
Prados de La Alameda I y II.	Bajo en todo el barrio.
Villa Andrea	Bajo en todo el barrio.
Villa Lilibian	Bajo en todo el barrio.
Paraiso de Bavaria	Medio en todo el barrio.

El riesgo medio en la zona baja del barrio Kassandra es mitigable mediante el cierre de una brecha en el jarillón izquierdo del río Bogotá en inmediaciones del puente de la vía férrea de Occidente; el riesgo medio en el barrio Paraiso de Bavaria es mitigable mediante el realce del jarillón derecho del río Fucha entre la Avenida Boyacá y el Canal Boyacá.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

En este capítulo se presenta la descripción del área de estudio, considerando sus aspectos físicos, sociales y de uso del suelo, así como los relacionados con los problemas existentes de inundación.

### 2.1 ASPECTOS FÍSICOS

#### 2.1.1 Ubicación

El área de estudio comprende los barrios Los Chircales, Kassandra, Prados de La Alameda, Villa Andrea, Villa Liliana y Paraíso de Bavaria de la localidad de Fontibón, la cual está ubicada al occidente de la ciudad de Santa Fe de Bogotá, como se ilustra en la Figura 2.1. El área está limitada como se describe a continuación:

- Por el norte: con la línea del ferrocarril de Occidente que de Santa Fe de Bogotá conduce hacia Mosquera, entre el río Bogotá y la carrera 124A y entre la carrera 116 y la Avenida Boyacá; y la calle 61, que es adyacente y paralela a la segunda pista del aeropuerto El Dorado, entre las carreras 124A y 116.
- Por el sur: con el río Fucha
- Por el occidente: con el río Bogotá
- Por el oriente: con la Avenida Boyacá

En la Figura 2.1 se muestra la ubicación de los barrios mencionados, en el área de estudio.

#### 2.1.2 Relieve y Topografía

El relieve de la zona de estudio es relativamente plano, en el cual las elevaciones superiores, del orden del 2576 msnm (en el sistema de cotas de la EAAB) están sobre el límite norte y las elevaciones inferiores, de cerca a 2570 msnm, están localizadas al extremo sur-occidental del área, cerca a la confluencia de los ríos Bogotá y Fucha.

En el área, la cual está urbanizada en su mayor parte, no existen drenajes naturales internos, ni es posible identificar cuencas aferentes, pero sí existen canales de agua lluvias, tales como los denominados canal San Francisco, canal Boyacá y Canal Oriental, localizados en el

extremo oriental del área, que conducen parte de la esorrentía generada en la ciudad hacia su drenaje final en el río Fucha.

### 2.1.3 Condiciones geológicas y geomorfológicas

El estudio de las condiciones geológicas y geomorfológicas del área se ha basado en inspecciones de campo, análisis de información existente en diferentes entidades como EAAB, IGAC, INGEOMINAS y en los archivos de INGETEC S.A.; además se realizaron los análisis de fotografías aéreas recientes para detectar posibles cambios geomorfológicos en los últimos 15 años, teniendo como base principal las características geomorfológicas presentadas en el informe de Hidroestudios- Black and Veatch (Ref.1).

#### 2.1.3.1 Geología

##### A. Generalidades

La sabana de Bogotá se caracteriza por la presencia de una gran altiplanicie rodeada de cerros y generalmente de forma alargada, siguiendo los ejes de estructuras tectónicas; es una llanura sedimentaria compuesta de materiales fluviolacustres, la cual se formó como consecuencia del proceso de la desecación del gran lago que cubría la zona de la sabana de Bogotá.

A través de este proceso, el ambiente geológico de la sabana de Bogotá pasó de lacustre a pantanoso, para formar posteriormente un relieve plano sujeto a inundaciones periódicas.

A lo largo de su historia geológica, el río Bogotá ha formado cauce meándrico, con bajas velocidades de flujo, a lo largo de una amplia planicie de inundación del río que ha sido utilizada por este como mecanismo para amortiguación y almacenamiento de crecientes.

Al sur de la localidad se encuentra el río Fucha que confluye con el río Bogotá en la antigua laguna de la Magdalena; el río Fucha presenta cauce meándrico generando disección en la terrazas laterales que corresponden a una superficie plana ligeramente ondulada, con pocos depósitos de materiales aluviales.

La localidad de Fontibón esta ubicada dentro del plano - fluviolacustre de la sabana de Bogotá; en ella se encuentran algunos niveles de terrazas y superficies planas que conforman la llanura aluvial de inundación. En algunos estudios se describen terrazas altas y bajas, localizándose estas últimas por debajo de los niveles de crecida del río Bogotá, y algunas zonas pantanosas que han sido disecadas o drenadas para urbanizar.

Al sureste de la localidad el río Bogotá formaba el meandro abandonado del Say, cortado por medio de un canal; antiguamente, el río circulaba a través de este meandro y ocasionando algunas inundaciones en las áreas vecinas.

## **B. Rasgos Estructurales**

La localidad de Fontibón se desarrolla sobre una extensa llanura aluvial o bloque central; esta llanura está limitada por las fallas de Usaquén y San Cristobal-Facatativá, respectivamente. En el sector de la localidad, la llanura tiene la mayor amplitud y profundidad del relleno cuaternario de la Sabana. Como producto de hundimiento y basculamiento de bloques, debido a los esfuerzos compresivos en su parte central y levantamiento e inversiones en su límite oriental

## **C. Estratigrafía**

Con base en la información existente, en la localidad de Fontibón predominan los depósitos recientes del cuaternario, que se han agrupado en las formaciones Chía y Sabana. Varios autores (Ref. 1, 2, 3 y 4) han descrito estas formaciones, como se muestra en la tabla siguiente.

En este informe se adopta la nomenclatura presentada por el IGAC (Ref. 2) que identifica dos unidades litoestratigráficas bien definidas y coincidentes con la expresión geomórfica de las unidades diferenciadas durante el análisis fotogeológico realizado en el presente estudio. Las dos unidades definidas están constituidas, de base a techo, por la formación Sabana (Qsa) y la formación Chía (Qch), como se muestra en el plano geológico.

La Formación Sabana (Qsa): Constituye la mayor parte de la superficie plana del área de estudio; consta de arcillas plásticas de color gris oscuro, en estratos de 0,4 a 1,0 m de espesor, con interestratificaciones de lentes de arena y grava e intercalaciones de ceniza volcánica de color gris blancuzco. Sus niveles arenosos y de gravas son importantes para el almacenamiento de agua. El espesor total alcanza los 320 m. Esta disposición de la secuencia sedimentaria indica un ambiente fluviolacustre. A estos sedimentos se le asigna una edad pleistoceno medio y tardío. (Ver Plano No. 2.1).

Formación Chía (Qch): Constituye la parte adyacente de la formación Sabana y está integrada por un conjunto de limos de color rojizo a marrón, con intercalaciones de arcillas pardas, en áreas fangosas se presentan arcillas orgánicas diatomíticas de origen típicamente lacustre; su espesor es considerable, alcanzando profundidades del orden de los 200 m o más. Esta disposición de la secuencia sedimentaria indica un ambiente lacustre. A estos sedimentos se le asigna una edad holoceno hasta pleistoceno tardío. (Ver Plano No. 2.1).

## ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN

## LOCALIDAD DE FONTIBÓN

## ESTRATIGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

## CUADRO No. 1

	INGEOMINAS (1991) EMIRO ROBLES	IGAC (1995) VAN DER HAMMEN	HIDROESTUDIOS - BLACK AND VEATCH (1985)	MISIÓN SIGLO XXI (1996)
FORMACIÓN CHÍA	Depósitos aluviales (Qal) Arcillas y limos en descomposición Depósitos coluviales (Qc) Depósitos fluvioglaciales (Qfla) Abanicos aluviales (Qaa)	Formación Chía (Qch) Limos con intercalaciones de arcillas. En áreas fangosas, arcillas diatomíticas	Llanura Aluvial Actual (Lla) sedimentos recientes. Limo, lodo, arcilla, lentes de material grueso.	Llanura aluvial Actual Limo arcilloso y ocupa los sectores más bajos y planos de los valles de los ríos.  Conos aluviales, cantos, gravas, depósitos fluvioglaciales y coluviales
FORMACIÓN SABANA	Depósitos de Terraza Alta (Qta)	Formación Sabana (Qsa) arcillas con intercalaciones de limos. Hacia los márgenes de los ríos hay un incremento de material orgánico (Humus)	Formación Sabana (Qsa) Arcilla con lentes de limo y material orgánico	Llanura aluviolacustre, limo orgánico, arcilla plástica, limo arcilloso, formando terrazas altas y bajas



### 2.1.3.2 Geomorfología

#### **A. Generalidades**

La sabana de Bogotá conforma una gran llanura plana originada por el relleno de una amplia cuenca de origen tectónico en donde se reconocen dos procesos de agradación consecutivos: lacustre y fluvio-lacustre; este último prevalece en el presente. Dentro de este ambiente en el cual existe geoformas como las mesetas, llanura aluviales, meandros, zonas de inundación probables por los ríos Bogotá y Fucha y zonas de pantanos.

En esta área no se presentan grandes procesos erosivos notables por la acción de estos ríos; sin embargo, el área es naturalmente propensa a ser inundada por desbordes de los mismos (Ver Plano No. 2.2).

#### **B. Unidades Geomorfológicas**

En la localidad de Fontibón se analizaron estas unidades teniendo en cuenta los criterios morfológicos, morfométricos, morfogenéticos, hidrológicos y litológicos, con los cuales es posible diferenciar características de los materiales tales como si son cohesivos, permeables, grado de compactación, cementación y el grado granulométrico, que pueden ser indicadores de su susceptibilidad al efecto de los fenómenos degradativos.

En esta localidad se diferencian las siguientes unidades geomorfológicas, como se muestra en el Plano No. 2.2 y conformadas por mesetas (Ms) y Llanura Aluvial (Lla) y dentro de esta última, la Zona de Inundación probable (Zip) y las Zonas de Pantano (Zp).

##### Mesetas (Ms)

Las mesetas corresponden con la unidad litoestratigráfica de la formación sabana (Qsa), y son las áreas planas aterrazadas, más elevadas que el fondo del valle, no expuestas a inundación masiva, con relativamente buen drenaje. Su elevación varía entre 0 y 5 m sobre la llanura del río, como se observa en el plano geomorfológico.

##### Llanura Aluvial (Lla)

Esta constituida por las antiguas llanuras de inundación; es una zona más baja topográficamente, inmediatamente adyacente al cauce del río. Se estima que es estable respecto a posibles migraciones laterales del río, pero de gran actividad en cuanto inundaciones durante el período de lluvias.

Dentro de la llanura aluvial se diferencian las zonas ZIP y ZP que constituyen la llanura de inundación activa.

#### Zona de inundación probable (ZIP)

En el área plana adyacentes a las riberas de los ríos, sujeta a inundaciones en épocas de invierno.

#### Zonas de pantano (ZP)

Son áreas planas, más bajas que la llanura aluvial, ocupadas por aguas estancadas generalmente poco profundas, y se origina sobre suelos impermeables.

### C. Río Fucha

Este río nace en los cerros orientales de Bogotá, con el nombre de río San Cristobal y luego de atravesar la ciudad en dirección de oriente a occidente, desemboca en el río Bogotá con el nombre de río Fucha, al sur de la localidad de Fontibón.

El río conserva su cauce natural hasta la carrera 7, en donde se canaliza aproximadamente hasta un poco aguas abajo de la avenida Boyacá; de allí hasta su influencia en el río Bogotá, toma de nuevo su cauce natural, considerado insuficiente para recibir el drenaje de toda la cuenca. En su recorrido, el río recibe numerosos afluentes, de los cuales los principales son los ríos San Francisco y San Agustín, que se canalizan a su ingreso al área urbana.

Este río drena la zona industrial de occidente, y el sector más antiguo de la ciudad; las aguas de este río y de sus principales tributarios presentan un alto nivel de contaminación luego de recibir las descargas de los principales interceptores de aguas negras e industriales.

### D. Río Bogotá

El alineamiento en planta del río Bogotá, es una de sus características más estables en su historia reciente; en efecto, la revisión de fotografías aéreas del río, que abarcan el periodo 1950-1981, demuestra que no existen variaciones naturales detectables en su alineamiento a lo largo de la zona de estudio. Los únicos cambios evidentes corresponden a modificaciones inducidas artificialmente, que hasta 1981 no eran en forma alguna substanciales, con excepción de la resección del meandro del Say.

La condición actual del alineamiento del río Bogotá es representativa de un cauce de baja capacidad erosiva, baja relación ancho a profundidad y alta sinuosidad, comparado la sinuosidad promedio entre 1,5 y 2,0 de los cauces aluviales típicos; este río presentó valores

superiores de 2.2 en su última etapa de su actividad, dando como resultado una baja pendiente y escaso abastecimiento de materiales sólidos.

Al norte de la localidad de Fontibón, en el río Bogotá desaparece el confinamiento lateral de la meseta, dando lugar a una amplia zona en la que predomina la llanura aluvial y las zonas de inundación probables que son utilizadas con frecuencia en los períodos de invierno como zonas de amortiguación.

### **E. Anomalías geomorfológicas**

Durante la verificación de campo y el análisis de fotografías aéreas fueron detectadas algunas características que se clasifican como anomalías del desenvolvimiento geomorfológico y son indicativos de obras realizadas con fines de control de inundaciones. Las principales anomalías detectadas que datan de épocas diferentes reportadas en la Ref 1, se clasifican en resecciones, consistentes en el corte artificial de meandros y jarillones artificiales.

Las principales resecciones en la localidad de Fontibón son:

**Resección del Say:** Corte en el río, localizado a 2 km aguas arriba de la confluencia del río Fucha, al oeste de Fontibón, recupera una extensa área, tradicionalmente inundable; aún no se efectúa el relleno del canal a pesar de ser una obra relativamente antigua.

**Jarillones artificiales:** Existen en las márgenes de los ríos, variando de altura sobre el nivel de la planicie aluvial entre 1 y 3 m aproximadamente; estos jarillones se han construido independientemente por los propietarios de los barrios, con materiales de desechos de construcción, los cuales no dan una estabilidad adecuada al jarillón.

### **F. Evolución reciente del cauce**

La evolución del alineamiento y la geometría del cauce, dependen de una serie de factores, entre los cuales sobresalen la pendiente general del valle, la amplitud del plano aluvial, la producción de sedimentos por la cuenca y el régimen hidrológico de la misma.

La existencia de huellas de meandros cortados y la acentuación de esas huellas que se nota al observar regresivamente registros fotográficos aéreos, evidencia la actividad antrópica sobre el río en los últimos cien años.

La comparación de fotografías aéreas de 1946 y de 1995, demostraron que no existen variaciones naturales detectables en el alineamiento del río Bogotá en la localidad de Fontibón.

### 2.1.3.3 Hidrogeología

Hidrogeológicamente los sedimentos del cuaternario denominados Mesetas (Ms) en el estudio hidrogeológico de la sabana de Bogotá, realizada por INGEOMINAS (Ref. 5) forman un acuífero con un caudal de descarga de aproximadamente 25 000 m<sup>3</sup>/día. En la margen izquierda del río Bogotá existe un flujo de este acuífero que va desde Fontibón hacia el río.

El río Bogotá y el río Fucha presentan los siguientes perfiles teóricos de la parte superficial de la llanura aluvial: la capa superior muy permeable, con espesor de 50 cm a 80 cm, compuesta por suelos arcillosos y materia orgánica, sufre fuertes variaciones en su contenido de humedad, siendo muy alta en las estaciones de lluvia, llegando a la saturación en las zonas de inundación y descendiendo rápidamente en las épocas secas hasta agotarse completamente y agrietarse, aumentando considerablemente la permeabilidad secundaria. Este nivel freático superficial es el más variable y en su mayor parte es independiente del río, excepto en las zonas y épocas de inundación.

La segunda capa entre profundidades de 0,80 m y 2,0 m presenta un nivel freático con niveles más uniformes en todo el año, aunque está influenciado por las lluvias y en las zonas cercanas al cauce por el nivel del río. Finalmente, la tercera capa, bajo los 2 m de profundidad, se puede considerar como un acuífero de baja permeabilidad.

### 2.1.3.4 Microzonificación sísmica

Según el estudio de microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá (Ref. 5) la localidad de Fontibón se ubica entre la Zona 3 - Lacustre A y la Zona 4 - Lacustre B

La Zona 3 - Lacustre A, está conformada principalmente por depósitos de arcillas blandas con profundidades mayores de 50 m; pueden aparecer depósitos ocasionales de turbas y o arenas de espesor intermedio a bajo. Presentan una capa superficial preconsolidada de espesor variable.

La Zona 4 - Lacustre B, tiene las mismas características de la Zona 3 - Lacustre A, pero los depósitos superficiales (los primeros 30 a 50 m) son consistentemente más blandos que los anteriores. Además corresponde a la zona en donde la profundidad hasta la roca base es mucho mayor ( del orden de 200 m hasta 400 m).

La localidad de Fontibón hace parte de una zona de amenaza sísmica intermedia con un valor de aceleración máxima de 0,25g y para la Zona 3 - Lacustre A y de 0,16g y para la Zona 4 - Lacustre B.

La aceleración máxima es muy sensible a pequeños cambios en la topografía local. Normalmente cualquier protuberancia o saliente topográfica tiende a producir una ampliación considerable mientras que cualquier valle o depresión tiende a deamplificar la aceleración máxima. (Ver Plano No. 2.3).

#### 2.1.3.5 Zonas inundables

Extensas áreas de las riberas de los ríos Fucha y Bogotá están sujetas a inundaciones periódicas. Esto se debe a la evolución geomorfológica de la región, que desde el periodo geológico terciario, dio forma a la Sabana de Bogotá y condicionó los ríos a las mesetas y planicies aluviales.

Geológicamente la localidad de Fontibón está conformada por sedimentos de la formación Sabana (Qs), y la formación Chía (Qch), como se muestra en el Plano No. 2.2.

Geomorfológicamente, se diferencian las unidades de mesetas (Ms), llanura aluvial (Lla), zona de inundación probable (ZIP) y zonas de pantano (ZP), como se muestra en el plano geomorfológico.

Dentro de la unidad geomorfológica de llanura aluvial (Lla) se diferenciaron dos zonas de inundación probable (ZIP) localizadas por debajo de la cota 2 574 msnm de perímetro de servicios de la EAAB, la que ha sido considerada por la empresa como cota de inundación.

Una de las zonas de inundación probables (ZIP) se localiza en la margen izquierda del río Bogotá y en la margen derecha del río Fucha, en el sector de la confluencia de este con el río Bogotá, al noroeste de la localidad.

Otra de las zonas de inundación probable (ZIP) se localiza en la margen izquierda del río Bogotá en la zona adyacente al meandro abandonado del Say.

Una última zona de inundación probable (ZIP) se localiza en el meandro del río Bogotá adyacente a la segunda pista del aeropuerto El Dorado.

Ninguna de estas zonas de inundación probable (ZIP) están afectando los barrios en estudio para el presente trabajo.

Los barrios expuestos a amenaza por inundación y en trámite de legalización en la localidad de Fontibón se muestra en el Plano No. 2.2 y son las siguientes:

Kassandra I, II, y III sectores

Los Chircales

Paraíso de Bavaria

Prados de La Alameda I y II

Villa Liliana

Villa Andrea

Los barrios afectados por el contacto geomorfológico entre la llanura aluvial (Lla) y la zona de mesetas (Ms) son: Kassandra, Los Chircales y Prados de La Alameda. Estos barrios presentan riesgo geomorfológico, asociado a la inestabilidad de los suelos y a su carácter inundable.

Se recomienda que en esta zona el riesgo de inundación se mitigue manteniendo en buen estado los diques y jarillones de los ríos Fucha y Bogotá, también mejorando las condiciones de drenaje tanto en la zona de mesetas (Ms) como en la llanura aluvial (Lla).

Los barrios localizados en la zona de mesetas (Ms) como Villa Liliana, Villa Andrea y Paraíso de Bavaria no se encuentran en zona de amenaza de inundación por estar localizados en un nivel topográfico más alto.

#### **2.1.4 Aspectos Geotécnicos**

En esta sección se presenta la descripción de las condiciones geotécnicas de los jarillones existentes en la margen oriental del río Bogotá, frente a la localidad de Fontibón y la margen derecha del río Fucha frente al barrio Paraíso de Bavaria.

##### 2.1.4.1 Margen Izquierda del Río Bogotá

Las características geotécnicas de los jarillones del río Bogotá y el río Fucha se han obtenido del estudio reciente (1993) "Control de Inundaciones del Río Bogotá. Estudio Geotécnico", elaborado por Gómez Cajiao y Asociados Cía. Ltda. y James M. Montgomery, Consulting Engineers Inc (Ref. 6).

- Características Geotécnicas del Jarillón de la Margen Izquierda del Río Bogotá.

En los estudios anteriores se identificaron los materiales que componen el jarillón izquierdo del río y su fundación. Las características de estos materiales en el sitio de interés son las siguientes:

a) **Suelos de conformación del jarillón.**

Arcilla limosa gris-carmelita, humedad baja a moderada, plasticidad baja a media y consistencia firme a dura. Localmente se presentan raíces y suelos con trazas a algo arenosos. Las propiedades geotécnicas de estos suelos varían entre los siguientes valores:

- Humedad Natural	=	9%	-	39%
- Limite Líquido	=	30%	-	56%
- Índice de plasticidad	=	11%	-	28%
- Resistencia al corte no drenada	=	0,8 kg/cm <sup>2</sup>	-	3,0 kg/cm <sup>2</sup>
- Fracción Fina	=	75%	-	100%

b) **Suelo de fundación del jarillón**

Arcilla limosa gris a gris-carmelita, con vetas oxidadas, humedad baja a muy alta, plasticidad baja a muy alta y consistencia firme a dura. Localmente se presentan suelos con trazas a algo de arena fina. Las propiedades geotécnicas de estos suelos varían entre los siguientes valores:

- Humedad Natural	=	14%	-	94%
- Limite líquido	=	24%	-	127%
- Índice de plasticidad	=	7%	-	78%
- Resistencia al corte no drenada	=	0,4 kg/cm <sup>2</sup>	-	3,0 kg/cm <sup>2</sup>
- Fracción fina	=	81%	-	100%
- Peso unitario total	=	1.61 t/m <sup>3</sup>	-	2,05 t/m <sup>3</sup>

• **Condiciones de estabilidad de los jarillones**

En el estudio de Gómez Cajiao y Asociados y James M. Montgomery se concluye que la estabilidad de los jarillones es adecuada y que no requiere realizar obras especiales de estabilidad, diferentes de las señaladas para el realce o refuerzo de los jarillones. Para la adecuación de los jarillones se propusieron taludes con pendiente 2,0 H:1V. Las obras previstas en el estudio de adecuación hidráulica del río Bogotá fueron ejecutadas por la CAR en el sector comprendido entre la desembocadura del río Juan Amarillo y las compuertas de Alicahín.

En agosto de 1977, Hidroestudios S.A. realizó una inspección a los jarillones del río Bogotá con el fin de identificar los sitios donde el jarillón presenta fenómenos de erosión e inestabilidad, así como condiciones tales que puedan atentar contra su integridad. En el sector de interés, el informe final de la inspección señala una condición de buena estabilidad, excepto en el sitio próximo al barrio Kassandra, donde se presenta una inestabilidad en el jarillón que ha dejado un talud cercano a la vertical.

En desarrollo del presente estudio se efectuó una inspección del jarillón en la zona de interés con el fin de observar su condición de estabilidad actual (Agosto, 1998). A continuación se resumen los principales aspectos geotécnicos observados en la visita:

**a) Jarillón adyacente al barrio Kassandra**

El jarillón en este sitio presenta una pendiente irregular. En su parte superior presenta una pendiente fuerte, cercana a la vertical, y una pendiente suave, en su parte inferior. Esta conformación se aparta de la recomendación dada en los estudios previos, en el sentido de que el talud debe tener una pendiente de aproximadamente 2,0H:1V. Hacia la parte interior del jarillón, se ha conformado un área plana utilizada como parque, cuyo nivel se encuentra muy próximo a la cresta del jarillón, la cual está actualmente arborizada y la superficie de sus taludes se encuentra cubierta por pasto.

En razón a la fuerte pendiente de la parte superior del jarillón, la estabilidad de esta parte es inadecuada, existiendo un riesgo relativamente alto de falla en caso de una elevación importante del nivel freático ocasionada por una eventual inundación en el área adyacente al jarillón.

En el extremo de aguas arriba del barrio, donde se ha iniciado un proceso de arborización, el jarillón presenta importantes signos de erosión e inestabilidad superficial ocasionada por un deficiente drenaje de las aguas de escorrentía.

En este sector debe contemplarse la reconfiguración y regularización del talud del jarillón y la implantación de un sistema de drenaje superficial en el área adyacente al jarillón, que impida que las aguas superficiales fluyan sobre la superficie del jarillón y se infiltren dentro del relleno.

**b) Jarillón adyacente al barrio Los Chircales**

En esta zona, el jarillón izquierdo del río Bogotá presenta en su mayor parte un talud uniforme, semejante al recomendado en los estudios geotécnicos anteriores, razón por la cual no deben esperarse problemas de estabilidad de importancia. No



obstante, se aprecian sobre el talud, cubierto con pasto, algunos puntos con signos de erosión superficial, producto de un drenaje deficiente de la parte superior del jarillón, por su costado interior. En el sector próximo al puente, los fenómenos de erosión son de mayor magnitud, dada la cercanía de algunas viviendas al jarillón, las cuales descargan aguas y residuos sobre el talud del jarillón.

Para dar solución a los problemas de erosión del jarillón, se debe contemplar la ejecución de obras de drenaje superficial que manejen de manera segura las aguas superficiales e impidan la infiltración de las mismas en el relleno del jarillón.

**c) Jarillón adyacente al barrio Prados de La Alameda**

En este sector, existe un relleno que se levanta por encima del nivel de la cresta del jarillón, el cual conforma una berma a este nivel. El jarillón propiamente dicho presenta un talud uniforme, totalmente empradizado, con una pendiente suave igual o menor a la recomendada en los estudios geotécnicos previos. El talud es estable y no presenta signos de erosión.

En la zona del terraplén interior se observan algunos sectores de erosión e inestabilidad superficial producto de un drenaje deficiente en el área de la vía contigua al terraplén. Los fenómenos de erosión observados en esta parte no afectan la estabilidad del jarillón izquierdo del río Bogotá.

En este sector, debe contemplarse la ejecución de obras de drenaje a lo largo de la vía adyacente al jarillón, con el fin de evitar que las aguas superficiales se infiltren dentro del relleno del jarillón.

**2.1.4.2 Margen derecha del río Fucha adyacente al barrio Paraíso de Bavaria**

El jarillón de la margen derecha del río Fucha tiene una altura variable entre 2,0 y 2,5 m en el sector de interés y una pendiente que varía entre 0,7H:1V y 2,0H:1V. Las industrias asentadas en el sector adyacente al río han construido terraplenes con recebo sobre la margen del río, lo que proporciona una protección adicional ante las eventuales crecientes del río. Dichos terraplenes actualmente alcanzan una altura aproximada entre 1,0 y 2,0 m sobre el nivel del jarillón del río, los cuales se encuentran separados de este por una berma de cerca de 4 m de ancho.

De acuerdo con los resultados de los estudios geotécnicos realizados anteriormente, las características geotécnicas de los materiales que componen el jarillón y su fundación son los siguientes:

a) Suelo de conformación del jarillón - Estos suelos corresponden a arcilla limosa gris carmelita, mezclada en algunos sectores con arcilla limosa gris negruzca y/o gris clara. El suelo presenta una humedad y compresibilidad bajas y ocasionalmente moderadas, plasticidad media a alta y consistencia firme a muy firme. Generalmente, tiene algo de raíces y localmente vetas oxidadas y/o trazas a algo de arena. Sus propiedades geotécnicas se resumen a continuación:

- Humedad natural:	11% - 37%
- Límite líquido:	27% - 74%
- Índice de plasticidad:	10% - 38%
- Resistencia al corte no drenada:	1,4 kg/cm <sup>2</sup> - 1,8 kg/cm <sup>2</sup>
- Porcentaje de finos:	79% - 100%
- Clasificación USC:	CL - ML, CL, MH - CH.

b) Suelo de fundación del jarillón - Este suelo corresponde principalmente a una arcilla limosa gris carmelita con vetas oxidadas y consistencia muy firme, cuyas propiedades geotécnicas se resumen a continuación:

- Humedad natural:	17% - 35%
- Límite líquido:	33% - 58%
- Índice de plasticidad:	12% - 30%
- Resistencia al corte no drenada:	1,4 kg/cm <sup>2</sup> - 2,8 kg/cm <sup>2</sup>
- Porcentaje de finos:	85% - 100%
- Peso unitario total:	1,87 T/m <sup>3</sup> - 2,06 T/m <sup>3</sup>
- Compresión inconfinaada:	1,8 kg/cm <sup>2</sup> - 4,8 kg/cm <sup>2</sup>
- Clasificación USC:	CM, CL.

La margen derecha del río se encuentra cubierta completamente con pasto y presenta una pendiente suave, en el sector aguas arriba, y algo empinado en el sector de aguas abajo. Durante la inspección no se observaron signos de erosión e inestabilidad que puedan poner en peligro la estabilidad de la margen y los rellenos construídos sobre ella, por lo que se concluye que la estabilidad es satisfactoria.

### 2.1.4.3 Análisis de estabilidad

Los análisis de estabilidad se realizaron para tres secciones de la margen izquierda del río Bogotá localizadas frente a los barrios Cassandra, Los Chircales y Prados de La Alameda, y en el sector adyacente al barrio Paraíso de Bavaria sobre la margen derecha del río Fucha.

Dichos análisis se han efectuado empleando el método de Spencer-Wright implementado en el programa GALENA, el cual permite considerar superficies potenciales de deslizamiento circulares y de forma irregular.

Debido a la similitud de los materiales se adoptaron valores únicos de resistencia tanto para el cuerpo del jarillón como para su fundación, los cuales se obtuvieron a partir de los resultados de los ensayos triaxiales presentados en la Ref. 6.

Los análisis de estabilidad se realizaron teniendo en cuenta las condiciones actuales y de descenso rápido, para lo cual se consideraron los siguientes parámetros:

Condición de Carga	Parámetros
Actual	$C = 23 \text{ kPa}$ ; $\phi = 23^\circ$
Descenso rápido	$C = 40 \text{ kPa}$ ; $\phi = 15^\circ$

Se consideró adicionalmente la condición de sismo, para lo cual se adoptó una fuerza horizontal pseudoestática correspondiente a una aceleración de  $0,2g$ , de acuerdo con las recomendaciones de la Ref. 5.

Los resultados de los análisis de estabilidad se presentan en la Tabla 2.1.

De acuerdo a estos resultados, se puede considerar que la estabilidad de los jarillones en las márgenes y sectores estudiados presentan un factor de seguridad aceptable. La localización de los sitios de análisis se presenta en el Plano 3.2.

### 2.1.4.4 Recomendaciones

Como se deduce de los puntos anteriores, los fenómenos de erosión e inestabilidad observados en el talud del jarillón de la margen izquierda del río Bogotá, en los sectores de interés, están relacionados más con un drenaje deficiente de las aguas superficiales en las áreas contiguas a éste, que con la acción directa de las aguas del río Bogotá. Por ello, es importante ejecutar las obras de drenaje que sean necesarias para captar y conducir en forma segura las aguas superficiales, de tal forma que se impida que dichas aguas se infiltren dentro del relleno que constituye el jarillón. De igual manera, la reconfiguración y regularización de los taludes del jarillón se hace necesaria en el sector adyacente al barrio Cassandra, para lo cual se debe tener en cuenta la recomendación de taludes con pendiente 2,0H:1V.

### 2.1.5 Aspectos Climáticos

La zona en estudio se encuentra ubicada entre el aeropuerto El Dorado y el río Fucha. Con base en los registros de la estación sinóptica principal Aeropuerto El Dorado, para el periodo de 26 años, entre 1972 y 1997, las principales características climatológicas, resumidas en la Tabla 2.2 y en la Figura 2.2 se describen a continuación:

- **Precipitación**

La precipitación media anual es de 790 mm, con un régimen bimodal en el cual el primer periodo lluvioso corresponde a los meses de marzo a mayo, en donde cae en promedio el 34% de la precipitación anual y el segundo periodo lluvioso, en los meses de septiembre y noviembre, en donde cae otro 34% de la precipitación anual, quedando un 32% de precipitación para los periodos secos de julio a agosto y diciembre a febrero. El promedio de días con precipitación es de 194, que corresponde al 53% del año, siendo mayo el mes con más días de lluvia, con un promedio de 21 días. Las precipitaciones máximas en 24 horas presentan un valor medio multianual de 17,3 mm, siendo la máxima registrada en el periodo de registro de 25 años de 63,8 mm para el mes de abril.

Las relaciones de Precipitación - Área - Duración - Frecuencia, aplicables en la Sabana de Bogotá, determinadas con base en las tormentas máximas para el periodo de 1970 - 1994, se presenta en la Figura 2.3, tomada de la Ref. 8.

- **Evaporación**

La evaporación media anual es de 1066 mm, medida en un evaporímetro clase A. La evaporación máxima se presenta en el mes de enero con 102,1 mm y la mínima en abril con 79,3 mm, en general la evaporación no presenta grandes variaciones.

- **Brillo solar**

Las horas anuales de brillo solar son 1653, que corresponden, al 38% del día con luz. El mes con promedio máximo registrado es enero con 189 horas; dos periodos superan el promedio mensual: de diciembre a marzo y de julio a agosto, en donde se registra el 56,7% del total.

- **Humedad relativa**

La humedad relativa oscila entre 72% y 82% con un promedio multianual de 80%; a nivel de valores medios mensuales, presenta un máximo de 83% en el mes de noviembre y un mínimo de 77% en los meses de julio y agosto.

- **Temperatura**

La temperatura media presenta un valor de 13,4°C, casi constante a nivel de promedio mensual pero se han registrado un máximo absoluto de 24,9°C para el mes de marzo y un mínimo absoluto de -6,4°C en el mes de febrero.

- **Clima**

Según la Ref. 9, la zona de vida corresponde a Bosque Húmedo Montano Bajo, la cual predomina en el altiplano cundiboyacense; de acuerdo con la temperatura, precipitación y humedad de que se ha hecho mención.

## **2.1.6 Caudales Máximos de los Ríos Bogotá y Fucha**

Como se ha indicado anteriormente, la localidad de Fontibón colinda con el río Bogotá al occidente, y el río Fucha, al sur, y está localizada en la planicie aluvial del río Bogotá, propensa a inundaciones causadas por el desbordamiento de uno u otro río, cuyas crecientes constituyen una amenaza natural en la zona de estudio.

Las extensiones de las cuencas de drenaje en los puntos de análisis de desbordamiento de los ríos, es decir, en el puente del ferrocarril de occidente sobre el río Bogotá y en el sitio del río Fucha frente al barrio Paraíso de Bavaria, son de 2739 km<sup>2</sup> y 140 km<sup>2</sup>, respectivamente. La cuenca del río Bogotá es principalmente rural y con un relieve plano perteneciente a la sabana de Bogotá; al llegar a la ciudad, recibe afluentes, como los ríos Torca, Juan Amarillo (o Salitre) y Fucha, cuyas cuencas tienen una orientación general oriente - occidente, con fuertes pendientes, especialmente en sus tramos iniciales en los cerros orientales de la ciudad, y drenan zonas urbanizadas en su mayor proporción, razón por la cual sus crecientes son importantes y contribuyen en forma notable a las del río Bogotá frente a la ciudad.

### 2.1.6.1 Información Disponible

En vecindades de la localidad de Fontibón, en el río Bogotá existe la estación limnigráfica Puente Cundinamarca, operada por la CAR; esta estación está localizada a unos 5,5 km

aguas arriba de la confluencia del río Fucha, en el puente del ferrocarril de Occidente; en la Tabla 2.3 se incluye su registro de caudales máximos anuales para el período de 42 años, entre 1956 y 1997, según la cual el caudal más alto en este periodo fué de  $82 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Por estar próxima y aguas arriba de la confluencia del río Fucha, que es un afluente importante del río Bogotá, y teniendo éste una pendiente muy baja, los niveles en la estación son susceptibles de ser afectados, especialmente en épocas de alta escorrentía, por el remanso que se origina en la confluencia mencionada, distorsionando considerablemente la relación entre el nivel y el caudal, o curva de calibración de la sección. En la Figura 2.4 se presenta esta relación, obtenida de los registros de 35 aforos realizados entre febrero de 1991 y julio de 1996; el corto período de aforos, el bajo valor del caudal máximo aforado ( $31,08 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y la dispersión observada, son indicio de la poca confiabilidad en la relación e indican que la relación mencionada debe considerarse como poco confiable e igualmente, los análisis hidrológicos de crecientes que se deriven con base en ella.

De otro lado, sobre el río Fucha la EAAB inició en 1971 la operación de la estación limnigráfica Río Fucha - Fontibón, cuya información de caudales máximos solo está disponibles de 1984 a 1987, lo cual hace que los resultados de un análisis de frecuencia basado en dicha información no sea confiable ni representativo del régimen de caudales máximos del río.

En estudios anteriores adelantados para las obras para la adecuación hidráulica del río Bogotá por varios consultores (Ref. 10, 11 y 12 ) se estimaron los caudales máximos anuales; de ellos se concluye principalmente lo siguiente:

- a) La capacidad máxima del tramo del río Bogotá, con las obras de encauzamiento existentes en 1983, es de  $80 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- b) Los hidrogramas de los principales afluentes del río Bogotá, en su respectiva confluencia con este último, para períodos de retorno de 10 y 100 años, son los mostrados en las Figuras 2.5 y 2.6, cuyos caudales máximos en  $\text{m}^3/\text{s}$  son los siguientes:

Río	Período de Retorno, Tr (años)		Observaciones
	10	100	
Bogotá luego del río Torca	70	95	
Salitre	58	95	Regulado por el pondaje de Juan Amarillo.
Fucha	185	280	
Tunjuelo	65	95	Regulado por rondas de control de crecientes.

### 2.1.6.2 Determinación de Caudales

De lo anterior se puede concluir que la información hidrológica de las estaciones mencionadas sobre los ríos Bogotá y Fucha no es base adecuada para determinar confiablemente los caudales máximos en los respectivos ríos; en consecuencia, en el presente estudio, al igual que en recientes estudios similares realizados para la UPES por Ingetec, se consideró como evento para estimar la amenaza hidrológica en el río Bogotá, la ocurrencia simultánea de las crecientes de sus principales afluentes, correspondientes a periodos de retorno de 10 y 100 años determinadas en el estudio de adecuación hidráulico del río Bogotá por Hidroestudios (Ref. 12), y establecer, mediante cálculo hidráulico, los caudales del río Bogotá en el tramo localizado frente a la localidad de Fontibón, resultantes en el evento mencionado.

En cuanto al río Fucha, se consideraron como eventos para el análisis de la amenaza, los hidrogramas establecidos previamente por Hidroestudios y mostrados en las Figuras 2.5 y 2.6.

Se han adoptado los valores de caudales del estudio mencionado de adecuación hidráulica del río Bogotá porque se considera que a la luz de la nueva información (Ref. 8) las condiciones pluviográficas utilizadas en dicho estudio son conservativas y, adicionalmente, los modelos utilizados de transformación Lluvia - Escorrentía por Hidroestudios en la determinación de los caudales son adecuados.

La metodología para establecer los caudales del río Bogotá para el evento descrito anteriormente con periodos de recurrencia de 10 y 100 años, se presenta en la Sección 3.2 de este Informe. Los resultados obtenidos con dicha metodología y los correspondientes al río Fucha, son los siguientes.

Periodo de Retorno, Tr (años)	Caudales Máximos (m <sup>3</sup> /s)	
	Río Bogotá	Río Fucha
10	91	182
100	123	280

En estos resultados se refleja el efecto de la gran proporción de área de drenaje urbanizada y de tiempos cortos de concentración en la cuenca del río Fucha, en comparación con la extensión mayor, pero urbanizada en mínima parte, de la cuenca del río Bogotá.

## 2.2 ASPECTOS SOCIALES

### 2.2.1 Políticas institucionales con relación al tema de riesgos

- Plan de Desarrollo Distrital

En la administración actual de Santa Fe Bogotá D.C., la alcaldía que inició su período en el presente año, ha emitido su Plan de Desarrollo Económico, Social y de Obras Públicas, denominado "Por la Bogotá que queremos". En él se plantean 7 prioridades, entre las que se enuncia en primer lugar, la "Desmarginalización" de los barrios del D.C., orientada hacia la equidad social, y entendida como la necesidad de "Elevar la calidad de vida de la población residente en barrios con deficiencias en infraestructura y servicios sociales, a través de la intervención sobre aquellos aspectos que permitan superar dichas deficiencias y dinamizar en la comunidad la apropiación de la construcción de su destino" (Ref. 13).

