

CAPÍTULO 6 INUNDACIONES

6.1 Quebradas en el Área de Estudio

6.1.1 Río Tunjuelo

Todas las cuencas de las quebradas objetivo de Bogotá están localizadas en la cuenca del río Tunjuelo. El Río Tunjuelo, que es un tributario del Río Bogotá está localizado en la parte sur del Distrito Metropolitano de Bogotá. Las quebradas objetivo son las quebradas Chiguaza, Santa Librada, Yomasa y Trompeta (Figura 6-1).

El área de la cuenca del Río Tunjuelo es de 388.13 km², cuyo punto más alto es de 3,850 m y el punto más bajo es de 2,536 m en la confluencia con el Río Bogotá. La cuenca puede ser dividida en la parte alta, media y baja (Figura 6-2).

En la cuenca alta esta el Río Chisacá y el río Curubital. Esta el Embalse La Regadera en la confluencia de estos ríos. En la cuenca media, el río Tunjuelo va hacia abajo recolectando algunos otros tributarios hacia el Embalse Cantarrana. La parte alta y media tienen en total una área de 254 km² en el sitio del Embalse Cantarrana.

La parte baja puede ser definida para el tramo desde Cantarrana hasta la confluencia con el río Bogotá. La cuenca baja tiene ocho (8) tributarios principales como son Yomasa, Santa Librada, La Fiscala, Chiguaza (los tributarios del banco derecho) y Botello, Trompeta, La Estrella y Limas (los tributarios del banco izquierdo).

La lluvia anual en la parte alta es de 1,122 mm en la estación los Tunjos y de 1,002 mm en la estación La Regadera. La distribución mensual de la lluvia tiene un mono/modo, en el cual hay una estación seca entre Diciembre y Marzo mientras que en Abril y en Noviembre es estación húmeda.

La lluvia anual en la parte baja es menor que en la parte alta. En la estación de Doña Juana la lluvia anual es de 644 mm teniendo bi-modo, en el cual hay estaciones húmedas entre Marzo y Mayo, y Noviembre mientras que entre Diciembre-Febrero y Junio- Septiembre son estaciones secas.

Embalse Cantarrana

El Embalse Cantarrana está localizado en el punto más aguas abajo de la parte media de la cuenca. El embalse (para propósitos de control de inundaciones, tiene un periodo de retorno de 100 años y su volumen de almacenamiento es de cerca de 2,500 m³) ha sido construido desde el año pasado y en Abril 2007 se anunció que el embalse había sido completado por la EAAB