Es esta una de las posibilidades políticas con las que se cuenta en la ciudad, para abordar el problema social, no solo desde el punto de vista de la UPES, sino en coordinación con la Alcaldía mayor.

La Estrategia propuesta para dicho fin, es la de intervenir sobre el entorno público, con el esfuerzo mancomunado de las entidades distritales y las localidades, con participación directa de la comunidad y el sector privado.

La prioridad de Desmarginalización se podrá lograr con la puesta en marcha de programas sociales que consisten en la ampliación y mejoramiento de la infraestructura vial y de servicios públicos; la ampliación y mejoramiento de la infraestructura del sector social; la ampliación y mejoramiento del espacio público y la infraestructura recreativa y deportiva; la adecuación de zonas de riesgo y atención a familias afectadas; la promoción de la gestión comunitaria e institucional; y el fomento a la inversión local.

Esta prioridad incluye el establecimiento de una estrategia para resolver la situación de legalidad o ilegalidad de los barrios, en busca de una solución para la inversión social por parte del Estado, y definir las franjas de reubicación de población para protección de rondas y protección por alto riesgo.

De otro lado, la promulgación de la ley 388 de 1997, incluye como parte fundamental de los Planes de Ordenamiento Territorial, la definición de las zonas de amenaza y riesgo, cuya condición es uno de los determinantes en la planificación de los escenarios y usos de la ciudad.



- Plan de Desarrollo Local

De acuerdo con la Ref. 14, la localidad de Fontibón cuenta con una población de 186.509 habitantes, que equivale al 4% del total del D.C. En esta localidad el sector residencial se combina con usos industriales en gran escala, sin un ordenamiento de dichos usos, contribuyendo al desarrollo informal de barrios en cercanías a industrias químicas y otras que no ofrecen una calidad ambiental adecuada a los habitantes de su alrededor.

Para la elaboración de su plan de desarrollo, la alcaldía local, realizó una división en cuatro sectores, para hacer el diagnóstico más preciso, que son:

Zona SALMO

Zona FONTIBÓN CENTRO

Zona INDUSTRIAL

Zona BIOFONTIBÓN 2.001

De cada una de estas zonas en el Plan se estudia su situación actual, características fisicobióticas y socioeconómicas, y factores que evalúen la calidad del hábitat. Los barrios objeto de estudio, hacen parte de la llamada Zona Biofontibón, y Fontibón Centro.

Algunos de los aspectos estudiados se relacionan con las condiciones ambientales que se presentan, las deficiencias en instalaciones de infraestructura social y su cobertura, que pueda responder a las necesidades sentidas por la población.

Una de las características importantes de la localidad, es su combinación urbanística de desarrollos industriales, comerciales y residenciales, con el ingrediente de tener dentro de sus límites el aeropuerto internacional, además de ser una de las puertas de entrada a la ciudad, específicamente de la región occidental de la Sabana y de Cundinamarca.

Esta condición de usos múltiples, favorece algunas condiciones de empleo y oferta de recursos, y le da importancia estratégica a la localidad por su Zona Franca y ser puerta de entrada a la ciudad. Pero a la vez, esta misma condición presenta debilidades en materia de congestión vehicular por la Avenida El Centenario, que no está en capacidad para manejar el transporte pesado regional y el transporte intermunicipal y distrital que a ella confluyen, así como altos niveles de contaminación atmosférica, por emisiones y ruido.

Con base en ello, en el Plan se proponen programas y proyectos, cuya estrategia se titula "Ambiente y Calidad de Vida". En tal sentido, los 8 programas propuestos, se orientan a: 1. Hacer una gestión integrada de residuos sólidos y desechos peligrosos; 2. Diagnosticar los riesgos químicos que afectan el ambiente, la salud y la calidad de vida de la población; 3. evaluar los riesgos ambientales que afectan la salud de los sectores informales; 4. Controlar y monitorear la contaminación por ruido; 5. Mejorar la calidad del aire; 6.

Constituir la malla verde; 7. Desarrollar un observatorio ambiental y de calidad de vida de los habitantes; y 8. Desarrollar el programa de estudio evaluativo de los barrios ilegales para la legalización o reubicación.

Estos programas atienden las necesidades de mejorar la coexistencia de polígonos industriales y residenciales, mitigando los impactos ambientales que a su vez desmejoran la calidad de vida de los habitantes de Fontibón. En particular, los barrios que hacen parte del estudio para la determinación de riesgos, se encuentran ubicados en cercanía a industrias y al aeropuerto, lo que los ubica en un sector de alta contaminación.

### **2.2.2 Contexto social y urbano de los barrios dentro de la localidad**

#### **– Problemática del desarrollo espontáneo**

Fontibón en su borde occidental tiene por resolver la situación de algunos barrios que actualmente tienen carácter ilegal, y que al igual que en otros sectores de Bogotá, surgieron como consecuencia de la carencia de oferta de planes de vivienda de interés social, cuyo costo impide a familias con ingresos por debajo de los dos salarios mínimos acceder a ellos. Así, la “urbanización pirata”, se convierte en una alternativa por sus costos y la posibilidad de iniciar por autoconstrucción un lugar de habitación desarrollado progresivamente acorde a las condiciones particulares de cada familia, y la posibilidad de aprovechar el lote como fuente de ingresos, ya sea para el establecimiento de un negocio comercial, o para el arrendamiento de un cuarto o apartamento.

Culturalmente, el imaginario de la población frente a la vivienda, busca que sea propia, aún cuando no sea construida totalmente, antes que asumir una vivienda que los comprometa con una hipoteca a 15 años; adicionalmente, las condiciones para la obtención del crédito con las corporaciones de ahorro y vivienda, deja por puertas a la gran mayoría de familias de estrato 1 y 2, por sus bajos ingresos y poco respaldo económico. Es clara la preferencia de una vivienda propia, para construir horizontalmente y poder tener un ingreso por arrendamientos.

#### **– Condiciones ambientales en el sector de estudio**

De acuerdo a la Agenda Local Ambiental y al Plan de Desarrollo Local que está en miras de formularse, las problemáticas ambientales detectadas hace unos años, persisten en la localidad.

El equipo de trabajo de la Alcaldía en su oficina de planeación, está en proceso de elaborar su Plan de Desarrollo, con base en un diagnóstico ambiental y social; algunos de los temas detectados a nivel social y ambiental se refieren a problemas de contaminación atmosférica, contaminación hídrica y al suelo, ya sea por intervención antropogénica como por emisiones

industriales. A nivel social se presenta en los barrios de carácter ilegal, cuyos asentamientos en la mayoría de las veces se asocia a invasión de rondas de ríos y humedales.

En lo estrictamente ambiental se identifican los siguientes problemas:

- \* Contaminación por residuos sólidos peligrosos; contaminación por residuos químicos (sectores informales y formales)
- \* Impacto negativo por la no previsión y control de los usos del suelo y ubicación de industrias, bodegas y comercio en áreas de tradición residencial
- \* Contaminación del aire por emisiones industriales y tráfico vehicular
- \* Invasión de las rondas, deterioro de las mismas, ríos, humedales y canales; se da el caso de rellenos que persisten en la ronda del río Fucha
- \* Manejo inadecuado de basuras en algunos sectores, que contribuyen a la contaminación hídrica (río Bogotá) y paisajística
- \* Contaminación visual, del espacio público por vallas y avisos de publicidad
- \* Contaminación por ruido, fundamentalmente el ocasionado por la vecindad del aeropuerto; esta problemática es compartida con la localidad de Engativá, siendo una situación particular para el sector, dada la proximidad al terminal aéreo.

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido ambiental estimados por el DAMA para 1993:

Niveles de ruido ambiental en Fontibón, 1990 (dBA)										
	Med. Día	Val. Promedios				Med. Noch.	Val. Absolutos			
CII 22 - K 100	76,2	78,3	78,2	74,4	73,4		99	60	92	59
CII 36 - K 104B	59,1	63,2	63,0	55,2	55,1		8	49	79	38
CII 38 - K 98	60,0	63,9	63,8	56,5	55,5		84	49	84	38
K 100 - Av. Ferroc.						36,8				
Promedio zona Residencial	67,6					38,1				

Fuente: Ref. 14.

En algunos sectores los niveles de ruido, están por encima de los permisibles, que según las normas ambientales, son del orden de 65dB en el día. Esto quiere decir que el sector de la CII. 22 - K 100, está produciendo un nivel de ruido bastante alto que acarrea problemas a la población de la zona. Incluso el nivel promedio residencial, está ligeramente por encima del permisible. Tal situación incide notoriamente en la calidad de vida de los habitantes del sector, que puede reflejarse en enfermedades del oído y patologías de orden mental (neurosis, alto estrés).

– Condiciones sociales de la localidad:

Se hace referencia al grupo de barrios que son objeto del estudio, donde existe una ausencia de servicios públicos, baja calidad de vida y ubicación ilegal, algunos de ellos ocupando parcialmente área de ronda del río Bogotá, cuya población se encuentra en algunos casos con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI).

De acuerdo con las visitas realizadas a campo, todos los desarrollos analizados en el presente estudio tienen servicios de acueducto y alcantarillado, por convenio provisional con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, con excepción de Prados de la Alameda I y II, en donde esta legalizado el acueducto y alcantarillado; en Villa Liliana hay un sector que aún emplea pozos sépticos, para la disposición de excretas. La luz eléctrica está legalizada solamente en Kassandra I, II y II, Prados de la Alameda I y II, y Paraíso Bavaria. Pero se reporta ausencia en el mantenimiento necesario de las redes de acueducto y alcantarillado, así como de los tendidos eléctricos.

En la siguiente tabla se observa que el porcentaje de hogares con NBI en la localidad, es 1% más bajo, proporcionalmente que Bogotá, sin embargo es de anotar que algunos indicadores de NBI como la vivienda inadecuada y la dependencia económica se encuentran más elevados que el promedio de la ciudad. Adicionalmente, que indicadores como el de servicios inadecuados aparece con cifra en ceros, lo cual parece no aplicarse a la nueva realidad de ubicación y densificación de barrios informales en la localidad con posterioridad a 1991, fecha en la que el DANE publicó la Encuesta sobre Pobreza y Calidad de Vida en Santafé de Bogotá, como es el caso de Villa Andrea, Prados de la Alameda I y II y Villa Liliana. Es posible inferir de esta información, que independiente de si las redes están conectadas a las oficiales (EAAB, EEB), se considera sólo si hay cobertura de los mismos.

Hogares con Necesidades básicas insatisfechas (NBI)						
	NBI % de hogares	Hacinamiento Crítico %	Indicador inasistencia escolar %	Indicador servicios inadecuados %	Indicador vivienda inadecuada %	Indicador alta dependencia económica %
Fontibón	11.55	6.47	2.21	0.00	2.16	4.69
Bogotá	12.87	8.26	2.37	0.72	1.90	2.67

De otro lado, el sector presenta una densificación y crecimiento del área construida, con cambio en el uso del suelo, crecimiento y presión sobre suelos urbanos, con insuficientes espacios verdes y carencia de equipamiento urbano y social.

En cuanto a la educación, el DAPD estimó para 1995 una población en edad escolar de 83 543 personas, de los cuales apenas un 53% se matriculaba en alguna institución de la localidad; sin embargo el cálculo de la Alcaldía Local estima la inasistencia escolar en un 2,25%, expresando la necesidad de 1 219 nuevos cupos para niños y jóvenes de estratos 1 y 2. La oferta de educación se concentra en las 110 instituciones privadas existentes en la Localidad con una cobertura del 62%; en tanto que las 38 instituciones del sector oficial

cubren el 38% restante de demanda escolar. En la siguiente tabla se observa la relación de estudiantes de acuerdo con los sectores privado y público en la Localidad.

Sector Educativo	POBLACIÓN POR NIVEL			
	Preescolar	Primaria	Bachillerato	Total
Educación Pública	1 283	8 147	7 738	17168
Educación Privada	5 919	11 444	9 999	27362
Total	7 202	19 591	17 737	44 530

Fuente: Ref. 15.

Los datos presentados por la alcaldía local, se ajustan al análisis del DAPD, ya que de los 83500 habitantes en edad escolar, solo asisten a centros educativos, 44500; lo cual significa que hay una alta inasistencia escolar, o que la demanda educativa busca satisfacer dicha necesidad en otras localidades.

Con respecto a la salud, Fontibón cuenta con el Hospital de primer nivel San Pablo, y el hospital Fontibón de segundo nivel. Según el diagnóstico del Plan de Desarrollo, la infraestructura y cobertura de dichas instituciones resulta insuficiente, si se tiene en cuenta el acelerado proceso de crecimiento de la localidad. La inauguración de la nueva pista de aterrizaje del Aeropuerto El Dorado, el desarrollo creciente del sector industrial, el aumento de la población y las precarias condiciones de vida de sectores informales, entre otros factores, inciden determinadamente en la baja cobertura de este servicio social.

En el aspecto de recreación y deporte, Fontibón presenta solamente en la Zona Salmo, adecuadas áreas verdes y recreativas; las demás zonas no tienen suficientes áreas verdes y arborización o cercas vivas, que podrían contribuir a disminuir el impacto por contaminación atmosférica. La localidad cuenta con seis canchas de fútbol, y presenta carencia de espacios recreativos como ciclovías. Tiene un total de 44 parques, cuya área total es de 230 714 m<sup>2</sup>, lo cual constituye aproximadamente 1,5 m<sup>2</sup> / habitante, en contraste con el acuerdo reglamentario de la ley 388, que dispone normas sobre espacio público, según el cual debería existir por cada habitante 12.5 m<sup>2</sup> de espacio público.

Frente a la problemática social, la localidad se propone emprender algunos programas para atenderla. Dichos programas están orientados a profundizar en el diagnóstico según el tema en particular; por ejemplo, en el caso de servicios básicos públicos, se tiene cobertura total de acueducto (aún cuando en algunos sea ilegal), así como de energía, y casi completamente con alcantarillado de aguas servidas, y no existe alcantarillado de aguas lluvias.

El sistema de alcantarillado, entonces funciona como receptor de aguas combinadas (servidas y lluvias), pero con capacidad para aguas residuales solamente; en algunos sectores se utilizan estaciones de bombeo, debido a su ubicación en cotas inferiores en canales del río Fucha o del río Bogotá.

### 2.2.3 Caracterización social de los barrios de estudio

La población del sector urbano delimitada para el estudio es heterogénea en lo que se refiere a su estructura socio cultural, y presenta homogeneidad en su estratificación económica y proceso de ocupación del espacio territorial; aunque la localidad ha tenido diversos procesos de poblamiento, generalmente éstos se ligan a la capacidad económica de quienes llegan a habitar alguno de los barrios que tiene la localidad.

Se presentan a continuación los factores sociales determinantes, para el análisis de vulnerabilidad frente al evento de inundación, que presentan los barrios Cassandra, Los Chircales, Prados de la Alameda, Villa Liliana, Villa Andrea y Paraíso Bavaria. En la tabla siguiente se muestran aspectos demográficos.

BARRIO	TOTAL DE LOTES	NÚMERO DE FAMILIAS			POBLACIÓN ESTIMADA (hab / lote = 5.4)
		TOTAL	PROPIETARIAS	ARRENDATARIAS	
Kassandra I, II, III	465	500	450	50	2 700
Villa Andrea	288	163	163	---	880
Los Chircales	42	80	39	41	432
Prados de la Alameda I y II	432	250	232	18	1 350
Villa Liliana	196	70	70	---	378
Paraíso de Bavaria	56	100	56	44	540

Fuente: Ingetec. Entrevista realizada a presidentes y/o líderes comunitarios, en cada barrio. 1998

Es de anotar que el barrio Villa Andrea está en baja consolidación porque es el más reciente, y su loteo se encuentra en proceso de autoconstrucción por los propietarios. El proceso de desarrollo se ha dado básicamente por desarrollo progresivo tanto a nivel de lo privado como de lo público, es decir, las obras que corresponden a acometidas para los servicios públicos, las vías, las áreas comunes, van surgiendo de la iniciativa y creatividad de los habitantes, que por su condición de ilegalidad, van asumiendo el papel del Estado en la dotación de la infraestructura mínima.

- Localización

El barrio Cassandra se encuentra ubicado entre el río Bogotá y la calle 22 - Av. Centenario y entre las carreras 134 a la 137. Su desarrollo se inició hacia 1987, y al siguiente año se obtuvieron las escrituras de los predios. El terreno hacía parte de una antigua hacienda, la cual fue vendida a un urbanizador quien loteó un sector de la hacienda. El barrio está compuesto por tres etapas, que tienen un total de 470 predios, cada uno de 72m<sup>2</sup>.



Foto 1. Panorámica del barrio Cassandra

El barrio Los Chircales se encuentra localizado sobre la margen izquierda de río Bogotá, sobre la calle 22, entre las carreras 138A y 139. Su poblamiento inicial fue promovido por varios urbanizadores que en 1984 vendieron un total de 42 lotes de 72m<sup>2</sup> cada uno, de los cuales solo 3 se encuentran actualmente sin construir.



Foto 2. Entrada al barrio Los Chircales

El barrio Villa Andrea se encuentra ubicado entre las carreras 134 y 132, con calle 23A. Su construcción se inició entre 1995 y 1996, a partir del loteo efectuado por el urbanizador Leonel Pedraza. El perímetro del barrio está rodeado de industrias metálicas.

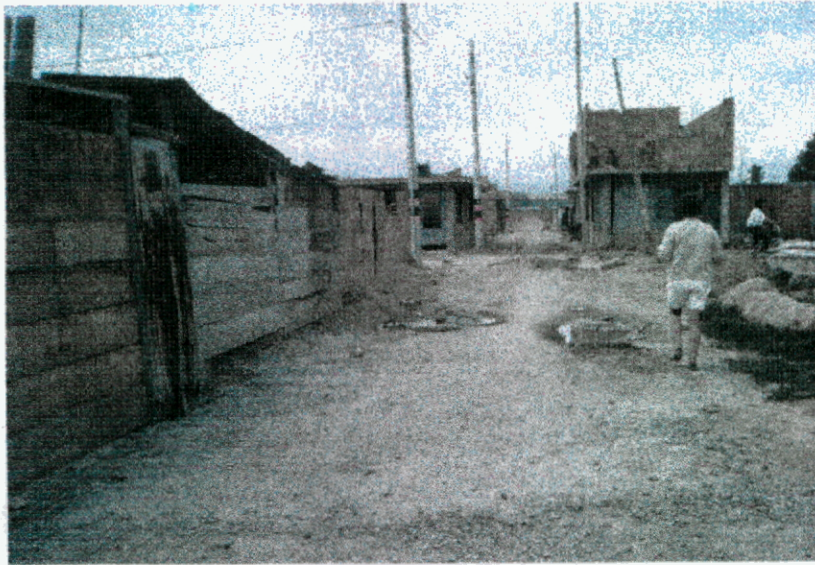


Foto 3. Vista del barrio Villa Andrea

El barrio Prados de la Alameda, aledaño a Villa Andrea, se encuentra entre las calles 22A a la calle 29, a 170 metros del cauce del río. La construcción de la primera etapa se inició en 1994, y la de la segunda etapa algún tiempo después. En total tiene 427 lotes, cada uno de 72m<sup>2</sup>, de los cuales se encuentran construidos 232.



Foto 4. Panorámica del barrio Prados de La Alameda.



Villa Liliana se encuentra en la calle 33 con la carrera 122. En uno de sus costados se encuentran bodegas de Motoriza y una fábrica de empaques industriales que en coacciones genera contaminación del aire, al parecer por aguas de desecho, afectando considerablemente al barrio. En 1994 fue constituido el barrio como tal, aunque los lotes se habían empezado a vender desde 1990. Consta de 196 lotes, de los cuales están construidos 144.



Foto 5. Barrio Villa Liliana. Al fondo se observa bodegas de Motorisa.

El Paraíso de Bavaria está localizado en la calle 18, entre las carreras 75 y 76B, es decir, entre la calle 13 y a cuatro cuadras del río Fucha. En medio del barrio y el Fucha hay un sector industrial, que genera contaminación ambiental para los barrios aledaños. En campo pudo observarse, cómo algunas de estas industrias se encuentran rellenando un desnivel aledaño al río Fucha, con el objeto de adaptarlo como parqueadero. El barrio tiene 58 predios residenciales de 72m<sup>2</sup> cada uno, y dos industriales de 432m<sup>2</sup> cada uno. Del total de predios solo falta uno por construir.



Foto 6. Vista del barrio Paraíso de Bavaria.

- Estratificación social

La estratificación mostrada en la siguiente tabla, según facturación de servicios básicos, los clasifica de acuerdo al criterio de cada empresa, por lo que se observa que no coinciden entre las mismas. En el caso de Kassandra, Los Chircales y Villa Liliana, no se reporta el estrato según la EAAB, porque no se les factura el consumo de agua.

Estratificación de Servicios Públicos						
BARRIO	Kassandra I, II, III	Villa Andrea	Los Chircales	Prados de la Alameda I y II	Villa Liliana	Paraíso de Bavaria
EAAB	—	2	—	2	—	2
ENERGÍA	1	1	1	1	1	2

- Dotación de servicios

Según la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, estos barrios no pertenecen a la red de servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Sin embargo, en algunos casos la comunidad misma ha instalado las redes y en otros se hizo por cuenta del urbanizador. Por convenio con la EAAB, algunos barrios establecen lo que se ha dado en llamar Acuerdo 50, que es la facturación del servicio con una tarifa básica de 50 metros cúbicos, de manera provisional durante el período en que se de el trámite de legalización.

En cuanto a la energía eléctrica, los barrios cuentan con alumbrado público y acometidas domiciliarias, aunque sin instalación de medidor. De la misma manera, la EEB hace una facturación básica por familia, en espera de los conceptos de Planeación Distrital, para normalizar el servicio.

El servicio de telefonía, en Kassandra I, II, III y Prados de la Alameda, es prestado por la empresa Capitel y en Paraíso Bavaria, por la ETB; los tres restantes se encuentran en trámite. Este servicio, generalmente se presta e instalan las redes, independientemente de la condición de legalidad del barrio.

En la tabla siguiente se muestra cual es la condición de cada uno de los servicios, en los seis barrios.

Servicio Barrio	Acueducto		Alcantarillado		Recolección de basuras	Teléfono	Energía	
	Prov.	Legal	Prov.	Legal			Prov.	Legal
Kassandra I,II,III.	x		x		Lime	Capitel		x
Los Chircales	x		x		Lime	No hay	x	
Prados de La Alameda		x	x		Lime	Capitel		x
Villa Andrea	x		x		Lime	No hay	x	
Villa Liliana	x		x		No hay	No hay	x	
Paraíso de Bavaria	x		x		Lime	ETB	x	

Fuente: Ingetec. Entrevista a presidentes de Juntas de Acción Comunal. 1998

\* Prov. Abreviatura de provisional y Legal, de legalizado.

El mecanismo por el que se opta para ir normalizando la dotación de servicios públicos básicos, es llegar a un acuerdo entre las empresas y las comunidades, para facturar un consumo básico, sin instalar medidores. De la decisión sobre la legalización o no de los barrios, depende que se normalice el servicio, con medidores instalados y mejoramiento de redes. De no legalizarse, dichos servicios se suspenderán, según lo establece el acuerdo 6 de 1990, en su artículo 347, que prohíbe dotar de servicios públicos a sectores que no cumplan con las normas urbanísticas y de ordenamiento físico de la ciudad.

- Organización social formal e informal

Uno de los aspectos que muestra la capacidad de respuesta frente a un evento dado, que signifique amenaza para los asentamientos humanos, es la de la organización de la comunidad.

En el caso de los barrios de estudio, es de destacar que Kassandra se caracteriza por tener una sólida organización de la comunidad, la cual, con acciones de intervención en la ronda, conformaron en ella una zona verde de recreación y arborización, como parte del desarrollo urbano del barrio (ver foto 7).

Del proceso de participación de éste y otros barrios en las mismas condiciones, organizados en la "Asociación de Barrios Subnormales y Ribereños", y de los debates en el concejo de Bogotá, surgió en el año 1996, el Acuerdo 026, por el cual se reglamenta el borde occidental, dejando un área de ronda de 50 metros a partir del cauce en las localidades de Suba y Fontibón, donde existan asentamientos humanos, y para el resto del tramo del río Bogotá, continúan vigentes los 300 metros de ronda.

Esta organización hace que los habitantes de dichos barrios asuman una actitud de defensa de su espacio barrial y que sean activos frente a alguna decisión que se tome sobre el mismo, a la vez contribuye a que los pobladores se preparen en caso de emergencia a dar una respuesta acertada que implique disminuir la afectación, en el caso concreto de una inundación.



Foto 7. Parque infantil aprovechando la zona de ronda del río Bogotá en el barrio Cassandra.

En el barrio Prados de La Alameda I y II, la población se ha preocupado de no extender la construcción hacia el río, guardando aproximadamente 170 metros de ronda. La organización que se destaca es la Junta de Acción Comunal.

En Paraíso de Bavaria, la comunidad allí asentada está representada en la Junta de Acción Comunal, como organización existente, y por su antigüedad, el barrio ha logrado mejoramiento urbano en cuanto construcción de vivienda, recebo de vías y la legalización del servicio de energía.

El barrio Villa Andrea, aunque es más reciente y por tanto menos consolidado, muestra un alto nivel de organización en la dotación de servicios, como es el alcantarillado que se encuentra en construcción con la acción de los mismos habitantes (ver foto 8), un ordenamiento del barrio, destinando franjas del borde del barrio para zonas verdes y recreativas, y el mecanismo de seguridad social, con el control de acceso al barrio.



Foto 8. Barrio Villa Andrea. Se observa proceso de construcción del alcantarillado a través de la gestión comunitaria

– Expectativas de los habitantes con respecto a la legalización

En su totalidad, los barrios en estudio tienen la expectativa de la consecución de la legalización con su correspondiente normalización de servicios e inversión en equipamiento urbano y comunal.

El barrio más consolidado es Cassandra, con una antigüedad de 11 años, y una fuerte organización de la comunidad, quienes emprendieron la tarea de “defender sus derechos” al reconocimiento del asentamiento, cuya ubicación en la zona alemana al río genera conflictos.

Así mismo, en el barrio Paraíso de Bavaria, que tiene aproximadamente 12 años de construido, el arraigo de la gente es alto y su principal expectativa es la legalización; están a la espera de poder ejecutar un presupuesto del Fondo de Desarrollo Local (FDL), destinado a mejoramiento urbano, lo que no ha sido posible, dada su situación de ilegalidad.

Los habitantes de Los Chircales, afirman que el barrio no ha presentado problemas de inundación, ya que la altura del barrio es aproximadamente la misma de la calle 13 y el drenaje natural del suelo es bueno. De acuerdo con la observación de los habitantes del barrio, la máxima altura del río en los años que llevan residiendo en el sector, ha sido de tres metros por debajo del jarillón.

Según información de la J.A.C, la EAAB no ha comunicado la existencia de construcciones dentro de la ronda hidráulica del río Bogotá. Todos los habitantes tienen escritura de los predios, y su percepción es de que allí no hay ninguna amenaza y por tanto debería legalizarse.

En la misma forma, en los otros tres barrios, la afirmación general es que no tienen problemas en su barrio, están bien allí y consideran que no hay amenaza para ellos; la actitud de defender su territorialidad y por supuesto el trámite ante las entidades distritales es una continua preocupación.

Tal situación, similar en los seis barrios, conduce a una conclusión de orden cultural en el sentido de que la forma de ocupación, el proceso de autoconstrucción privada y de servicios (supliendo al Estado), ha llevado a conformar un tejido social basado en la solidaridad y en los lazos de vecindad, que generan sentido de pertenencia al barrio y apego a lo conseguido, entre otras cosas por el valor que se le otorga al esfuerzo invertido. La simbología de lucha y organización para constituir su barrio, genera una resistencia a soluciones de reubicación y a aceptar la posibilidad de la amenaza. Las acciones emprendidas por el mejoramiento de paisaje y de condiciones urbanísticas, hace que perciban el comportamiento del río y en palabras de algunos habitantes, de "llegar a quererlo, a cuidarlo".

#### - Asistencia en salud

En ninguno de los seis barrios de estudio, se encuentra un centro de salud, por tanto analizando el servicio de salud a nivel de cobertura, infraestructura y tipo de asistencia, se puede decir que se carece de infraestructura social básica para este servicio. Los habitantes de estos barrios asisten al Hospital Juan Pablo II, que es un hospital de I nivel en ocasiones de enfermedades que lo ameriten, y para casos mas rutinarios (vacunación, controles, etc) asisten al CAMI de Fontibón, que brinda atención a través de la afiliación al SISBEN, es decir aquellos que lograron ser beneficiarios, según los indicadores del sistema de beneficiarios. En todos los barrios mencionaron tener afiliación al SISBEN, por lo menos una gran parte de los habitantes. En el barrio Paraíso de Bavaria, prefieren asistir al centro de salud (UPA) del barrio Visión Colombia que hace parte de la localidad de Kennedy.

Es de observar que según el diagnóstico de la localidad a nivel de salud, es insuficiente la dotación y la cobertura con la que cuenta el Hospital para la demanda de la localidad. En el caso particular de estos barrios, en un caso de emergencia, este hospital, sería el receptor de la demanda y tendría que brindar la atención a la población, lo cual implica que deba incorporarse dotación de personal y equipos, para atender casos específicos de emergencias por inundación.

En otros casos, los habitantes que son empleados formales, tienen atención por alguna de las EPS del sistema de salud, que según la información otorgada por los entrevistados, es una minoría.

– Tipología de la vivienda

La tipología de la vivienda en los barrios, es similar, algunos con mayor nivel de consolidación que otros, dada su antigüedad y posibilidades económicas de los hogares para construir. Se destaca por la calidad de las construcciones, el barrio Paraíso de Bavaria.

En el barrio Kassandra, donde hay casas de 3 y hasta 4 pisos, la familia propietaria busca arrendar uno o dos pisos como fuente de ingresos. El promedio, sin embargo es de 2 pisos. La antigüedad del barrio es de 11 años, lo que hace que este barrio haya pasado por un proceso de autoconstrucción progresiva y de consolidación. La mayoría de las viviendas están construidas en material de cemento y bloque, con piso duro y plancha en el techo y algunas veces terrazas. Los rellenos que se hicieron en el terreno, subieron el nivel de las construcciones, aunque el barrio presenta un desnivel hacia el costado sur.

El barrio Los Chircales se caracteriza por viviendas de dos pisos, construidas en su mayoría con materiales sólidos (bloque - ladrillo), pisos en cemento y baldosa, y techos en placa de cemento. La mayor parte de las viviendas se encuentran terminadas. El cálculo de los habitantes del costo actual de una vivienda de un piso para el sector es de \$12 000 000 en obra gris.

Prados de la Alameda, en sus dos etapas, ha sido construido a unos 50 cm del nivel del alcantarillado, subiendo el nivel del terreno con rellenos, al momento del loteo. También cuenta con construcciones sólidas, cemento, varilla, bloques y pisos en cemento burdo. Los acabados no son pulidos y la vivienda típica es de un piso, donde se pone plancha de techo con la perspectiva de continuar la construcción.

Paraíso de Bavaria, que es de los más antiguos y se encuentra por encima del nivel del río Fucha, se destaca por sus construcciones de 3 pisos en promedio, con acabados completos en materiales sólidos. Es un barrio que cuenta con 2 manzanas, y una franja de protección frente al río, consistente en bodegas e industrias cuyas construcciones son sólidas. En el mismo barrio hay dos bodegas ocupando 4 lotes de 72 m<sup>2</sup> cada uno.



Foto 9. Viviendas del barrio Paraíso de Bavaria. Se observa la buena calidad de la construcción, con viviendas de hasta tres plantas con acabados.

Los barrios Villa Andrea y Villa Liliana, más recientes en su ocupación, son por tanto menos consolidados, su promedio de pisos en viviendas es de 1, con material duros, en su mayoría ladrillo y cemento.

En Villa Andrea hay combinación de teja de zinc con planchas, algunas casas prefabricadas y aún muchos lotes vacíos. En el segundo, se ven construcciones en obra gris, lotes vacíos y procesos de auto-construcción.



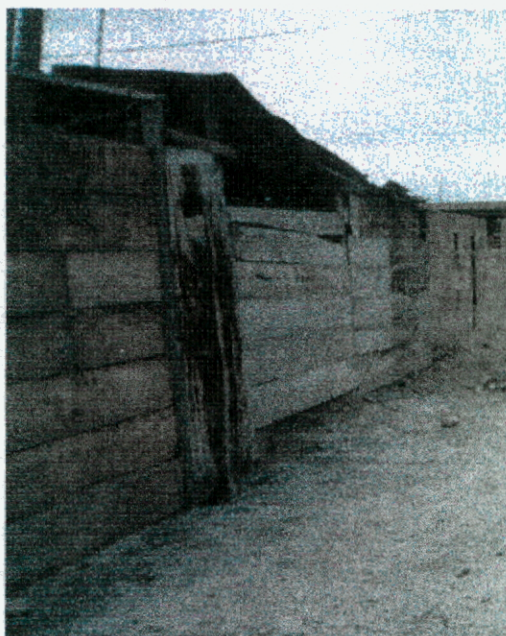


Foto 10. Si bien la mayor parte de las construcciones en Villa Andrea son en materiales sólidos, existen viviendas con paredes y techos en madera y zinc.

#### - Equipamiento comunal

En los barrios, aun no hay salón comunal, escuelas, ni centros de salud, con excepción de Villa Liliana que cuenta con un colegio y una capilla con zona verde. Los barrios Kassandra, Los Chircales y Prados de la Alameda, tienen su zona verde en la ronda del río; en Kassandra tienen parque infantil, y en Villa Andrea, la zona verde está bordeando el barrio contra los muros de las industrias que lo rodea. En general los barrios tienen uno o dos lotes disponibles para desarrollar un equipamiento, ya sea salón comunal o zona verde, pero aún no han sido construidos.

Es importante, en términos del análisis de la vulnerabilidad, observar que los usos de los predios han sido combinados, y no exclusivamente para vivienda, pues en muchos de ellos se da un uso mixto entre pequeño comercio y vivienda.

Los Chircales tiene una bodega de almacenamiento de gas propano, y sobre la calle 13, un restaurante. La mayor parte de la población obtiene los ingresos fuera del barrio. Prados de la Alameda, también tiene pequeños negocios, de los que depende la familia que habita la vivienda. Estas familias en el caso de ocurrencia de un evento de inundación, verían afectados estos bienes, afectándose en mayor medida que otros.

## 2.3 USO DE LA TIERRA

En este capítulo se presenta el análisis del uso actual del suelo y cobertura vegetal existente, cuyo objeto es precisar la aptitud del suelo para usos urbanos, el uso actual, las densidades de vivienda actuales y previstas en el área urbana y la delimitación de áreas donde sea evidente la acción antrópica (vertimientos inadecuados, rellenos antitécnicos o un uso inadecuado del suelo) que aumente el grado de susceptibilidad a fenómenos de inundación.

- Origen del estudio

Situación de terrenos urbanizados ilegalmente que presentan situaciones de riesgo frente a la situación de posibles inundaciones producidas por los caudales máximos del río Bogotá para los periodos de retorno definidos por la UPES.

Ubicación de los predios en áreas suburbanas sin posibilidad de servicios públicos de acueducto, alcantarillado de aguas lluvias y alcantarillado de aguas residuales.

Las zonas de alto riesgo de inundación deben ser excluidas del proceso de legalización y obviamente del concepto favorable emitido por la UPES.

### 2.3.1 Metodología

Para el desarrollo del trabajo se utilizó la siguiente metodología:

- Registro de información cualitativa tales como observación directa del uso actual del suelo, su cobertura vegetal, las áreas de acción antrópica (vertimientos, rellenos y/o usos inadecuados), fotointerpretación cíclica de los años 1959, 1979, 1989, 1992 y 1996 para posterior determinación de la tendencia real del proceso de urbanización en la Localidad, registro fotográfico y notas de las observaciones realizadas.
- Lo anterior se confrontó con documentación secundaria institucional de carácter local UPES, DAPD, EAAB, IDU, DAMA e informes existentes en Ingetec S.A.
- Para la identificación y caracterización de barrios se definieron los siguientes aspectos: Características físicas y su grado de afectación antrópica, infraestructura vial y de servicios públicos que determinan las áreas de conflicto, manejo del espacio público y privado en relación con el proceso o tendencias de expansión urbana.
- Adecuación normativa vigente que determine su legalización o exclusión definitiva.

- Elaboración de planos a escala 1:5000, para la Identificación de barrios que puedan ser legalizados sin restricciones, localizados en las zonas de riesgo bajo, medio y alto, donde la legalización pueda estar condicionada a la ejecución de obras de prevención y control o labores de mitigación que consideren la situación ambiental específica del área.
- Presentación de recomendaciones y propuesta técnica en razón de la normatividad para los usos del suelo en el área, para cada barrio o sector de barrios, indicando las acciones propuestas acerca del adecuado uso del suelo, zonas incompatibles con el uso de vivienda donde las familias afectadas deben ser reubicadas.

### 2.3.2 Normatividad existente

Para determinar y analizar la incidencia del uso actual y la aptitud futura de uso de la tierra se tuvo en cuenta la Normatividad existente aplicable al uso adecuado de la tierra en el Distrito Capital

La normatividad aplicable al uso de la tierra está contenida en el Acuerdo No. 6 de 1990, Estatuto de Ordenamiento Físico del Distrito Especial de Bogotá, el Acuerdo No. 26 de 1996, Plan de Ordenamiento del borde occidental de la ciudad, la Ley No. 388 de 1997 de ordenamiento territorial. El primero de dichos documentos es la suma de las reglamentaciones urbanísticas aplicables dentro del perímetro de servicios; el Acuerdo No. 26 de 1990 presenta las normas urbanísticas aplicables fuera del perímetro de servicios en la Ley No. 388 de 1997 contiene normas para el ordenamiento de los municipios.

- Acuerdo 6/90

Por medio del cual se adopta el estatuto para el ordenamiento físico del Distrito Especial (conforme a la anterior nomenclatura constitucional) de Bogotá.

Los 547 artículos de este acuerdo se distribuyen en dos partes: la primera, denominada general, que en un solo título, sobre estructura urbana y planeación, señala los objetivos y alcances del estatuto, y luego, en la parte especial, subdividida en diez títulos, adopta el ordenamiento urbano de la ciudad en su jurisdicción urbana y rural. En la actualidad este acuerdo está reglamentado en su mayor parte, siendo de especial significado los decretos sobre protección del Sistema Orográfico y del Sistema Hídrico de la ciudad (rondas y cauces) (ver Ref. 14).

El acuerdo establece tres niveles de zonificación:

- Elementos del primer nivel de zonificación: Sistema orográfico (Art. 152), sistema hídrico (Art. 138), zonas recreativas de uso público (Art. 87), zonas recreativas privadas (Art. 92), cesiones tipo A zonas de protección ambiental, Plan Verde (Art. 148), conservación (Art. 155), zonas viales (Art. 77), zonas de servicios públicos (Art. 94) y afectaciones (Art. 99).
- Segundo nivel de zonificación: Áreas urbanas (Art. 173), áreas suburbanas (Art. 185), áreas rurales y de reserva agrícola (Art. 161 - 167).
- Tercer nivel de zonificación: Áreas de actividad múltiple (Art. 285), áreas de actividad especializada (Art. 285) y categorías de los usos (Art. 329)
- Título Octavo, Normas para el tratamiento de desarrollo, se establecen las normas que sirven de base para adoptar la reglamentación específica que elabora el D.A.P.D., contenida en los decretos de asignación de tratamiento en los cuales se definen las normas que deben actuar los urbanizadores y los constructores.

\* Bases para la elaboración específica. Véase Plano No. 2.4.

<b>SISTEMA VERDE - CESIONES TIPO A (Art. 423)</b>			
<b>Tratamiento - Área</b>	<b>Actividad</b>	<b>% del Área neta urbanizable</b>	<b>Condiciones Mínimo 50% en un globo (Por desarrollo integral posible 10%)</b>
Suburbana de Expansión (Art. 424)	Múltiple	12 - 15%	
	Residencial	17 - 25%	
	Otros usos	15 - 20%	

- Acuerdo 26/96

Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Físico del Borde Occidental de la Ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C. se establecen las Normas Urbanas y las medidas para la preservación, protección y adecuado uso de las áreas que conforman dicho sistema y se dictan otras disposiciones.

Para la delimitación de la ronda hidráulica y zona de manejo y preservación ambiental del Río Bogotá, se tomó el Capítulo II, Artículo 10 Sistema Hídrico, que estipula "La zona de manejo y preservación del río Bogotá, será de 270 metros, y la de la ronda hidráulica de 30 metros las que forman una franja de 300 metros a lo largo del Río Bogotá, medida desde la línea de borde del cauce natural permanente o de rectificado cuando él se produzca." Sin embargo esta norma solo será válida en los sitios que no se encuentren identificados como asentamientos urbanos según fotografía aérea de diciembre 31 de 1996 y que es adoptada por este acuerdo.

Con base en lo anterior en el Parágrafo 4 se determina que la ronda hidráulica del Río Bogotá será de 30 metros y la zona de preservación ambiental será de 20 metros.

Para identificar los tres niveles de zonificación del Acuerdo 6/90 véanse Planos Nos. 2.5, 2.6 y 2.7.

- Ley 388/97, que modifica la Ley 9 de 1989 y la Ley 3 de 1991, establece los mecanismos principios, instrumentos y disposiciones sobre planificación y gestión territorial, que deben ser utilizados por administraciones locales, en coordinación y concurrencia con los departamentos, áreas metropolitanas y Nación, con el fin de lograr un ordenamiento físico-territorial que promueva el desarrollo socioeconómico en armonía con la naturaleza, garantizando el acceso a los diversos sectores poblacionales, a los servicios, vivienda, infraestructura, suelo, equipamientos y la plena realización de los derechos ciudadanos, de tal forma que eleve la calidad de vida y alcance su desarrollo sustentable.

Los objetivos generales de la ley son: Complementar la planificación socioeconómica con la planificación y gestión físico-espacial, integrando los aspectos urbanos-rurales y regionales, lograr la armonía entre las diversas formas de ocupación del territorio y el proceso de desarrollo económico, con el objeto de elevar el nivel de vida de la población, establece reglas para concertar los usos y ocupación del suelo, atendiendo la prevalencia del interés general y establece un proceso de planificación y gestión territorial permanente, con visión de futuro.

Es indispensable identificar los diferentes aspectos legales contenidos en los capítulos III, IV y V.

Adicional a los documentos anteriores, se tuvo en cuenta los siguientes Decretos y Acuerdos relacionados con la legalización de los barrios del sector:

- El Decreto 688/96 de la Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, que establece los requerimientos necesarios para legalizar un asentamiento.
- El Decreto 689/96 de la Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, que establece las excepciones al decreto anterior.
- El Acuerdo 19/94 de Honorable Concejo de Santa Fe de Bogotá, que establece cuales son las reservas naturales y/o humedales existentes dentro del perímetro de la cuenca.

### 2.3.3 Planes maestros: viales, de acueducto y alcantarillado

#### 2.3.3.1 Plan Maestro Vial

El “Estudio del Plan Maestro del Transporte Urbano de Santa Fe de Bogotá en la República de Colombia”, elaborado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, (JICA), en 1996 tiene como finalidad:

- Conseguir el reconocimiento y el avance en la voluntad política frente a la necesidad evidente de una integración institucional como condición para una mayor coordinación y eficiencia en la gestión de la administración Distrital.
- Presenta los recursos financieros requeridos para que la ciudad pueda adoptar el conjunto de las soluciones allí planteadas, algunas de las cuales se identifican con proyectos actualmente en estudio y ejecución por parte del IDU dentro de las prioridades del Plan Formar Ciudad.

Dentro de las consideraciones básicas realiza la descripción de la red vial, definiendo como patrón de la red futura para el año 2020 el planteamiento básicamente de cinco vías circunvalares y nueve vías radiales, de las cuales las siguientes vías se encuentran ubicadas dentro de la Localidad de Fontibón:

- Vías circunvalares
  - Avenida Ciudad de Cali
  - Avenida Cundinamarca
- Vías radiales
  - Autopista El dorado
  - Avenida Centenario

El Plano No. 2.8 se presentan demarcadas las vías anteriormente mencionadas y su ubicación con respecto a los barrios objeto del estudio.

#### 2.3.3.2 Plan Maestro de Acueducto

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB, tiene previsto complementar la red matriz existente mediante el Programa Santa Fe en la zona occidental de Bogotá, desarrollando por etapas el sistema matriz de suministro de acuerdo con las proyecciones de

distribución espacial de la demanda de agua. Todo este sistema será abastecido a través del Nuevo Tanque de Suba, el cual tendrá una capacidad total de 90.000 m<sup>3</sup> y 40 km de redes.

Para ubicar las redes localizadas sobre la localidad de Fontibón véase Plano No. 2.9.

### 2.3.3.3 Plan Maestro de Alcantarillado

La necesidad de contar con un sistema que solucione los problemas de contaminación ambiental de los cuerpos de agua y humedales debido a las deficiencias del alcantarillado de aguas residuales, así como los riesgos por inundación, originó que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, realizará El Plan de Expansión complementario a las obras definidas en el Programa Santa Fe I y en el Programa Santa Fe II que tendrá un horizonte hasta el año 2015.

El sistema de alcantarillado en este Plan de Expansión para la zona de estudio es el Sistema Fucha, el cual solucionará los problemas de drenaje del alcantarillado pluvial del sector occidental ya desarrollado de la ciudad. Las obras propuestas incluyen la continuación del canal Fucha entre la Avenida Boyacá hasta el Río Bogotá en una longitud de 4 km con sección trapezoidal revestida con una base que varía entre 19,5 a 30, 0 m y una altura variable de 2,1 m a 3,0 m.

Para solucionar los problemas de inundación del sector de Fontibón , se prevé la construcción de colectores de aguas lluvias. Las obras propuestas van a trabajar como un sistema combinado y consiste en una red de colectores de alivio del sistema existente, que aunque está diseñado como red de aguas negras, maneja también las aguas lluvias debido a las conexiones domiciliarias combinadas y las conexiones del drenaje vial. Los colectores propuestos tienen una longitud de 4,2 km en diámetro que varía entre 1,1 a 2,3 m; box-culvert en longitud de 4,7 km con bases variables entre 2,2 a 4,2 m y alturas variables entre 1,6 m a 2,2 m; y canal en sección trapezoidal de 320 m de longitud con base de 2,0 m y altura de 1,5 m.

A continuación se describen en detalle las obras consideradas que se considera beneficiarán un área de 14000 ha y una población de 3'700.000 habitantes para el horizonte de saturación:

- El canal central Fontibón permitirá drenar las aguas provenientes del humedal de Capellanía y del canal Oriental de Fontibón. Tiene una longitud de 1630 m en sección trapezoidal cuya base varía de 8 a 20 m y altura de 1,5 m.
- Para continuar con el sistema de drenaje sanitario en la cuenca del río Fucha se proyecta la construcción del interceptor izquierdo del Fucha entre la avenida Boyacá y la estación

de bombeo de Fontibón, con un interceptor en box-culvert de 2 800 m de longitud de dos celdas de 3,0 m de ancho por 2,3 m de alto.

- La construcción de una estación elevadora que permita drenar las aguas residuales al río Bogotá o a la futura planta de tratamiento, consiste en 10 tornillos de 2,5 m de diámetro por una altura de bombeo de 7,0 m.

Las redes de alcantarillado localizadas sobre la localidad de Fontibón se presentan en los Planos Nos. 2.10 y 2.11.

#### 2.3.3.4 Otros aspectos a tener en cuenta en el estudio

Otros aspectos que involucran el desarrollo futuro del uso del suelo dentro de la zona de estudio y en particular de los barrios, son los programas contenidos dentro del Plan de Ordenamiento y proyectos de las Agendas Locales del DAMA.

- **Plan De Ordenamiento Localidad 9 Fontibón "Fontibón Positiva 2001"**  
1.998-2.001

#### – **Vivienda y espacio público**

En la zona industrial no se cuenta con equipamiento de tipo metropolitano ni local y a nivel barrial no existe un inventario detallado de este sector. Las zonas verdes son escasas sin mantenimiento ni mobiliario. En cuanto a espacio público, se presenta invasión de antejardines por construcciones y ocupaciones con maquinaria en Montevideo industrial.

La zona Biofontibón cuenta con el parque metropolitano "Río Bogotá", el cual tiene una área de 188.127 m<sup>2</sup>. Es administrado por la Zona Franca y falta promoción para su uso intensivo. No cuenta con equipamiento tipo local.

A nivel de equipamiento barrial, se sabe según el inventario existente que hay 13 parques. Por el proceso de urbanización en su gran mayoría clandestino, se presenta una seria carencia de zonas verdes y parques recreativos, los existentes son de área reducida y se encuentran en regular estado o sin construir.

#### – **Medio ambiente**

En general, existe mal funcionamiento y carencia de servicios públicos, deficiente calidad de vida, que generan riesgos ambientales especialmente en las rondas de los ríos Fucha y Bogotá. Se observan además invasión de la ronda, deterioro, desagües, contaminación,



sedimentación, cambio de curso del río (río Fucha, río Bogotá, humedales y canales de la Localidad).

Recursos hídricos de la Localidad:

\* Río Bogotá (Zona BIOFONTIBÓN)

Su cauce fue rectificado conformándose el meandro del Say. Este recurso presenta un alto grado de contaminación ambiental, ya que recibe gran cantidad de desechos industriales y de vivienda. La ronda hidráulica y zona de manejo y preservación ambiental prevista es de 300 m.

El río presenta invasión de su ronda por asentamientos industriales y de vivienda (Los Chircales y Kassandra). En el costado norte de la ronda se encuentra el parque metropolitano del río Bogotá.

\* Río Fucha (Zona BIOFONTIBÓN)

Este recurso presenta un alto grado de contaminación ambiental ya que recibe gran cantidad de desechos industriales y de vivienda. La ronda hidráulica y zona de manejo y preservación ambiental previstas, son de 45 a 60 m.

Presenta invasión de su ronda por asentamientos industriales y de vivienda.

– **Servicios públicos**

\* Acueducto

La cobertura del servicio de acueducto es total, presentándose en algunos barrios el servicio es ilegal. Sin embargo existen sectores dentro del perímetro de servicios, que presentan deficiencias en el servicio.

\* Alcantarillado

Este servicio se presta casi en su totalidad, observando que el porcentaje restante, o es ilegal o sus vertimientos son hechos a los ríos de la Localidad.

El sistema de alcantarillado pertenece en su mayoría a la cuenca del río Fucha, con excepción de su extremo noroccidental, el cual corresponde a la cuenca del río Jácome. El sector oriental de la cuenca, es drenado por medio de los interceptores del CAN, Boyacá, San Francisco y el Fucha.

El alcantarillado funciona combinado (aguas residuales y aguas lluvias), pero con capacidad para aguas residuales domésticas solamente y con el problema adicional de tener que utilizar estaciones de bombeo, pues se presentan sitios con cotas inferiores al canal del río Fucha.

\* Tránsito, transporte y obras públicas

Aunque el sistema vial ha sido planificado, no responde a las necesidades de la población por varias razones:

Red vial incompleta (faltan las Avenidas Ciudad de Cali y Cundinamarca)

Vías inconclusa (Avenida del Ferrocarril y Carrera 116)

• DAMA

– Marco geográfico de referencia

En los últimos años, Fontibón se ha expandido de manera ilegal. Hacia 1985 se calculaban cerca de 11.000 personas ubicadas por fuera del perímetro urbano de servicios, en zonas críticas (ronda de río) y en denominadas áreas de actividad agrológica II. En un estudio realizado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Santa Fe de Bogotá se determinó que durante el período 1984 -1986 Fontibón registro una expansión del 3% del total de la ciudad, de la cual un 20% se realizó en ronda de río y otro 20% en zonas de actividad agrológica II.

En cuanto al área residencial está compuesta en su gran mayoría por los estratos socioeconómicos 2 y 3. Del total de barrios, los subnormales ascienden a 23.

Según la Unidad de Mejoramiento Urbano, División de Mejoramiento del DAPD, los problemas de riesgo geotécnico, asociados a la inestabilidad de los suelos y su carácter inundable se presentan en los barrios Kassandra sectores I, II y III y Los Chircales.

Aproximadamente un 25% del área de la Localidad de Fontibón, corresponde a la zona fuera del perímetro de servicios. De esta área el 70% es zona de ronda de ríos (ZRR) y el 30% zona de actividad agrológica. Parte de esta última se ha ido incorporando al perímetro de servicios, de manera legal, aunque las características de asentamientos subnormales persistan aún.

En las rondas están asentadas unas 800 familias, destacándose los núcleos de Kassandra, El Chircal y El Proveedor, ubicados en terrenos más bajos, con respecto a las cotas de los ríos Bogotá y Fucha y los señalados dentro del área con riesgo geotécnico de inundación de terrenos, del tipo IP. (Inundación baja; suelos limo - arcillosos. Evitar construcciones)

### 2.3.5 CONFLICTOS DE USO

Del análisis de la normatividad existente y de la localización de los barrios, se deduce que Los Chircales, Kassandra (Sectores I, II y III) y principalmente, Prados de la Alameda (Sectores I y II) están construidos en áreas de primer nivel de zonificación (zona de manejo y preservación ambiental del río Bogotá), evidenciando un conflicto en el uso del suelo. En el resto de Prados de la Alameda (Sectores I y II), también existen conflictos de uso, puesto que está construido en el segundo nivel de zonificación, (área suburbana de expansión); igual situación existe en el barrio Paraíso de Bavaria.

De otra parte, en el área de los barrios Villa Andrea y Villa Adriana no existen conflictos de uso, ya que están dentro del perímetro de servicios.

## 2.4 PROBLEMAS SANITARIOS Y DE INUNDACIONES

### 2.4.1 Infraestructura de Drenajes

El alcantarillado existente en la localidad de Fontibón fue diseñado solo para aguas negras, siendo una red relativamente profunda con respecto a los niveles del río Fucha, por lo cual es necesario bombear las aguas a dicho río. La inexistencia de una red de aguas lluvias ha obligado a conectarlas al sistema de aguas negras, trabajando el conjunto como sistema combinado.

Debido a que la red actual es insuficiente para conducir los caudales de diseño de aguas lluvias, se hace necesario la construcción de una red adicional, que permita además la máxima separación posible de aguas negras y lluvias, y unos niveles de entrega compatibles con los planes de regulación y tratamiento de aguas del sistema del río Bogotá.

En el plan maestro de Alcantarillado de Bogotá, se definió que el sistema de disposición de aguas en Fontibón, lo mismo que el del resto de la ciudad, debía ser separado. No obstante, las demoras de la construcción de la red de aguas lluvias obligaron a conectarlas al sistema de aguas negras.

Debido a las dificultades y costos de volver a separar los sistemas y a la escasa diferencia de niveles entre la zona de Fontibón y el río Bogotá, que obliga a la construcción de colectores relativamente grandes, se planteó como una solución futura el diseño de un nuevo alcantarillado utilizado únicamente como alcantarillado de aguas lluvias, y los excedentes escurriendo por las vías hasta donde fuera necesaria su captación por una nueva red de alivio.

El barrio Los Chircales posee alcantarillado de aguas negras construido por la comunidad que edificó el barrio. El alcantarillado de aguas negras recoge las aguas de las viviendas y

las concentra en un pozo séptico para ser descargadas al río Bogotá por medio de una tubería que atraviesa el jarillón izquierdo del río. El sistema funciona a gravedad, el sitio de entrega de la tubería de descarga se encuentra totalmente oculto por el crecimiento del pasto sobre el jarillón derecho del río Bogotá. Este barrio no posee alcantarillado de aguas lluvias, las cuales escurren a través de las calles formando pondajes y encharcamientos; se inicia luego un proceso de desecación lenta por acción de la infiltración en el suelo y de la evaporación, así como el uso parcial del sistema de aguas servidas para su evacuación, ya que no existen canales interceptores de aguas lluvias en el barrio. Sin embargo los habitantes del barrio de Los Chircales comentan que en 11 años de vida del barrio no se ha presentado ningún evento de sobrepaso del río Bogotá por encima de sus jarillones. Es necesario anotar que en el caso de una tormenta extrema los niveles del río Bogotá estarán por encima de la cota de descarga del emisario final de la red, trayendo como consecuencia la inversión del sentido del flujo de aguas negras en los colectores, con el subsiguiente problema sanitario en una de las viviendas que se encuentran conectadas a la red. Como característica particular, este barrio posee una industria de gas, la cual drena sus aguas lluvias por medio de un canal que recoge las aguas de los patios y una tubería que atraviesa el jarillón y descarga al río Bogotá; este canal es foco de contaminación por acumulación de basuras.

El barrio Kassandra posee un alcantarillado de aguas negras construido por la comunidad. El alcantarillado de aguas negras recoge las aguas de las viviendas y las concentra en un pozo de concreto el cual forma parte de una estación de bombeo. El pozo posee una tubería de descarga que drena a gravedad para un cierto nivel de aguas en el río Bogotá; para niveles de agua en el río por encima de este nivel, opera una motobomba que evacúa las aguas concentradas en el pozo hacia el río, venciendo la diferencia de altura hidráulica entre el nivel de aguas en el pozo y el nivel de aguas en el río. El barrio Kassandra no posee alcantarillado de aguas lluvias, las cuales escurren a través de las calles formando pondajes y encharcamientos, que inician un proceso de desecación lenta por acción de la infiltración en el suelo y de la evaporación, ya que no existen canales interceptores de aguas lluvias en el barrio. En forma similar, los habitantes del barrio sostienen que en 11 años de fundación del barrio no han sufrido problemas de inundación.

Los barrios Villa Andrea y Prados de La Alameda poseen alcantarillado comunitario de aguas negras; éste recoge las aguas negras de los barrios y por gravedad, vierte sus aguas directamente al río Bogotá por medio de tres emisarios finales. Tampoco existen estaciones de bombeo en estos barrios. No existe alcantarillado de aguas lluvias; estas escurren por las calles formando encharcamientos, los cuales se secan lentamente por efecto de las filtraciones del suelo y por efecto de la evaporación. También existe un canal que evacúa parcialmente las aguas lluvias hacia el río Bogotá. Los habitantes de estos barrios no reportan problemas de inundaciones causados por el río Bogotá en los últimos 10 años. Estos barrios en la actualidad presentan un riesgo de inundación causado por la presencia de una brecha en el jarillón izquierdo del río Bogotá inmediatamente aguas abajo del puente de la vía férrea; esta brecha posee una base de aproximadamente 15 m de ancho y está

localizada a nivel de la planicie sobre la cual están levantados los barrios. La brecha fue abierta con el objeto de evacuar las aguas de lluvias de los barrios, pero en el evento de una sobreelevación de los niveles del río Bogotá, ella actuará como un vertedero lateral inundando la margen izquierda del río y por tanto los barrios en mención. Por tanto es necesario plantear alternativas de solución al problema de drenaje de las aguas lluvias que incluya además el cerramiento de esta brecha.

El barrio Villa Liliana posee un alcantarillado de aguas negras el cual se encuentra conectado a la red matriz de Fontibón. No cuenta con alcantarillado de aguas lluvias, y al igual que en los anteriores barrios, las aguas lluvias escurren por las calles formando pondajes, los cuales se secan lentamente por infiltración y evaporación. El barrio se encuentra alejado 2 500 m aproximadamente del río, y fue levantado sobre rellenos. La elevación promedio del barrio es de 2 576 m, mientras que la elevación promedio de la base de los jarillones del río Bogotá más próximo es la elevación 2 574 m. Este desnivel permite el escurrimiento de las aguas lluvias sin causar daños a las viviendas del barrio.

El barrio Paraíso de Bavaria, localizado sobre la margen izquierda del río Fucha y dentro de la localidad de Fontibón, posee alcantarillado de aguas negras, el cual descarga sus aguas al río Fucha. Paraíso de Bavaria fue edificado sobre un relleno con el suficiente desnivel entre éste y los niveles normales de agua en el río, lo que permite drenar las aguas lluvias.

#### **2.4.2 Sistema de manejo de inundaciones y respuesta institucional e informal**

La respuesta organizativa de la población moradora de los barrios en estudio, aún cuando tienen sus Juntas de Acción Comunal en cada barrio y la población se mantiene cohesionada pues sus lazos de vecindad son fuertes, frente al evento particular de una inundación no se tiene previsto lo que pudiera llamarse un Plan de Contingencia. Por un lado, esto se presenta porque la población no admite la posibilidad de inundación, lo cual genera una actitud de menosprecio ante el riesgo que corren; por otro lado, no se detectaron el respaldo de entidades y el aprovisionamiento de equipamientos que pudieran ser apoyo logístico y de albergue, en los barrios o en cercanía a ellos; en tal caso tendrían que acudir al centro de la localidad, o al apoyo de la infraestructura con la que cuentan los centros industriales cercanos.

De otro lado, la necesidad de centros de salud, que faciliten la vacunación y control de epidemias en un evento dado, es urgente, dado que ninguno de los barrios cuenta con centros de salud (UBAS o UPAS)<sup>1</sup>, serían un punto de apoyo a atención básica, pues las aguas en caso de inundación, provienen del río Bogotá que tiene altos niveles de DBO y de

<sup>1</sup> UBAS y UPAS. Unidades Básicas de Atención en Salud y Unidades Primarias de Atención en Salud. Son centros que brindan una asistencia básica; cuentan generalmente con un médico de planta 2 o 3 enfermeras, un odontólogo. El equipamiento es pobre y solo cuenta con una camilla.

microorganismos, así como el reflujó a través del alcantarillado, ocasionando peligro de enfermedades de piel, diarreas, infecciones, etc.

Todo esto amerita un plan de contingencia que puede elaborarse en conjunto con los líderes de barrios, JAC, UPES y autoridad local, lo cual implica que la población se sensibilice a la probabilidad de inundación, sin que ello represente generación de pánico, y de otro lado se requiere la conciencia de que existe probabilidad de ocurrencia de una inundación y los efectos que ella puede acarrear. Esta información puede brindarse a través de talleres, donde se dé lugar a la presentación de propuestas de los mismos habitantes, para que se realice una gestión participativa que en el futuro logre niveles de autocontrol para disminuir los efectos de pérdida o daños a los afectados. El elemento participativo es fundamental en el proceso de prevención, ya que son los habitantes los que deben dar una respuesta inmediata al hecho, con apoyo de entidades competentes, entre otras hay que promover la instalación de un centro de bomberos en la localidad, que no existe en la actualidad.

### **2.4.3 Manejo de residuos sólidos**

El manejo de residuos sólidos está directamente a cargo de la empresa Limpieza Metropolitana LIME; pese a que en algunos barrios no se ha legalizado el servicio con la empresa, la recolección se hace normalmente en los barrios, excepto Villa Liliana que reporta un servicio ineficiente, cuyo caso se revierte en los habitantes que tienen que llevar sus bolsas de basura al barrio vecino para que sea recogida. En tal sentido, no fue visible en las visitas de campo ni por información de la gente, que existiese problemas con la recolección, ni que se utilice la ronda o parte del lecho como botadero de basuras, lo cual sí es observable en la margen derecha del río.

En las riberas del río Fucha, en cercanías al barrio Paraíso de Bavaria se hacen frecuentes descargas de escombros y que en una de las visitas de campo, hacían presencia tres volquetas con contenidos de residuos de construcción para ser descargados en la zona de ronda; es incluso evidente que el nivel de la franja de ronda y el borde de las construcciones existente en la margen derecha del río (industria y bodegas en el costado sur del barrio Paraíso de Bavaria), ha subido por efectos de estos rellenos. Allí se informó que existe recolección de basuras en forma adecuada, es decir, que la cobertura es total y lo hace LIME.

### 3. ANÁLISIS DEL RIESGO POR INUNDACIÓN

El estudio se adelantó con el objeto de identificar y delimitar los riesgos por inundación a que se encuentran sometidos los barrios Los Chircales, Kassandra, Villa Liliana, Villa Andrea, Prados de La Alameda y Paraíso de Bavaria, ubicados en la localidad de Fontibón.

#### 3.1 METODOLOGÍA GENERAL

La estimación de los riesgos específicos de cada uno de los barrios en estudio partió de la consideración de los grados de amenaza y vulnerabilidad de los desarrollos urbanos ante fenómenos de inundación, en la siguiente forma, que se ilustra en la Tabla No. 3.1:

- Zonas de riesgo alto son aquellas en donde la amenaza de inundaciones es alta y la vulnerabilidad es alta o media.
- Zona de riesgo medio son aquellas en donde, siendo media la amenaza, la vulnerabilidad es alta, media o baja, o donde siendo alta la amenaza, la vulnerabilidad es baja.
- Zona de riesgo bajo son aquellas en donde la amenaza es baja, independientemente de si la vulnerabilidad es alta, media o baja.

#### 3.2 ANÁLISIS DE LA AMENAZA

En esta sección se presentan los análisis realizados para determinar la amenaza de inundación en la localidad de Fontibón, definiendo dicha amenaza, como la frecuencia, profundidad y tiempo de permanencia de la inundación en las zonas afectadas para eventos hidrológicos específicos. Estos últimos eventos fueron definidos así:

- Para el río Bogotá, las crecientes que se presentarían frente a la localidad de Fontibón como consecuencia de la ocurrencia simultánea de crecientes de sus principales tributarios (quebrada Torca y ríos Salitre y Fucha) con períodos de retorno de 10 y 100 años.
- Para el río Fucha, las crecientes que se presentarían en la confluencia con el río Bogotá con períodos de retorno de 10 y 100 años.

La determinación de amenaza de inundación fue adelantada mediante análisis hidráulicos cuyos objetivos fueron los siguientes:

- a) Calcular los volúmenes de inundación en la localidad de Fontibón al producirse un desbordamiento del río Bogotá a través de la brecha existente en el jarillón del río Bogotá, inmediatamente aguas abajo del puente del ferrocarril de Occidente, previa estimación de la capacidad de transporte del río al frente de la localidad, bajo condiciones de flujo permanente gradualmente variado.
- b) Delimitar las zonas de inundación en la localidad para eventos específicos de creciente en el río Bogotá y establecer los niveles de inundación en la localidad de Fontibón con el fin de analizar la inundabilidad de los barrios: Los Chircales, Kassandra, Villa Andrea, Prados de La Alameda y Villa Liliana.
- c) Estimar la duración de la inundación originada por el desbordamiento del río Bogotá.
- d) Estimar la capacidad de conducción del río Fucha bajo condiciones de flujo permanente gradualmente variado, controlado por los niveles en el río Bogotá y calcular los volúmenes, niveles y duración de inundación en el barrio Paraíso de Bavaria sobre la margen derecha del río Fucha, por un desbordamiento en eventos de crecientes especificados.

### **3.2.1 Amenaza de inundación por el río Bogotá**

#### **3.2.1.1 Volúmenes de la inundación**

##### **A. Modelación Hidráulica**

##### **Secciones utilizadas**

La modelación hidráulica del río Bogotá se ha realizado a partir del K91+400 (confluencia de la quebrada Torca) hasta el K0+000, punto de control en las compuertas de Alicachín (ver Figura 3.1: Planta general río Bogotá y Figura 3.2: Esquema básico sistema hídrico río Bogotá y sus afluentes).



El río Bogotá es descrito topográficamente por medio de 36 secciones transversales, las cuales fueron tomadas del informe de Adecuación Hidráulica del río Bogotá (Ref. 11). En la Figura 3.1 se muestra una planta general del río Bogotá con la localización de las secciones mencionadas; las secciones transversales del río Bogotá utilizadas en los análisis hidráulicos se muestran en el Anexo 1 de este informe.

En desarrollo del presente estudio se realizaron levantamientos batimétricos de tres secciones sobre el río Bogotá en la zona frente de los Barrios Villa Andrea, Los Chircales y Kassandra. Estos levantamientos verifica la forma general de la sección y la altura actual de los jarillones.

#### Trabajos topográficos complementarios

Con el objeto de complementar el análisis hidráulico y para establecer controles hidráulicos a lo largo del río, barreras naturales que confinan la inundación, brechas, en los jarillones y para verificar las diferencias de nivel entre los niveles del río y las diferentes áreas en donde debe estudiarse el potencial de inundación, se ejecutaron levantamientos topográficos complementarios, que incluyeron:

- Cotas de rasante y geometría básica puente de la vía férrea.
- Cotas del eje de la vía férrea.
- Levantamiento de la brecha del jarillón adyacente al puente de la vía férrea.
- Levantamiento topográfico del puente de arcos de la Avenida Centenario.

En el Anexo 2 de este informe se presentan los resultados de estos levantamientos.

#### Crecientes

Los eventos hidrológicos seleccionados para los análisis hidráulicos en el río Bogotá corresponden a las crecientes con períodos de retorno de 10 y 100 años que se presentan simultáneamente en cada uno de los tributarios del río Bogotá (Torca, Salitre, Fucha y Tunjuelo) y a la creciente generadas por estos eventos en el río Bogotá, calculada mediante análisis hidráulicos. El período de retorno de 100 años corresponde al utilizado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá para el diseño de obras de drenaje principales en el perímetro urbano de la ciudad.

Los hidrogramas de la crecientes de los afluentes se muestran en las Figuras 2.5 y 2.6.

### Coeficiente de rugosidad

Los cálculos para la estimación del coeficiente de rugosidad compuesto de fondo y bancas del río Bogotá fueron realizados inicialmente por los consultores Hidroestudios - Black & Veatch (Ref. 11). Estos estimativos fueron verificados en el presente estudio con base en las recomendaciones de diseño de autores como Ven Te Chow (Ref. 16), B.A.Christensen (Ref. 17) y la EAAB (Ref. 18). En efecto, en la Tabla No. 3.2 aparece el estimativo del coeficiente de rugosidad de Manning para el cauce del río de (0,035) y para las bancas cubiertas de pastos y arbustos (0,05), determinado según el procedimiento de Cowan, citado en la Ref. 16.

### B. Determinación de los volúmenes de inundación por desbordamiento del río Bogotá

Para el cálculo de los volúmenes de inundación en la localidad de Fontibón, se consideró que para el mismo evento hidrológico, ocurren desbordamientos frente a la localidad de Suba, situada aguas arriba de Fontibón. En esta sección se presentan las metodologías para el cálculo de los volúmenes de inundación en las dos localidades mencionadas. En la localidad de Suba, las inundaciones ocurrirían cuando el nivel de flujo en el río sobrepase la cresta del jarillón izquierdo del río; en la localidad de Fontibón, la inundación provendría del vertimiento de parte del caudal del río a través de la brecha existente sobre la margen izquierda del río, aguas abajo del puente del ferrocarril de Occidente.

- Vertimiento en la localidad de Suba

Para estimar estos vertimientos se adelantaron los pasos siguientes:

1. Cálculo de las máximas capacidades de descarga del río Bogotá  $Q_{\text{máx.}}$ , frente a la localidad, utilizando perfiles de flujo gradualmente variado, considerando una condición de control hidráulico aguas abajo en las compuertas de Alicachín en el nivel 2 568,5 msnm. Por máxima capacidad de descarga se entiende el caudal que es capaz de evacuar el río en un determinado tramo, con nivel de agua hasta la corona de los jarillones (condición de banca llena).

Para este cálculo se utilizó el programa HEC-RAS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, el cual permite calcular perfiles de flujo en canales con secciones irregulares; permite, además, utilizar un coeficiente de rugosidad diferente a cada uno de los componentes de una sección. En el anexo No. 1 se incluyen los resultados del análisis hidráulico mediante el programa mencionado.

Para calcular estos perfiles de flujo subcrítico gradualmente variado se parte del nivel impuesto por las compuertas de Alicachín (2 568,5 msnm) y se procede hacia aguas

arriba teniendo en cuenta el aporte de cada tributario y los diferentes controles hidráulicos encontrados a lo largo del recorrido tales como puentes, que actúan como orificios para los estados altos del río. Por ejemplo, se tuvo en cuenta el efecto de remanso producido por el puente de arcos de la Avenida Centenario.

El resumen de los análisis incluidos en el Anexo 1, se muestra en el cuadro siguiente:

Sector	Abscisa km	Caudal máximo de descarga m <sup>3</sup> /s
Suba	K91+400 - K55+780	60
Engativá y Fontibón	K55+780 - K36+536	140
Kennedy	K36+536 - K22+543	130

Fuente: Estudios de riesgo por inundación, localidades de Suba, Engativá y Kennedy, UPES - Ingetec S.A., 1998.

Las capacidades máximas de descarga en el río Bogotá frente a cada localidad calculadas por Hidroestudios Ltda - Black & Veatch (Ref. 12), se muestran a continuación:

Localidad	Abscisa km	Caudal máximo de descarga m <sup>3</sup> /s
Suba	K91+400 - K55+780	60
Engativá y Fontibón	K55+780 - K36+536	80
Kennedy	K36+536 - K22+543	140

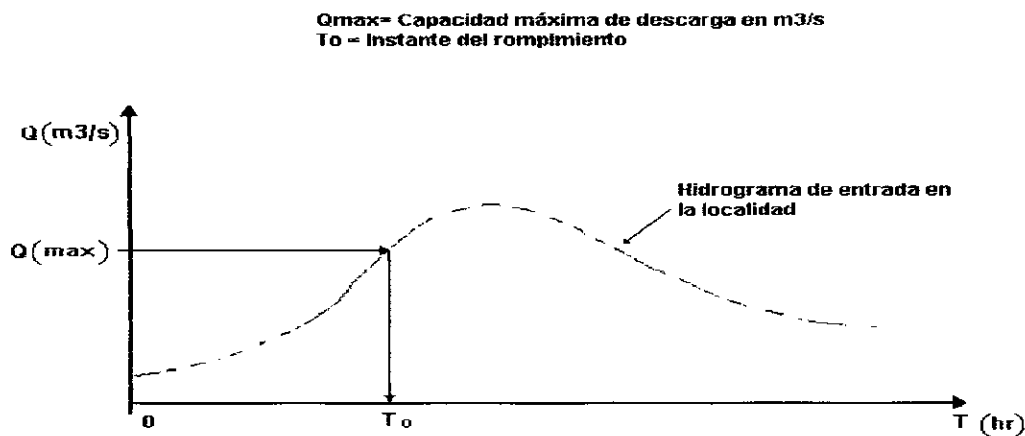
En el sector de Fontibón el análisis realizado por Ingetec S.A. estima una capacidad máxima de 140 m<sup>3</sup>/s, mayor que la calculada por Hidroestudios - Black and Veatch de 80 m<sup>3</sup>/s; esto se debe principalmente a que en este sector, fueron realizados los jarillones en 1,0 m aproximadamente, según se confirmó con los levantamientos topográficos.

Los análisis anteriores fueron realizados considerando cerrada la brecha en el jarillón izquierdo, inmediatamente aguas abajo del puente de la vía férrea. Esta brecha fue excavada por los habitantes del barrio Villa Andrea para posibilitar la evacuación de los caudales de aguas negras y lluvias.

Para la situación actual, con la brecha abierta, la capacidad hidráulica del sistema río-jarillón es apenas de 60 m<sup>3</sup>/s.

## 2. Cálculo del instante del desbordamiento.

Para la localidad de Suba se asume que en el evento de alcanzarse el nivel de banca llena se produce el desbordamiento con el consecuente rompimiento del jarillón, asumiéndose que el rompimiento del jarillón ocurre en el instante en el cual el caudal del hidrograma alcanza la máxima capacidad en esa localidad (correspondiente al caudal de banca llena, calculado anteriormente; ver Figuras Nos. 3.3 y 3.4). En el siguiente dibujo se esquematiza la determinación del instante del rompimiento, contabilizado a partir del inicio del hidrograma.



## 3. Cálculo del caudal de descarga del río Bogotá sin jarillones (Q<sub>min</sub>).

El caudal de descarga del río Bogotá sin jarillones (ó cauce original) se calcula considerando condiciones de flujo uniforme en el tramo correspondiente del río. Se adopta este criterio, debido a que la localidad de Suba se encuentra lo suficientemente alejada de las compuertas de Alicachín (control aguas abajo) como para considerar que, para caudales pequeños, el remanso causado por las compuertas ha disminuído hasta alcanzar la profundidad normal en el río.

## 4. Cálculo de los volúmenes y niveles de inundación

Una vez estimado el instante del rompimiento del jarillón en el primer sector del río (localidad de Suba - Sector comprendido entre la quebrada Torca y el río Salitre) es posible conocer el volumen de agua que produce inundación sobre la localidad de Suba.

Para calcular el volumen de inundación, conocido el instante de rompimiento, el caudal sin jarillón ( $Q$  mín.) y el hidrograma de entrada a la localidad, se procede de la siguiente manera (Ver Figura 3.4):

- \* Se traza una perpendicular al eje del Tiempo en un punto correspondiente al momento ( $t_0$ ) del rompimiento instantáneo del jarillón, es decir cuando el caudal iguala a  $Q$  máx.; seguidamente se traza, a partir de  $t_0$ , una paralela al eje del Tiempo correspondiente al caudal sin jarillón,  $Q$  mín.
- \* El área comprendida entre la curva del hidrograma, posterior a  $t_0$ , y superior a  $Q$  mín., constituye el volumen de excedencia que produce la inundación en la localidad de Suba, ver Figura 3.4. Se considera que en el momento de sobrepaso del jarillón izquierdo éste colapsa hasta el nivel de banca sin jarillones y que el volumen de excedencia se depositará en la margen izquierda del río.
- \* El volumen de excedencia se divide entre el número de horas de duración total del hidrograma de entrada a la localidad, obteniéndose un valor de caudal promedio de inundación, el cual es restado de cada una de las ordenadas del hidrograma de entrada.
- \* El hidrograma resultante de la operación anterior, es el hidrograma de entrada para el tramo y/o la localidad de aguas abajo (Fontibón). Este hidrograma está disminuído en el volumen de excedencia o de vertimiento sobre el jarillón izquierdo del río Bogotá en el tramo de Suba.

El hidrograma resultante es trasladado en el cauce del río Bogotá hasta la confluencia del río Salitre con la velocidad de la celeridad de la onda la cual es calculada por medio de la expresión:

$$C = \sqrt{g * y}$$

$C$  = Velocidad de la celeridad de la onda en m/s

$g$  = Aceleración de la gravedad ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

$y$  = Profundidad media de flujo en m

Para una profundidad media de flujo de 4 m, el valor de celeridad de onda es de 6,26 m/s. La profundidad de 4 m corresponde a la profundidad media de flujo en el río Bogotá para una sección sin jarillones.

Durante el proceso de viaje de los hidrogramas en cada tramo, no se toman en cuenta efectos de almacenamiento en el tramo y por tanto no hay atenuación de los caudales del hidrograma, de esta manera se obtienen los volúmenes de vertimiento más críticos para cada localidad.

- \* El tiempo de traslado del hidrograma hasta la confluencia del río Salitre se obtiene dividiendo la distancia desde el sitio de entrada de la localidad de Suba hasta la desembocadura del próximo afluente, por el valor de la celeridad de la onda. Este tiempo es tomado en cuenta al sumar el hidrograma que se traslada por el río, al hidrograma del río Salitre en su respectiva confluencia, para determinar el hidrograma de entrada para el tramo del río frente a la localidad de Fontibón.
- Vertimiento del río Bogotá en Fontibón

Sobre el jarillón izquierdo del río Bogotá inmediatamente aguas abajo del estribo izquierdo del puente de la vía férrea, se encuentra una brecha abierta con el propósito de drenar las aguas lluvias y algunos de los colectores de aguas negras del barrio Villa Andrea.

Para el cálculo de los volúmenes de vertimiento en la localidad de Fontibón se considera la brecha como un vertedero lateral. De acuerdo con la Ref. 19, la descarga de este vertedero puede evaluarse como:

$$Q = 0,267C\sqrt{2g}LH^{\frac{3}{2}}$$

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de descarga

L = Ancho del vertedero (m)

H = Profundidad de la lámina (m)

g = Aceleración en gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Con un coeficiente de descarga recomendado de 0,61, la ecuación de descarga resulta ser:

$$Q = 0,7205LH^{\frac{3}{2}}$$

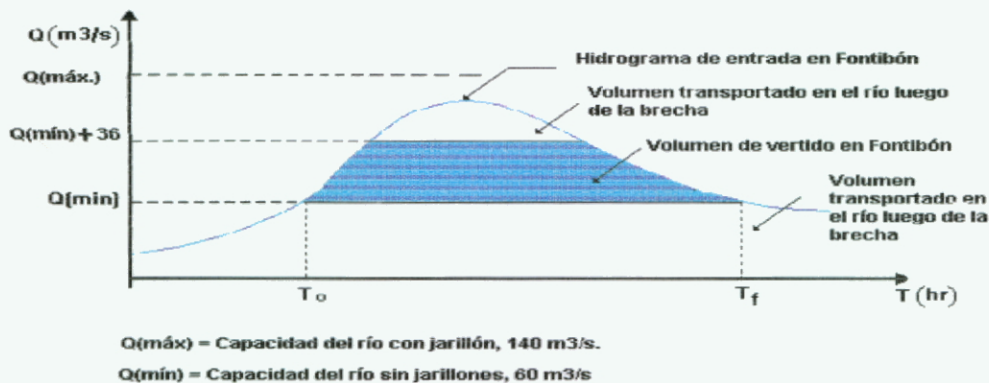
Las dimensiones actuales de la brecha son de 15 m de base por 1,58 m de altura hasta la corona del jarillón. Debido al efecto erosivo de un posible vertimiento, la base de la brecha aumentaría de tamaño por el efecto erosivo de la corriente a través de la brecha; se estima que el ancho de la brecha puede aumentarse hasta 25 m, tal como se muestra esquemáticamente en la Figura No. 3.10.