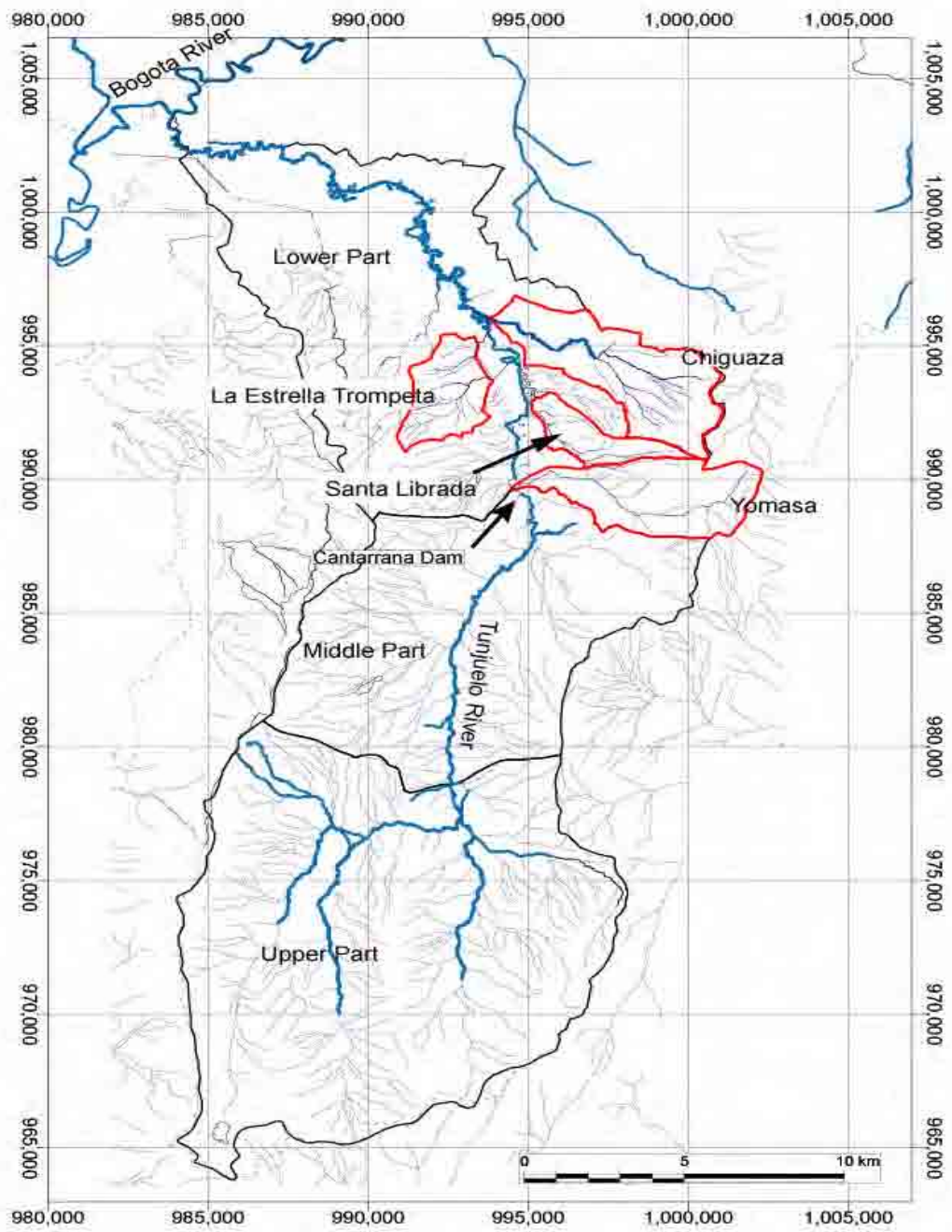


Figura 6-1 Cuenca del Río Tunjuelo

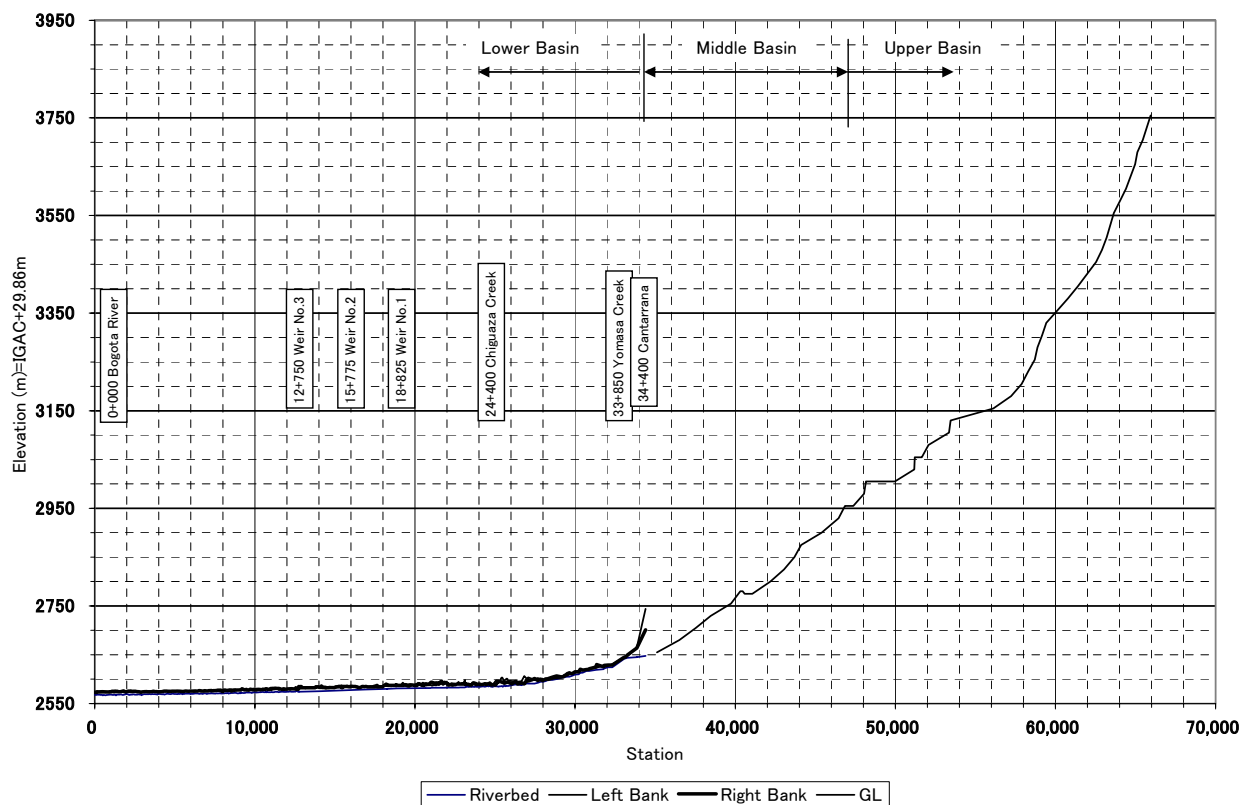


Figura 6-2 Perfil longitudinal del Río Tunjuelo

Tabla 6-1 Localidades en cada tramo de Cuenca en el Área de Estudio

Sistema de Río	Tramo de Cuenca en el Área de Estudio	Área de Cuenca	Localidad
Río Tunjuelo	Chiguaza	18.9 km ²	Usme, San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe, Tunjuelito
	Santa Librada	5.5 km ²	Usme
	Yomasa	15.4 km ²	Usme
	La Estrella	3.0 km ²	Ciudad Bolívar
	Trompeta(El Infierno)	5.3 km ²	Ciudad Bolívar

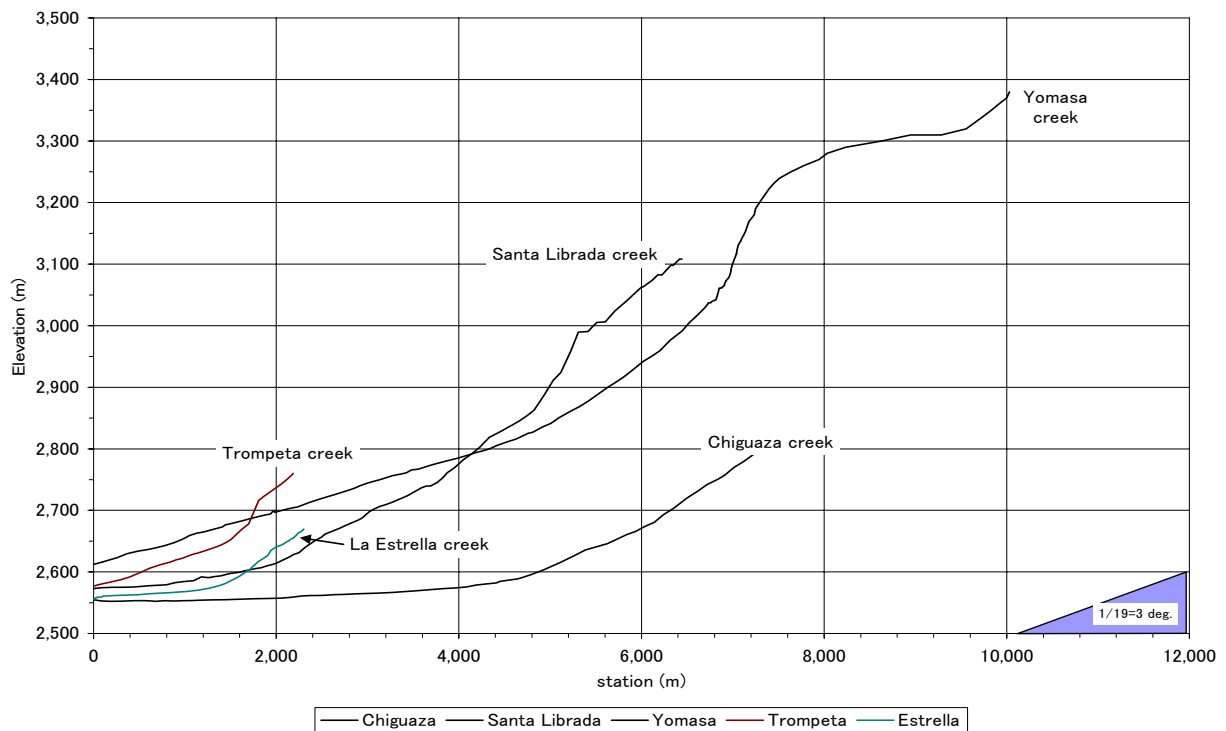


Figura 6-3 Perfiles Longitudinales de las Quebradas Objetivo en Bogotá

6.1.2 Quebrada Chiguaza

Hay un punto significativo en la cuenca llamado “Los Puentes”, que es una clase de cuello angosto resultado de la ruptura de una falla. El área de la parte alta de los Puentes puede ser reconocida como un abanico aluvial que tiene varios tributarios de la Chiguaza. Los tributarios principales son la Quebrada Las Mercedes, Qda. Melo, Qda. Chorro Colorado, Qda. Seca, Qda. Nutria y Qda. Chiguaza como un tributario. Estos tributarios se están uniendo hasta los Puentes para formar el tramo principal de La Chiguaza hacia el río Tunjuelo.

En el área aguas arriba de los Puentes, las quebradas se han formado por procesos de degradación, cuyos canales están confinados por las posiciones de rocas grandes y lechos de rocas. El talud del lecho de la quebrada es más empinado de 1/17.

En el área baja de los Puentes, la sección tiene una pendiente más moderada de 1/50 a 1/500. Esta sección ha sido mejorada (canalizada) por la EAAB. El área cerca de la confluencia del río Tunjuelo solía ser parte de un llano de inundación del Río Tunjuelo, cursos de quebrada meandrizados, mientras que los cursos de las quebradas han sido enderezados con el revestimiento.

La sección entre la confluencia del río Tunjuelo y la Avenida Caracas ha sido mejorada por la EAAB en Diciembre de 2007. Aunque, el Equipo de Estudio está solicitando a la EAAB la información del diseño básico para evaluar la capacidad del canal en el futuro, sin embargo esto aún no está confirmado.