Para una brecha con 25 m de base y 1,58 m de altura, la capacidad de descarga del vertedero es de 36 m<sup>3</sup>/s.

El cálculo anterior implica que durante la creciente en el sitio de brecha el proceso de vertimiento se iniciará cuando el caudal sobrepase los 60 m<sup>3</sup>/s (correspondiente al caudal en el río Bogotá hasta la base de la brecha), hasta un caudal de 96 m<sup>3</sup>/s; caudales inferiores a 60 m<sup>3</sup>/s escurrirían normalmente por cauce natural del río Bogotá, mientras que los caudales superiores a 96 m<sup>3</sup>/s y menores que 140 m<sup>3</sup>/s (caudal de máxima capacidad de la sección

con jarillón) seguirán escurriendo aguas abajo del sitio de la brecha, en el río Bogotá con jarillones.

El volumen de vertimientos será el área delimitada por los caudales mayores de  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  y menores de  $96 \text{ m}^3/\text{s}$  y la curva del hidrograma respectivo; en la siguiente figura se esquematiza el área del hidrograma que representa el volumen de vertimiento sobre la localidad de Fontibón. Se estima que el caudal remanente en el río, luego de su desbordamiento por la brecha es del orden de  $69 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Según el análisis hidráulico del paso de las crecientes en el río Bogotá, realizado previamente por Ingetec para la UPES en el Estudio de Riesgo por Inundación en las localidades de Suba, Engativá y Kennedy, el caudal máximo con un período de retorno de 100 años en la entrada a Engativá es de  $122,75 \text{ m}^3/\text{s}$ ; dado que en el sector de Engativá el río no recibe ningún afluente de importancia, este caudal es aplicable en la entrada a Fontibón y es inferior a la capacidad máxima de  $140 \text{ m}^3/\text{s}$  del río Bogotá en esta localidad. Por lo tanto, no existiría desbordamiento ni amenaza por inundación en la margen derecha del río; tan solo lo habría sobre la margen izquierda hacia Fontibón, a través de la brecha mencionada.

En consecuencia, los resultados obtenidos son:

Período de recurrencia (años)	Volúmen de inundación en Fontibón ( $\text{hm}^3$ )
10	1,08
100	3,02

### 3.2.1.2 Niveles de Inundación

Una vez determinado el volumen que se vierte a través de la brecha, se requiere establecer la cota hasta la cual llegaría la inundación. En la Figura 3.8 se presenta la curva Cota - Capacidad de la zona eventualmente afectada por la inundación, sobre la margen izquierda del río Bogotá, entre el sitio de la brecha y la confluencia del río Fucha, entre cotas 2 570 msnm en vecindades del meandro del Say y la cota 2 576 msnm en las zonas más altas de la localidad. Esta relación fué obtenida de la cartografía suministrada por la UPES.

Para los volúmenes de vertimiento estimados en la sección anterior corresponden las siguientes cotas y profundidades de inundación:

Periodo de recurrencia (años)	Cota (msnm)
10	2 570,7
100	2 571,4

En el barrio Los Chircales, todas las manzanas están construídas sobre la cota 2 571,90 msnm, correspondiente a la cota mínima determinada en los levantamientos topográficos; por lo tanto, para los períodos de recurrencia considerados no habría lámina de inundación en este barrio.

En el barrio Kassandra, la mayoría de las manzanas están construídas sobre la cota 2 572,0 msnm (Zona Alta); las manzanas 1, 8, 9, 10, 11, 12 y 15 están parcialmente ubicadas entre cotas 2 571,0 y 2 572,0 msnm (Zona Baja). La Zona Alta, por lo tanto, no estaría afectada por la inundación con período de retorno de 100 años, y en la Zona Baja puede considerarse que la profundidad de inundación en las manzanas mencionadas, para este período de retorno, sería, como máximo, de 0,40 m.

### 3.2.1.3 Duración de la inundación

El vertimiento por la brecha ocurre a una elevación superior a los niveles máximos alcanzados por la inundación; en consecuencia, la misma brecha no podrá ser vía de regreso automático hacia el río, de las aguas vertidas. De esta manera, la evacuación del agua vertida solo podrá realizarse mediante acciones que deberían ser consideradas en planes de contingencia, que incluyan, por ejemplo, evacuación por bombeo hacia el río Bogotá, o por brechas que permitan el flujo de agua hacia el antiguo meandro del Say. Se estima, de acuerdo con la experiencia del reciente evento de inundación por desbordamiento del río Tunjuelo en el barrio San Benito, que la duración de la inundación sería de unos 5 días para el evento con período de retorno de 100 años, y de unos 3 días para la inundación con período de retorno de 10 años, considerando un tiempo de reacción de 2 días en cualquier evento y tiempos de evacuación de agua de 3 y 1 día, respectivamente.



### 3.2.2 Amenaza de inundación por el río Fucha

#### 3.2.2.1 Volúmenes de inundación

##### A. Modelación hidráulica

La modelación hidráulica del río Fucha se realizó a partir del K0+000 ubicado sobre la Avenida Boyacá, hasta el K4+600 ubicado en la confluencia del río Fucha con el río Bogotá. En la Figura No. 3.5 se muestra una planta general río Fucha .

##### Topografía

Para la modelación hidráulica, el río Fucha fué descrito topográficamente por medio de 26 secciones transversales. La información topográfica utilizada para los análisis hidráulicos fue tomada del levantamiento contratado por la EAAB en el año 1997 con el contratista Fabio Pico Carrizosa; en el Anexo 1 de este informe se muestran las secciones topográficas. En la Figura No. 3.5 se muestra la localización de las secciones mencionadas y en la Figura No. 3.6 se muestra el perfil de fondo y de las bancas izquierda y derecha del mismo.

Adicionalmente, en el presente estudio se adelantaron trabajos topográficos complementarios (ver Anexo 2) que incluyeron:

- Levantamiento topográfico del puente de la Avenida Ciudad de Cali sobre el río Fucha.
- Levantamiento del puente vehicular a la entrada de las canchas deportivas de la EAAB.
- Cotas de diversos puntos sobre las áreas de inundación potencial.

##### Crecientes

Las crecientes utilizadas en los análisis hidráulicos en el río Fucha correspondieron a los eventos con períodos de retorno de 10 y 100 años en la desembocadura del río Fucha. Los hidrogramas en este sitio se muestran en las Figuras 2.5 y 2.6.

##### Coefficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad compuesto adoptado, luego de observaciones de campo, para el fondo y las bancas del río Fucha, fué de 0,035, cuyo detalle de cálculo se presenta en la Tabla No. 3.3.

##### B. Vertimiento del río Fucha

Para estimar los volúmenes de vertimiento del río Fucha se siguieron los pasos siguientes:

1. Se calculó la curva de descarga del río Bogotá en la desembocadura del río Fucha, a partir de perfiles de flujo gradualmente variado, del tipo M1 con control aguas abajo en las compuertas de Alicachín en la cota 2568,5 msnm. La sección sobre el río Bogotá en la desembocadura del río Fucha está localizada en el K36+536. Se obtuvo la curva Caudal contra Nivel en el río Bogotá mostrada en la Figura No. 3.7.

2. Se calculó la descarga del río Fucha en su desembocadura a partir de la descarga calculada sobre el río Bogotá, considerando que el aporte del río Bogotá en la confluencia es de 69 m<sup>3</sup>/s, equivalente al caudal transportado por este río, luego de su vertimiento por la brecha aguas abajo del puente de la vía férrea.

El caudal del río Fucha se calculó como la diferencia entre el caudal en el río Bogotá aguas abajo de la desembocadura del Fucha y el caudal proveniente del río Bogotá aguas arriba (69 m<sup>3</sup>/s). En seguida se resume el cálculo del caudal del río Fucha en su desembocadura:

Nivel en la confluencia	Caudal del río Bogotá aguas abajo del río Fucha	Caudal en el río Fucha
msnm	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
2573,09	115,3	46,5
2573,30	125,3	56,5
2573,50	135,3	66,5
2573,70	145,3	76,5
2573,88	155,3	86,5
2574,06	165,3	96,5
2574,23	175,3	106,5
2574,40	185,3	116,5
2574,72	205,3	136,5
2575,02	225,3	156,5

3. Cálculo de la máxima capacidad de descarga del río Fucha en el tramo de estudio.

La máxima capacidad de descarga del río Fucha se ha calculado por medio de perfiles de flujo gradualmente variado del Tipo M1 con condición de control aguas abajo por la curva de descarga del río Fucha en su desembocadura. Los perfiles se desarrollaron desde la desembocadura hacia aguas arriba teniendo en cuenta la condición de control del orificio impuesta por el puente de la Avenida Ciudad de Cali. Para simular el orificio se consideró un coeficiente de descarga de 0,6. Aguas arriba del puente, los perfiles se continúan hasta alcanzar el K0+000 ubicado en la Avenida Boyacá.

#### 4. Cálculo de los volúmenes y niveles de inundación

Para calcular el volumen excedente, conocido el caudal de máxima capacidad de descarga del cauce y el hidrograma de entrada a la localidad, se han seguido los pasos siguientes:

- \* Se traza una línea paralela al eje Tiempo, correspondiente al caudal de máxima capacidad de descarga.
- \* El 50% del área comprendida entre la curva del hidrograma, y la paralela mencionada, constituye el volumen de excedencia que produce la inundación, en la localidad de Fontibón, ya que sobre la margen izquierda del río está localizada la localidad de Kennedy que recibiría el 50% del volumen de excedencia. El volumen se ha dividido por dos debido a que las bancas izquierda y derecha del río Fucha tiene aproximadamente la misma elevación en la abscisa del desbordamiento.
- \* Este paso 4 se realiza para las crecientes seleccionadas de 10 y 100 años de periodo de retorno en el río Fucha.

Como resultados de esta metodología se obtuvo lo siguiente:

##### a) Desbordamiento que afecta al barrio Paraíso de Bavaria

Período de recurrencia (años)	Volumen de inundación (hm <sup>3</sup> )
10	0,22
100	0,98

##### b) Desbordamiento que afecta la localidad de Fontibón, aguas abajo del barrio Paraíso de Bavaria

Período de recurrencia (años)	Volumen de inundación (hm <sup>3</sup> )
10	0,223
100	1,051

#### 3.2.2.2 Niveles de Inundación

##### a) Barrio Paraíso de Bavaria

Durante las inspecciones de campo se constató que el barrio Paraíso de Bavaria y las zonas industriales adyacentes fueron construidos sobre un gran relleno que cubrió lo que antes era una parte baja contigua y al norte, del río Fucha; esta parte baja original es distinguible en la cartografía disponible de la UPES.

El relleno sobre el cual se construyó el barrio Paraíso de Bavaria tiene una elevación aproximada de 2 574 msnm. De desbordarse sobre él, el agua del río Fucha cubriría este relleno con profundidades variables según el volumen del vertimiento que se produzca. En la Figura No. 3.9 se ilustra el estimativo de la variación del volumen almacenado entre las cotas 2 574 msnm y 2 576 msnm en un área que está limitada hacia el occidente por el Canal Boyacá, el cual serviría como drenaje en el evento de una inundación.

De acuerdo con los volúmenes de vertimientos estudiados anteriormente, los siguientes serían los niveles y las profundidades en la inundación en el barrio Paraíso de Bavaria:

Período de recurrencia (años)	Cota (msnm)	Profundidad máxima de inundación (m)
10	2 574,10	0,10
100	2 574,45	0,45

b) Zonas afectadas aguas abajo del barrio Paraíso de Bavaria.

Los desbordamientos del río Fucha, aguas abajo del barrio Paraíso de Bavaria afectarán principalmente los terrenos aledaños a la confluencia de este río con el río Bogotá, sobre la margen izquierda de este último, en los cuales se almacenarían los volúmenes desbordados. En la Figura 3.11 se muestra la cava de Cota - Capacidad de esta zona de almacenamiento, de acuerdo con la cual, las cotas y profundidades de inundación son como sigue:

Período de recurrencia (años)	Cota (msnm)	Profundidad máxima de inundación (m)
10	2 570,48	0,48
100	2 571,35	1,35

### 3.2.2.3 Duración de la Inundación

La duración de la inundación del barrio Paraíso de Bavaria se estimó como el tiempo durante el cual el caudal de la creciente excede la capacidad máxima del cauce, más el tiempo que tardaría el agua vertida retornando al río Fucha a una tasa estimada de 3 m<sup>3</sup>/s. De esta manera, los tiempos de inundación serían del orden de 4 días para el evento con período de recurrencia de 100 años y de 1 día para el correspondiente al período de retorno de 10 años.

En la zona de almacenamiento en la confluencia del río Fucha con el río Bogotá; la duración de la inundación superaría los 3 días, ya que la evacuación del agua deberá hacerse por bombeo.

### 3.2.2.4 Evaluación de la Amenaza

Los criterios adoptados para la evaluación de la amenaza por inundación se basan en los conceptos de Frecuencia y Severidad, representado ésta última por la Profundidad y la Duración.

Se considera una inundación de frecuencia alta la que tiene un período de recurrencia T inferior a 10 años; frecuencia media para T entre 10 y 100 años; y de frecuencia baja, la correspondiente a T superior a 100 años.

De otro lado, la Severidad de la inundación, se considera función de la Profundidad H, en metros, y de la Duración D, en días, tal como se ilustra en la Tabla No. 3.4.

La Amenaza se considera Alta, Media o Baja, de acuerdo con la Frecuencia y la Severidad, como se ilustra en la Tabla No. 3.5.

Por lo tanto, la clasificación de la amenaza potencial en los barrios considerados es como sigue:

Barrio	Frecuencia	Severidad	Amenaza
Kassandra (Zona Alta)	Baja	Alta	Baja
Kassandra (Zona Intermedia)	Media	Alta	Media
Kassandra (Zona Baja)	Alta	Alta	Alta
Los Chircales (Alto)	Baja	Alta	Baja
Villa Andrea (Todo)	Baja	Alta	Baja
Villa Liliana (Todo)	Baja	Alta	Baja
Prados de La Alameda (Todo)	Baja	Alta	Baja
Paraíso de Bavaria (Todo)	Alta	Baja	Baja
	Baja	Alta	Baja

En la zona de almacenamiento, la Severidad de la inundación se considera Alta debido a su considerable duración. Por lo tanto, las Amenazas de la inundación correspondientes será Alta en terrenos afectados por desbordamientos con períodos de recurrencia  $Tr < 10$  años; Media, en terrenos afectados por eventos con  $Tr$  entre 10 y 100 años; y Baja en terrenos que se afectarían por volúmenes de inundación mayores a los correspondientes a  $Tr$  de 100 años.

La zonificación de la Amenaza de inundación en la localidad de Fontibón se muestra en el Plano 3.1.

## 3.3 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

El análisis de vulnerabilidad, se realiza atendiendo la definición que se ha hecho en los textos sobre el tema y por las entidades que han abordado la responsabilidad de analizar y

definir la tipología de riesgos y afectación de los elementos físicos y de la comunidad expuesta a la amenaza. Según el criterio expuesto en la Ref. 20, "la vulnerabilidad mide el grado de exposición a la magnitud máxima probable de la amenaza"; es decir, está relacionada con los daños que sufrirían tanto los materiales, redes, instalaciones industriales y comerciales, como los habitantes, que constituyen la estructura urbana y social de un asentamiento humano.

Por lo tanto, el concepto de vulnerabilidad es también de orden social, y hace referencia a la posibilidad y capacidad de un grupo humano de adaptarse y responder ante la ocurrencia de un fenómeno natural; así, la vulnerabilidad no se remite exclusivamente a la pérdida en cuanto valor económico de las estructuras existentes, sino también a la capacidad organizativa de respuesta de la comunidad, que por lo general está asociada al grado de cohesión social, liderazgos dentro de la misma, su sentido de pertenencia y forma en que fue ocupado el territorio. De tal manera, se determinaron las siguientes variables, para valorar cualitativamente la vulnerabilidad, tomando el barrio como unidad de análisis.

- Organización social
- Sentido de pertenencia
- Nivel de escolaridad
- Servicio salud
- Líneas vitales (redes de servicios, estaciones, centrales)
- Equipamiento comunitario
- Tipología de la vivienda

Se tuvieron en cuenta dos escenarios posibles de amenaza, que se refieren a las inundaciones que ocasionarían crecientes con periodos de retorno de 10 y 100 años. Para los barrios Kassandra I, II y III, Prados de La Alameda I y II, Villa Andrea, Los Chircales y Villa Liliana con respecto al río Bogotá; y al barrio Paraíso de Bavaria, con respecto al río Fucha.

La historia de inundaciones del sector, tiene su referencia más cercana al año 1979; en aquella ocasión, se observó la mancha de inundación por debajo de la cota 2572 msnm, aún sin desarrollos urbanos (ver la Figura No. 1.1, basada en la aerofotografía de inundación 1979, con la superposición de la condición constructiva de la actualidad y curvas de nivel), y sin refuerzo de los diques del río Bogotá, ni rectificación del río por la construcción de la segunda pista del aeropuerto El Dorado y el cerramiento del meandro del Say. Es posible que su dinámica presente posteriormente algunas variaciones; sin embargo, para efectos de modelamiento y simplificación del análisis, se considera un comportamiento similar. Adicionalmente se parte de las condiciones y características actuales del jarillón para evaluar la ocurrencia de inundaciones en los distintos periodos de retorno analizados, cuyos resultados son los siguientes:

Para el caso del río Bogotá, en el período de retorno de 10 años se presenta una condición de inundación a la cota 2 570,7 msnm, con una duración de 3 días aproximadamente; esta

condición no afectaría a ninguno de los barrios del área de influencia del río (Kassandra, Los Chircales, Prados de La Alameda, Villa Andrea y Villa Liliana). Para el evento de 100 años de período de recurrencia, la duración sería de aproximadamente 5 días, evento que se analiza conforme a la situación que presenta el jarillón al lado de la vía férrea, por donde llega un canal de aguas combinadas. Este evento afectaría en una muy baja proporción al barrio Kassandra, ya que debido al proceso de su construcción sobre relleno, en la actualidad los barrios se encuentran ubicados aproximadamente sobre la cota 2 572 msnm; sólo en la parte más próxima al río, algunas manzanas del barrio Kassandra que colindan con el jarillón se verían afectadas (Ver Plano No. 3.1).

Analizado entonces el factor de amenaza en los dos periodos de retorno, la vulnerabilidad para el primer evento (10 años) es nula, dado que no habría daños a la población de los barrios ni a los elementos e infraestructura que constituyen el equipamiento del mismo. Para el segundo evento (100 años), la cota 2 571,4 msnm, recogería el volumen de agua en una lámina máxima de 0,4 m, en los puntos más bajos del barrio. Se considera que este nivel no ocasionaría daño grave, porque alcanza a un bajo porcentaje de los barrios Kassandra; el barrio Villa Andrea no sufre afectación y tampoco el barrio Villa Liliana, que se encuentra a 2 kilómetros y medio del río. Sin embargo, los barrios Kassandra y Los Chircales tendrían en su proximidad depósitos de agua durante varios días, por lo cual se verían potencialmente afectados en la salud, con mayor posibilidad la población infantil, dada la calidad del agua del río; incluso Prados de La Alameda, por donde cuya vecindad se efectuaría el desbordamiento del río Bogotá, tendría de igual manera un depósito de agua en un predio que no tiene actualmente uso residencial y que se ubica frente franja del jarillón, donde se encuentra la brecha del jarillón.

El barrio Paraíso de Bavaria, es el menos vulnerable, por cuanto sus estructuras son fuertes y el promedio de pisos de las viviendas es de 3 (ver Foto 5 del Capítulo 2 y tabla de calificación siguiente); el barrio es pequeño y aunque no hay equipamiento comunitario, está muy cerca a una vía de importancia, con acceso rápido a sitios de atención en salud y al centro administrativo de la localidad.

La creciente del río Fucha en el período de retorno de 10 años generaría una inundación con una lámina de 0,10 m y duración de aproximadamente 1 día, lo cual no causaría mayor traumatismo; por tal motivo, su vulnerabilidad es baja. Por otra parte, la creciente con período de retorno de 100 años generaría una lámina de 0,45 m con una duración de unos 4 días en cuyo caso la vulnerabilidad también se puede estimar en baja, dada la estructura de las viviendas, el corto periodo de inundación y la posibilidad de apelar a los niveles altos de las viviendas para resguardarse en el evento. En el barrio no existen otras estructuras que puedan verse afectadas, y en cuanto a líneas vitales que podrían verse afectadas, solo tiene la red de alcantarillado de aguas residuales.

De tal manera, considerando que con un periodo de retorno de los 10 años prácticamente no hay afectación, se valoró el evento del periodo de retorno de los 100 años, que es el caso

extremo, según las variables propuestas para evaluar en vulnerabilidad. La calificación se llevó a cabo definiendo si es baja, media o alta, de acuerdo con consideraciones cualitativas de cada variable. Se asume la calificación baja, aquella que presenta características que contribuyen a una poca vulnerabilidad; alta, aquella cuyas características generan fragilidad y por lo tanto aumentan la vulnerabilidad; y el punto medio nos arroja una relativa vulnerabilidad.

**Organización Social (O. Soc.):** Si hay fortaleza, se califica con baja; si es débil, se califica como alta; y si se está en proceso de consolidar una organización se califica como media.

**Sentido de Pertenencia (S. Pert.):** Si se percibe arraigo, defensa de su unidad territorial (barrio), alto grado de consolidación, expectativas de legalización y resistencia a reubicarse, se califica baja. En caso contrario, se califica con alta; y cuando no hay evidencias o expresiones claras de pertenencia al barrio, se califica media.

**Asistencia en Salud (Salud):** Se califican dos indicadores: cobertura e infraestructura, partiendo de que en el diagnóstico se encontró que los barrios carecen de centros de asistencia en salud, dentro de los perímetros de los mismos, se parte del precedente de la localidad. Si existe amplia cobertura e infraestructura en cercanía al barrio y el centro de atención ofrece un nivel superior al de un Unidad Primaria de Salud (Hospital de I nivel), se califica baja; si existe cobertura en un centro de asistencia en salud (CAMI, Unidad Primaria de Salud), aunque no se tenga la infraestructura hospitalaria cerca, se califica media; si no existe ninguna de las dos, solo el acceso a una Unidad Básica de Salud (generalmente tienen poca cobertura, dotación y se ofrece un nivel de primeros auxilios) se califica con alta.

**Nivel de Escolaridad (Escolar):** Este factor se obtuvo de datos de la localidad, dando un factor de escolaridad, que no ofrece mucha variación pues en ningún caso existe una infraestructura educativa y el nivel de escolaridad de adultos es, en promedio la básica primaria, en tal sentido sería una constante; pero se considera algún nivel de conocimiento sobre el tema de riesgos, por parte de la comunidad. Se califica con bajo, donde se percibió un manejo del tema en la comunidad; alto, donde se desconoce o no se es sensible al tema y se niega la necesidad de tener algún conocimiento y manejo del mismo; medio, cuando es un factor que no fue posible percibir claramente.

**Líneas Vitales (Redes):** Se valoró: con bajo la existencia de acometidas de redes de alcantarillado de aguas servidas por gravedad, pues técnicamente es conveniente; con media, cuando el vertimiento se hace por bombeo y con alto, cuando existe un canal abierto. No se estimó red de aguas lluvias, ya que es inexistente en todos los casos, y no existe red para suministro de gas natural. Se considera que las redes de energía no se afectan en caso de inundación, porque están a una altura prudencial y porque la postera es de concreto.



**Tipología de Vivienda (T. Viv):** Se valora con baja, viviendas cuyas bases promedio son aproximadamente de 30 cm a 50 cm, y promedio de pisos 3; con media, viviendas con bases menores a 30 cm, promedio 2 pisos; y con alta, viviendas con un piso en promedio de construcción. Aquí el material de la vivienda guarda un patrón de construcción en paredes de ladrillo y cemento, techos con planchas de concreto, pisos con cemento burdo o acabados, que nos ofrece en general una tipología similar, lo que hace que su calificación sea una constante, por tanto la asumimos como adecuada o resistente al evento de inundación, en tanto el número de pisos y bases es variable.

**Usos de la Vivienda:** Este indicador es importante en el caso de probabilidad del evento, por cuanto el uso de la vivienda es variado, es decir en este tipo de barrios es frecuente que la comunidad desarrolle alguna actividad económica de la cual depende la familia, en el mismo lugar de residencia, es un uso mixto. Además el uso del suelo del sector ha propiciado el desarrollo industrial, que en ocasiones se encuentra dentro de los mismos barrios. Por ello se considera que la magnitud de pérdida y capacidad de reposición es distinta para el que tiene un uso exclusivo, que para el que es uso mixto y se depende económicamente de ello. La calificación es baja, cuando el uso es vivienda o industria en promedio; alto, cuando se detecta alta proporción de usos mixtos; media, cuando el uso mixto no es lo usual. (entiéndase mixto, uso comercial y vivienda o industria y vivienda en una misma construcción).

**Equipamiento Comunitario (Eq. Co):** Se descarta esta variable en la valoración, dada su inexistencia en todos los barrios, aún cuando en términos relativos, esto aumenta la vulnerabilidad global pues existen pocos sitios adecuados para poner en marcha un plan de contingencia en caso de presentarse un evento de alta magnitud, que implique evacuación.

A partir de la valoración de las anteriores variables consideradas, e indicadores cualitativos, se define el nivel de vulnerabilidad de cada uno de los barrios. Para ponderar los valores, damos un valor arbitrario a cada una de las calificaciones, y en el valor acumulado según un rango establecemos la vulnerabilidad global, entonces a la calificación de baja, le damos un valor de 1; a la media, un valor de 2 y a la alta, un valor de 3. El rango indica que valores entre 7 y 10, da una vulnerabilidad baja; entre 11 y 15 una vulnerabilidad media; y entre 16 y 21 una vulnerabilidad alta.

En el cuadro siguiente se presentan los resultados de la valorización cualitativa de la vulnerabilidad por barrio:

Variable	O. Soc.	S. Pert.	Salud	Escolari- dad	Redes.	Tipol. Viv.	Uso de la viv.	Total	Vulnerabilidad
Barrios									
Kassandra	Baja	Baja	Media	Baja	Baja	Media	Baja	9	Baja
Los Chircales	Baja	Baja	Media	Media	Media	Media	Media	12	Media
Prados de La Alameda	Media	Baja	Alta	Baja	Alta	Alta	Alto	16	Alta
Paraíso de Bavaria	Baja	Baja	Media	Media	Baja	Baja	Baja	9	Baja

Los barrios Villa Liliana y Villa Andrea, aún cuando su grado de consolidación es bajo, no quedarían expuestos a inundación por la distancia que los separa del jarillón del río Bogotá y su cota de ubicación; por lo cual es de observar que, de acuerdo a este análisis conceptual, la vulnerabilidad es baja en Villa Liliana, Villa Andrea, Paraíso de Bavaria y Kassandra; media en Los Chircales y alta en Prados de La Alameda.

Frente al fenómeno de encharcamiento, la valoración es muy cualitativa por cuanto se dificultan los cálculos de volumen y altura de agua por lluvias; sin embargo tomando como referencia los períodos de retorno anteriormente analizados, para el Bogotá y el Fucha, se puede precisar que el factor de vulnerabilidad determinante se presenta por la carencia de canales de aguas lluvias, por lo que el canal de aguas servidas serviría de receptor, de otro lado la composición arcillosa del suelo, lo hace poco permeable lo que hace presumir que es muy lenta la filtración de aguas. Sin embargo los volúmenes y tiempos de inundación no excederían los niveles previstos para una inundación por desbordamiento, en cuyo caso la vulnerabilidad sería media.

De otro lado, es pertinente que para disminuir la vulnerabilidad en los casos donde arroja una calificación de alta, caso Prados de la Alameda y Media en Los Chircales, además de las obras de mitigación, se pongan en marcha acciones que la comunidad pueda ejecutar, en relación con los usos de las rondas y área de manejo de los cuerpos hídricos; que para los barrio con baja vulnerabilidad, contribuye como mejoramiento de calidad de vida.

Es la posibilidad de desarrollar zonas de uso recreativo, senderos y franjas de arborización que mejoren el paisajismo, protejan la ronda y se desarrollen actividades compatibles ambientalmente con la protección de las rondas. Esta es una actividad que con participación comunitaria y entidades como la EAAB y la UPES, se pueden gestionar, incluso como compensación de la carencia de zonas recreativas al interior de los barrios. La adecuación de este espacio, teniendo en cuenta la normatividad existente, favorece también la prevención a posibles rellenos o expansión urbana en esa franja. El diseño debe responder a las propuestas que surjan del Plan de Ordenamiento Territorial para Santa Fe de Bogotá y en particular para el borde occidental, y compatible con el Plan de recuperación del río Bogotá. Desde donde se contribuye a la desmarginalización de estos asentamientos que más antiguos recientes pueden consolidarse con un nivel de urbanismo más armónico, sostenible ambientalmente y que ofrezca una mejor calidad de vida a los habitantes del sector.

En el Plano No. 3.2 se muestra gráficamente los niveles de vulnerabilidad en los barrios estudiados.

### 3.4 ANÁLISIS DE RIESGOS

De acuerdo con las condiciones de amenaza y vulnerabilidad presentados anteriormente, en esta sección se concluye con el riesgo de inundación en los barrios considerados, de la siguiente forma:

Barrio	Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Kassandra (Zona Alta)	Baja	Baja	Bajo
Kassandra (Zona Intermedia)	Media	Baja	Medio
Kassandra (Zona Baja)	Alta	Alta	Alto
Los Chircales (Todo)	Baja	Media	Bajo
Villa Andrea (Todo)	Baja	Baja	Bajo
Villa Liliana (Todo)	Baja	Baja	Bajo
Prados de La Alameda (Todo)	Baja	Alta	Bajo
Paraíso de Bavaria (Todo)	Baja	Baja	Bajo

En el Plano No. 3.3 se ilustra la ubicación de los riesgos por inundación en los barrios considerados.

### 3.5 ANÁLISIS DE RIESGO POR ENCHARCAMIENTO

La generalidad de los barrios adyacentes a los ríos Bogotá y Fucha están localizados en zonas bajas que fueron rellenados para su construcción. Estos rellenos son, en su mayoría, efectuados antitécnicamente, pero son de considerable extensión y su altura no sobrepasa los 5 m. Sobre el relleno, con materiales de baja calidad, se adicionaron capas de recebo sobre las cuales se fundaron las edificaciones y las vías, lo cual dió a la superficie del barrio un grado de impermeabilidad alto.

Por las condiciones descritas, puede considerarse que los rellenos sobre los cuales se construyeron los barrios son relativamente estables y por tener una superficie altamente impermeable no serían afectados por la humedad proveniente de la infiltración de la lluvia. En este sentido, la amenaza de inestabilidad geotécnica por acción de la lluvia puede considerarse baja.

Sin embargo, se considera necesario investigar la amenaza de los encharcamientos que se producirán como consecuencia de aguaceros notables y prolongados en los barrios estudiados. En la Figura No 2.3 se presenta la síntesis de los aguaceros en la Sabana de Bogotá con duración de 3 horas, que es la media de las duraciones de los aguaceros estudiados recientemente (Ref. 8). De esta figura, que presenta las curvas PADF

(Precipitación - Área - Duración - Frecuencia), se obtienen los siguientes valores de las curvas:

Barrio	Área (ha)	Precipitación (mm) para período de retorno $T_r$ , en años:			
		$T_r=10$	$T_r=25$	$T_r=50$	$T_r=100$
Chircales	0,55	80	95	105	110
Kassandra	5,30	70	85	95	100
Prados de la Alameda	4,65	75	85	95	100
Villa Andrea	2,22	75	90	100	105
Villa Liliana	2,43	75	90	100	105
Paraíso de Bavaria	0,69	80	95	105	110

Como puede observarse, la mayor profundidad de encharcamiento, asumiendo que no existe infiltración y que la superficie de los barrios es uniformemente horizontal, variaría entre 0,08 y 0,11 m para períodos de retorno de 10 y 100 años respectivamente.

Debe anotarse, sin embargo, que la información utilizada se refiere a aguaceros aislados, sin tener en cuenta secuencias de dos o más aguaceros que podrían ocurrir consecutivamente, situación que sería más crítica, pero de una probabilidad de ocurrencia muy inferior.

No existe información micro - topográfica que permita establecer en los barrios patrones de drenaje de la escorrentía generada por el aguacero, por lo cual la situación considerada es conservativa ya que se asume un drenaje lento con período de evacuación, del orden de 1 a 3 días, por lo cual la severidad de la inundación por encharcamiento se podría calificar como baja (Tabla No. 3.2); para las frecuencias consideradas, de 10 a 100 años, la amenaza de inundación por encharcamiento sería, en todos los barrios, calificada como baja (Tabla 3.3).

Como se indicó en la sección 3.4, la vulnerabilidad de los barrios en estudio es baja, excepto Los Chircales (media) y Prados de La Alameda (alta).

Para las diversas combinaciones de Amenaza Baja y Vulnerabilidad Baja o Alta, el Riesgo es Bajo (ver Tabla No. 3.1). Por lo tanto, puede concluirse que en todos los barrios estudiados en la localidad de Fontibón, el riesgo de inundación por encharcamiento es bajo.

### 3.6 MITIGACIÓN DE LOS RIESGOS POR INUNDACIÓN

En el área de influencia de la inundación que produciría el río Bogotá por su desbordamiento a través de la brecha en el jarillón occidental localizado aguas abajo del puente de la vía férrea, está asentada con riesgo alto, la Zona Baja del barrio Kassandra. Otros barrios, en

esta área de influencia, tienen riesgo medio o bajo. El riesgo alto existente en las partes inferiores del barrio Cassandra mitigable cerrando la brecha mencionada hasta alcanzar el nivel del jarillón e implementando los elementos necesarios (una compuerta de charnela) que permitan, sin posibilidad de reflujo de agua desde el río Bogotá, la evacuación de las aguas lluvias y servidas del barrio Villa Andrea que actualmente descargan al río Bogotá por la brecha. En la Figura 3.12 se presenta el esquema funcional de la obra de cierre de la brecha mediante una estructura de concreto y compuerta de charnela, que tendría un costo de \$ 7,1 millones, según se detalla en la Tabla 3.6.

Sin embargo, la solución óptima al problema de las inundaciones por reflujo en los barrios mencionados, consistente en la integración de los sistemas de alcantarillado existentes en dichos barrios, al sistema de drenaje de Fontibón, solución que esta contemplada por la EAAB dentro del programa Santa Fe I. Esto incluye la independización del drenaje de los barrios respecto al río Bogotá mediante el cierre de cualquier descarga o conexión entre dichos barrios y el río.

El sector del barrio Cassandra afectado por riesgos medio y alto abarca las manzanas 1 (lotes 34 al 52), 9 (lotes 10 al 19), 10 (lotes 1 al 16), 11 (lotes 1 al 10), 12 (lotes 7 al 23) y 15 (lotes 1, 18, 20 al 22).

#### **Medidas no estructurales de mitigación de riesgos**

Las medidas no estructurales de mitigación de riesgos consisten en procedimientos alternativos o complementarios de las medidas estructurales de mitigación, que al ser aplicadas reducirán los riesgos por inundación en la localidad. Así mismo, la mitigación no estructural busca reducir la vulnerabilidad de las poblaciones expuestas a algún tipo de amenaza.

Los planes de mitigación no estructurales, se orientan a programas de educación; manejo de la reglamentación normativa sobre ordenamiento territorial y uso del suelo; acciones que en su conjunto permiten disminuir la vulnerabilidad.

Los programas de educación y aplicación de la normatividad, están orientadas a dos actores sociales a saber: 1) La población expuesta, y 2) el sector institucional; con el fin de contribuir a que la misma población genere mecanismos de autorregulación en zonas de mediano riesgo, y para que las instituciones hagan uso efectivo de la normatividad en cuanto a control y prevención de la expansión urbana ilegal.

#### Programa de mejoramiento de las condiciones de vida y puesta en práctica de la normatividad sobre uso del suelo.

El desarrollo de acciones que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de la población expuesta, y la consecuente disminución del nivel de vulnerabilidad permitirá

mitigar el riesgo en poblaciones que se encuentran en riesgo medio o alto, y un nivel de respuesta adecuada en el caso de ocurrencia de una situación de emergencia; tanto desde el punto de vista de la ciudadanía como el de las instituciones implicadas.

El programa se desarrolla a dos niveles, el institucional y el de población asentada en la zona de riesgo:

A nivel institucional, se propone que la normatividad existente se aplique eficazmente, ya que las normas de ordenamiento territorial y uso del suelo, brindan las herramientas de control necesarias para evitar que se sigan urbanizando áreas incompatibles para tal uso, previniendo así mismo la exposición de población a riesgos por amenazas naturales. En los casos de asentamientos existentes y donde no se propicia su traslado, es necesario que las autoridades distritales hagan uso de los instrumentos legales para formalizar, a través de la legalización, los desarrollos urbanos ya constituidos, localizados en zonas de riesgo, y así incluirlos en los planes de inversión local y distrital, además de destinar las zonas restringidas para uso urbano, en usos compatibles ambientalmente, como es el recreativo y paisajístico.

Las medidas mitigatorias que se desarrollen con la comunidad, parten de la necesidad de manejar el nivel de vulnerabilidad en el que actualmente se encuentran, mediante el mejoramiento de la calidad de vida, fortaleciendo la infraestructura de servicios sociales y la organización comunitaria. El mejoramiento de la calidad de vida requiere igualmente la puesta en marcha de proyectos de educación no formal, focalizados hacia la temática de manejo preventivo y de respuesta efectiva y organizada a los fenómenos de inundación. Así como de la formación en la gestión para la consecución de recursos orientados al mejoramiento de las condiciones socioeconómicas y urbanísticas.

- **Objetivo:** Contribuir a la aplicación de las normas legales y el desarrollo de proyectos de inversión social, para la normalización de los desarrollos urbanos semiconsolidados y consolidados, ubicados en zonas de mediano riesgo.

Contribuir al fortalecimiento institucional, para la aplicación de medidas oportunas y eficaces en el control y prevención de expansión urbana en zonas de mediano riesgo, y manejo en situaciones de emergencia presentadas en dichas zonas pobladas actualmente.

Aportar elementos de autoregulación, por parte de la población expuesta, en el momento de ocurrencia de una eventual inundación y apoyar su gestión institucional para proyectos de desarrollo social que conlleven su articulación urbana con la ciudad.

- **Políticas:** En materia legislativa, es necesario aplicar la normatividad que regula los desarrollos urbanos, definiendo los usos del suelo y en particular la delimitación de zonas de preservación de rondas, alrededor de los cuerpos de agua, que a la vez se constituyen en zonas de riesgo por inundación, razón por la cual se restringe su ocupación habitacional, y que se menciona en el capítulo de Usos del Suelo, dado que la ausencia de

aplicación de normas existente ha ayudado a que los procesos urbanísticos se extiendan, en particular en la localidad de Fontibón.

Una de las respuestas del Estado, ha sido la encaminada a reglamentar el uso y ocupación territorial, expresada en la ley 388 de 1997, sobre ordenamiento territorial, que en su Artículo No. 104, especifica las sanciones urbanísticas a quienes infrinjan las normas de urbanización y los planes de ordenamiento territorial. Tales sanciones incluyen entre otras, multas, demolición de las obras y suspensión de servicios domiciliarios para quienes parcelen, urbanicen o construyan en terrenos no urbanizables; en caso de terrenos urbanizables para quienes lo hagan sin licencia, así como para quienes ocupen terrenos de uso público.

De otra parte, los mecanismos y espacios de participación y de educación ciudadana buscan consolidar los procesos organizativos y de autoregulación que generen respuestas colectivas de manera organizada y autónoma, lo cual es posible siempre y cuando la población expuesta conozca la situación en que se encuentra, los niveles de riesgo que pueden presentarse, y los organismos a que pueden acudir. Así como el fortalecimiento de las autoridades locales que ejerzan su función de regulación, control y sanción.

- Plan de Acción

A nivel institucional:

- Legalización de los desarrollos localizados en zonas de riesgo medio: El Departamento Administrativo de Planeación Distrital debe emitir la resolución que produzca la legalización de estos desarrollos.
- De forma simultánea a la resolución de legalización, las Empresas prestadoras de servicios públicos deberán anular los convenios provisionales establecidos con los barrios en mención, oficializando y optimizando la prestación de dichos servicios, mediante la ejecución de obras que mejoren la calidad y amplíen su cobertura actual.