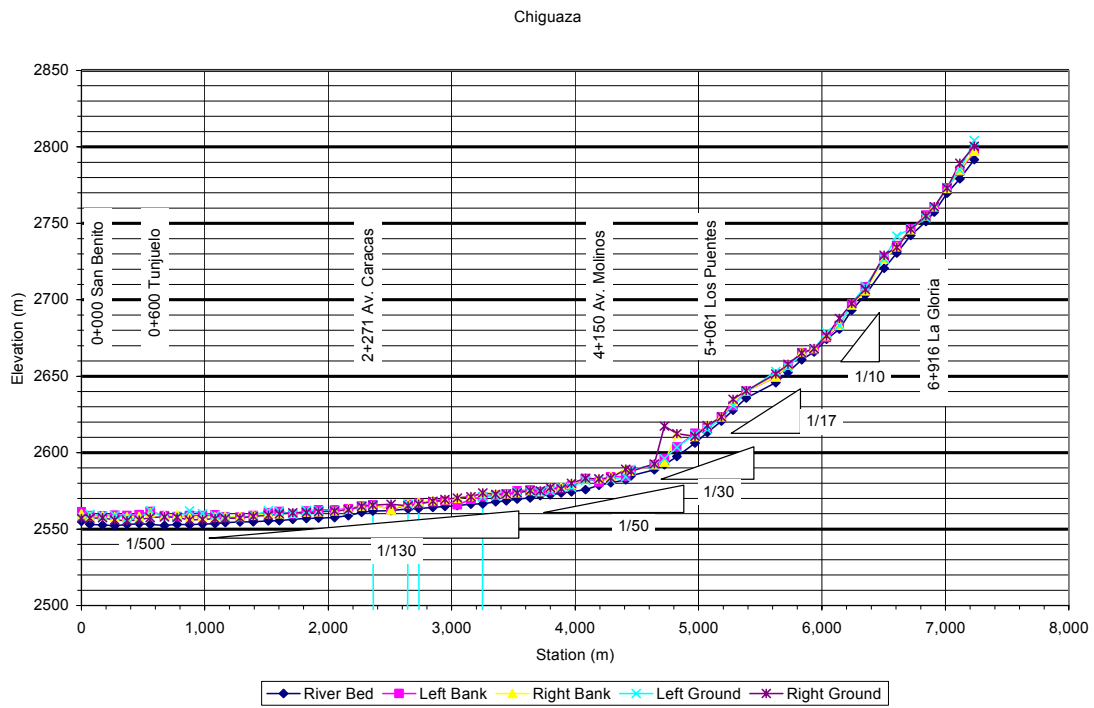


Figura 6-4 Perfil Longitudinal de la Quebrada Chiguaza

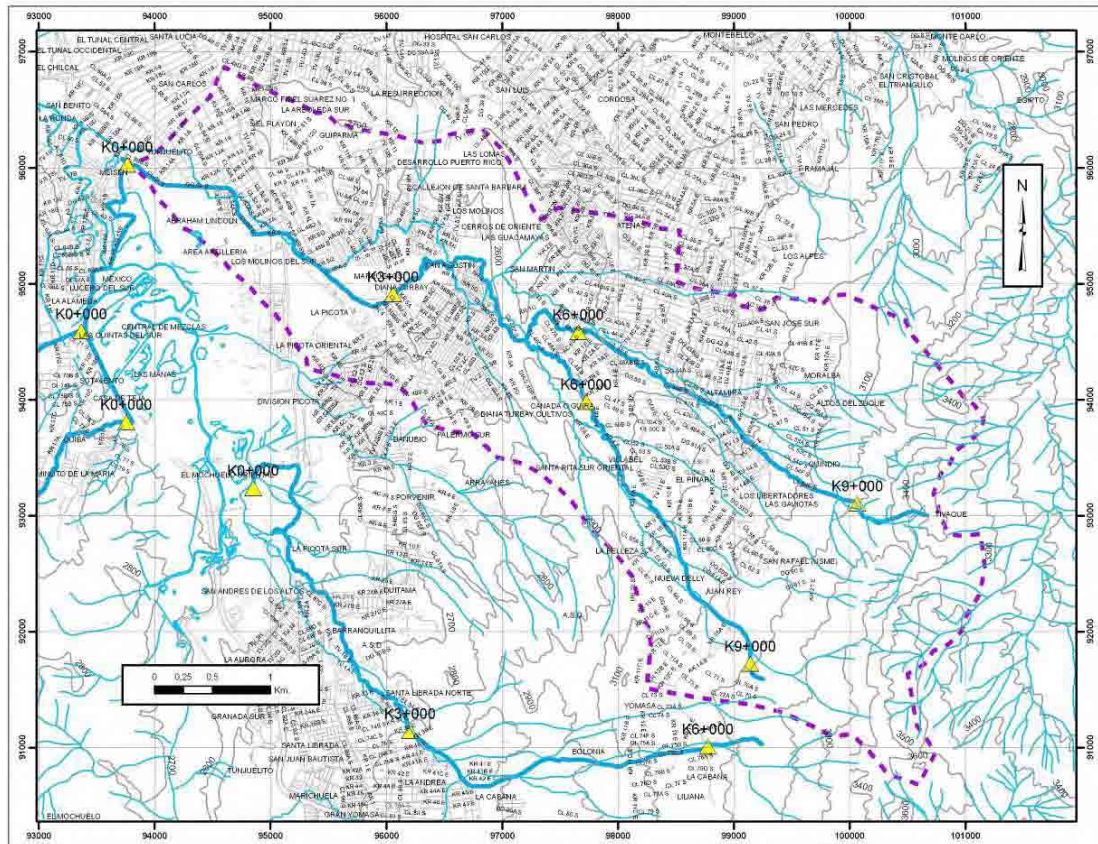


Figura 6-5 Cuenca de la Quebrada Subjetiva (Chiguaza)

6.1.3 Quebrada Santa Librada

La quebrada Santa Librada se une al Río Tunjuelo dentro del sitio de la cantera. Desde la confluencia del Río Tunjuelo hasta 0+800 (culvert cruzando Ave Caracas), la quebrada está localizada dentro de la cantera. Desde 1+330(Calle 68A Sur) hasta 3+800, la quebrada está confinada por el área residencial y el talud del lecho es de 1/12. En el área residencial hay una cantidad de puentes cruzando la quebrada Santa Librada, sin embargo su capacidad es bien pequeña.

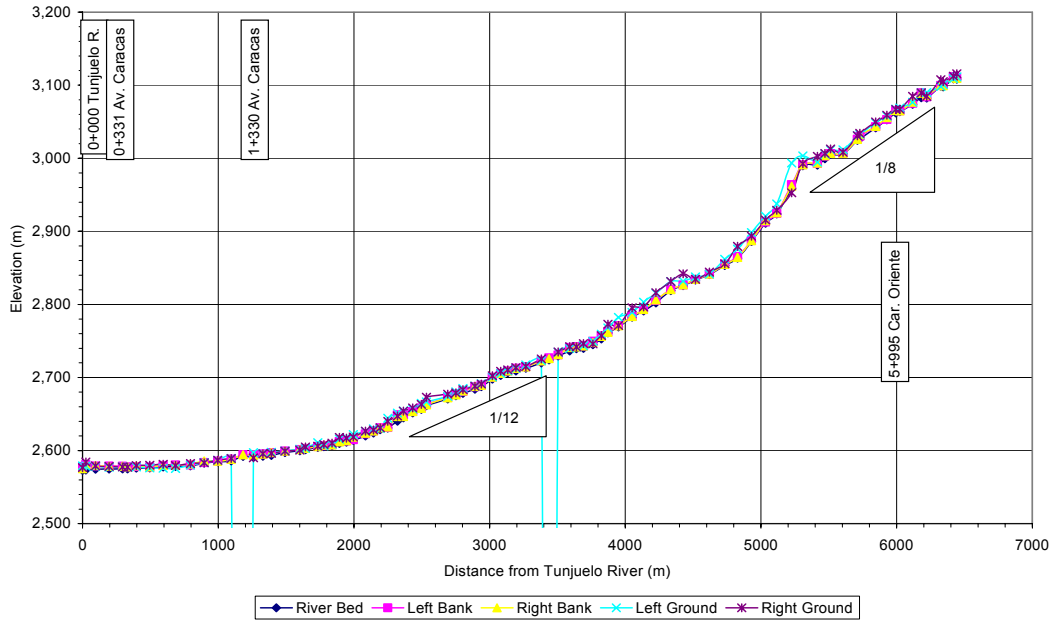


Figura 6-6 Perfil Longitudinal de la Quebrada Santa Librada

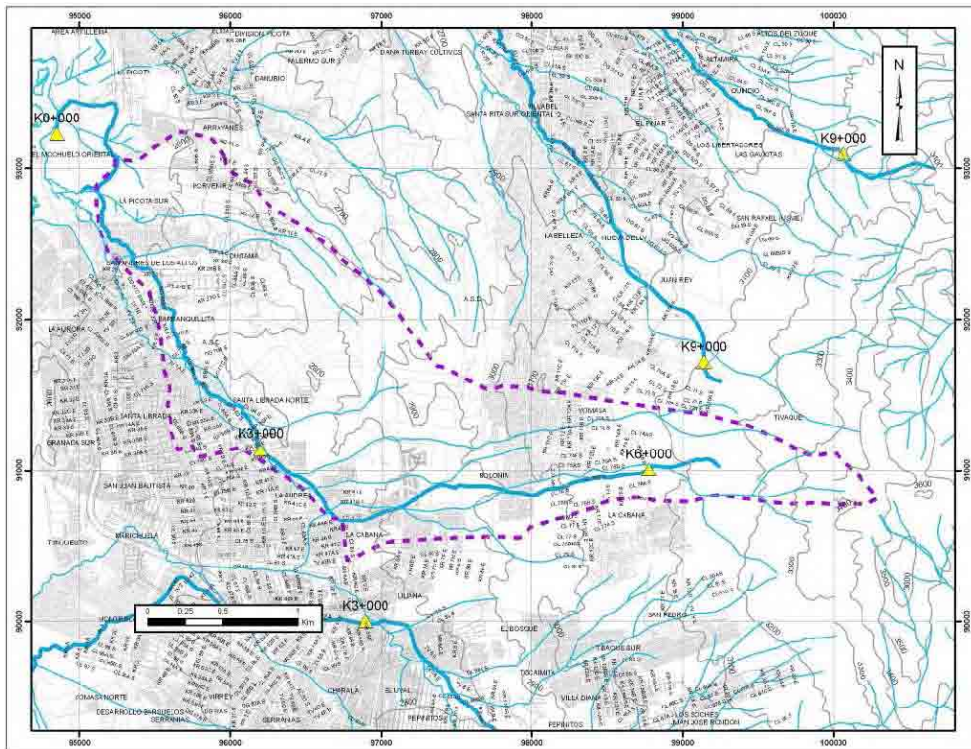


Figura 6-7 Cuenca de la Quebrada Subjetiva (Santa Librada)

6.1.4 Quebrada Yomasa

La quebrada Yomasa está localizada en la parte más alta del sistema del Río Tunjuelo entre las quebradas objetivo en el Área de Estudio. El punto de confluencia hacia el río Tunjuelo es justo aguas abajo del sitio del embalse Cantarrana. La Figura 6-8 es el perfil longitudinal del curso principal de la Yomasa. Como se muestra en la Figura, desde la confluencia con el río Tunjuelo hasta 4+000, el lecho del talud de la quebrada es constante, 1/25. La Figura 6-3 también está mostrando el perfil longitudinal de la quebrada Yomasa. Como se muestra en esta figura, en el área de la parte alta hay un tramo comparativamente llano, cuya terminación aguas abajo está confinada por un punto de cuello delgado como en la Chiguaza.