A nivel local:

- La JAL, la Alcaldía Local y el FDL, dado que se inicia un nuevo período administrativo, deben incorporar los barrios que se proponen para ser legalizados, dentro de las prioridades del Plan de Desarrollo de la localidad, estableciendo un orden de necesidades básicas para la destinación de recursos en el plan de inversiones a ejecutar durante el trienio administrativo, tomando en cuenta que la prioridad denominada Desmarginalización, permite apropiar recursos de los FDL, para ejecutar proyectos de infraestructura de servicios públicos.

- Fortalecimiento de la coordinación interinstitucional, para la ejecución de las obras requeridas en orden de prioridades, para la optimización de los recursos y coherencia en el diseño de los cronogramas.
- Fortalecimiento del Comité Local de Emergencias, con las entidades distritales, ONGs, privadas y descentralizadas que deben participar en él, quienes deben realizar presencia y evaluaciones periódicas de las condiciones físicas y técnicas de los barrios, intensificadas en época de lluvias.
- Construcción de un centro de atención de emergencias en el sector que agilice los procesos de información e interacción con la comunidad, encargado de establecer los niveles de alerta cuando se prevean problemas de inundaciones. Adicionalmente, el centro de atención de emergencias deberá impartir capacitación y definir funciones y responsabilidades tanto a nivel de la comunidad como de instituciones que atienden emergencias, como el cuerpo de bomberos, la policía, carabineros, la Cruz Roja, la Defensa Civil, CAMI y personal de salud, de manera que no se lleven a cabo acciones improvisadas al momento de un evento.
- Elaborar el Plan de Emergencia Local que contemple:
  1. Destinación de recursos técnicos, humanos y administrativos necesarios para la atención de emergencias.
  2. Definir posibles sitios de albergue, y si se carece de ellos, llevar a cabo su construcción.
  3. Establecimiento y difusión de estrategias de alarma, evacuación, y restablecimiento de las condiciones normales de vida.
  4. Elaboración de cartillas informativas y preventivas destinadas a la comunidad.
- Con respecto al manejo institucional, es indispensable efectuar un diagnóstico de la situación actual de la comunidad, que efectúe un inventario de la infraestructura social en los barrios que se encuentran en riesgo medio por fenómenos de inundación.

A nivel comunitario:

- La comunidad debe participar del diagnóstico que efectúe el sector institucional, a través del cual se evalúan las condiciones en que se encuentran con respecto al riesgo mismo, y a sus posibilidades de respuesta.



- Se requiere la conformación de comités de emergencia por barrio o sector barrial, que participen del Comité Local de Emergencia; los cuales se activarán solamente en los momentos en que se evalúe la necesidad de implementar la acción.
- La comunidad podrá participar de manera cogestionada con las entidades gubernamentales en el desarrollo de infraestructura social del barrio, en adecuación de rondas como espacios de recreación pasiva, y construcción de equipamiento comunal, entre otros, acciones que puede desarrollar con aportes mano de obra y trabajos colectivos.
- Diseño y ejecución de un programa de educación comunitaria coordinado por las JAC, CLE, y la UPES, en función de aportar elementos a los habitantes en el manejo preventivo y de respuesta a las situaciones de emergencia. El plan de educación debe contemplar:
  - \* Conocimiento por parte de la comunidad del inventario de infraestructura existente en el sector y la localidad, para la atención de emergencias.
  - \* Realización de talleres para el mejoramiento de calidad de vida a partir de acciones de la propia comunidad en cuanto a: educación ambiental, manejo de desechos sólidos, arborización de rondas, cuidado de los humedales, mantenimiento adecuado de los espacios públicos, y buen manejo de la cría de animales domésticos.
  - \* Diseño de estrategias de respuesta de la comunidad para el momento del evento, mediante: desarrollo de simulacros de desalojo; equipamiento mínimo requerido por unidad familiar para la atención del evento; buen manejo de alertas entre otras.
  - \* Elaboración de un plan de reestablecimiento de la normalidad en los barrios afectados por un evento de emergencia.
- La comunidad ejercerá veeduría ciudadana de los sectores de protección ambiental así como los de uso residencial restringido, avisando oportunamente a las autoridades locales sobre nuevos rellenos, loteo y urbanizaciones que no son compatibles con los usos permitidos del suelo.
- Ubicación: Los barrios objeto de este programa son los calificados como de riesgo medio dentro de la localidad.
- Responsables: Junta Administradora Local, Alcaldía Local, Comité Local de Emergencia, Juntas de Acción Comunal, UPES.

Programas de inspección y mantenimiento del sistema de alcantarillado y las obras de control de inundaciones.

El adecuado mantenimiento del sistema de alcantarillado de aguas lluvias y residuales de la EAAB, así como de las obras de control de inundaciones, es una condición fundamental para la prevención de inundaciones en la localidad, tanto más si se tiene en cuenta que a diferencia de la mayor parte del resto de la ciudad, el drenaje de la localidad en la zona de estudio depende del adecuado funcionamiento de estaciones de bombeo.

El mantenimiento adecuado del sistema de alcantarillado dependerá del seguimiento de las siguientes políticas:

- Diseño y ejecución de un plan básico de mantenimiento preventivo.
- Investigación inmediata de todas las quejas que se reciban, y reparación rápida de las condiciones defectuosas encontradas.
- Inspección rutinaria continua del sistema, y reparación inmediata de los daños encontrados.
- Implementación de un programa de relaciones con la comunidad para prevenir el mal uso del sistema.

El mantenimiento del sistema de alcantarillado debe ser de tipo tanto curativo, como preventivo. El mantenimiento preventivo debe incluir los siguientes aspectos:

- Inspección visual, preferiblemente con cámara de televisión para determinar los tipos de problemas y las áreas en donde éstos suceden.
- Medidas de caudal de los alcantarillados y control de infiltración y conexiones erradas.
- Remoción de acumulaciones de material extraño. Este puede incluir tierra, arena, grasa, raíces, basura y cualquier otro material extraño a la red de alcantarillado.
- Tratamiento químico para inhibir el crecimiento de raíces en áreas problemáticas.
- Reparación y reemplazo de tuberías agrietadas o rotas en peligro de colapso.
- Mantenimiento de registros del mantenimiento realizado en sitios específicos del sistema.
- Control de descarga de sustancias potencialmente dañinas mediante información al público y monitoreo de posibles violadores de las normas.

El mantenimiento adecuado de las estaciones de bombeo de aguas lluvias y residuales es especialmente importante por cuanto su falla produciría inundaciones en las zonas servidas. Las normas generales de operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo son las siguientes:

- Las bombas de aguas residuales deben funcionar en forma tan continua como sea posible, para minimizar la producción de H<sub>2</sub>S que conllevan las condiciones anaeróbicas, y que va acompañada por producción de olores y corrosión del sistema.
- Debe protegerse a las bombas contra el ingreso a ellas de sustancias abrasivas y objetos que puedan dañarlas. El ingreso de bolsas de plástico a las bombas es una de las principales fuentes de obstrucción de las mismas.
- La limpieza permanente de las estaciones de bombeo es fundamental para evitar la producción de olores y la corrosión de las estructuras.
- Los elementos más propensos a fallar en una bomba son los rodamientos y los sellos hidráulicos, y debe mantenerse una provisión adecuada de ellos como repuesto.
- Las bombas deben ser lubricadas en estricto acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Las cribas de las bombas deben ser mantenidas siempre limpias para evitar el reflujos de aguas hacia aguas arriba.

La inspección y mantenimiento del sistema de diques de control de inundaciones, por otra parte, deben ser realizados en forma permanente, con atención especial a las siguientes señales de problemas:

- Grietas longitudinales o transversales en el dique, que pueden indicar asentamientos diferenciales o desplazamientos del dique.
- Cárcavas y discontinuidades en la interfase dique - agua, que pueden indicar un proceso continuado de erosión hidráulica.
- Movimientos de tierra y señales de remoción reciente de material, que pueden producir debilitamiento del dique.
- Descargas de tierra, escombros o material de relleno sobre el dique o en su pata, que pueden producir una falla del dique por corte circular.

### Plan de emergencia de preparación para inundaciones

El Plan de Emergencia es una estrategia de prevención y atención que debe ponerse en práctica con anterioridad al momento en que se presente un evento de inundación, orientado tanto a nivel institucional, como a nivel de la comunidad ubicada en las zonas que presentan riesgo por inundación.

Para que el manejo por parte de las instituciones sea adecuado y oportuno, es preciso informar sobre las implicaciones sociales y materiales que puede generar una emergencia, es decir, que se debe conocer la magnitud de los efectos. En este sentido se debe partir de un conocimiento básico de la población expuesta, con el fin de que los planes de atención se ajusten a los requerimientos de un evento de grandes magnitudes. De la misma manera, es necesario diseñar una estrategia informativa que se despliegue a nivel de todas las instituciones competentes de manera tal que pueda desarrollarse la acción institucional de forma coordinada. Adicionalmente hay que contemplar dentro de los recursos el equipamiento, que tales emergencias requieren a nivel logístico y a nivel de capacitación de las personas que vayan a acudir a la zona crítica, es decir, que deben tener algún entrenamiento para evitar las acciones improvisadas.

La información elemental de conocimiento de los actores implicados, se refiere a:

- Localización de la población amenazada.
- Cantidad de población potencialmente afectada.
- Magnitud posible del desastre. Análisis de los eventos de inundación a nivel histórico.
- Equipamiento necesario para actuar al momento en que el evento se presente.
- Medidas alternativas de apoyo para contar con los mayores recursos posibles.
- Conocimiento de las capacidades de respuesta de las demás instituciones.

Dado que la información y manejo previo a la inundación y en el evento mismo, se orienta a proporcionar elementos de respuesta a la comunidad, se diseñó una guía sencilla y didáctica, con mínimas normas a seguir, así:

### **3.7 RECOMENDACIONES SOBRE LEGALIZACIÓN DE BARRIOS**

Teniendo en cuenta que los riesgos que afectan a los barrios en estudio son de tipo alto mitigable, medio o bajo, y que ninguno de ellos está afectado por riesgos altos no mitigables, se recomienda que todos los barrios en estudio, a saber, Kassandra, Los Chircales, Villa Andrea, Villa Liliana, Prados de la Alameda y Paraíso de Bavaria, sean legalizados.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Diseños definitivos de la adecuación hidráulica del río Bogotá - Informe Técnico No. 2, Apéndice N, Hidroestudios - Black and Veatch Int., EAAB, Bogotá, 1985.
2. Revista IGAC, Vol. 1, No. 5, Van Der Hammen, pp. 4 y 5, IGAC 1995.
3. Boletín Geológico, Vol. 3.5, No. 2, Emiro Robles, pp. 17 y 18, INGEOMINAS, 1991.
4. Publicaciones geológicas especiales, No. 20, pp. 45 a 47, MISIÓN SIGLO XXI, 1996.
5. Microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá, INGEOMINAS, 1997.
6. Control de inundaciones del río Bogotá, Estudio Geotécnico, Gómez Cajiao y Asociados, 1993.
7. Estudio geotécnico. Caracterización del subsuelo para los jarillones del río Fucha y Tunjuelo. Gómez Cajiao y Asociados & James M. Montgomery, enero de 1993.
8. Estudio para el análisis y caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá, EAAB - IRH Ltda, 1995.
9. Atlas Regional Car, CAR, 1986.
10. Mejoras al río Bogotá, CDM - CEI - PLANHIDRO, 1974.
11. Modelo Matemático de Propagación de Crecidas. Río Bogotá, Jaime Saldarriaga, 1980.
12. Diseños definitivos de la adecuación hidráulica del río Bogotá, Informe Técnico No. 2. Apéndice M. Hidroestudios - Black and Veatch, Int. EAAB, Bogotá, 1985.
13. Por la Bogotá que Queremos, Plan de Desarrollo Económico, Social y de Obras Públicas 1998 - 2001, Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, 1998.
14. Plan de Desarrollo Local, Versión Preliminar a Nivel Diagnóstico, Alcaldía Local de Fontibón, 1998.
15. El Futuro de la Capital, Perfil Ambiental de Santa Fe de Bogotá, MISIÓN SIGLO XXI, 1996.
16. Hidráulica de Canales Abiertos, Ven Te Chow, 1959.
17. Hydraulics and Water Resources Engineering, B.A. Christiensen.
18. Normas de diseño de Alcantarillados, EAAB.
19. Obras Hidráulicas, Francisco Torres Herrera, UNAM, Méjico.
20. Estudio de Saneamiento Ambiental y Control de Crecientes en la Cuenca del río Tunjuelo, CEI - EAAB, 1997.

**TABLAS**

Tabla No. 2.1 - Análisis de estabilidad - Jarillones ríos Bogotá y Fucha

SECTOR	SECCIÓN	CONDICIÓN DE CARGA		FACTOR DE SEGURIDAD
Río Bogotá (Margen izquierda)	Sección 1 K 42+500	Actual	Estática	2.34
			Sismo	1.35
	Sección 2 K 42+100		Estática	2.28
			Sismo	1.38
	Sección 3 K 41+733		Estática	3.73
			Sismo	1.39
	Sección 1	Descenso Rápido	2.66	
	Sección 2		2.64	
	Sección 3		3.06	
Río Fucha (Margen derecha)	Sección 18 K 1+386	Actual	Estática	2.97
			Sismo	1.59
	Sección 18	Descenso Rápido	1.56	

**TABLA No 2.2**  
**VALORES DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS**  
**ESTACIÓN - SP - AEROPUERTO ELDORADO**

CÓDIGO IDEAM: 2120579, ELEVACIÓN: 2547 msnm, INSTALACIÓN febrero de 1972

PARAMETRO	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ANUAL
TEMPERATURA (°C)													
Media	13.0	13.4	13.7	13.9	13.9	13.7	13.2	13.2	13.3	13.3	13.4	13.1	13.4
Media de máximas	14.1	14.7	14.9	15.1	14.8	15.1	14.1	14.4	14.1	14.0	14.0	14.1	15.1
Media de mínimas	12.1	12.3	12.6	13.0	13.0	12.8	12.4	12.4	12.4	12.4	12.7	12.0	12.0
Máxima absoluta	24.9	24.8	24.9	23.2	22.6	22.4	21.6	23.6	23.0	23.6	23.0	23.4	24.8
Mínima absoluta	-3.0	-6.4	-3.2	0.0	0.7	1.0	0.4	-1.5	-0.2	0.5	-3.0	-6.0	-6.4
HUMEDAD RELATIVA (%)													
Media	79.0	80.0	80.0	82.0	81.0	79.0	77.0	77.0	79.0	82.0	83.0	81.0	80.0
Máxima media	83.0	84.0	86.0	86.0	85.0	83.0	81.0	81.0	84.0	87.0	87.0	87.0	87.0
Mínima media	74.0	73.0	74.0	76.0	77.0	72.0	74.0	72.0	73.0	75.0	78.0	77.0	72.0
PRECIPITACIÓN (mm)													
Media	27.8	40.1	69.3	108.9	89.3	50.4	38.5	45.5	69.3	104.1	87.6	52.5	792.9
Máxima media	99.6	112.2	153.6	216.1	202.1	95.6	64.8	113.5	157.9	217.5	189.1	132.6	218.1
Mínima media	2.5	3.8	12.2	31.4	28.4	8.8	10.6	12.9	14.2	25.4	30.7	4.0	2.5
Máximos 24 horas	42.7	37.9	34.0	63.6	32.5	28.3	39.3	35.2	35.5	47.8	31.2	57.4	63.8
No medio de días con precipitación	9.2	11.3	15.1	18.2	20.7	18.4	17.8	16.6	17.1	19.0	18.0	12.8	194.1
EVAPORACIÓN MEDIA (mm)													
	102.1	94.3	94.1	76.3	84.7	81.7	83.3	90.3	90.4	93.3	83.3	79.6	1066.2
BRILLO SOLAR (horas)													
	189.1	153.7	145.5	111.7	114.9	114.9	141.8	140.3	123.5	120.2	130.4	166.9	1652.8





**Tabla No. 3.1 - Determinación del Riesgo en función de la Amenaza y de la Vulnerabilidad.**

		Vulnerabilidad		
		Alta	Media	Baja
A m e n a z a	Alta	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Medio
	Media	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio
	Baja	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo

**Tabla No. 3.2 - Determinación del Coeficiente de Rugosidad de Manning, n.**

**Río Bogotá**

**Procedimiento de Cowan (Ref. 15):  $n = (n_0+n_1+n_2+n_3+n_4)m_5$**

Componente		Cauce Principal	Bancas
$n_0$	Material	0,020	0,020
$n_1$	Grado de Irregularidad	0,000	0,005
$n_2$	Variación de Sección Transversal	0,000	0,005
$n_3$	Efecto de Obstrucciones	0,005	0,005
$n_4$	Vegetación	0,005	0,010
$m_5$	Grado de Sinuosidad Meándrica	1,15	1,15
<b>n</b>		<b>0,035</b>	<b>0,052</b>
<b>n adoptado</b>		<b>0,035</b>	<b>0,050</b>

**Tabla No. 3.3 - Determinación del Coeficiente de Rugosidad de Manning Compuesto,  $n_c$  Río Fucha**

**Procedimientos de Cowan, Einstein y Einstein - Banks, (Ref. 15):**

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

$$n_c = \frac{\left( \sum_{i=1}^n P_i n_i^a \right)^{1/a}}{\left( \sum_{i=1}^n P_i \right)^{1/a}}$$

Componente		Cauce Principal	Bancas
$n_0$	Material	0,020	0,020
$n_1$	Grado de Irregularidad	0,000	0,005
$n_2$	Variación de Sección Transversal	0,000	0,005
$n_3$	Efecto de Obstrucciones	0,005	0,000
$n_4$	Vegetación	0,005	0,010
$m_5$	Grado de Sinuosidad Meándrica	1,000	1,000
$n$	Coeficiente de Rugosidad Compuesto	0,030	0,040
$P$	Perímetro mojado, m (1)	16,73	18,15
$n_c(a=2)$ , Coeficiente de Rugosidad Compuesto			0,0355
$n_c(a=1,5)$ , Coeficiente de Rugosidad Compuesto			0,0353
$n_c$ , Coeficiente de Rugosidad Adoptado			0,035

(1) Modelación del río Fucha, sección S20, K0+ 984, Anexo No.1.

**Tabla No. 3.4 - Determinación de la Severidad en función de la Profundidad y la Duración de la Inundación.**

		Profundidad (m)	
		< 0,50	> 0,50
D u r a c i ó n (d)	0 - 3	Severidad Baja	Severidad Alta
	>3	Severidad Alta	Severidad Alta

**Tabla No. 3.5 - Determinación de la Amenaza en función de la Frecuencia y de la Severidad.**

		Severidad	
		Alta	Baja
F r e c u e n c i a	Alta T < 10 años	Amenaza Alta	Amenaza Baja
	Media 10 < T < 100 años	Amenaza Media	Amenaza Baja
	Baja T > 100 años	Amenaza Baja	Amenaza Baja

## Costos

Tabla 3.6

## Estimativo del costo de la obra de cierre de la brecha

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Total
				\$ Miles	\$ Miles
1	Excavación en tierra	m <sup>3</sup>	30	4.40	132.00
2	Relleno para estructuras	m <sup>3</sup>	5	35.00	175.00
3	Relleno en tierra	m <sup>3</sup>	5	60.00	300.00
4	Concreto de 3.000 psi	m <sup>3</sup>	14	250.00	3500.00
5	Tubería de $\Phi$ 16"	m	1.2	40.00	48.00
6	Compuerta de charnela $\Phi$ 16"	U	1	2500.00	2500.00
7	Rejilla	U	1	400.00	400.00
TOTAL					7055.00

**ANEXO No. 1 - SECCIONES TRANSVERSALES Y PERFILES DE FLUJO DE LOS  
RÍOS BOGOTÁ Y FUCHA.**



Profile Out put Table Standard Table 1  
HEC-RAS Plan: Plan 05 Rea ch: Rio Bo gota 98' 19-ago

# Hydraulic Reaches = 1  
# River Sta tions = 33  
# Plans = 1  
# Profiles = 1

River Sta.	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
74600	130	2569,8	2576,52		2576,56	0,0001	0,92	167,54	37,9	0,12
66400	130	2570	2575,83		2575,85	0,000076	0,73	238,25	71,5	0,1
60700	130	2569,6	2575,23		2575,27	0,000136	0,96	173,71	46,5	0,14
55780	130	2567,8	2574,71		2574,74	0,000078	0,77	195,78	59,84	0,1
54800	130	2567,64	2574,64		2574,67	0,000075	0,76	197,09	59,03	0,1
50820	130	2567,5	2574,4		2574,42	0,00005	0,63	224,07	53,73	0,08
48100	130	2567,36	2574,27		2574,29	0,00004	0,59	235,5	47,73	0,08
44500	130	2567,08	2574,18		2574,19	0,000038	0,58	240,22	48,38	0,07
43100	130	2568,8	2574,01		2574,07	0,000183	1,07	135,61	40,2	0,16
42700	130	2567,34	2573,98		2574,01	0,000093	0,8	193,92	56,98	0,11
42465	130	2566,8	2573,96		2573,99	0,000061	0,69	220,06	56,97	0,09
42200	130	2566,79	2573,95	2569,39	2573,97	0,000068	0,71	212,77	56,19	0,09
42199	Bridge									
40813	130	2567	2573,72		2573,76	0,00011	0,91	153,43	33,04	0,12
39992	130	2566,5	2573,63		2573,67	0,000105	0,88	162,07	36,78	0,12
37990	130	2566,9	2573,42		2573,46	0,00011	0,87	161,23	42,32	0,12
36880	130	2565,8	2573,36		2573,38	0,000034	0,56	243,44	43,95	0,07
35960	130	2566,5	2573,28		2573,32	0,000112	0,87	173,74	46,09	0,12
35025	130	2567	2573,2		2573,23	0,000076	0,74	190,09	45,54	0,1
33790	130	2567	2573,12		2573,14	0,000064	0,69	199,61	47,06	0,09
30465	130	2568	2572,82		2572,86	0,000116	0,82	166,41	42,96	0,12
27885	130	2566,2	2572,54		2572,58	0,000111	0,89	158,39	40,23	0,12
25922	130	2567,2	2572,25		2572,3	0,000189	1	134,95	35,91	0,15
22735	130	2565,8	2571,91		2571,93	0,000061	0,66	205,6	45,39	0,09
21095	130	2565,5	2571,81		2571,83	0,000064	0,68	201,77	45,32	0,09
17950	130	2566,5	2571,55		2571,58	0,000097	0,74	185,49	50,79	0,11
15180	130	2566,8	2571,25		2571,28	0,000116	0,77	175,74	50,88	0,12
12890	130	2564,5	2571,06		2571,08	0,000072	0,64	226,84	68,3	0,1
10200	130	2566,5	2570,4		2570,44	0,000195	0,87	152,49	49,89	0,15
6975	130	2564,8	2569,78		2569,82	0,000163	0,85	154,37	45,34	0,14
4590	130	2564	2569,49		2569,51	0,000085	0,66	196,18	45,97	0,1
1090	130	2563,8	2568,91		2568,96	0,000246	1,04	125,49	36,1	0,17
10	130	2564	2568,5	2566,14	2568,6	0,000535	1,42	91,86	26,42	0,24

Profile Out put Table Standard Table I  
HEC-RAS Plan Plan 07 Rom ch Rio Bogota 98/08/21

# Hydraulic Reaches = 1  
# River Stations = 37  
# Plans = 1  
# Profiles = 7

River Sta.	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Ele (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude #	Chl
91400	140	2571.6	2578.29	2578.32	0.000081	0.82	205.08	44.03	0.11		
81200	140	2570.44	2577.37	2577.41	0.000097	0.9	176.02	37.11	0.12		
74600	140	2569.8	2576.7	2576.75	0.000104	0.95	174.34	37.9	0.12		
66400	140	2570	2575.99	2576.01	0.000077	0.76	249.64	71.5	0.1		
60700	140	2569.6	2575.37	2575.41	0.000142	1	180.17	46.76	0.14		
55780	140	2567.8	2574.82	2574.85	0.000084	0.81	202.39	61.05	0.11		
54800	140	2567.64	2574.74	2574.77	0.000081	0.8	203.24	60.16	0.11		
50820	140	2567.5	2574.48	2574.5	0.000056	0.67	228.5	54.04	0.09		
48100	140	2567.36	2574.34	2574.36	0.000045	0.63	238.79	47.99	0.08		
44500	140	2567.08	2574.23	2574.25	0.000043	0.62	243.03	48.63	0.08		
43100	140	2568.8	2574.05	2574.11	0.000207	1.14	137.1	40.32	0.17		
42700	140	2567.34	2574.01	2574.04	0.000105	0.85	195.77	57	0.12		
42500	140	2566.56	2574	2574.02	0.000054	0.7	224.99	51.87	0.09		
42200	140	2566.79	2573.97	25 69.46 2574.0	0.000077	0.76	214.39	56.62	0.1		
42199	Bridge										
42100	140	2567.53	2573.92	2573.95	0.000074	0.76	202.32	44.42	0.1		
41733	140	2566.6	2573.89	2573.92	0.000086	0.79	195.63	46.27	0.11		
40813	140	2567	2573.77	2573.82	0.000124	0.97	154.98	33.17	0.13		
39992	140	2566.5	2573.67	2573.71	0.000119	0.94	163.36	36.9	0.13		
37990	140	2566.9	2573.42	2573.46	0.000127	0.94	161.33	42.32	0.13		
36880	140	2565.8	2573.52	2573.53	0.000076	0.59	250.17	44.44	0.07		
35960	140	2566.5	2573.43	2573.47	0.000117	0.91	180.56	46.48	0.12		
35025	140	2567	2573.35	2573.37	0.00008	0.77	196.64	45.92	0.11		
33790	140	2567	2573.26	2573.28	0.000068	0.72	206.23	48	0.1		
30465	140	2568	2572.95	2572.98	0.000122	0.86	171.66	43.33	0.13		
27885	140	2566.2	2572.64	2572.69	0.00012	0.94	162.46	40.88	0.13		
25922	140	2567.2	2572.33	2572.38	0.000206	1.05	137.64	36.32	0.16		
22735	140	2565.8	2571.95	2571.97	0.000069	0.71	207.26	45.51	0.1		
21095	140	2565.5	2571.83	2571.85	0.000073	0.73	202.71	45.39	0.1		
17950	140	2566.5	2571.53	2571.56	0.000114	0.81	184.46	50.67	0.12		
15180	140	2566.8	2571.17	2571.2	0.000145	0.85	171.49	50.04	0.14		
12800	140	2564.5	2570.92	2570.95	0.000094	0.72	217.64	66.48	0.11		
10200	140	2566.5	2570.54	2570.58	0.000198	0.9	159.28	50.68	0.15		
6975	140	2564.8	2569.9	2569.94	0.00017	0.88	159.91	45.86	0.15		
4500	140	2564	2569.59	2569.62	0.000091	0.7	201.09	46.5	0.11		
1000	140	2563.8	2568.96	2569.03	0.000273	1.1	127.54	37.26	0.18		
10	140	2564	2568.50	25 66.21 2568.6	0.000062	1.53	91.86	26.42	0.26		

Profile Out put Table Standard Table 1  
HEC-RAS Plan: Plan 06 Rea ch: Rio Bo gota 98/ 19-ago

# Hydraulic Reaches = 1  
# River Stations = 35  
# Plans = 1  
# Profiles = 1

River Sta.	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G Elev (m)	E.G Slope (m/m)	Vel Chul (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
91400	60	2571.6	2576.39		2576.4	0.000064	0.56	122.15	41.54	0.09
81200	60	2570.44	2575.77		2575.79	0.000055	0.55	118.18	34.12	0.08
74600	60	2569.8	2575.45		2575.46	0.000044	0.53	127.54	34.86	0.08
66400	60	2570	2575.15		2575.16	0.000029	0.42	189.92	71.5	0.06
60700	60	2569.6	2574.97		2574.98	0.000036	0.47	161.38	46	0.07
55780	60	2567.3	2574.85		2574.86	0.000015	0.35	204.08	61.35	0.05
54800	60	2567.64	2572.68		2572.7	0.000069	0.55	112.19	34.38	0.09
50820	60	2567.5	2572.46		2572.47	0.000044	0.45	135.98	38.43	0.07
48100	60	2567.36	2572.35		2572.36	0.000031	0.4	151.14	40.26	0.06
44500	60	2567.08	2572.28		2572.29	0.000028	0.39	156.12	40.4	0.06
43100	60	2568.8	2572.13		2572.17	0.000225	0.85	71.88	26.68	0.16
42700	60	2567.34	2572.08		2572.1	0.00001	0.62	102.25	38.71	0.11
42465	60	2566.8	2572.07		2572.08	0.000034	0.5	126.27	44.64	0.08
42200	60	2566.79	2572.05	2568.73	2572.07	0.000062	0.52	120.99	44.58	0.09
42199 Bridge										
40813	60	2567	2571.91		2571.93	0.000086	0.63	98.05	27.95	0.1
39992	60	2566.5	2571.83		2571.85	0.000085	0.61	101.25	30.67	0.1
37900	60	2566.9	2571.65		2571.67	0.000099	0.63	98.62	32.55	0.11
36880	60	2565.8	2571.6		2571.61	0.000019	0.35	172.74	35.31	0.05
35960	60	2566.5	2571.54		2571.56	0.000105	0.64	99.6	37.13	0.11
35025	60	2567	2571.47		2571.49	0.000063	0.52	118.28	36.41	0.09
33700	60	2567	2571.4		2571.42	0.000049	0.47	129.47	37.91	0.08
30465	60	2568	2571.14		2571.16	0.000122	0.62	98.5	37.74	0.12
27885	60	2566.2	2570.9		2570.92	0.000086	0.61	101.33	31.16	0.1
25922	60	2567.2	2570.64		2570.67	0.000192	0.74	81.61	30.9	0.14
22735	60	2565.8	2570.33		2570.34	0.000044	0.44	137.77	40.56	0.07
21095	60	2565.5	2570.26		2570.27	0.000044	0.45	136.15	39.53	0.07
17950	60	2566.5	2570.06		2570.07	0.000084	0.53	115.55	43.28	0.1
15180	60	2566.8	2569.78		2569.8	0.000116	0.57	106.79	44.17	0.11
12890	60	2564.5	2569.61		2569.62	0.000061	0.45	140.79	54.87	0.08
10200	60	2566.5	2569.33		2569.35	0.000134	0.59	101.08	46.11	0.13
6975	60	2564.8	2568.91		2568.93	0.000085	0.51	116.61	41.51	0.1
4590	60	2564	2568.78		2568.79	0.000031	0.37	164.34	44.25	0.06
1000	60	2563.8	2568.6		2568.61	0.000068	0.52	115.14	31.61	0.09
10	60	2564	2568.5	2565.48	2568.52	0.000114	0.65	91.86	26.42	0.11

**TABLA No A1.1**  
**Perfiles de flujo en el río Bogotá para coeficientes de rugosidad**  
**de fondo de 0.035 y en los taludes de 0.050**

Abscisa	Cota de Fondo	Cota jarillón izquierdo	Cota jarillón derecho	Capacidad máxima	Nivel para la capacidad máxima
km	msnm	msnm	msnm	m <sup>3</sup> /s	msnm
K91+400	2571.60	2576.80	2577.00	60	2576.39
K81+200	2570.44	2577.00	2576.20	60	2575.77
K74+600	2569.80	2576.00	2574.30	60	2575.45
K66+400	2570.00	2574.00	2575.00	60	2575.15
K60+700	2569.60	2575.50	2573.00	60	2574.97
K55+780	2567.80	2575.00	2575.00	140	2574.85
K54+800	2567.64	2575.00	2575.00	140	2574.78
K50+820	2567.50	2575.00	2575.00	140	2574.52
K48+100	2567.36	2574.86	2574.86	140	2574.38
K44+500	2567.08	2574.56	2574.56	140	2574.28
K43+100	2568.80	2575.00	2574.50	140	2574.10
K42+700	2567.34	2573.50	2574.00	140	2574.06
K42+500	2566.56	2575.64	2574.00	140	2574.00
K42+200	2566.79	2575.00	2574.00	140	2574.03
K42+100	2567.53	2575.02	2575.03	140	2573.92
K41+733	2566.60	2574.54	2574.41	140	2573.89
K40+813	2567.00	2575.00	2574.40	140	2573.77
K39+992	2566.50	2574.00	2575.00	140	2573.67
K37+990	2566.90	2574.50	2573.30	130	2573.42
K36+880	2565.80	2574.50	2574.00	130	2573.36
K35+960	2566.50	2574.00	2573.50	130	2573.28
K35+025	2567.00	2574.50	2574.00	130	2573.20
K33+790	2567.00	2574.00	2574.00	130	2573.12
K30+465	2568.00	2574.00	2574.50	130	2572.82
K27+885	2566.20	2573.00	2573.20	130	2572.54
K25+922	2567.20	2573.00	2573.00	130	2572.25
K22+755	2565.80	2573.50	2574.50	130	2571.91
K21+095	2565.50	2573.50	2574.00	130	2571.81
K17+950	2566.50	2572.50	2572.50	130	2571.55
K15+180	2566.80	2572.20	2573.00	130	2571.25
K12+890	2564.50	2571.00	2571.80	150	2571.06
K10+200	2566.50	2572.50	2572.50	150	2570.67
K6+975	2564.80	2571.50	2571.20	150	2570.02
K4+590	2564.00	2570.00	2571.00	150	2569.70
K1+000	2563.80	2570.90	2570.80	150	2569.02
K+0	2564.00	2574.00	2573.00	150	2568.50

UPES

INGETEC S.A.

TABLA No A1.2 PERFIL DE FLUJO EN EL RÍO FUCHA  
PARA CAPACIDAD MÁXIMA DE 120 m<sup>3</sup>/s

Estación No.	Abscisa	Cota de fondo	Nivel del agua	Velocidad	Área	No de Froude
	(km)	(m)	(m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	
26	k0+197	2571.3	2576.05	1.62	74.02	0.31
25	k0+292	2570.9	2575.98	1.55	77.37	0.26
24	k0+389	2570.1	2575.93	1.42	84.44	0.23
23	k0+403	2569.7	2575.87	1.71	70.3	0.32
22	k0+633	2570.3	2575.72	1.33	90.39	0.24
21.25*	k0+767	2570.07	2575.68	1.12	106.96	0.22
21	k0+812	2570	2575.66	1.07	112.62	0.21
20	k0+984	2569.6	2575.56	1.21	99.21	0.26
19	k1+195	2569.9	2575.45	1.06	113.55	0.2
18	k1+386	2568.8	2575.39	0.94	127.51	0.16
17	k1+784	2569.5	2575.29	0.85	141.49	0.18
16.5	k1+897	2569.5	2574.82	1.05	114.09	0.23
16	k2+010	2569.1	2574.79	0.9	132.92	0.16
15	k2+188	2568.3	2574.75	0.93	129.66	0.15
14	k2+394	2567.7	2574.72	0.72	166.74	0.13
13	k2+591	2568	2574.68	0.77	155.66	0.13
12	k2+804	2567.7	2574.65	0.77	156.84	0.12
11	k3+009	2565.3	2574.64	0.56	213.67	0.08
10	k3+211	2567.6	2574.61	0.72	166.14	0.11
9	k3+398	2567.9	2574.6	0.66	181.5	0.1
8	k3+608	2568	2574.57	0.71	169.86	0.12
7	k3+794	2567.1	2574.55	0.72	167.36	0.11
6	k4+006	2567.7	2574.53	0.65	185.49	0.11
5	k4+200	2567.7	2574.51	0.68	177.1	0.11
4	k4+405	2566.6	2574.48	0.64	186.45	0.1
3	k4+583	2566.4	2574.47	0.55	216.32	0.08
2	k4+751	2567	2574.46	0.61	195.52	0.1
1	k4+770	2567.4	2574.46	0.55	218.75	0.08

**SECCIONES TRANSVERSALES**

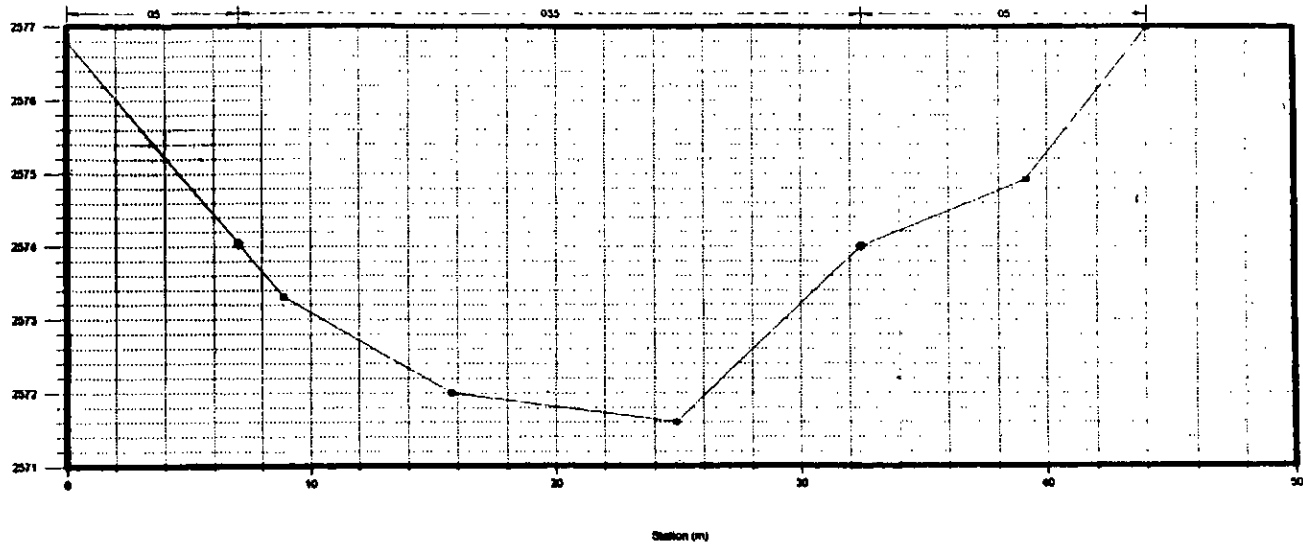
## SECCIONES TRANSVERSALES

En este anexo se presentan las secciones transversales utilizadas en los análisis hidráulicos de los ríos Bogotá y Fucha.

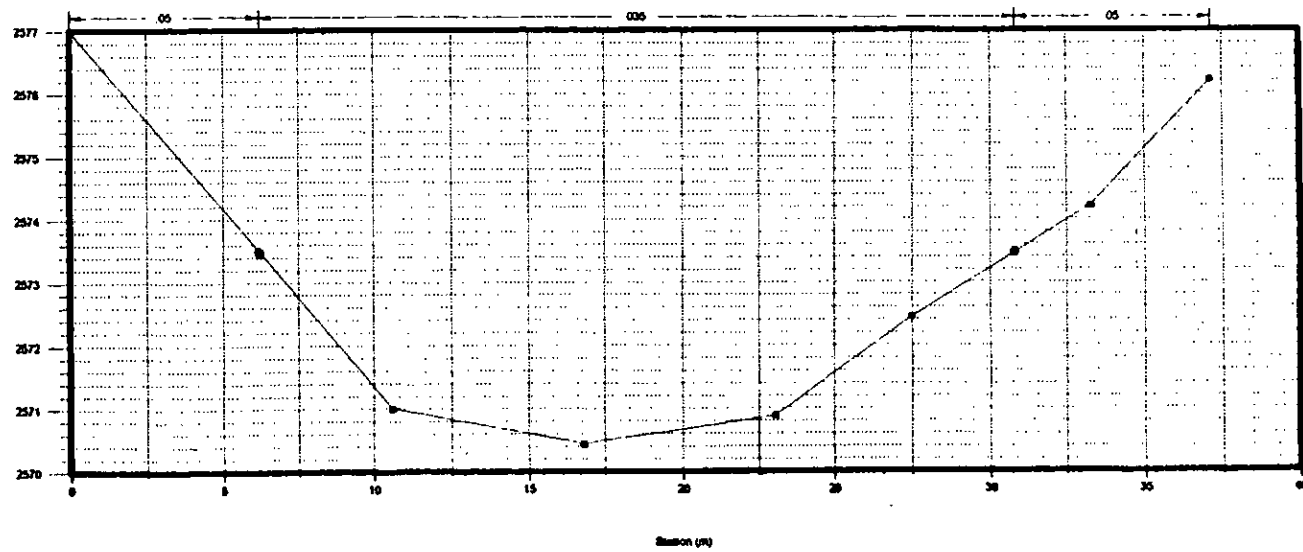
Las secciones transversales con que se estudió el comportamiento hidráulico del río Bogotá suman un total de 36 secciones las cuales están repartidas a través del río en un total de 91,4 km desde la desembocadura del río Torca hasta las compuertas de Alicachín.