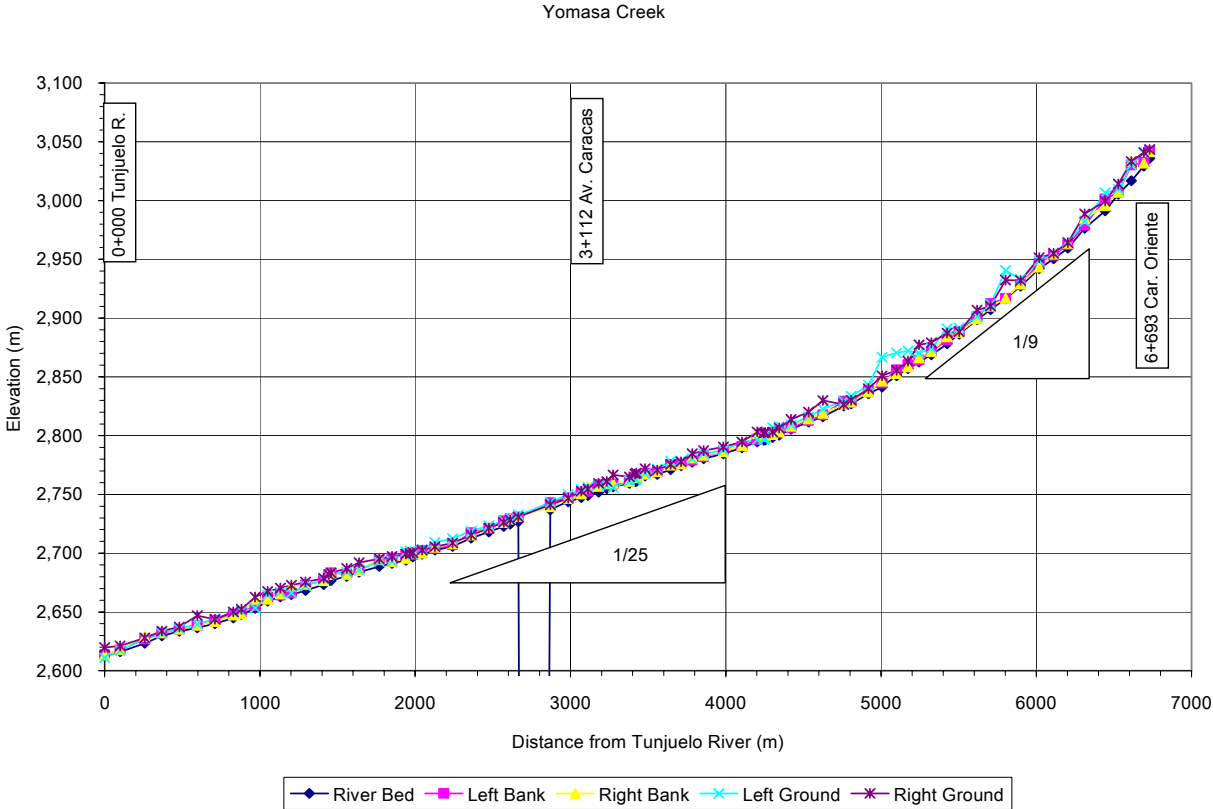


Figura 6-8 Perfil Longitudinal de la Quebrada Yomasa

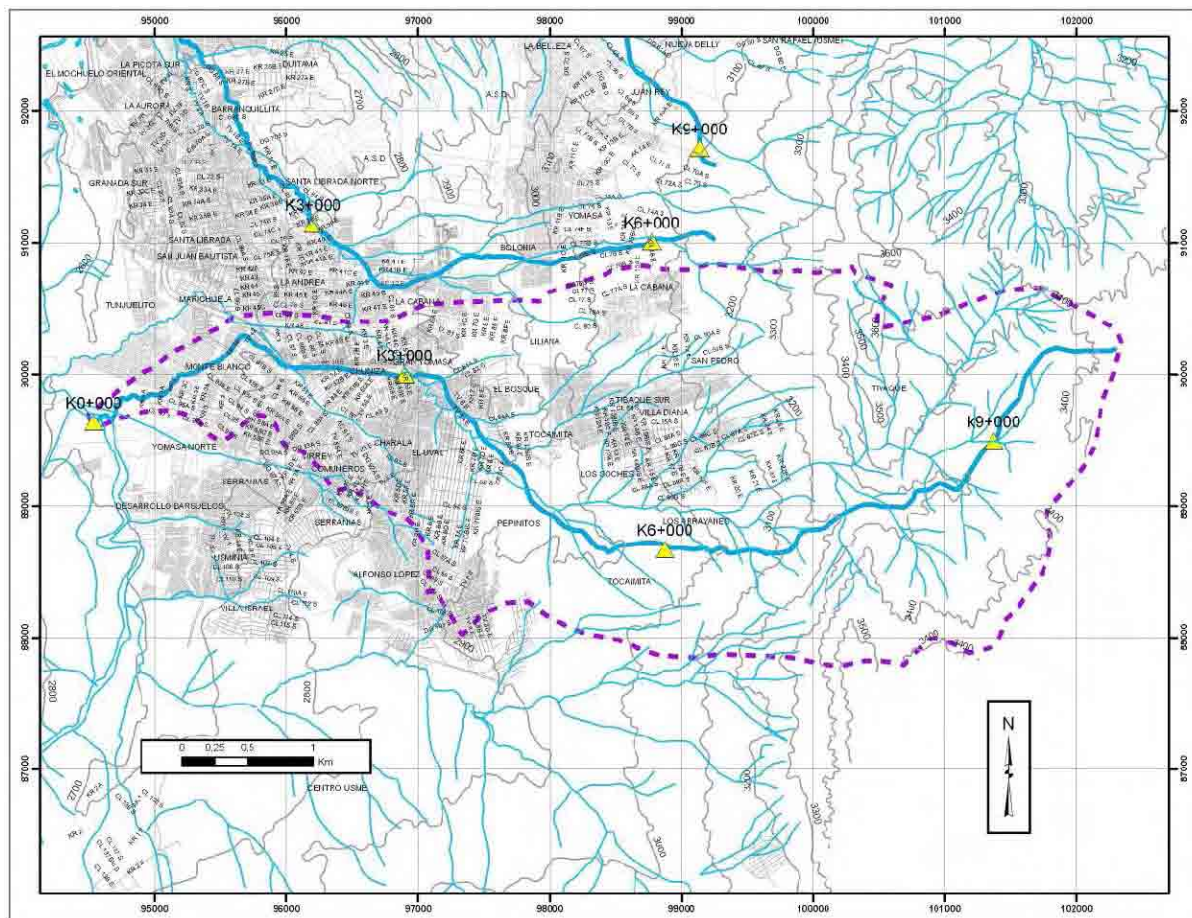


Figura 6-9 Cuenca Subjetiva de la Quebrada (Yomasa)

6.1.5 Las Quebradas Estrella y Trompeta

Las quebradas Estrella y Trompeta están en el lado izquierdo del tributario del Río Tunjuelo. El alcance de los trabajos data de Septiembre 1, 2005 se usó el nombre de quebrada Infierno como un Área de Estudio en Bogotá, pero la quebrada Infierno es un tributario pequeño del sistema de la quebrada Trompeta. Para tratar la quebrada Infierno y Trompeta como una cuenca, el Estudio cubre ambas quebradas.

El sistema de quebradas de la Estrella y la Trompeta es afectado por la Ave Boyacá que esta fluyendo en la parte más aguas abajo de la quebrada. La quebrada Estrella esta conectando el canal que está localizado en la reserva central de la Avenida Boyacá. El canal está cruzando la avenida en el 0+487 por el culvert y está recibiendo el agua desde la Trompeta en 0+400, y se une al Río Tunjuelo.

La quebrada Trompeta esta conectando el canal que fue construido por CEMEX y HOLCIM (fábricas de cemento) después de cruzar la Avenida Boyacá. El canal está localizado en el área de CEMEX y HOLCIM entre el río Tunjuelo y la Avenida Boyacá. En el área de HOLCIM, hay una reserva de trampa de sedimento en la salida de la quebrada de Trompeta. Usualmente la descarga de la quebrada Trompeta está guiada hacia la confluencia de la quebrada Estrella, sin embargo cuando mayor es la descarga de la salida, algo de descarga se desvía al canal de desvío de la inundación para drenar el agua al sitio de cantera.