Las secciones transversales con que se estudió el comportamiento hidráulico del río Fucha suman un total de 26 las cuales están repartidas a través del río en un total de 4,7 km desde el cruce del río con la avenida Boyacá hasta la desembocadura en el río Bogotá.

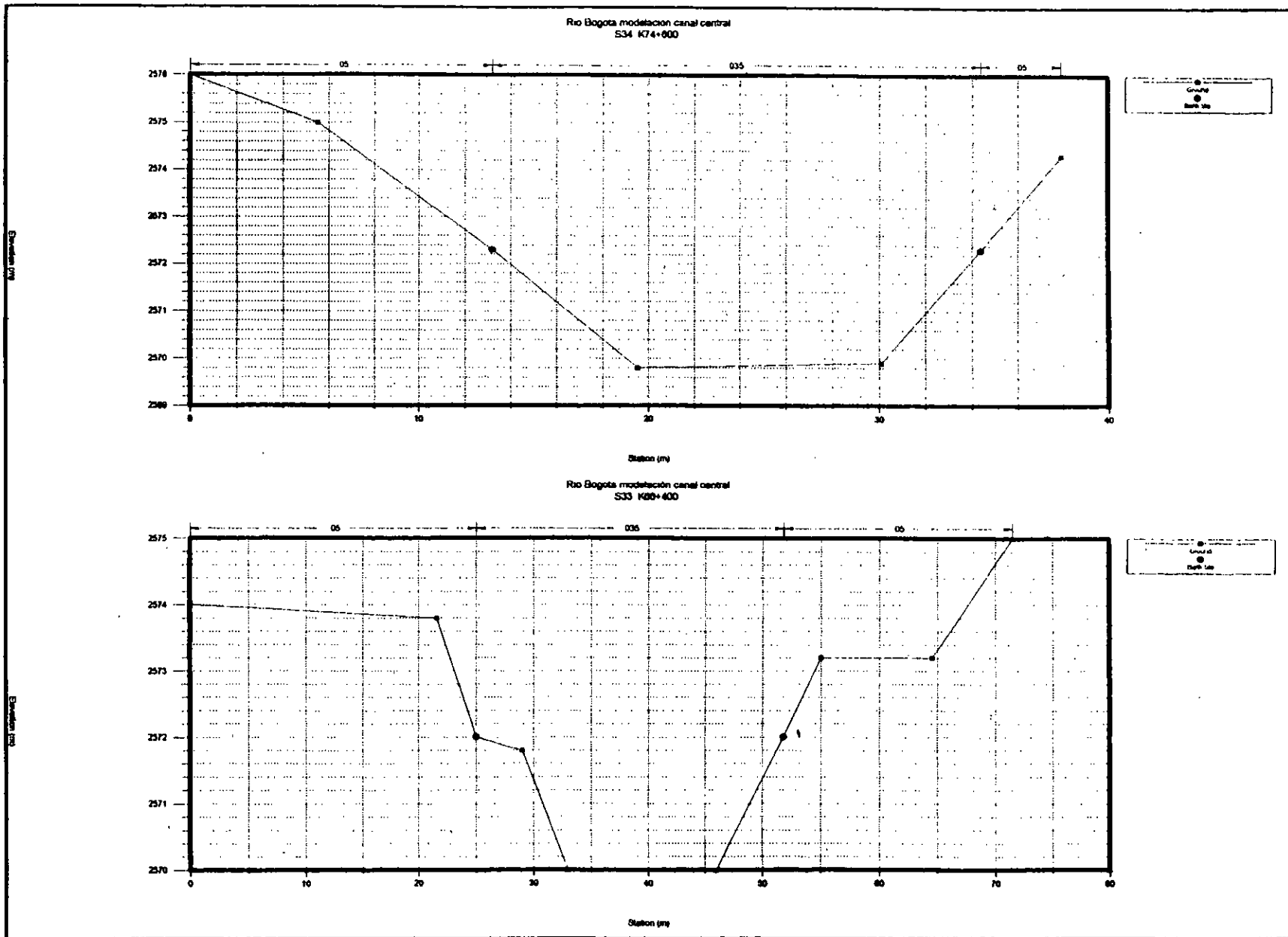
Rio Bogota modelación canal central  
S36 K01+400 Entrada de Torca



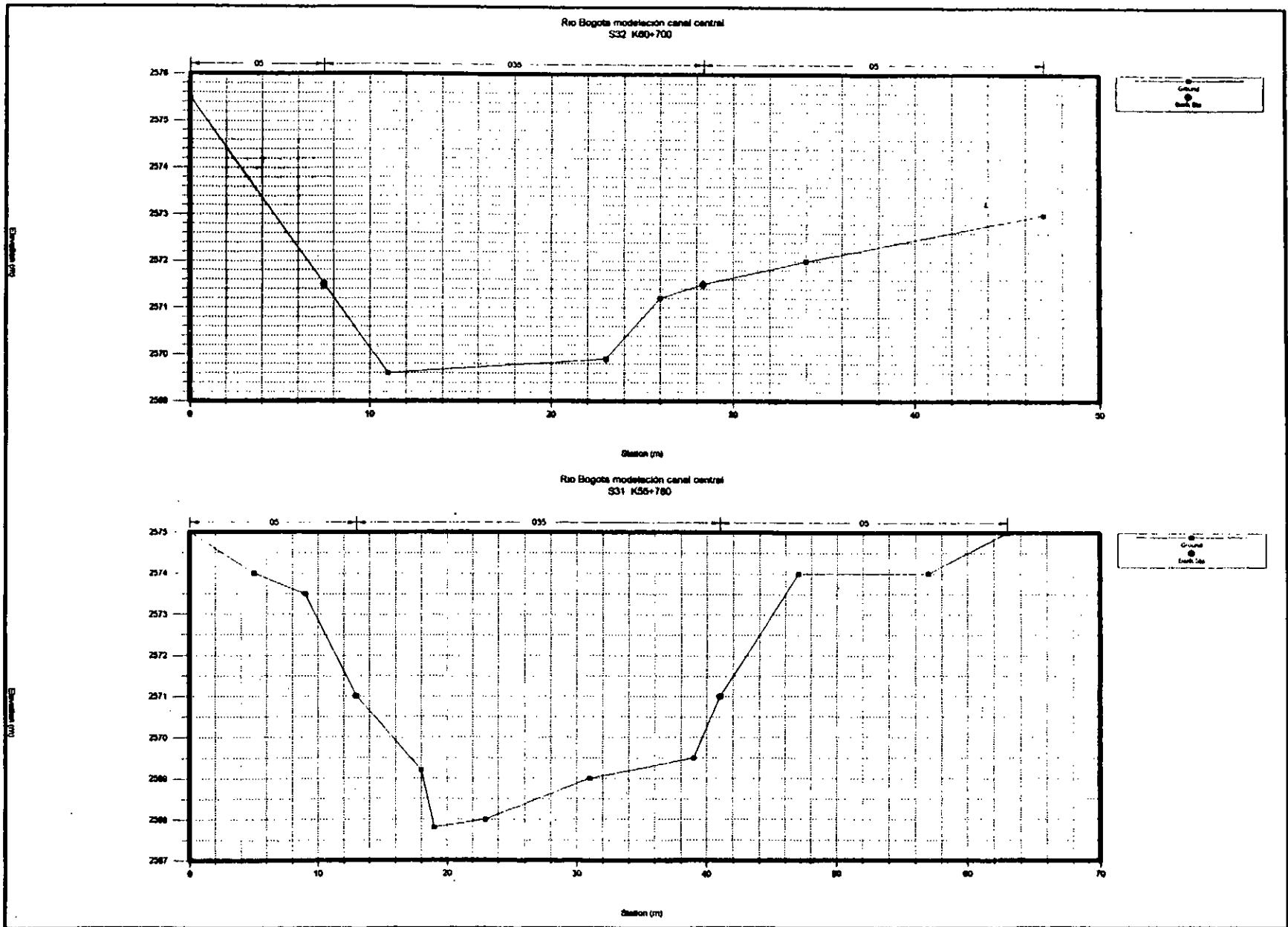
Rio Bogota modelación canal central  
S35 K01+200



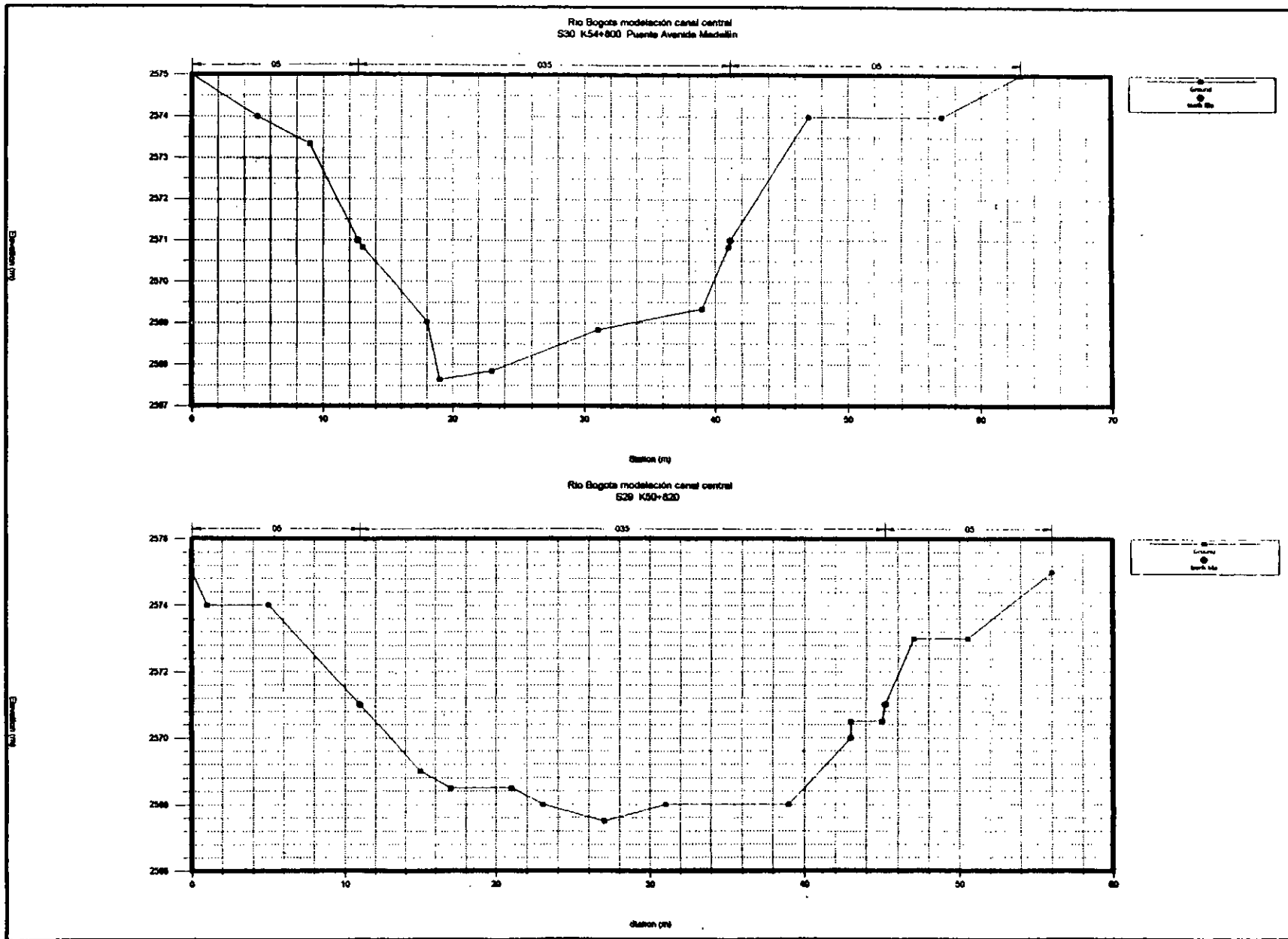




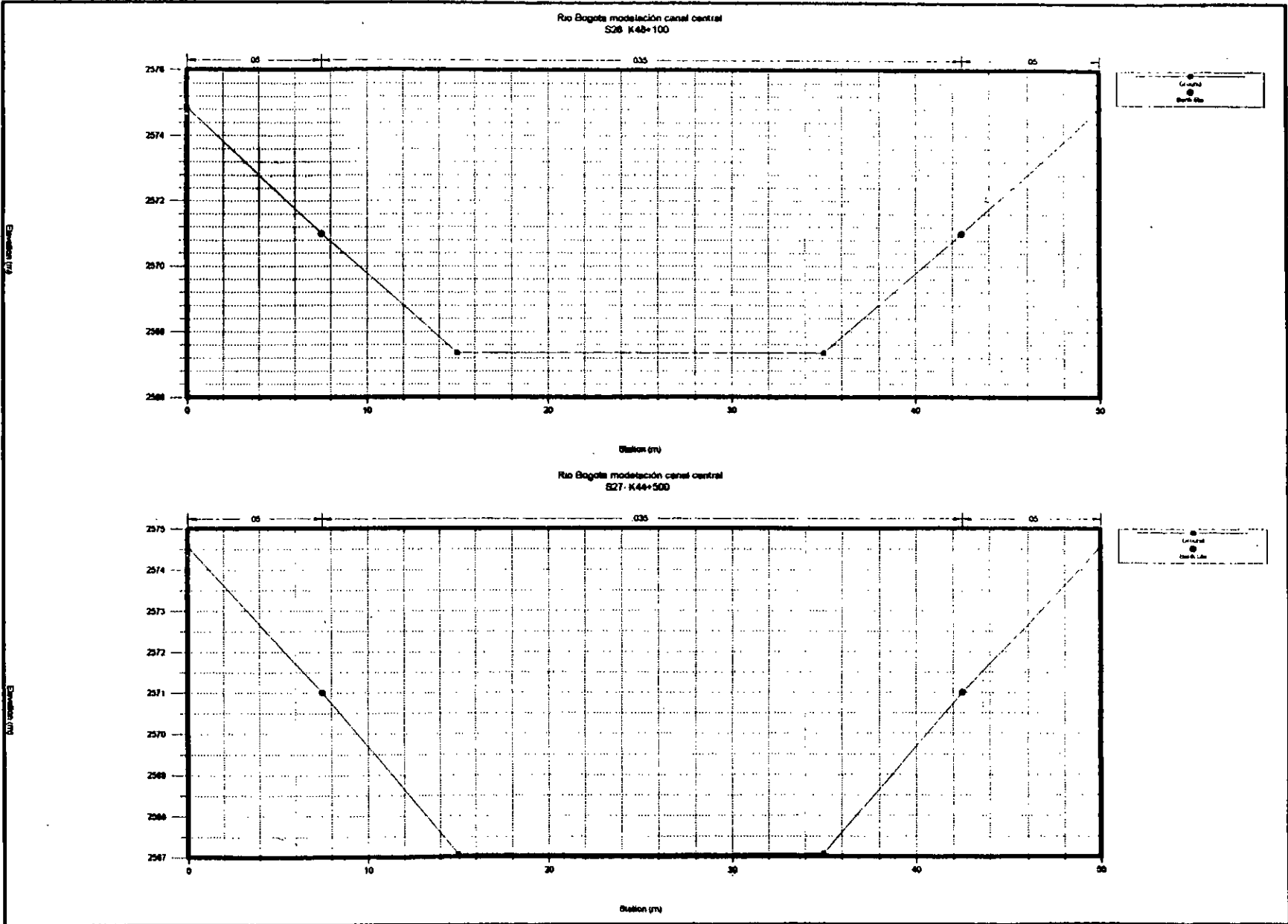
000113



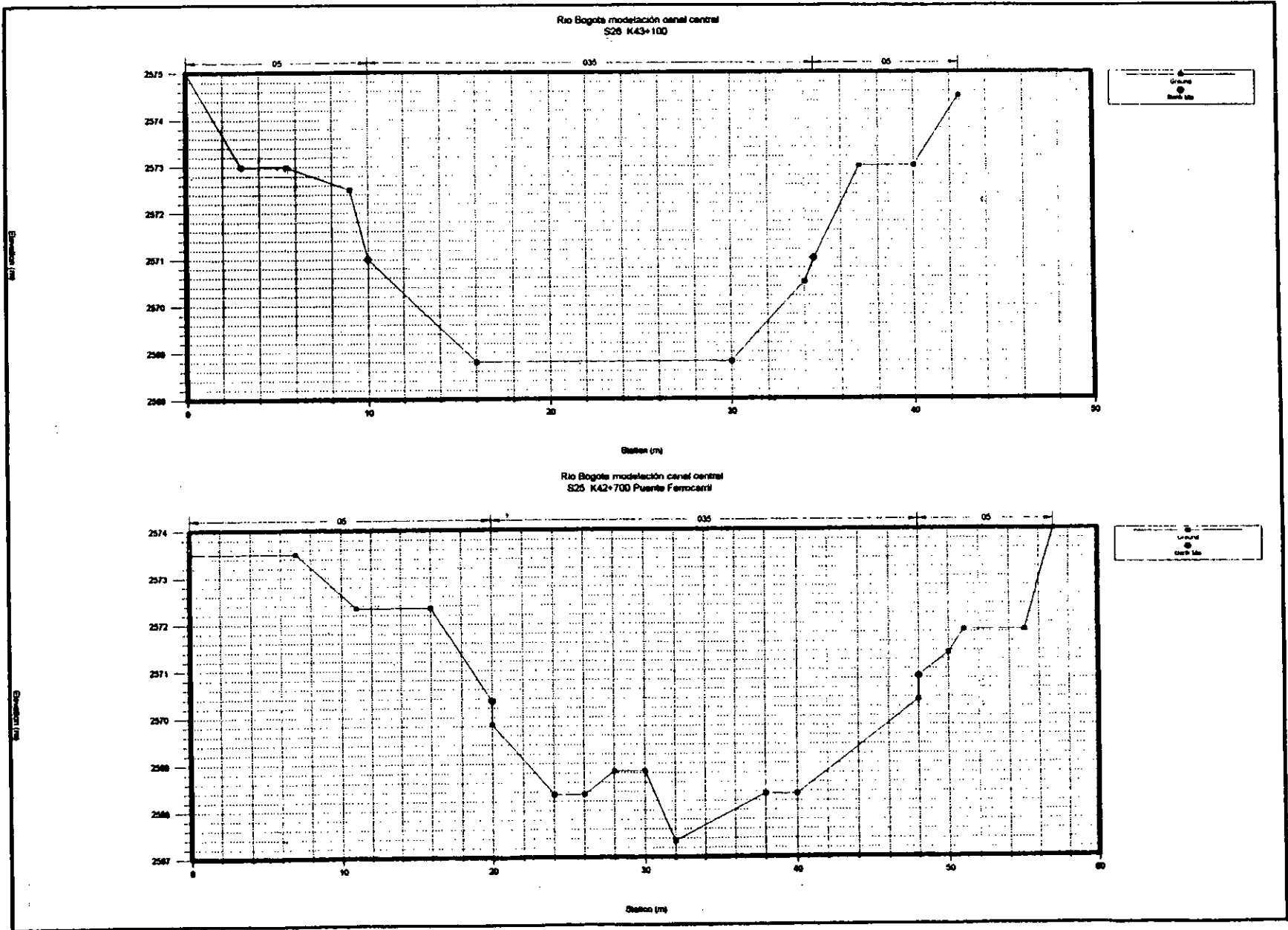
000114



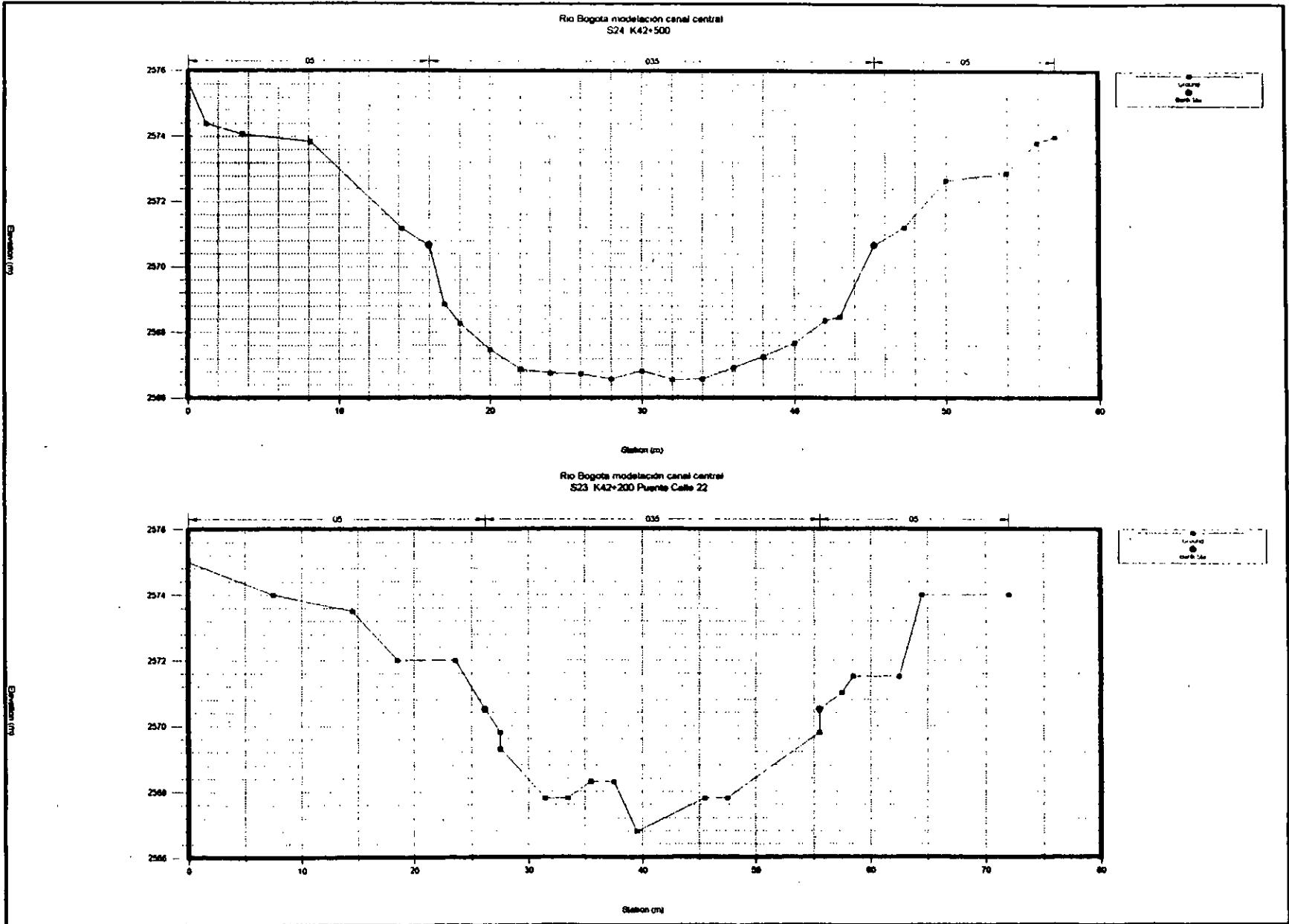
000115



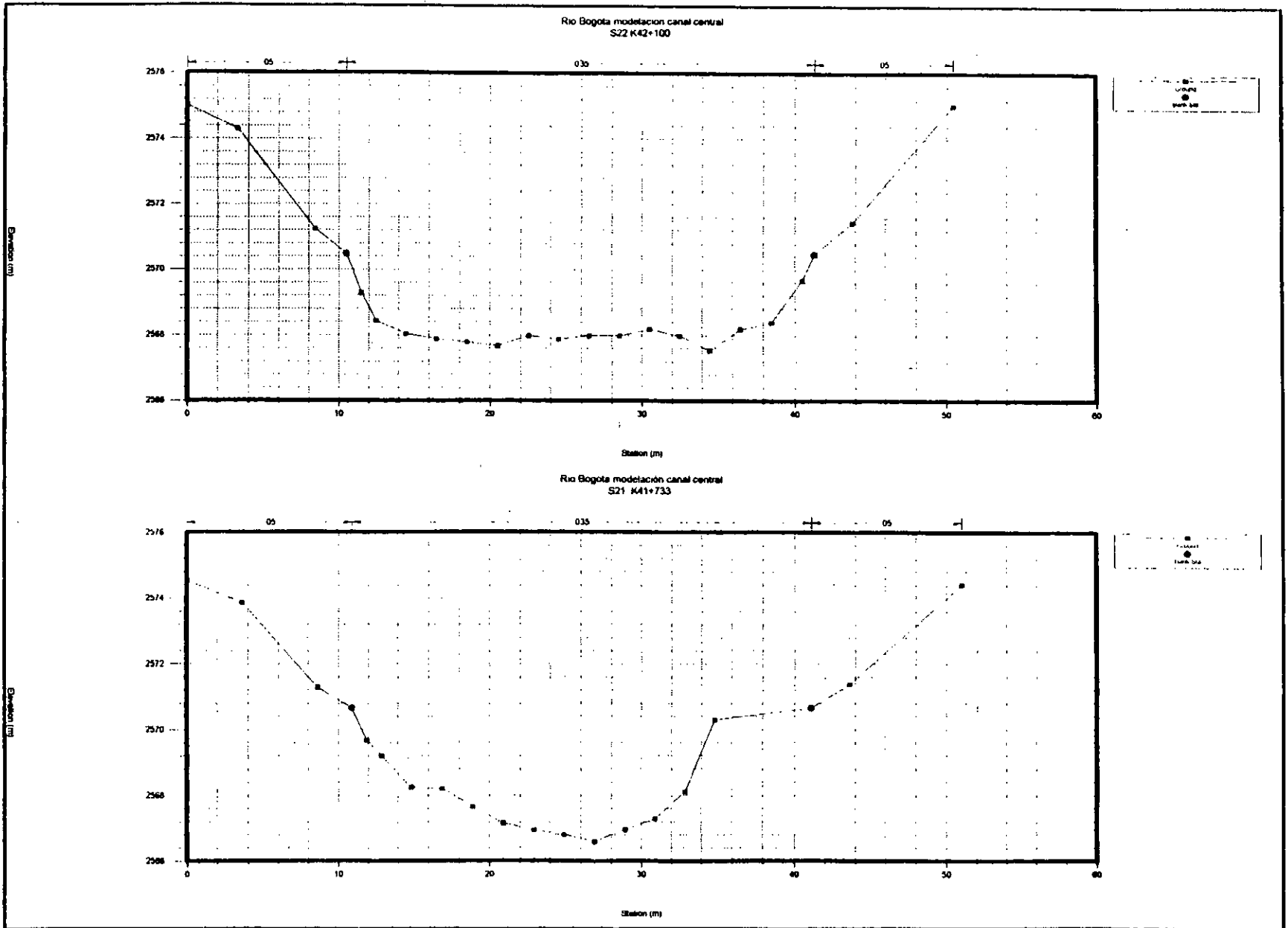
000116



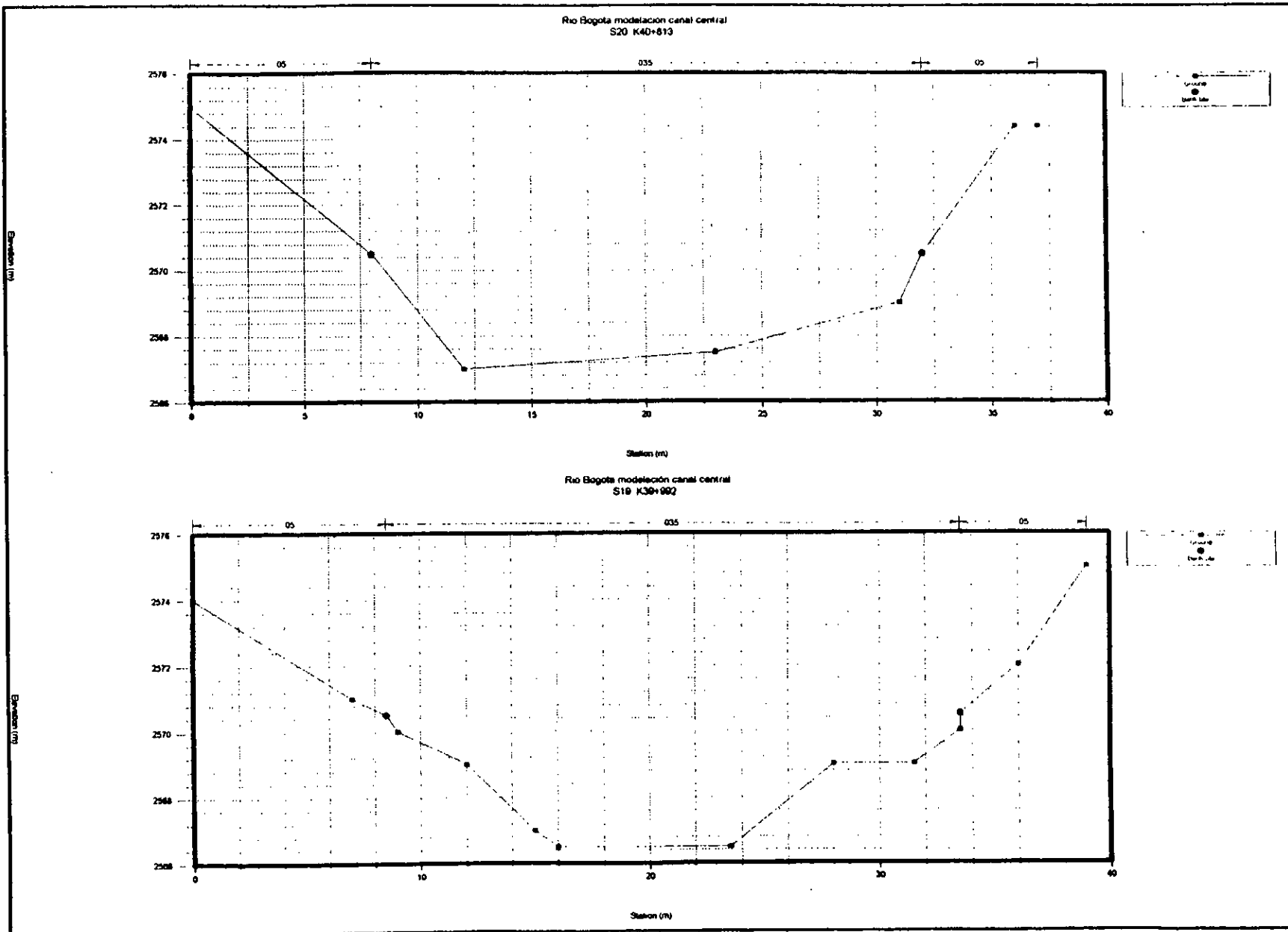
000117



000118

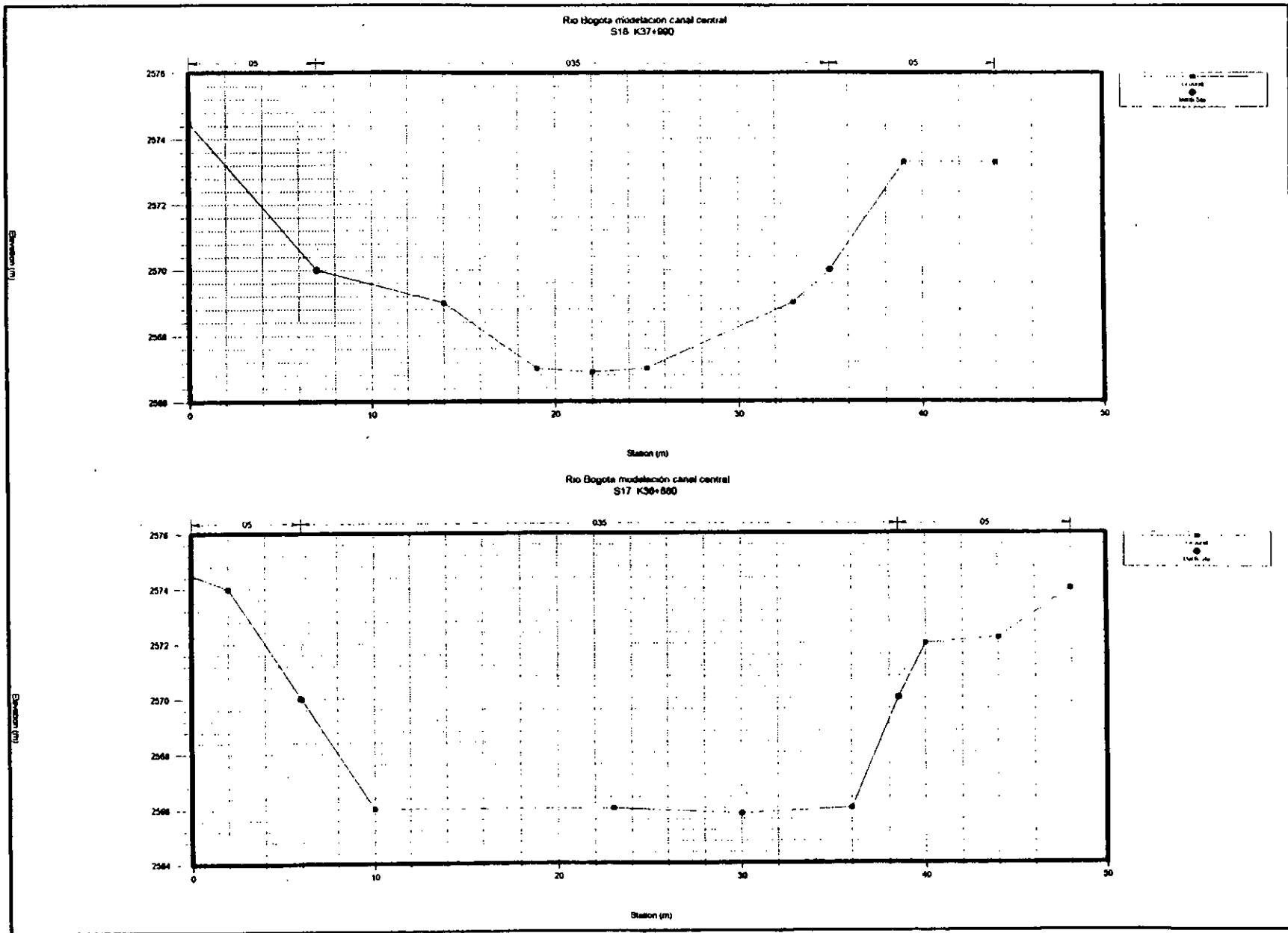


000119

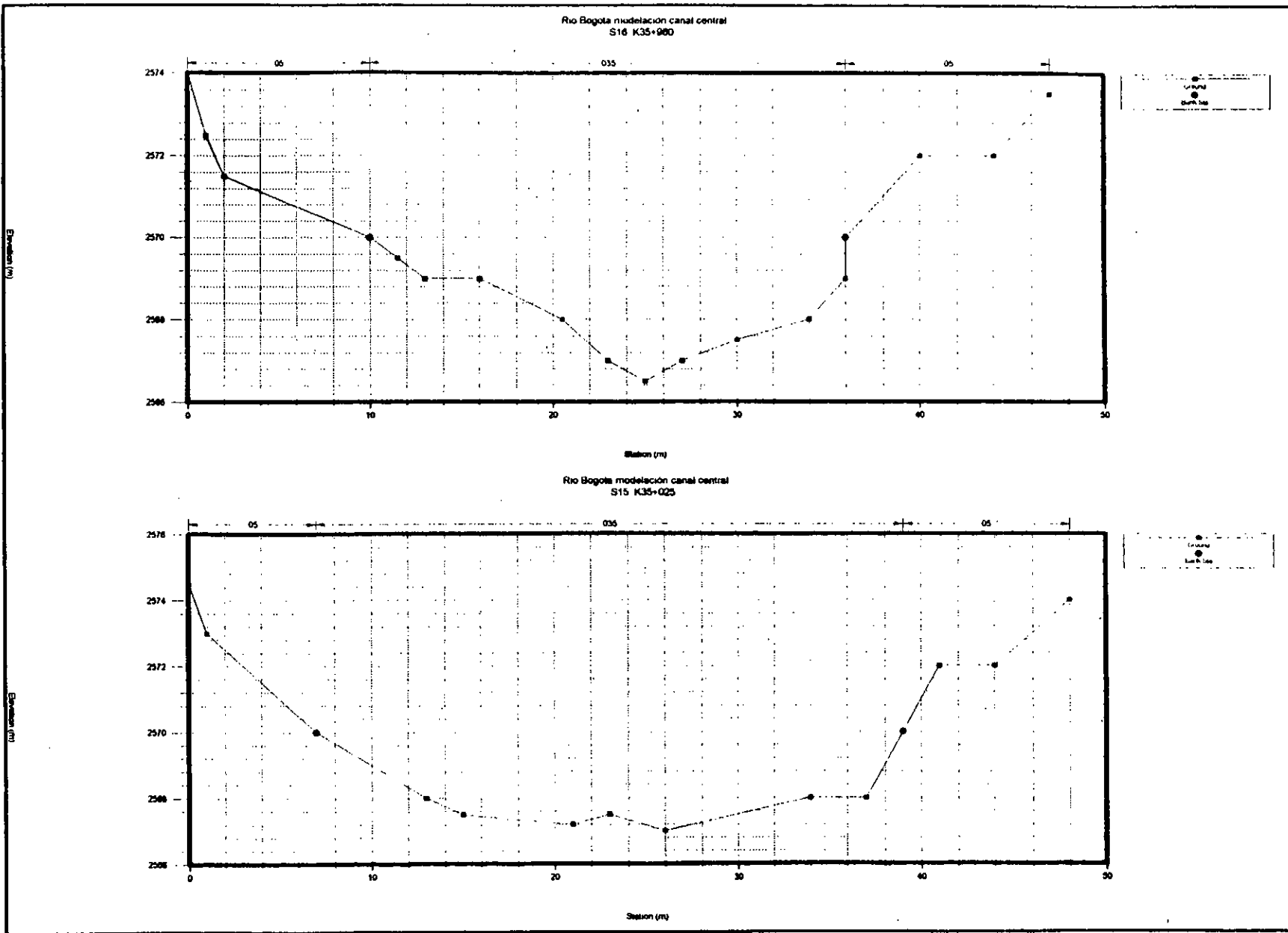


000120

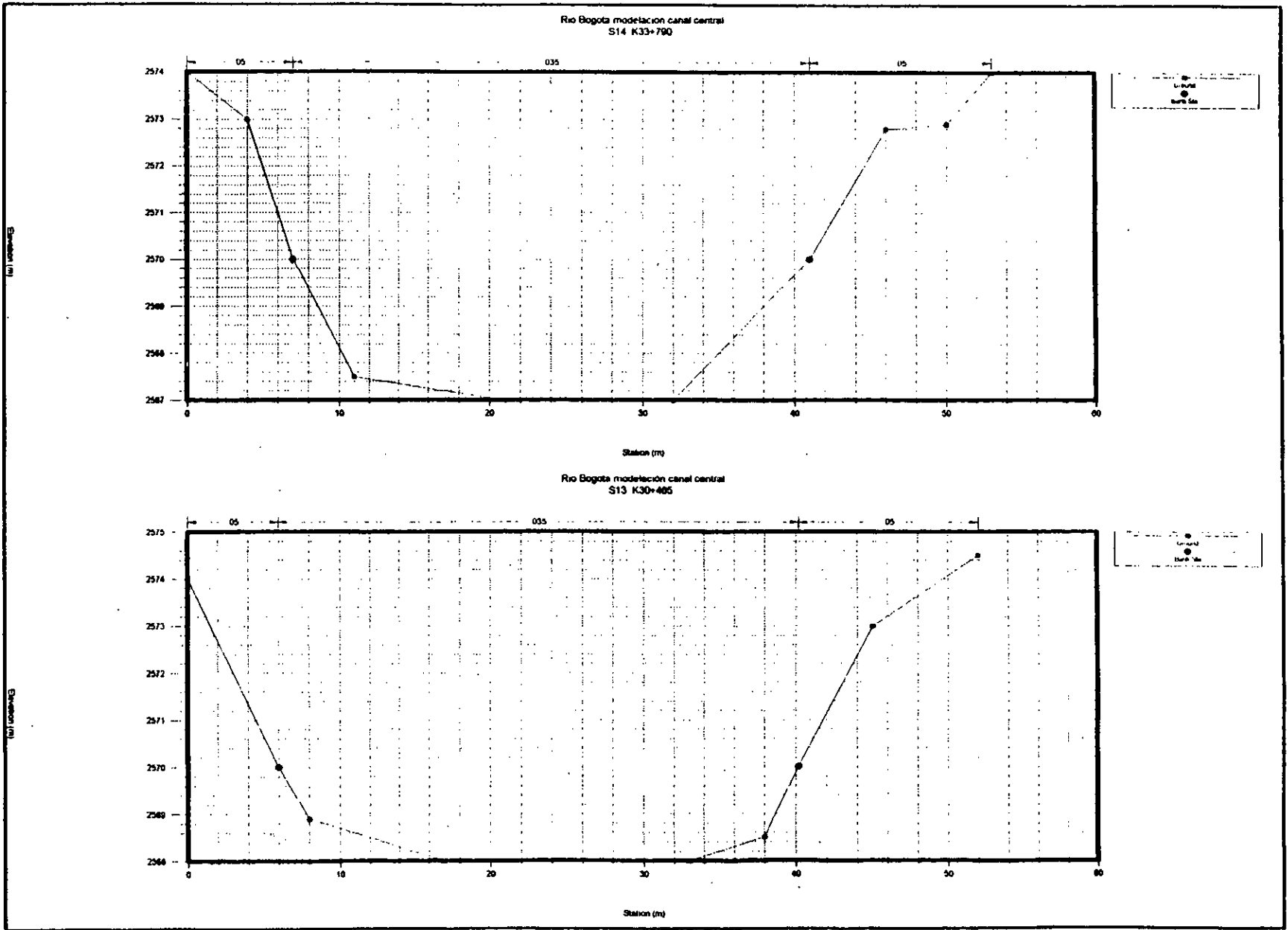




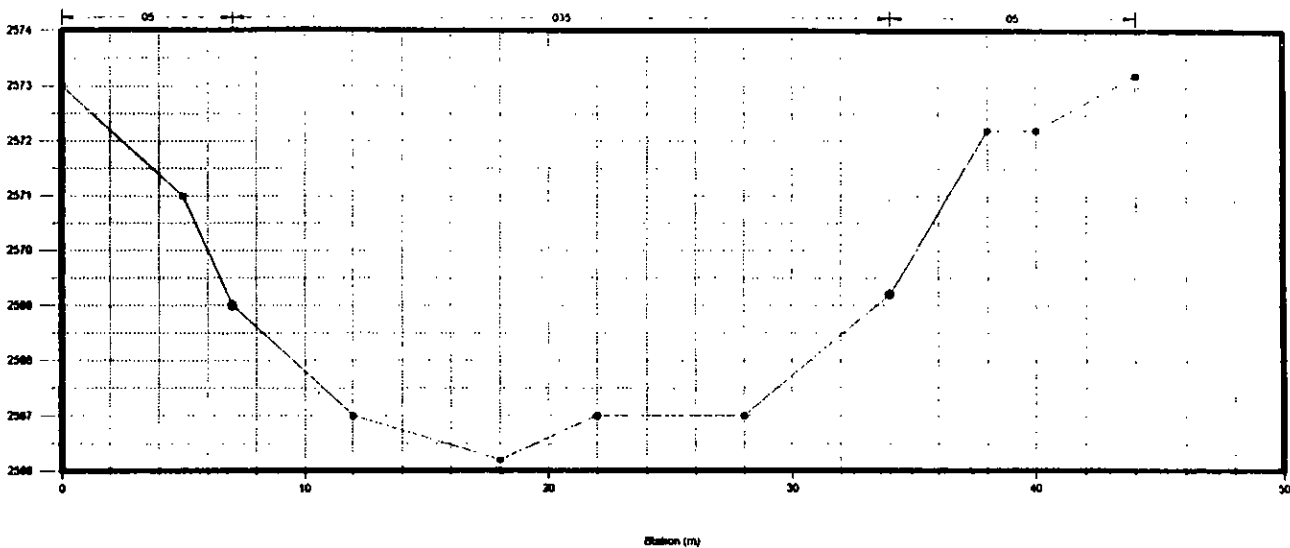
000121



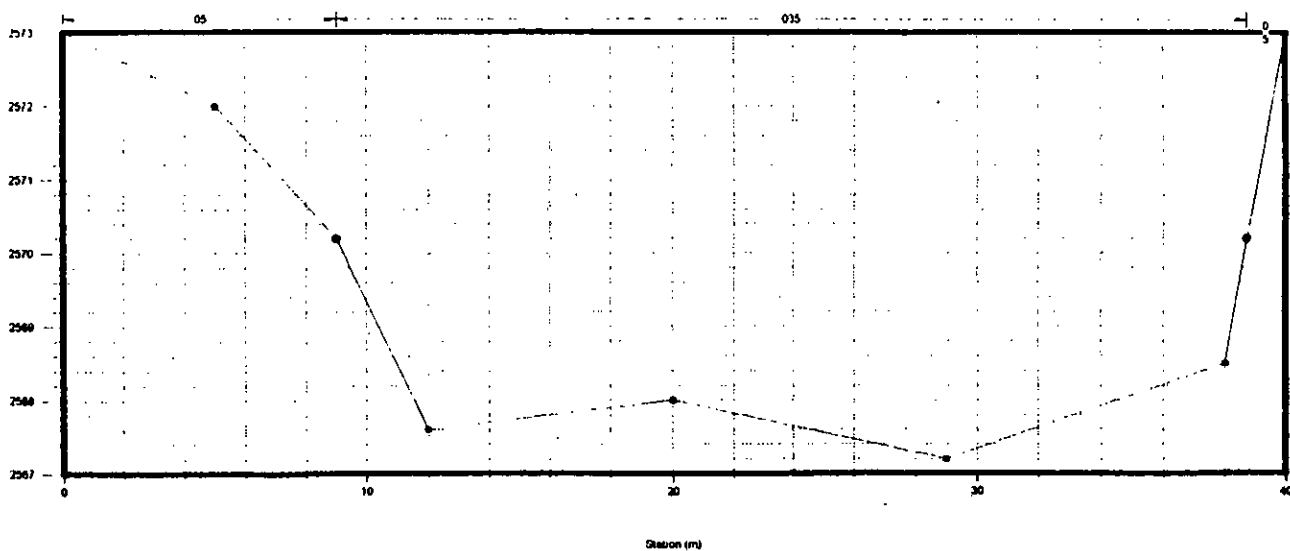
000122



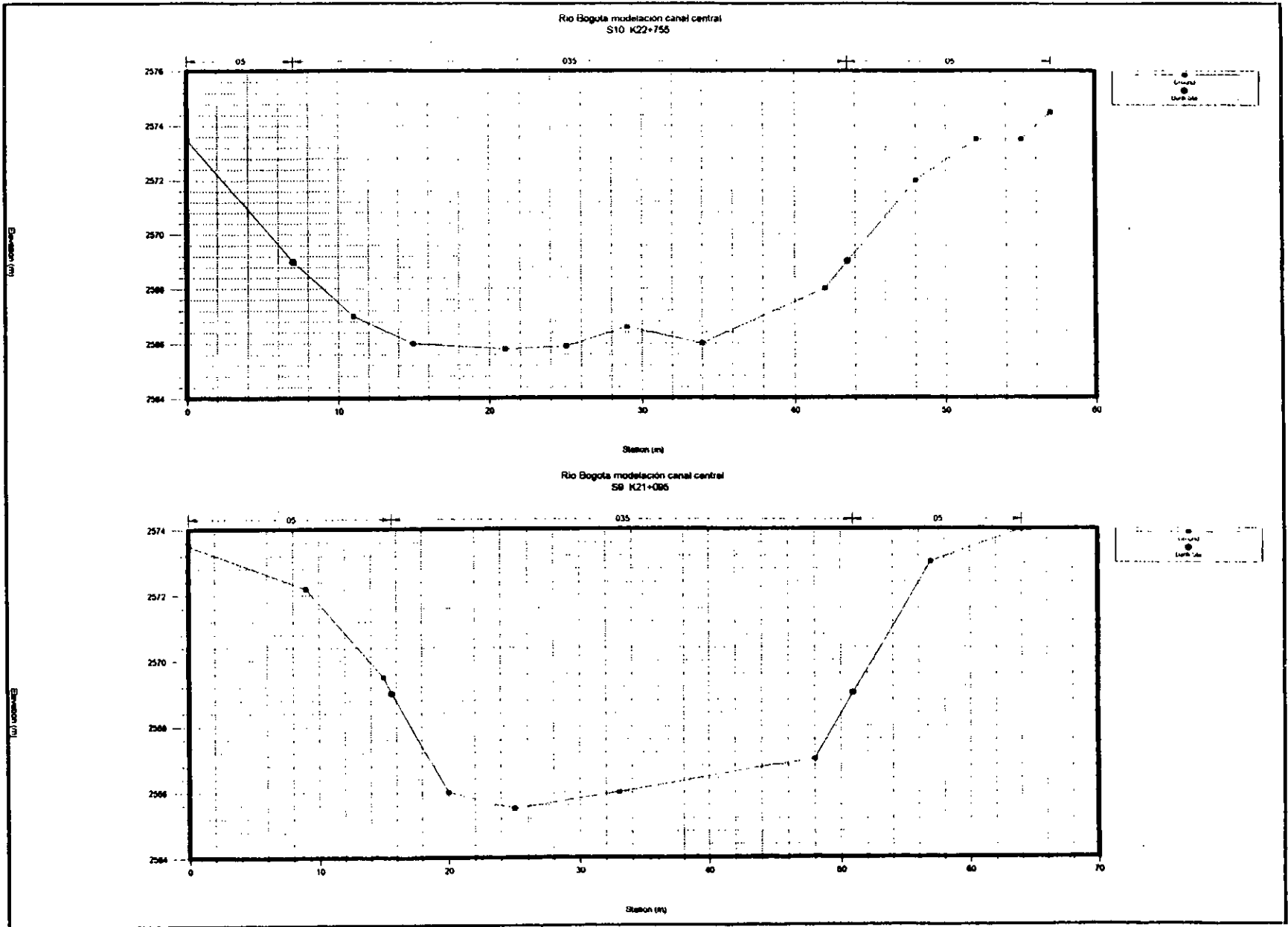
Rio Bogota modelación canal central  
S12 K27+885

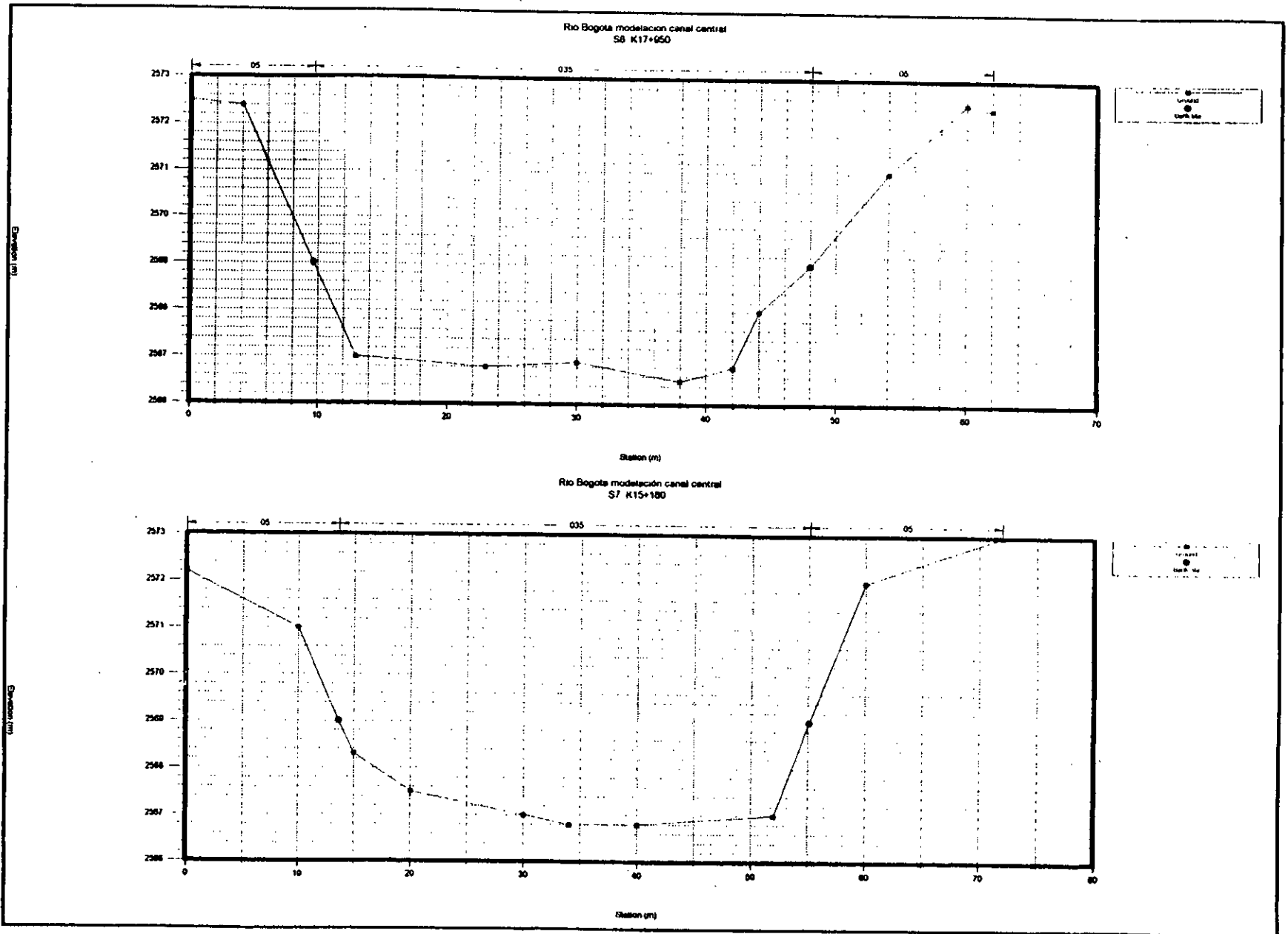


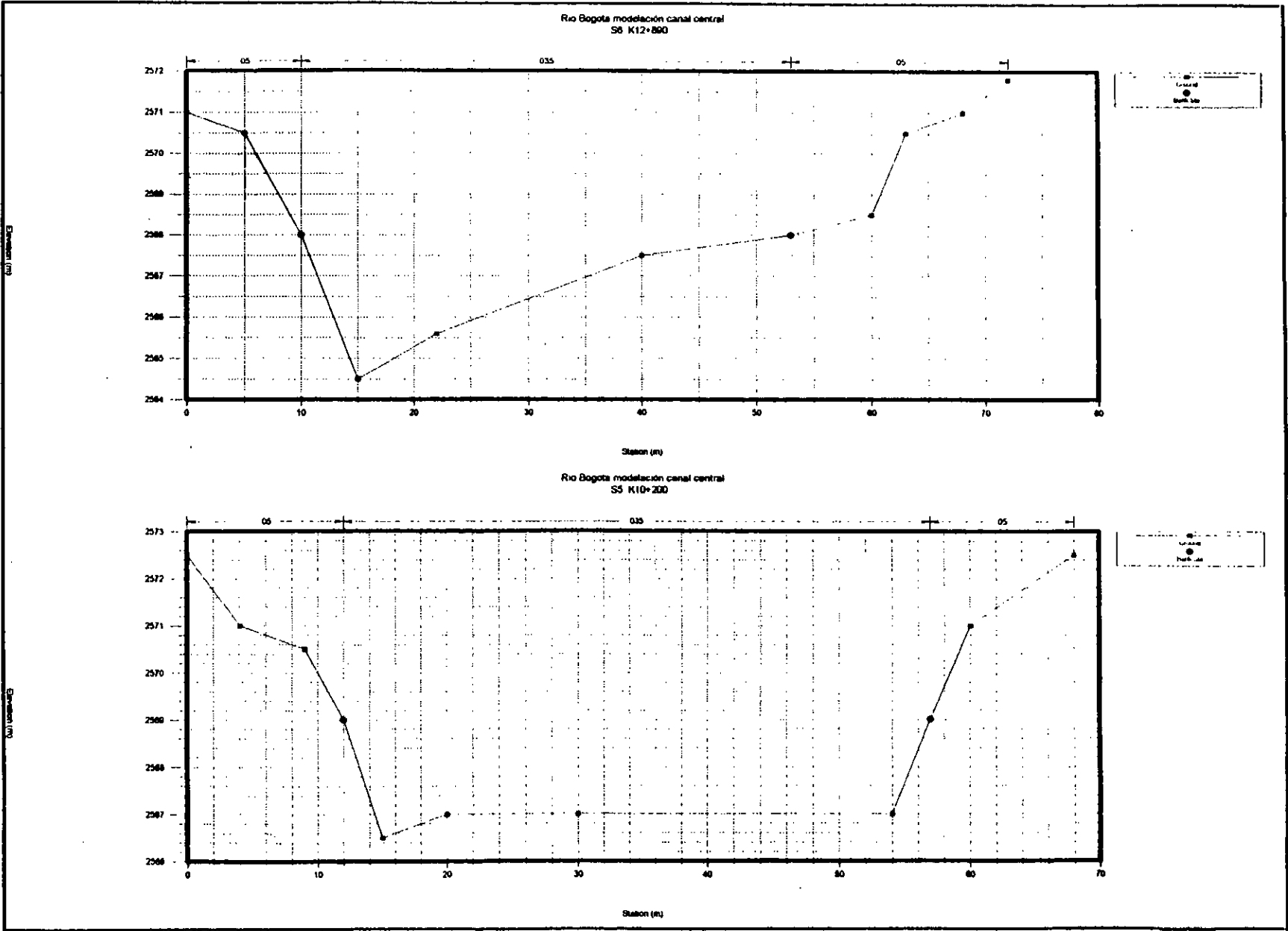
Rio Bogota modelación canal central  
S11 K25+922



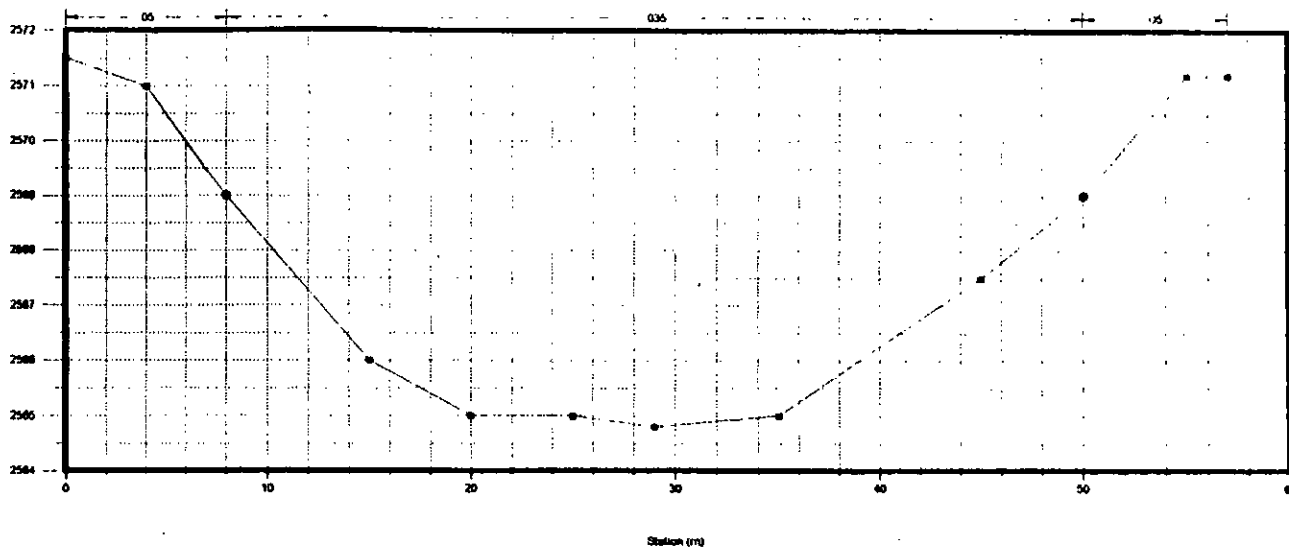
000124



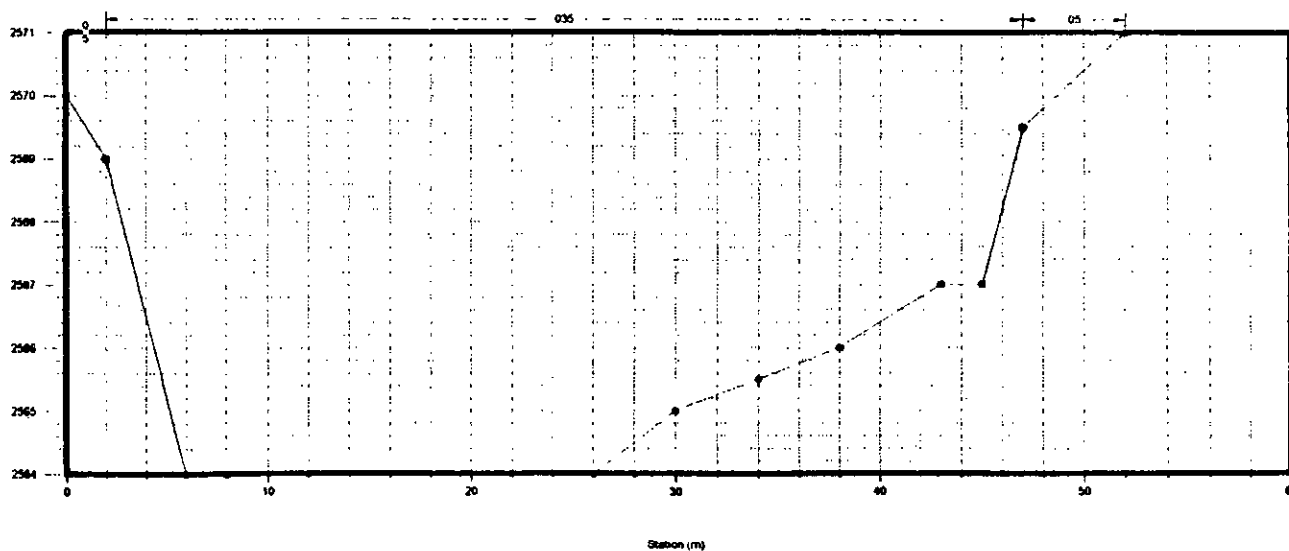




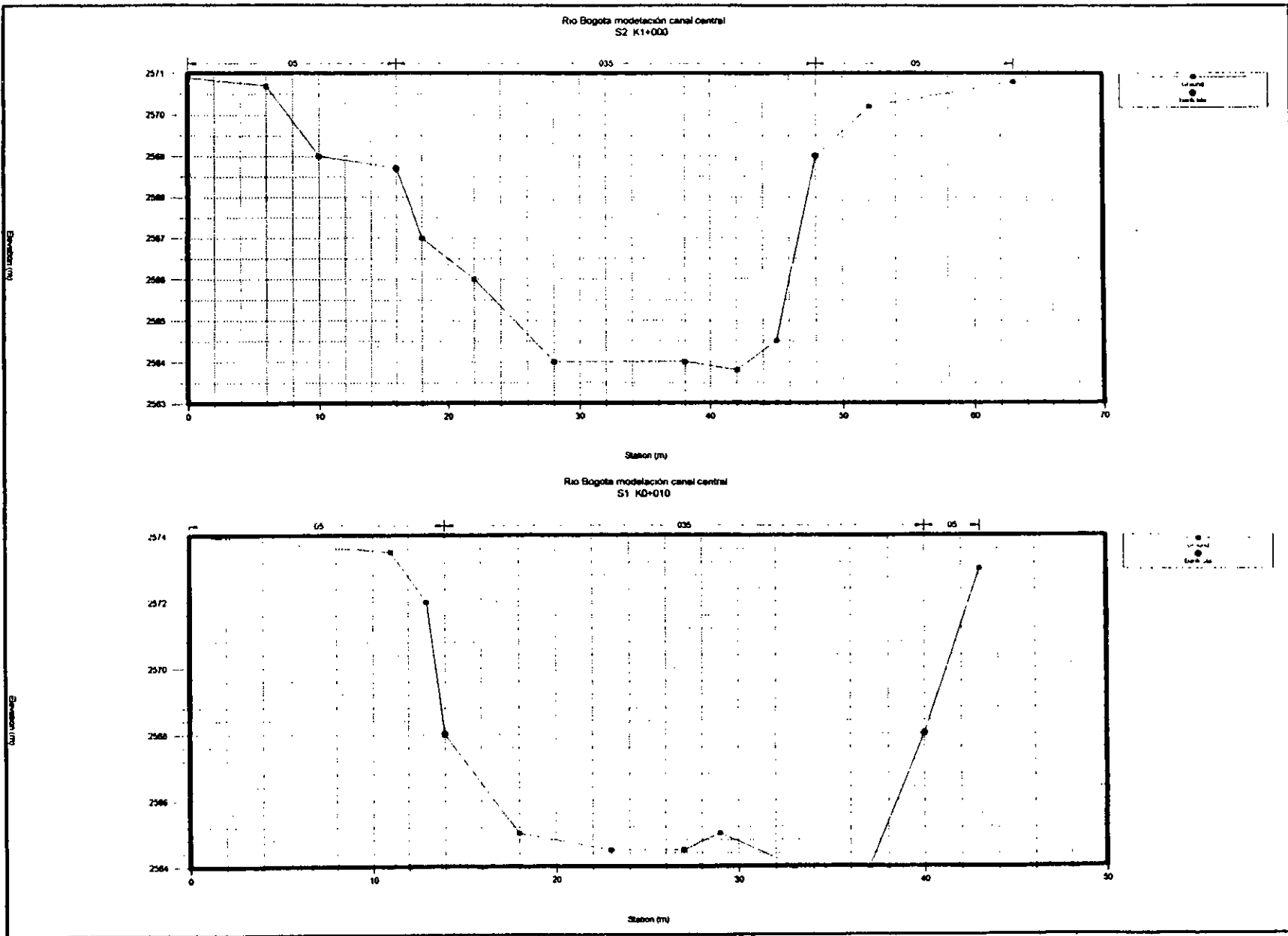
Rio Bogota modelación canal central  
S4 K6+975



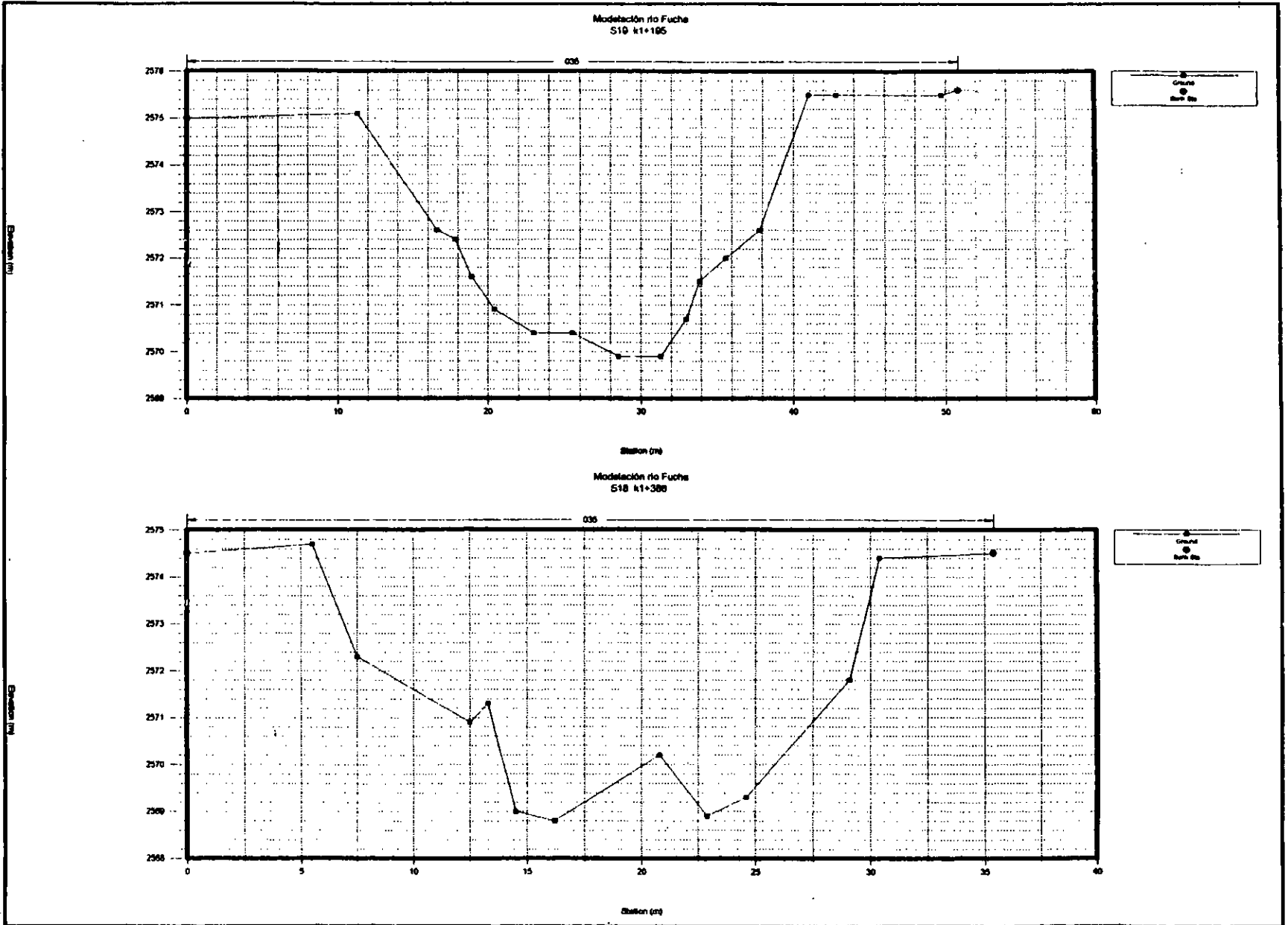
Rio Bogota modelación canal central  
S5 K4+590