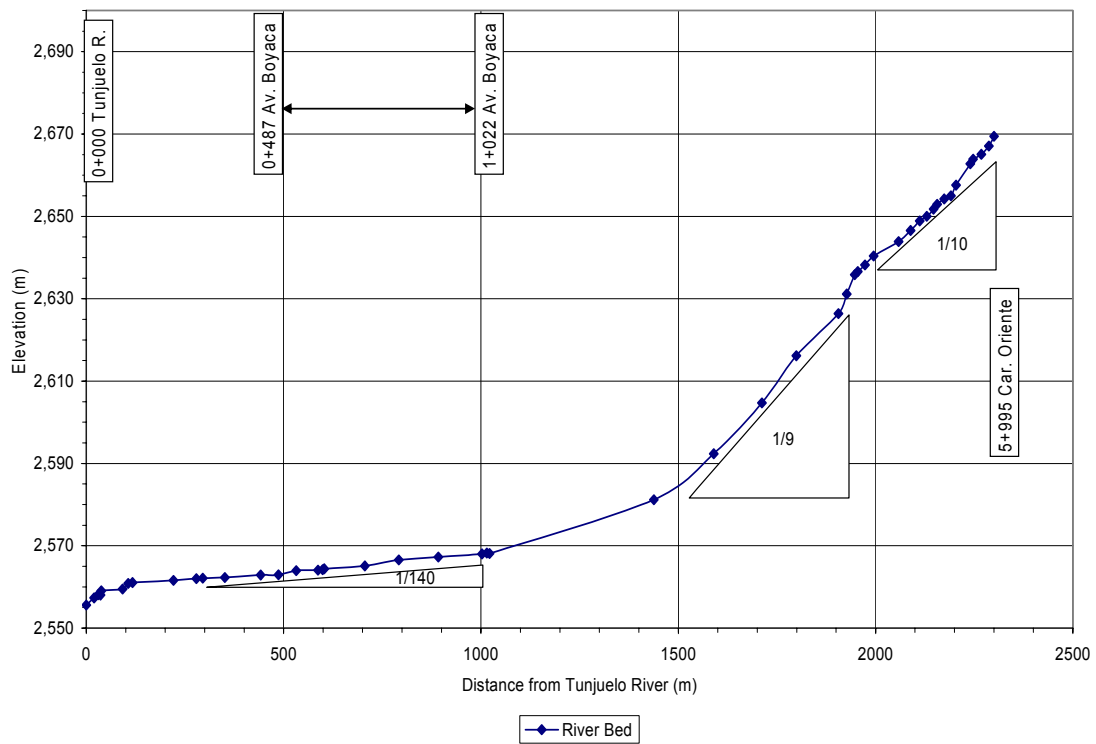


Figura 6-10 Perfil Longitudinal de la Quebrada Estrella

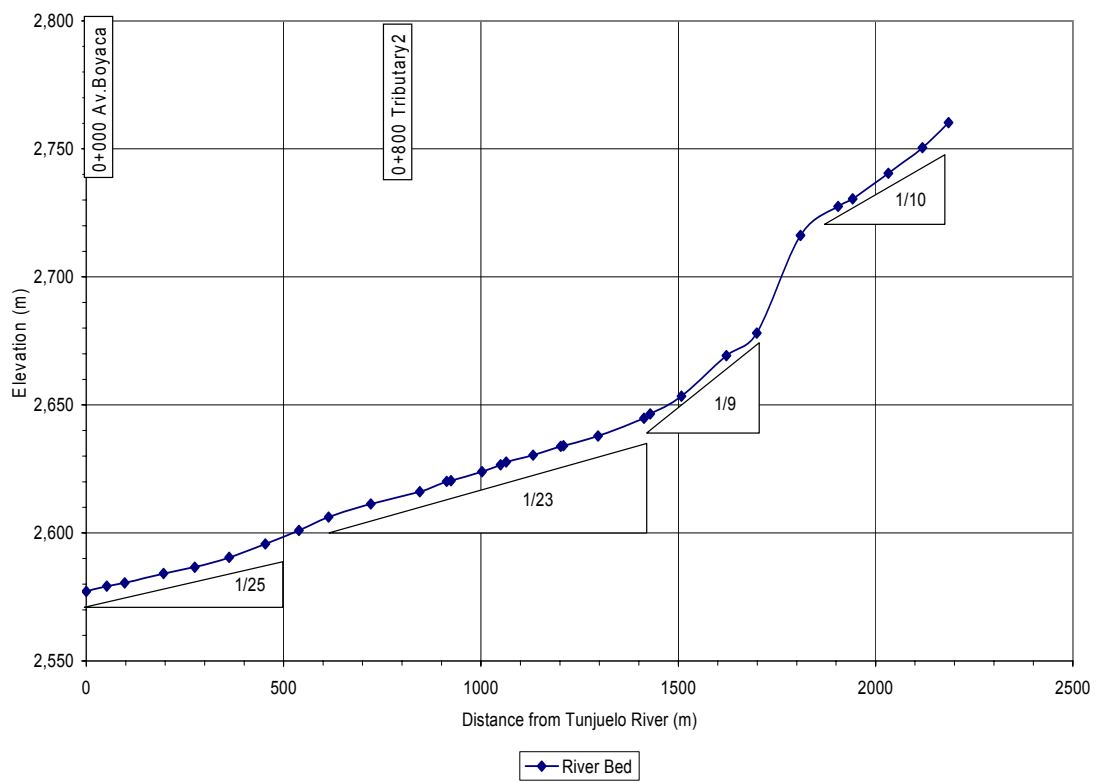


Figura 6-11 Perfil Longitudinal de la Quebrada Trompeta

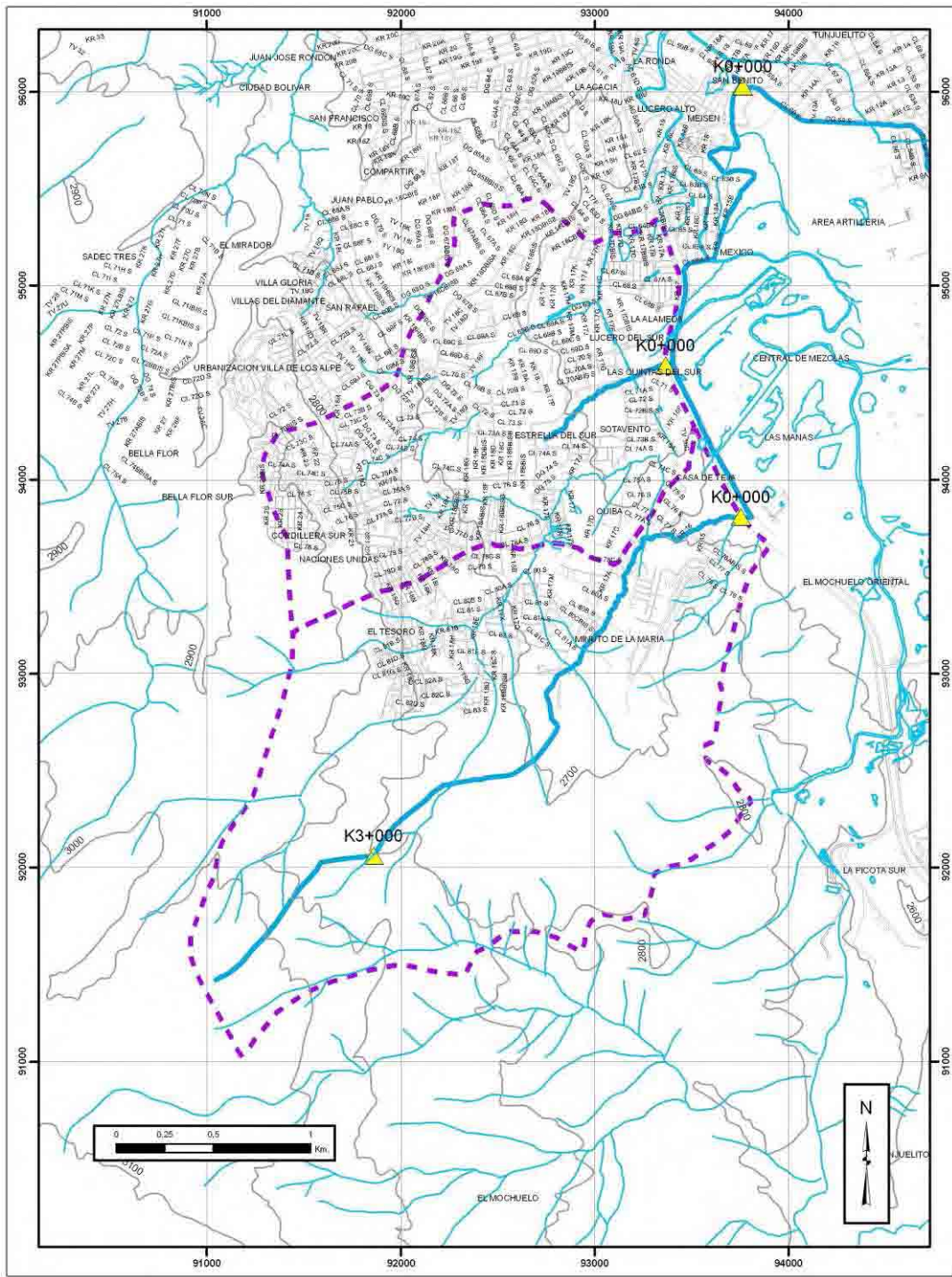


Figura 6-12 Cuenca de la Quebrada Subjetiva (La Estrella-Trompeta)