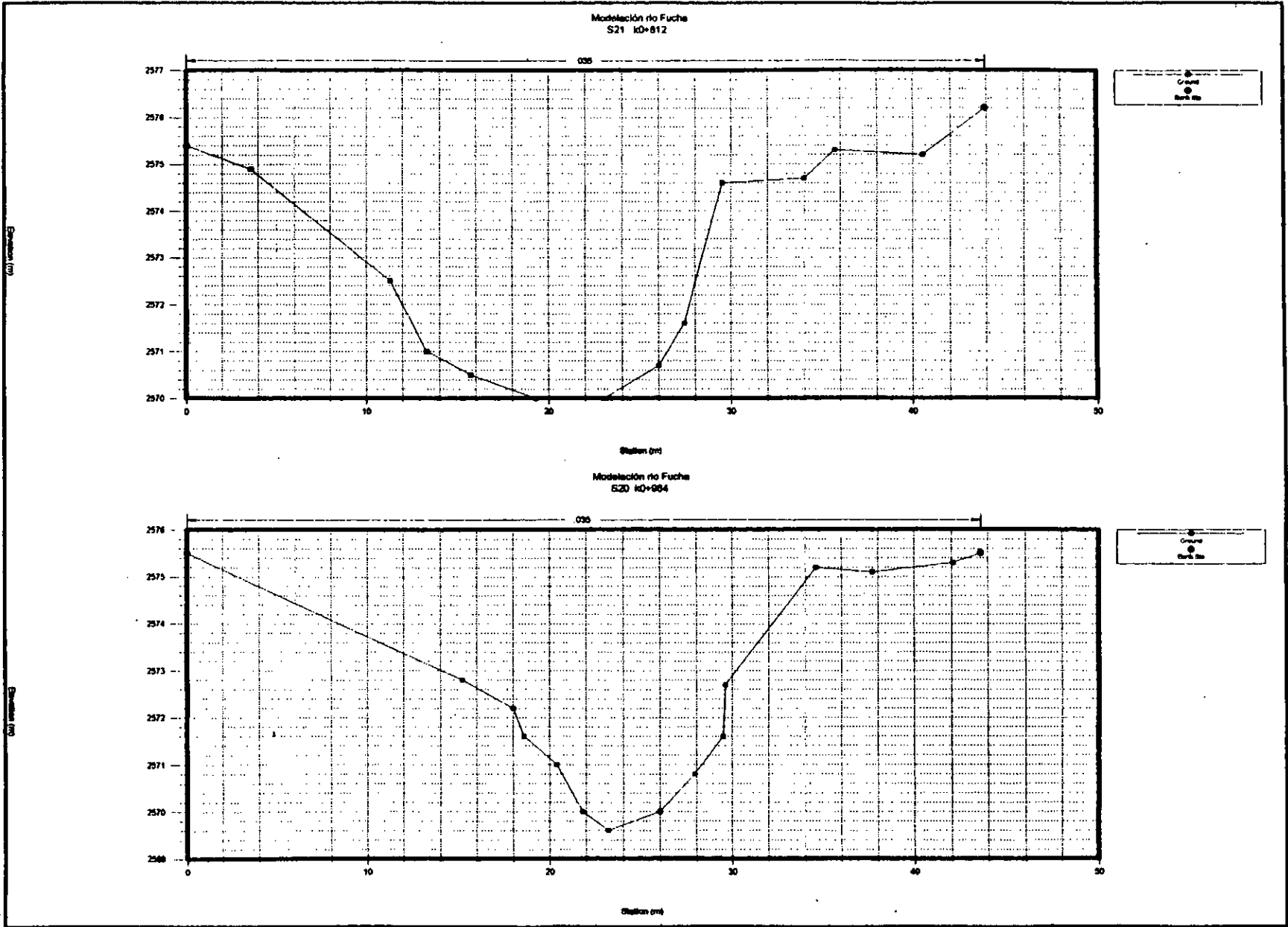




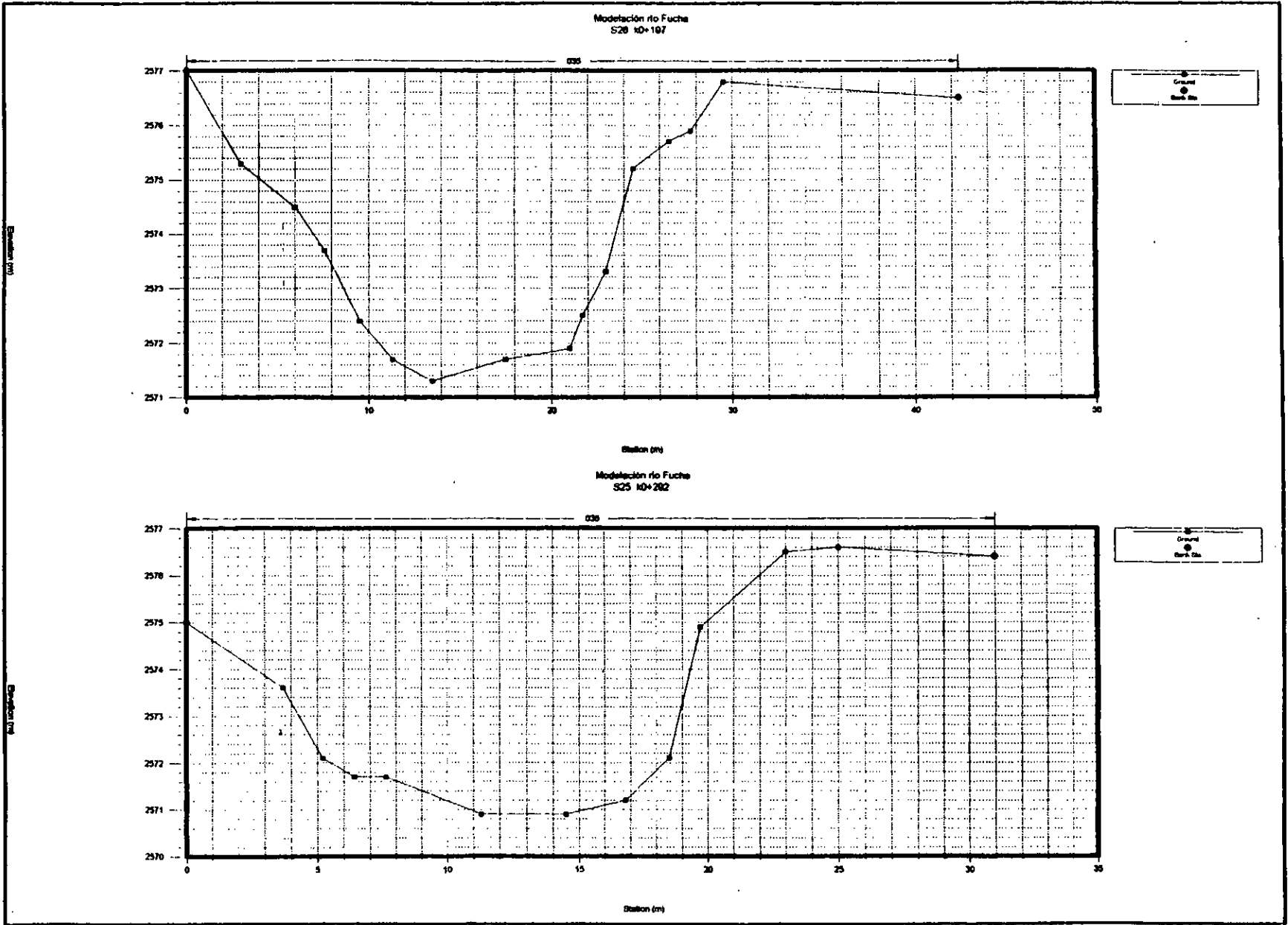
000129



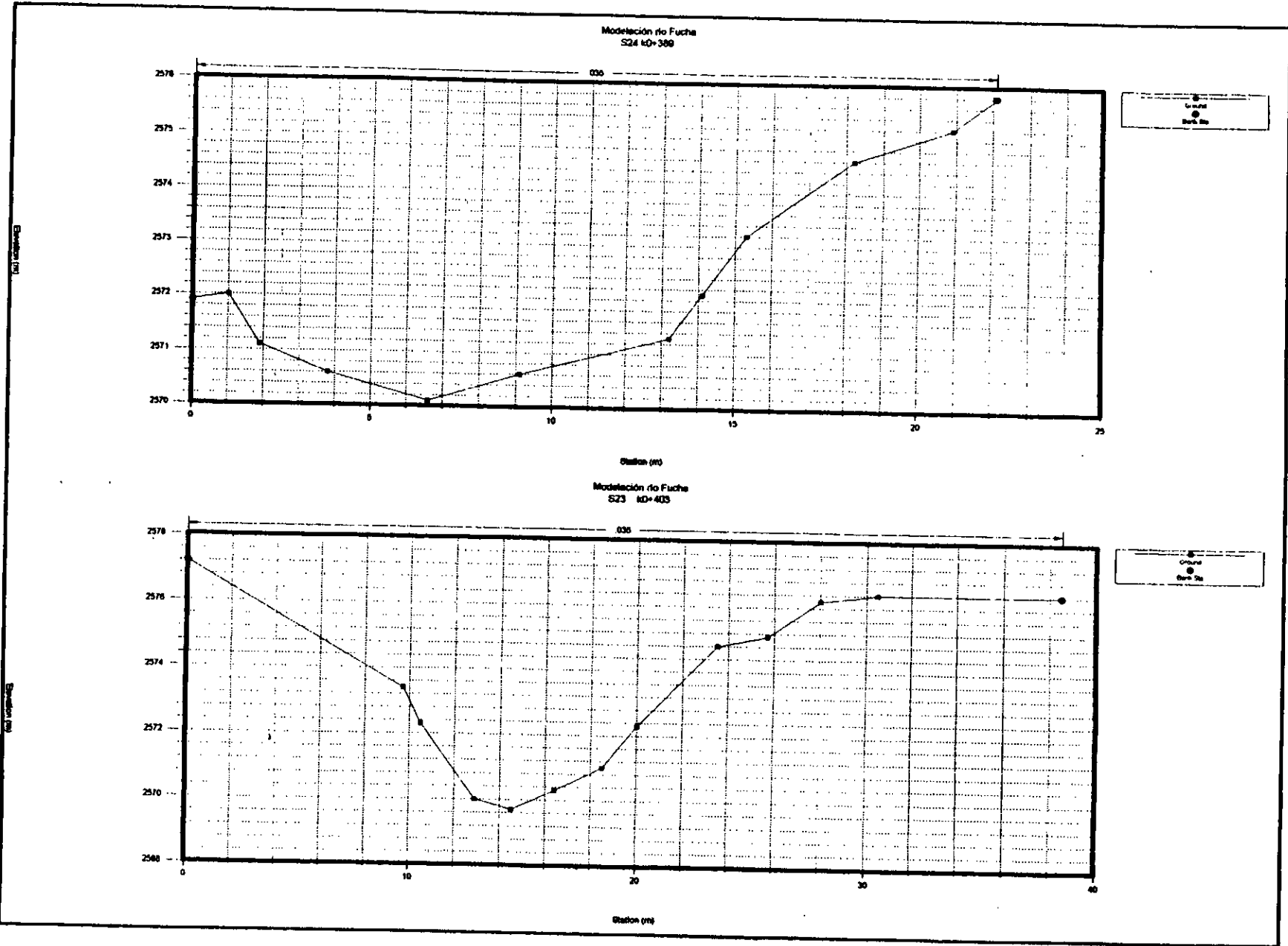
000130



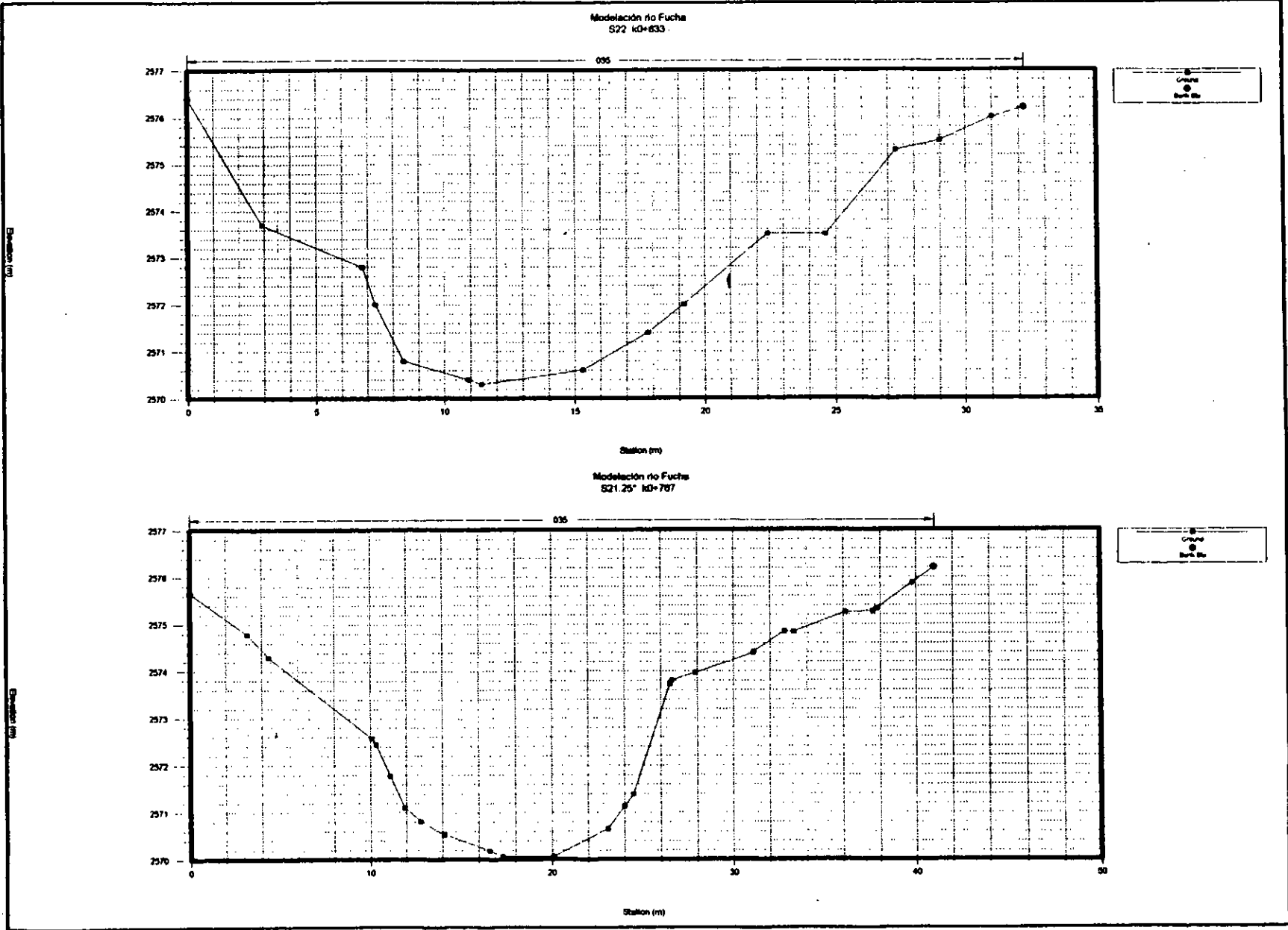
000131



000132

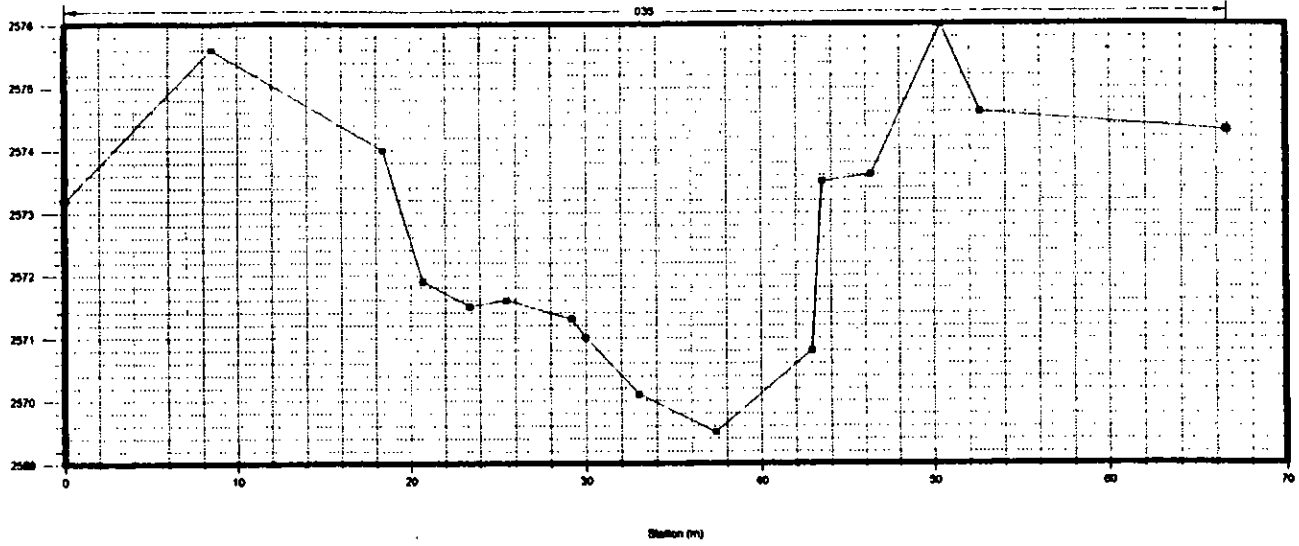


000133



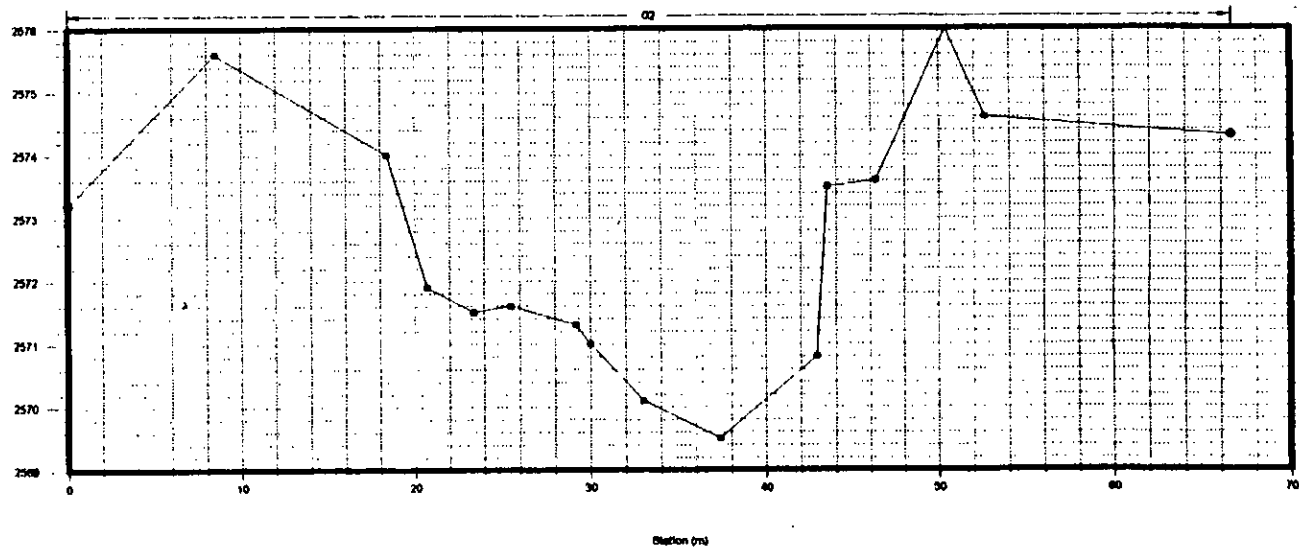
000134

Modelación de Fucha  
S17 K1-784

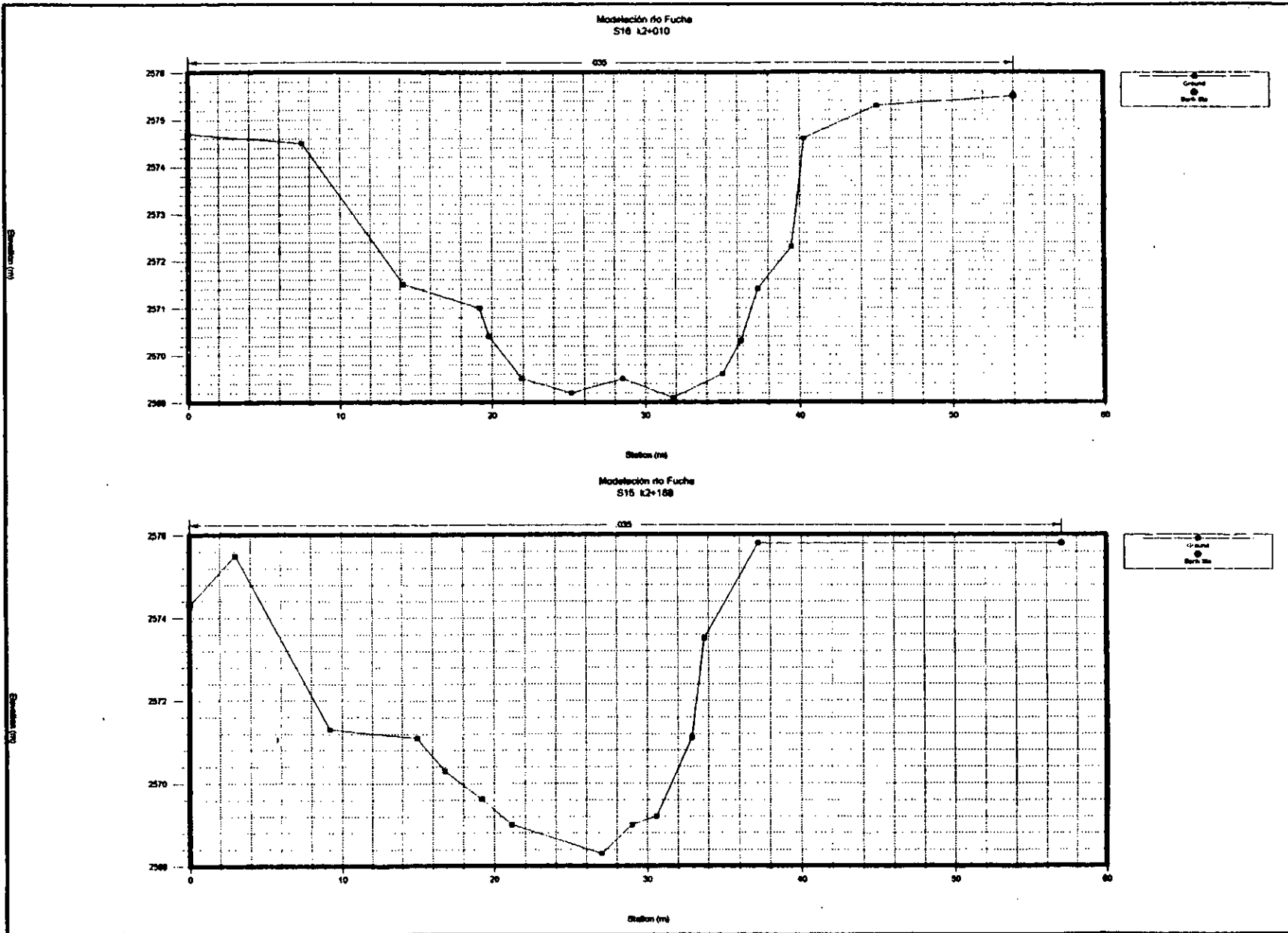


Ground  
Bank Line

Modelación de Fucha  
S16.5 K1-808

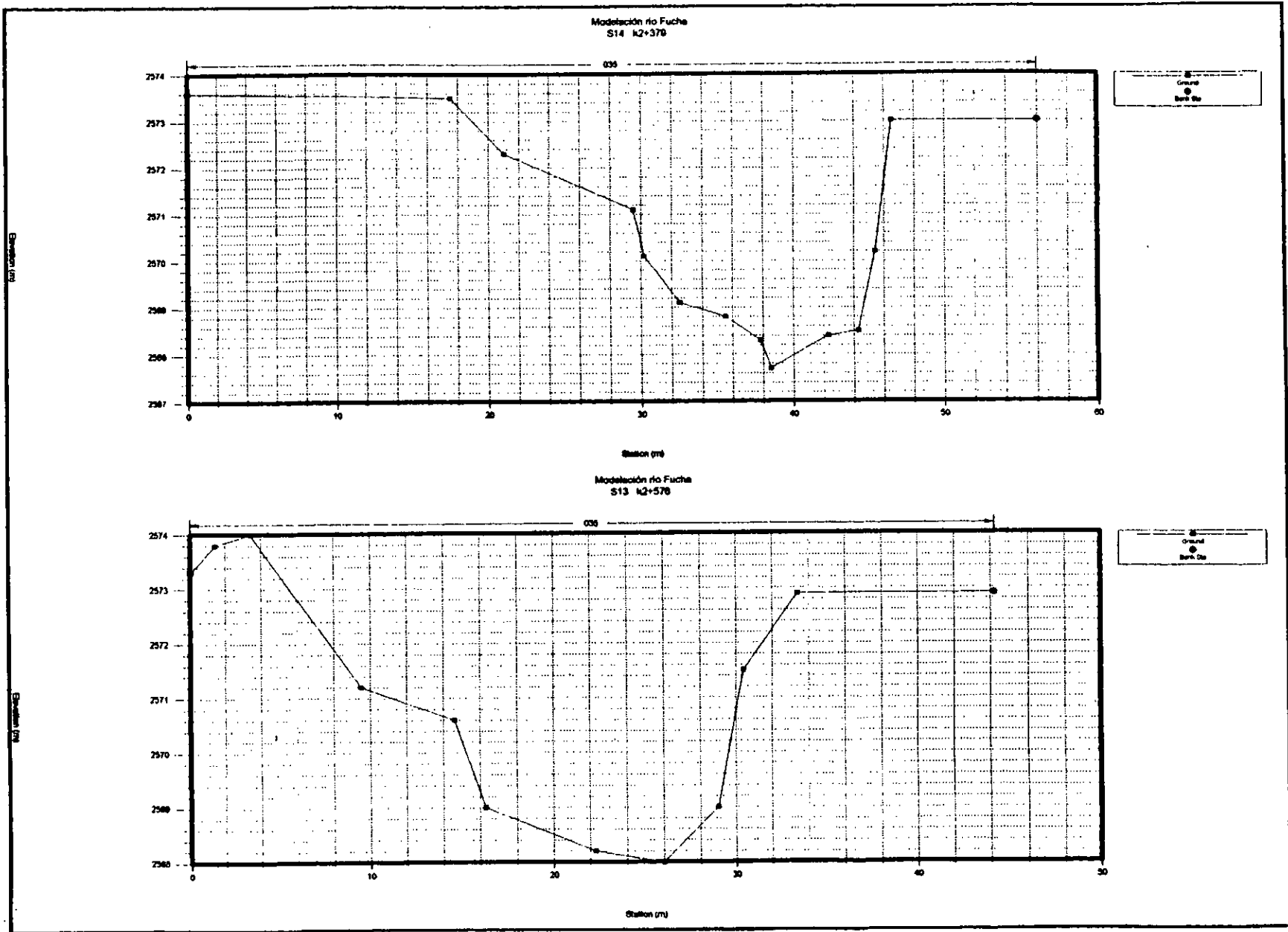


Ground  
Bank Line



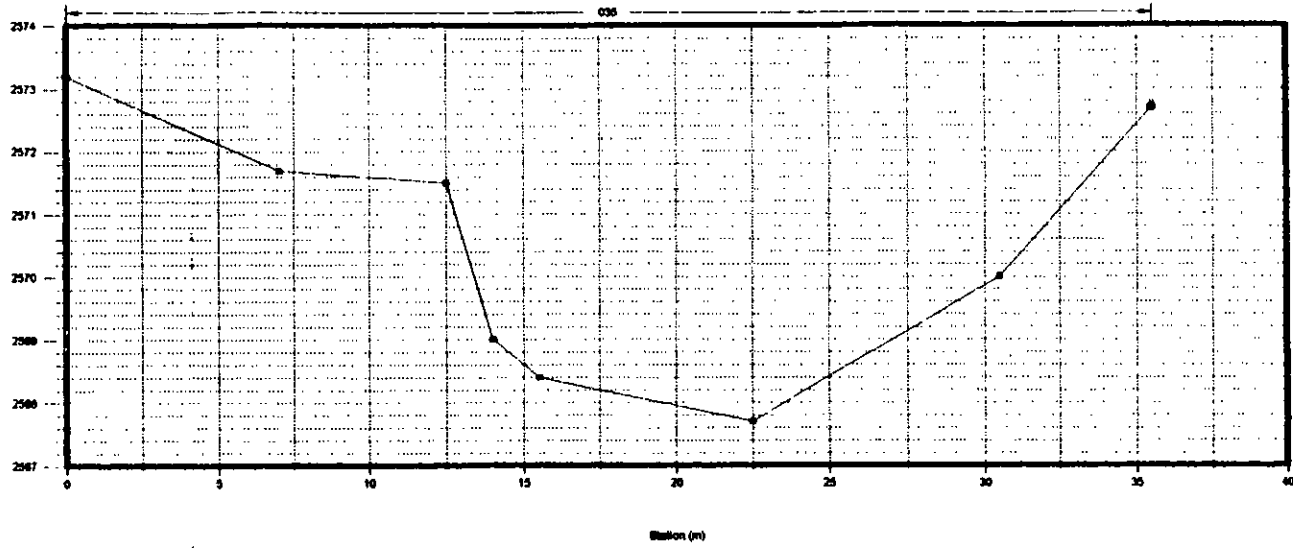
000136





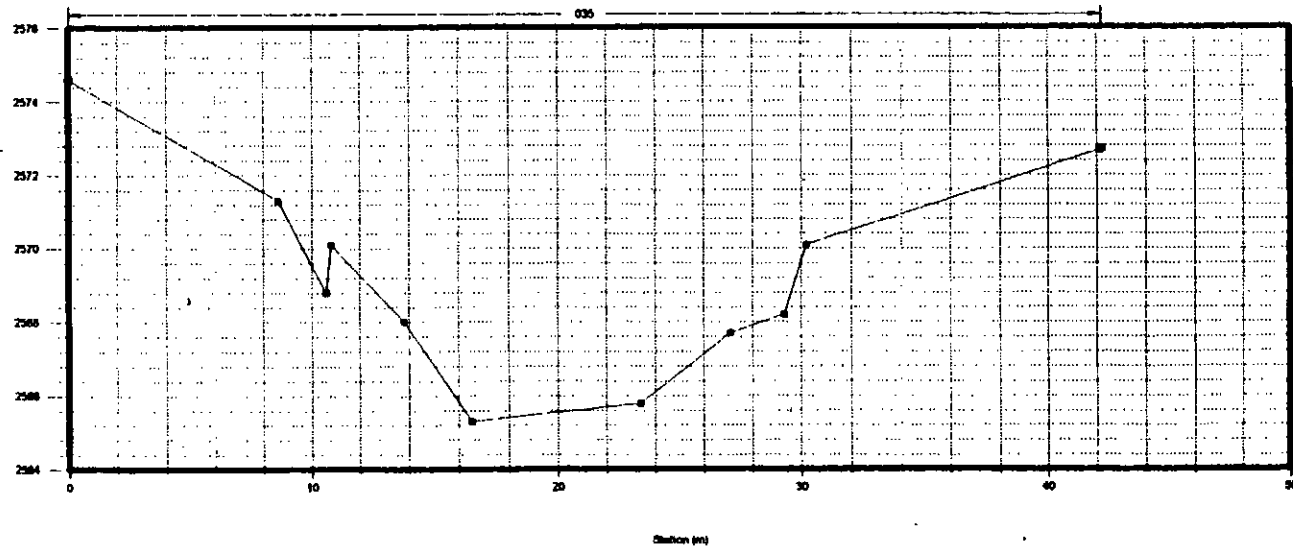
000137

Modelación río Fucha  
S12 K2+789

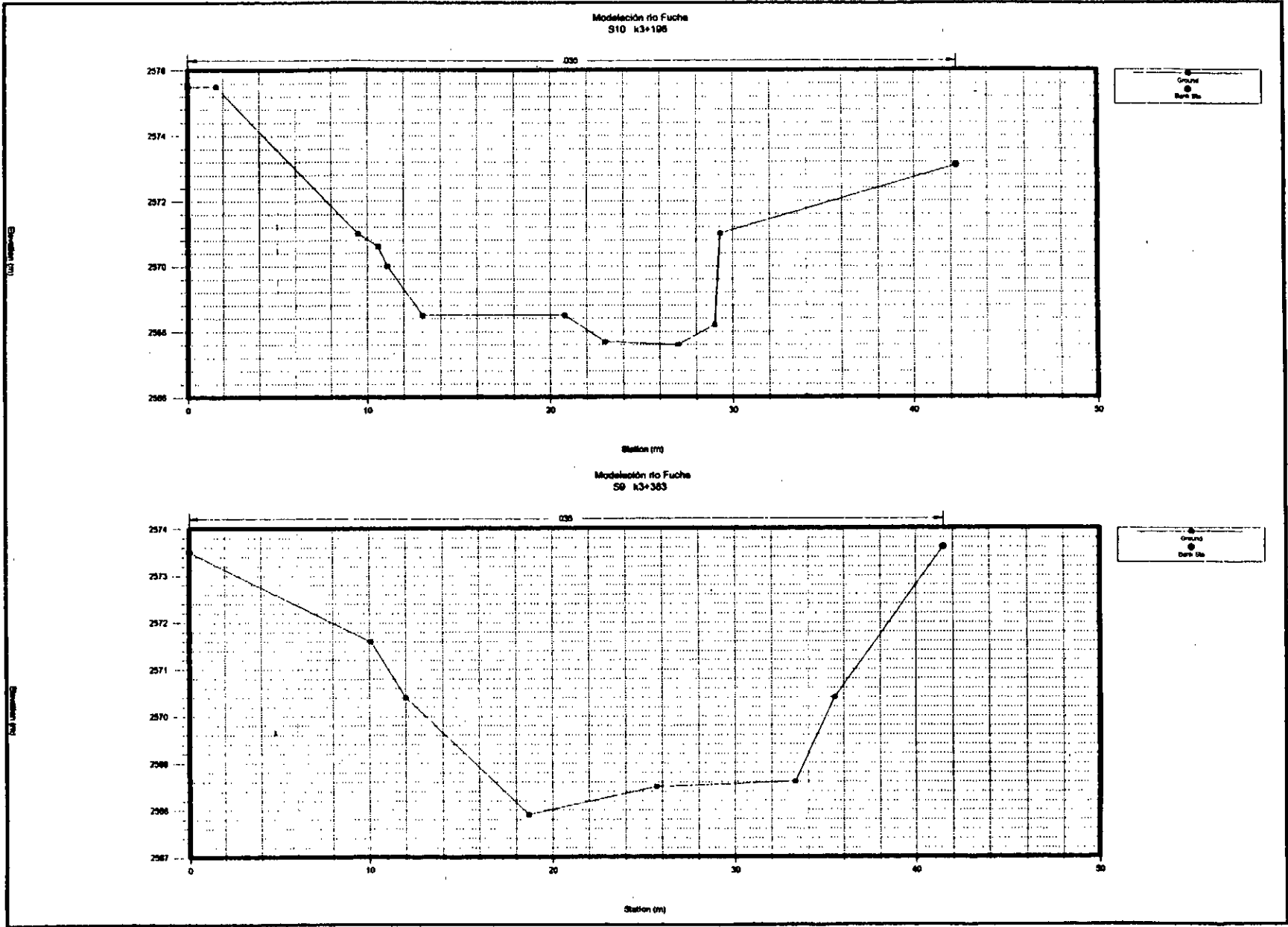


Ground  
Bed

Modelación río Fucha  
S11 K2+804

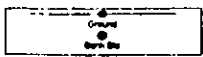
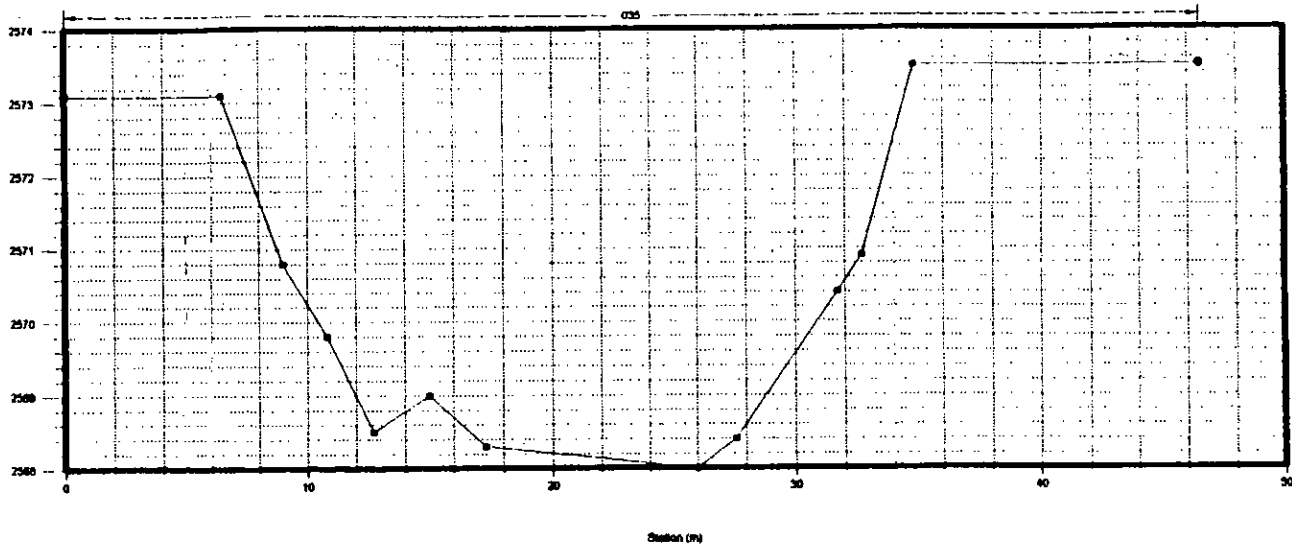


Ground  
Bed

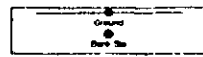
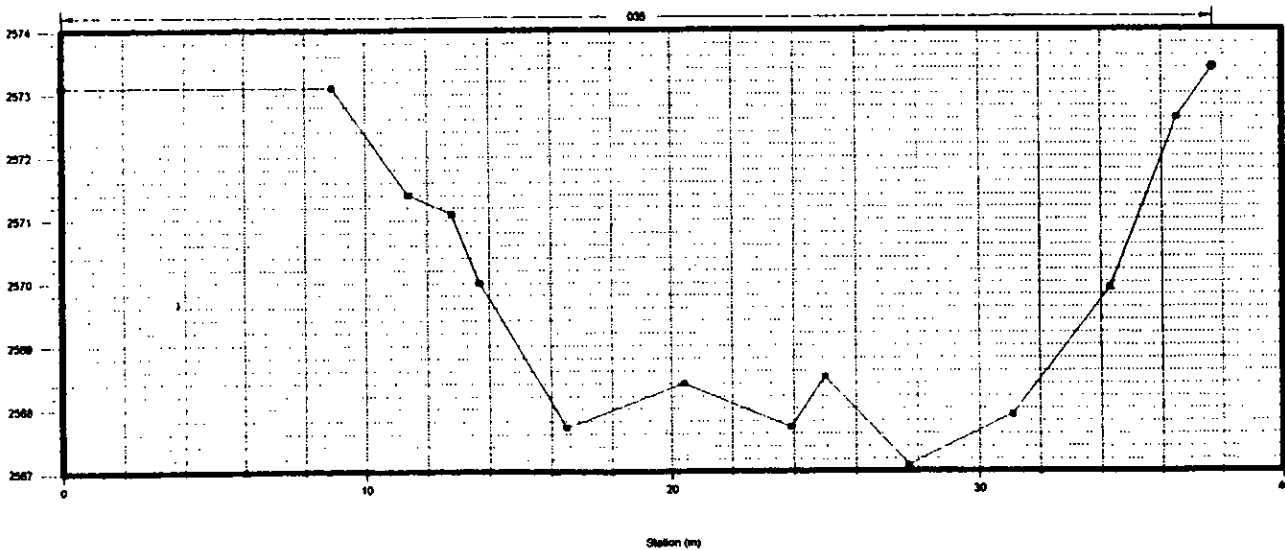


000139

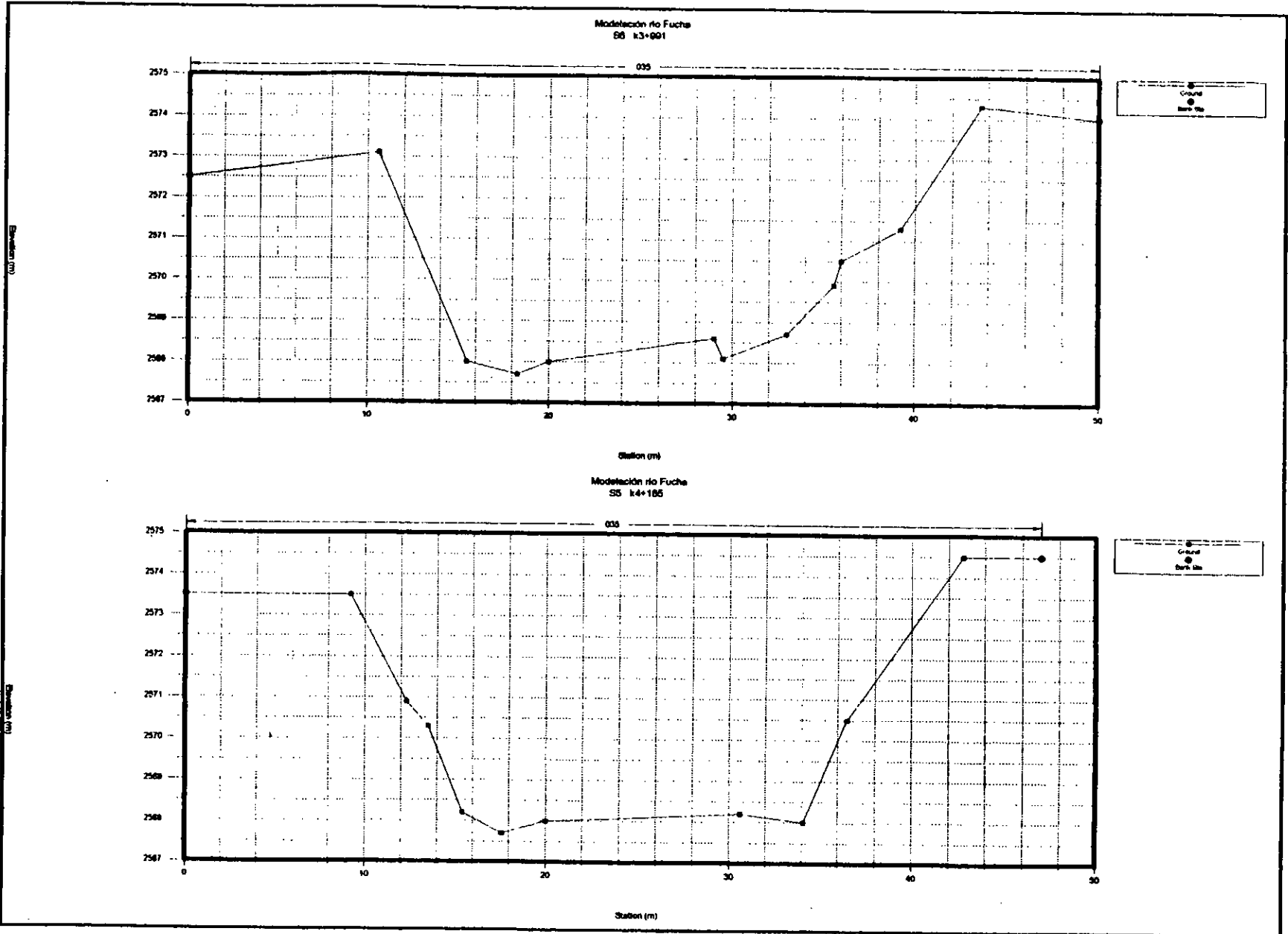
Modelación río Fucha  
S8 13+503



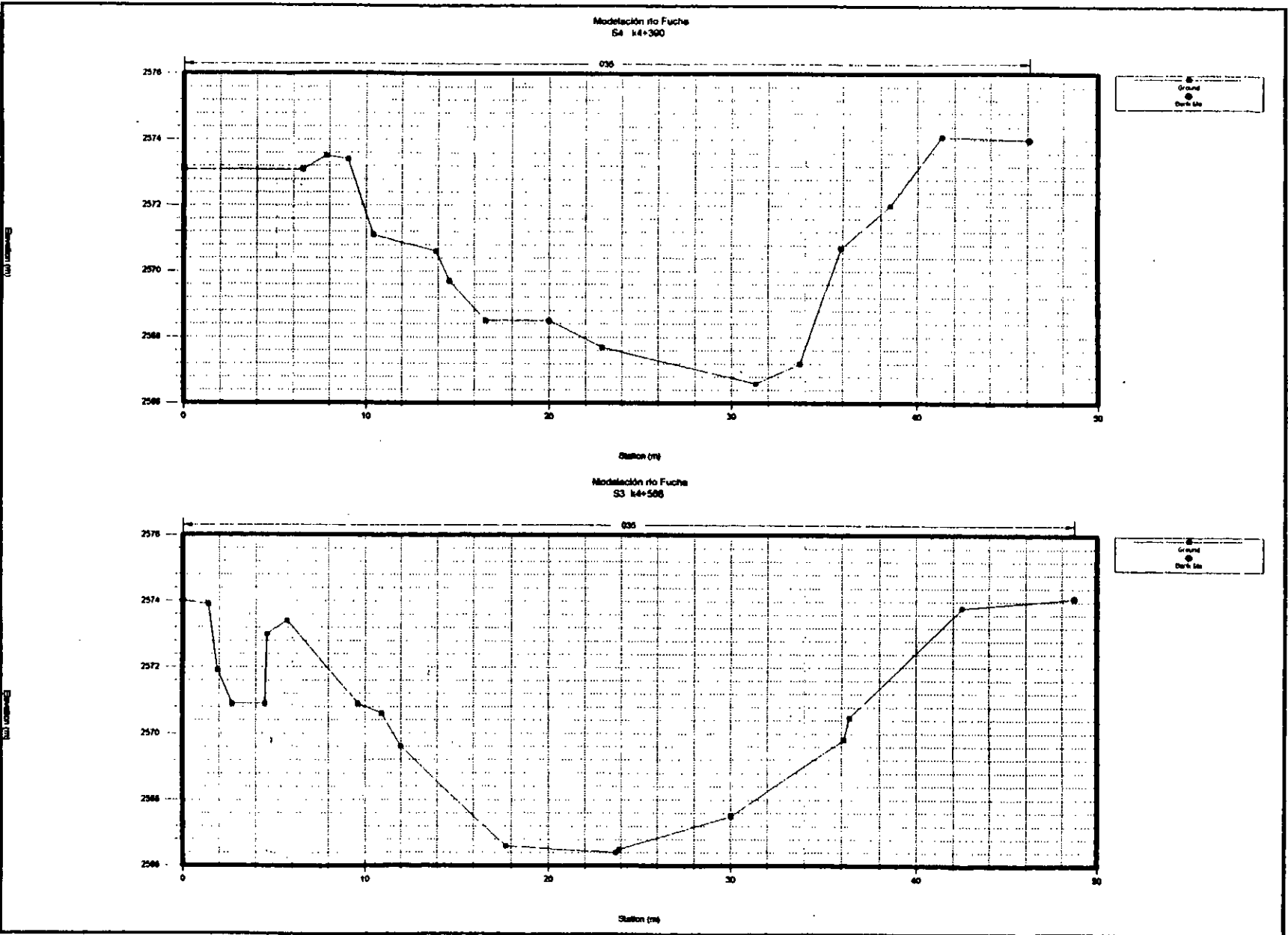
Modelación río Fucha  
S7 13+776



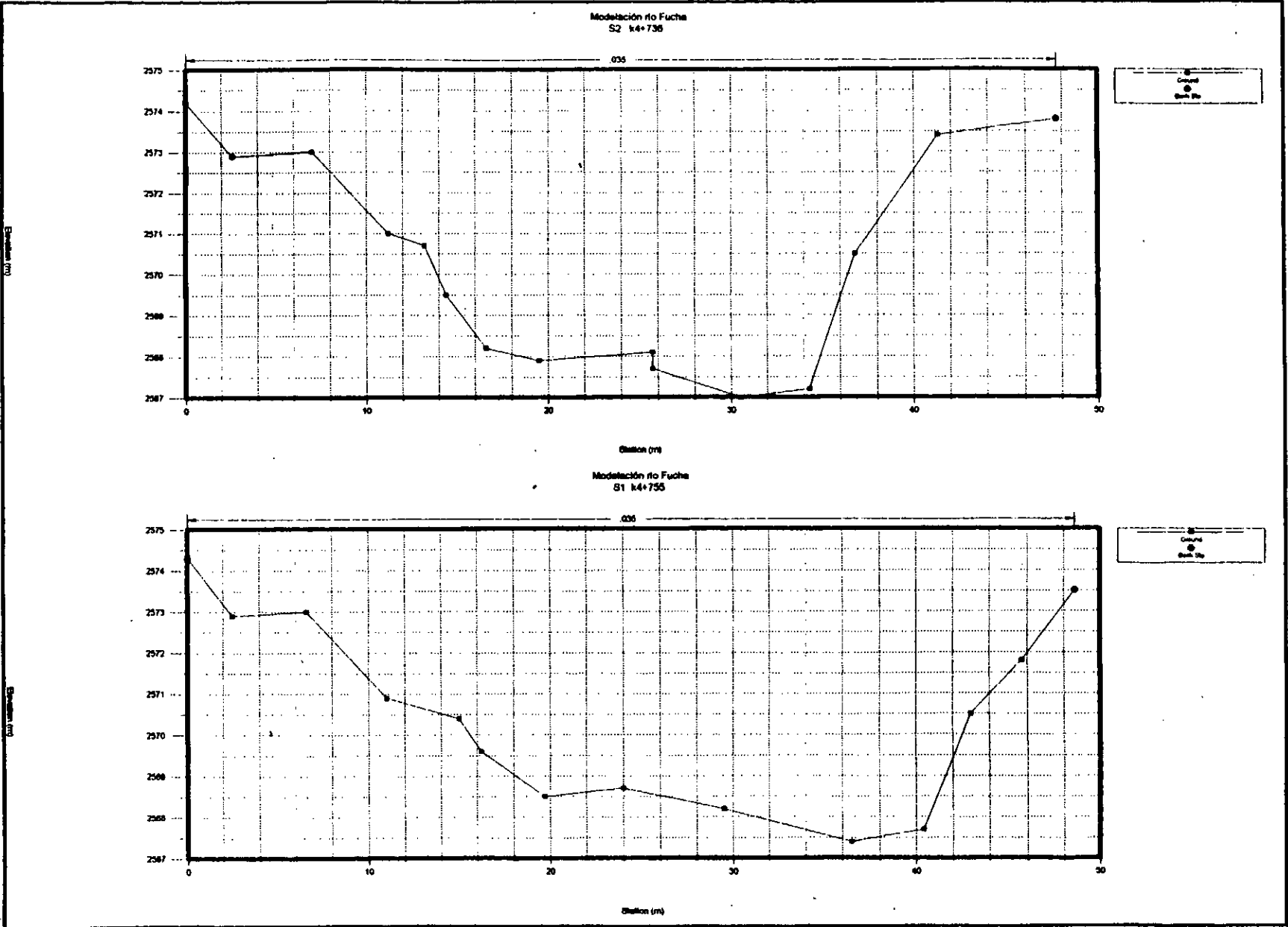
000140



000141



000142



000143