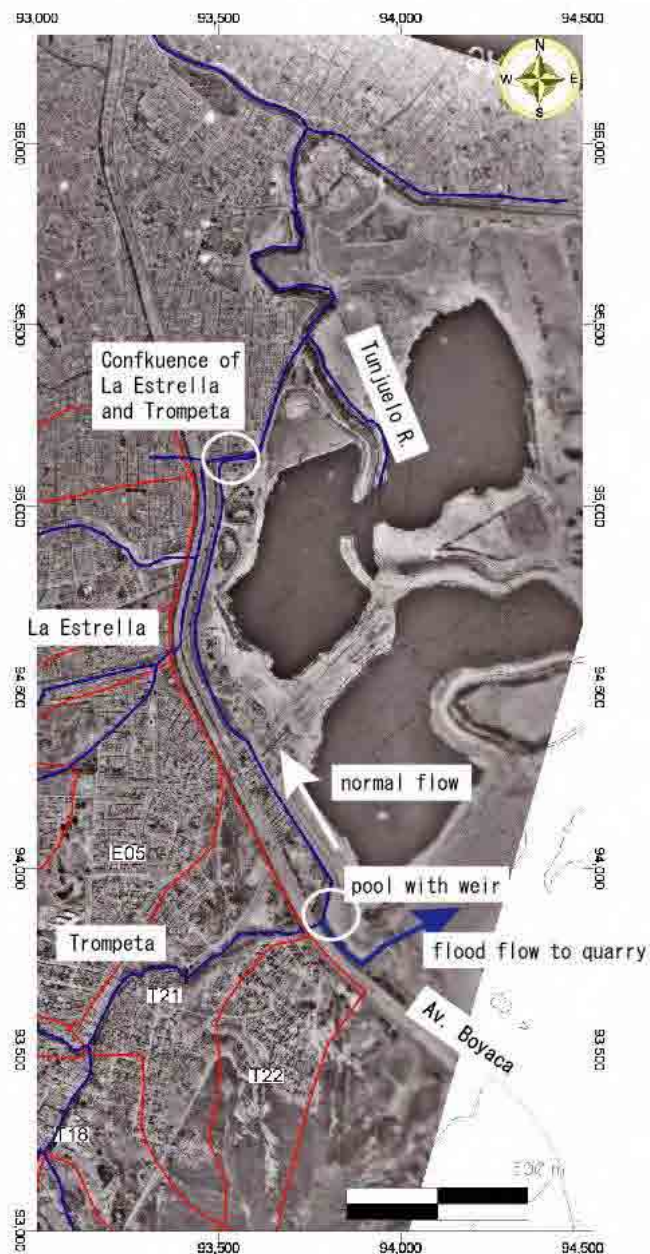


Figura 6-13 Condición de la Conexión de las Quebradas La Estrella y Trompeta

6.2 Inundaciones Pasadas

6.2.1 General

El Equipo de Estudio analizó el inventario de datos de desastre DPAE (2000-2006) para inundación y llevó a cabo encuestas para las personas en áreas previamente afectadas y líderes de la comunidad.

La DPAE ha registrado eventos en la base de datos de Bogotá. Los campos de la base de datos son EVENTO, EMERGENCIA, FECHA INICIO, TIPO, LOCALIDAD, UPZ, BARRIO, DIRECCION, INTERSECCION, BIT_RADIO_OPERATOR, UBICACION, ASISTEN y BIT_OBSERVACIONES. El "TIPO" significa el tipo de desastre tal como inundación, deslizamiento. Estos datos están basados en el registro de operación de DPAE tal como información dada urgentemente desde el área de desastre y la actividad de respuesta de DPAE y otras organizaciones relacionadas.

En el segundo trabajo de campo en Colombia, el Equipo de Estudio llevó a cabo encuestas en el Área. De acuerdo a los resultados del levantamiento, en el área de estudio, hay los siguientes fenómenos de inundación.

- Inundación prolongada por niveles altos de agua en el Río Tunjuelo
- Desbordamiento de la quebrada principal (con o sin escombros)
- Desbordamiento del sistema local de drenaje y reflujos de aguas a través del alcantarillado

La inundación prolongada por niveles de agua altos en el Río Tunjuelo se considera ser mitigada por la terminación del embalse Cantarrana (EAAB).

El desbordamiento del drenaje local o aguas devueltas a través del alcantarillado son fenómenos locales y el daño es menor. Y son causados principalmente por el depósito de basura y la capacidad pequeña del canal. Esta inundación está fuera del interés del Estudio.

El problema permanente de inundación es el desbordamiento de la quebrada principal en el Área de Estudio. Este tipo de inundación ha ocurrido frecuentemente en la parte media y alta de la Quebrada Chiguaza. El Equipo de Estudio visitó la Chiguaza en Noviembre 2006 y encuestó un hombre anciano que vive en el Barrio La Gloria. De acuerdo a él, el área sufrió de daño por inundación hace 5 (cinco) años. La profundidad de la inundación fue de cerca 50 cm. y fue la más seria durante 35 (treinta y cinco años) en el área. También, él señaló al Equipo de Estudio que el área antes no había estado ocupada por casas, pero recientemente el área ribereña estaba ocupada por casas resultando en un potencial alto de daño de inundación.

En otras quebradas, los resultados de las encuestas no reconocieron daño significativo en el 2do trabajo de campo en Colombia.

6.2.2 Inundación de Mayo 19, 1994

(1) Condiciones de Inundación

El Equipo de estudio llevó a cabo en Bogotá en Septiembre 2006, visitando líderes comunitarios también como personas locales. En la quebrada Chiguaza, una encuesta en Quindío (barrio) se ocurrió una clase de flujo de escombros en el pasado en el barrio. Este fenómeno mencionado se consideró como en la quebrada Zuque. De acuerdo a la encuesta, el flujo de escombros fue de 30m de ancho y duró 3 horas.

En Enero de 2007 el equipo de estudio llevó a cabo una encuesta enfocándose en el flujo de escombros de 1994 en la quebrada Chiguaza para identificar el área afectada y su magnitud tales como la profundidad de la inundación. También para encontrar algunas marcas de inundación que fueron especificadas por las personas que experimentaron el evento de 1994, las elevaciones de esas marcas fueron levantadas por el equipo de estudio.

El fenómeno más significativo en el evento de 1994 fue la desviación desde del puente en la antigua vía "Villavicencio". El flujo de escombros se fue hacia los barrios Altamira, fluyendo en las calles entre las cuadras.



Foto 6-1 Barrio Altamira Afectado
(Izq: después Mayo 19, 1994 fuente El Tiempo, derecha: Feb. 2007)

El área aguas abajo del Barrio Altamira sufrió del daño de flujo de escombros solo en la quebrada y en el límite ribereño.

El periódico local “El Tiempo” en un artículo de fecha Mayo 23, 1994 escribió que 4 personas murieron, 15 personas desaparecidas y 830 personas fueron afectadas. Las 4 personas muertas fueron un niño de 2 años, un bebe de 7 meses, una muchacha de 22 años embarazada y una muchacha de 17 años.

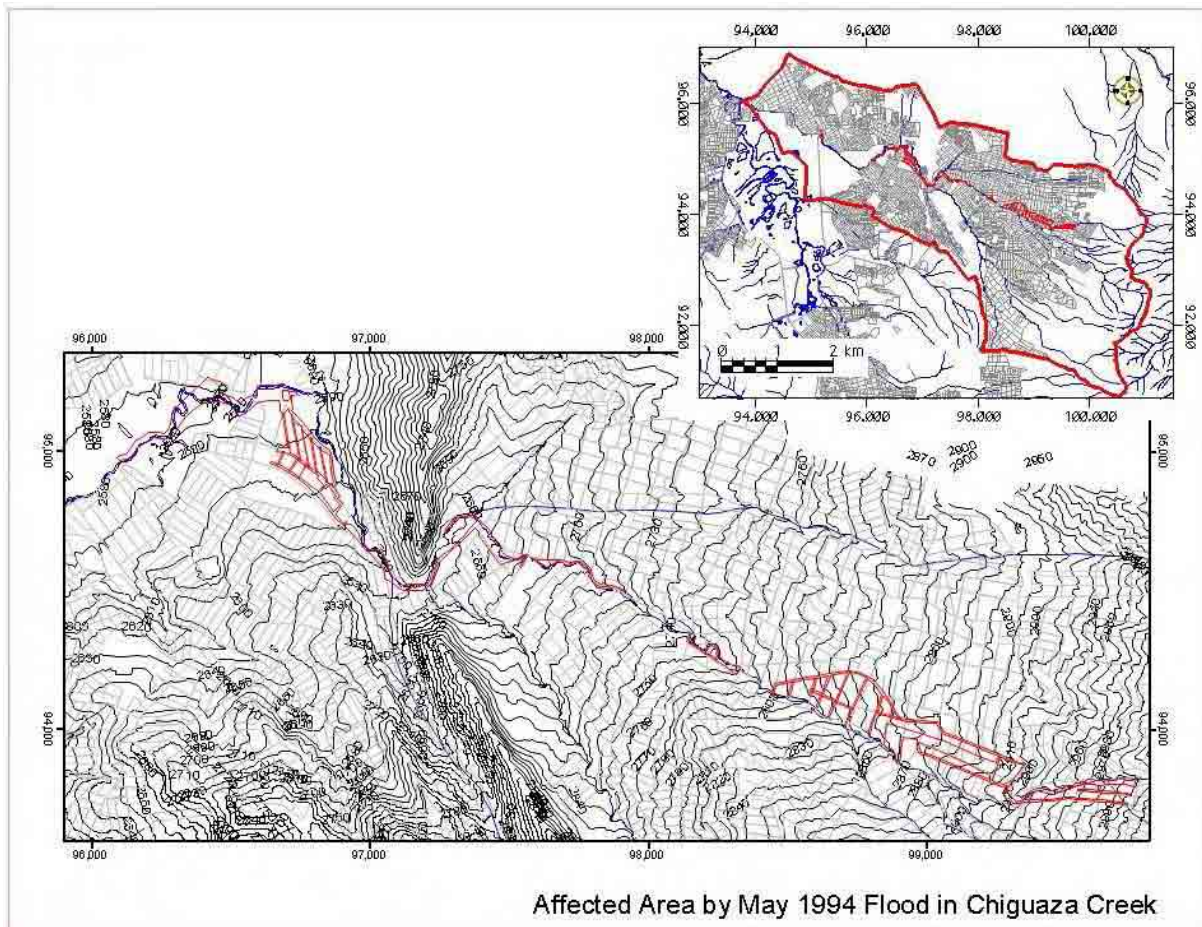


Figura 6-14 Área afectada en la Inundación Mayo 19,1994 en la Quebrada Chiguaza

(2) Condiciones Hidrológicas

De acuerdo al periódico y a las encuestas, el tiempo de ocurrencia del flujo de escombros se puede resumir de la siguiente manera,

Descripción por la fuente	Fuente
A las 4:30 p.m. comenzó el aguacero y a las 4:45 PM sucedió el desbordamiento de la quebrada La Belleza.	El artículo "El Tiempo "con fecha de Mayo 20, 1994
A las 4PM, hubo tres (3) veces flujo de escombros.	La gente en la 46A 33S (la casa a lo largo de la quebrada Zuque)
Desde 3:30PM a las 9PM, el flujo continuó.	La gente en la Transv 17 Este 47-44 Sur

Debido a que son los recuerdos de las personas de hace 13 años, es difícil confirmar la exactitud de los artículos del periódico en el presente se puede considerar que alrededor de las 4pm ocurrió el flujo de escombros.

Las siguientes figuras muestran la lluvia diaria de Mayo 1994 de las estaciones cerca a la Qda Zuque. En Juan Rey (EAAB) y Doña Juana (CAR), alrededor de 20 mm por día se observó en Mayo 19,1994. Especialmente la estación Juan Rey (EAAB) que es la más cercana a la Qda Zuque con 22.9 mm en Mayo 19 después de esto experimentó casi la misma cantidad de lluvia en Mayo 14.

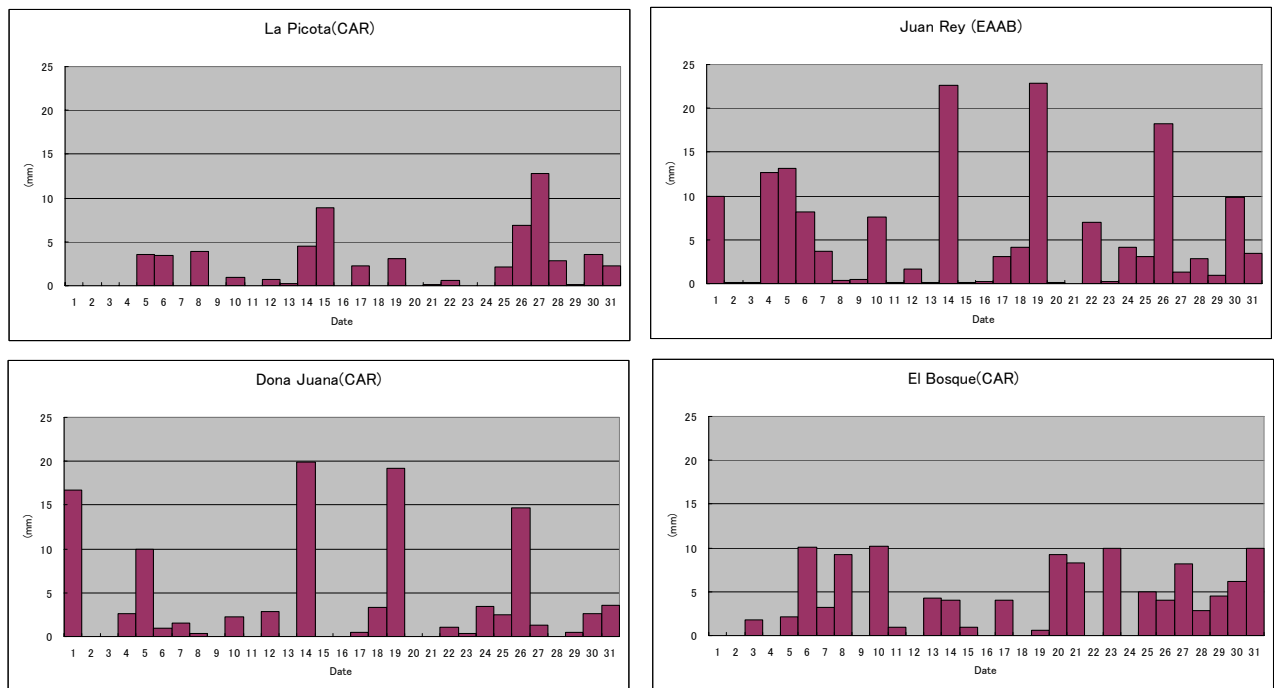


Figura 6-15 Lluvia Diaria durante 1 al 31 en Mayo 1994

La distribución de la lluvia horaria de la estación Juan Rey (EAAB) no estaba disponible en la base de datos de la EAAB. Las hojas originales de registro fueron recolectadas en los archivos de Bogotá (ver Tabla 6-2) y verificadas por el Equipo de Estudio.

Tabla 6-2 Distribución de Lluvia Horaria en Juan Rey en Mayo 19, 1994

Fecha	Hora	Lluvia horaria	Observaciones
Mayo 19	15:00-16:00	0 mm	
	16:00-17:00	5.1 mm	Desde 16:45 a las 17:15, la cantidad fue 9.5 mm.
	17:00-18:00	6.3 mm	
	18:00-19:00	1.8 mm	
	19:00-20:00	2.2 mm	
	20:00-21:00	0.1 mm	
	21:00-22:00	0.0 mm	
	22:00-23:00	0.9 mm	
	23:00-24:00	3.7 mm	
	Mayo 20	24:00-1:00	2.5 mm
1:00-2:00		0.0 mm	
2:00-3:00		0.1 mm	
3:00-4:00		0.2 mm	
Total		22.9 mm	

Se encontró que 9.5mm fueron observados durante 16:45 hasta 17:15 PM, lo que corresponde a 19 mm por hora como intensidad.

6.2.3 Inundación Mayo 31, 2002.

(1) Condiciones de Inundación

La inundación en la quebrada Chiguaza en Mayo 2002 puede ser considerada como uno de los principales desastres de inundación en años recientes. El área cerca a la confluencia del río Tunjuelo fue seriamente afectada por agua de inundación. Como se muestra en la Figura 6-16, se reportó que el nivel alto de agua del río Tunjuelo en si mismo fue la causa principal de la inundación.



Figura 6-16 Material de la Presentación de la Inundación de Mayo 2002 por DPAE

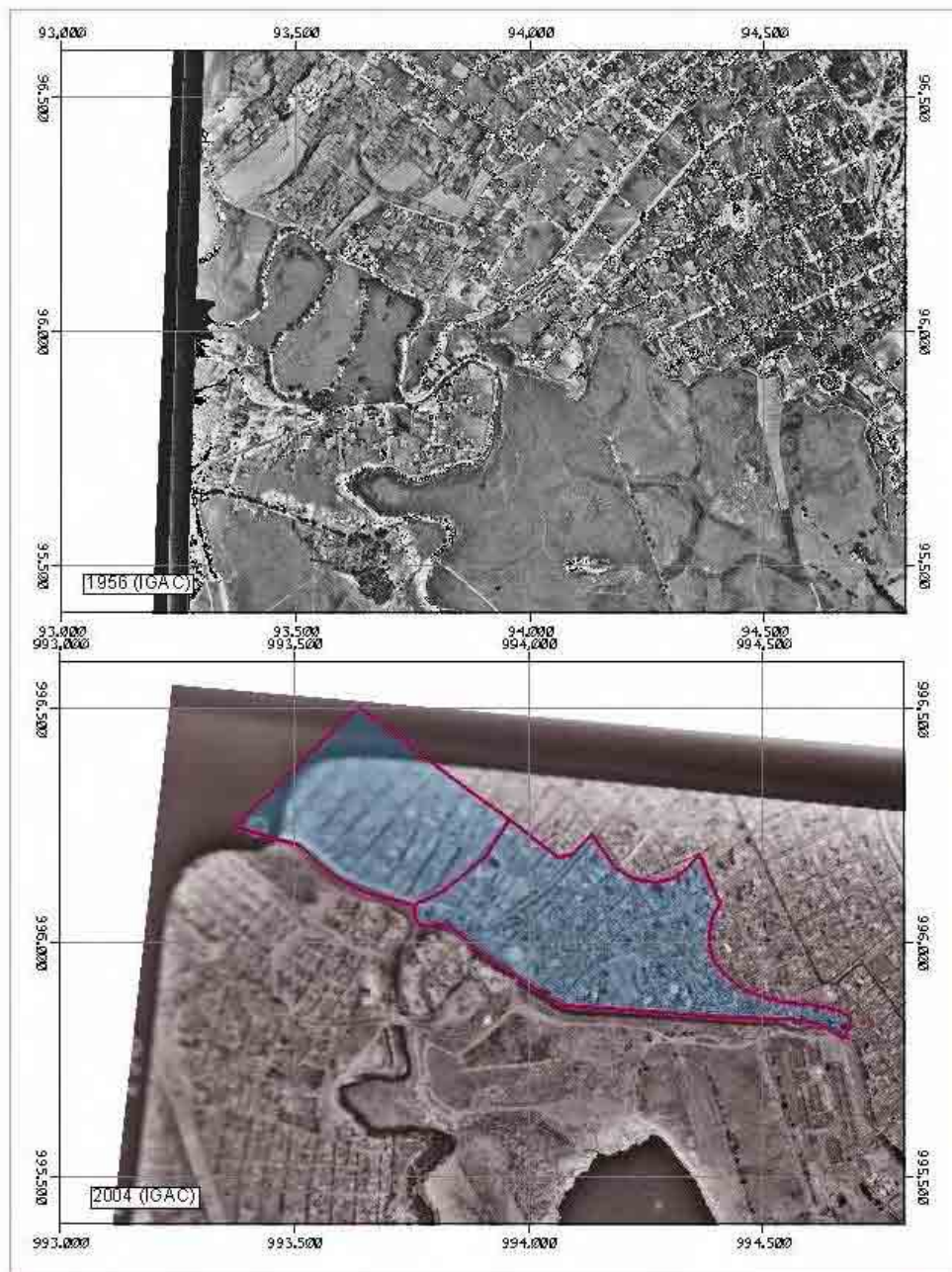


Figura 6-17 Área Afectada por la Inundación de Mayo 2002 Comparada con las Fotos Aéreas

El Equipo de Estudio llevó a cabo encuestas en Chiguaza en Septiembre 2006 e identificó el área afectada por la inundación de Mayo 2002 como se muestra en la Figura 6-17.

(2) Condiciones Hidrológicas

1) Condiciones de Lluvia en Juan Rey (EAAB)

En Mayo 2002, la única estación disponible en la parte alta de Chiguaza era Juan Rey (EAAB). El Equipo de Estudio visitó el Archivo de Bogotá para verificar la lluvia a finales de Mayo 2002. De acuerdo a la tabla de registro, 15.4 m entre las 11AM y las 12AM (22.4 mm por solo 15 minutos) se registró en Mayo 30,2002. Generalmente la fecha de inundación se dijo que fue Mayo 31, 2002, sin embargo, la máxima lluvia por hora se registró en Mayo 30,2002.

Tabla 6-3 Lluvia Horaria en Juan Rey en Mayo 30, 2002

Fecha	Hora	Lluvia Horaria(mm)	Observaciones
Mayo 30	7:00	0	
	8:00	0	
	9:00	0	
	10:00	0	
	11:00	8.4	
	12:00	15.4	22.4mm por 15 min.
	13:00	0.2	
	14:00	0.9	
	15:00	7.2	
	16:00	3.4	
	17:00	1.5	
	18:00	0.5	
	19:00	0	
	20:00	0	

2) Condición de Nivel de Agua en la Confluencia del Río Tunjuelo cerca a San Benito

La EAAB tenía una estación de nivel de agua en San Benito en Mayo 2002. Era un limnómetro monitoreado por las personas. La Figura 6-18 muestra el nivel de agua reportado a la EAAB a las 6 AM y 6 PM desde Mayo 23 a Junio 6, 2002. Esta estación esta en el curso principal del río Tunjuelo después de la confluencia de la quebrada Chiguaza. El nivel de agua en Mayo 30, 6PM se incrementó en 1 metro comparado con Mayo 29. Este puede ser considerado como efecto de la descarga desde Chiguaza debido a la lluvia en Juan Rey. El nivel de agua más alto se registró en Mayo 31, 18PM, 2,562.9m.

La Figura 6-19 muestra las cotas de inundación a lo largo de la Chiguaza y el Río Tunjuelo junto con el perfil longitudinal de la quebrada Chiguaza y el Río Tunjuelo, de acuerdo a las encuestas hechas por el Equipo de Estudio. Las cotas de inundación fueron asumidas como la elevación de la tierra de un contorno de línea 2m más la profundidad de inundación encuestada. Las profundidades de inundación son mayores a 2m en algunos puntos sobre la elevación de la tierra del banco derecho.

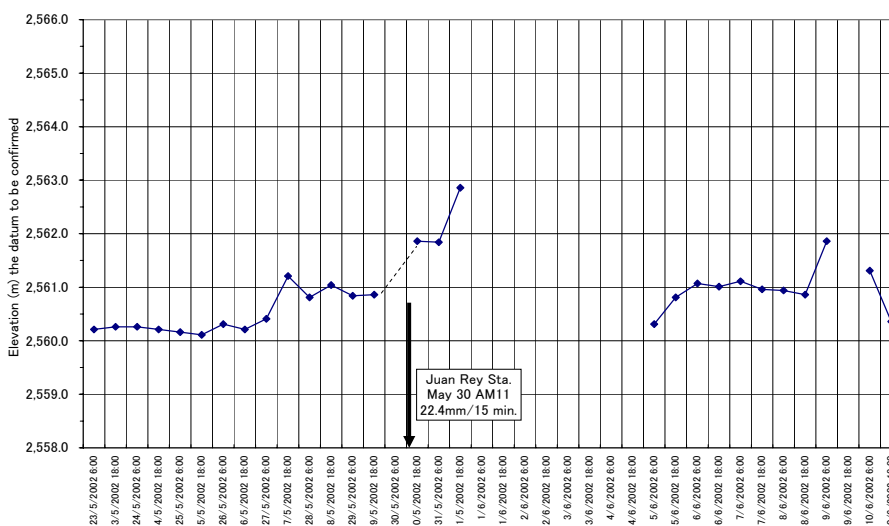


Figura 6-18 Nivel de Agua Observada desde Mayo 23 Hasta Junio 6, 2002 en San Benito¹ (EAAB)

¹ El dato de elevación de San Benito es 2,559.809 m de acuerdo a la información de DPAE con fecha de Agosto 2, 2006.

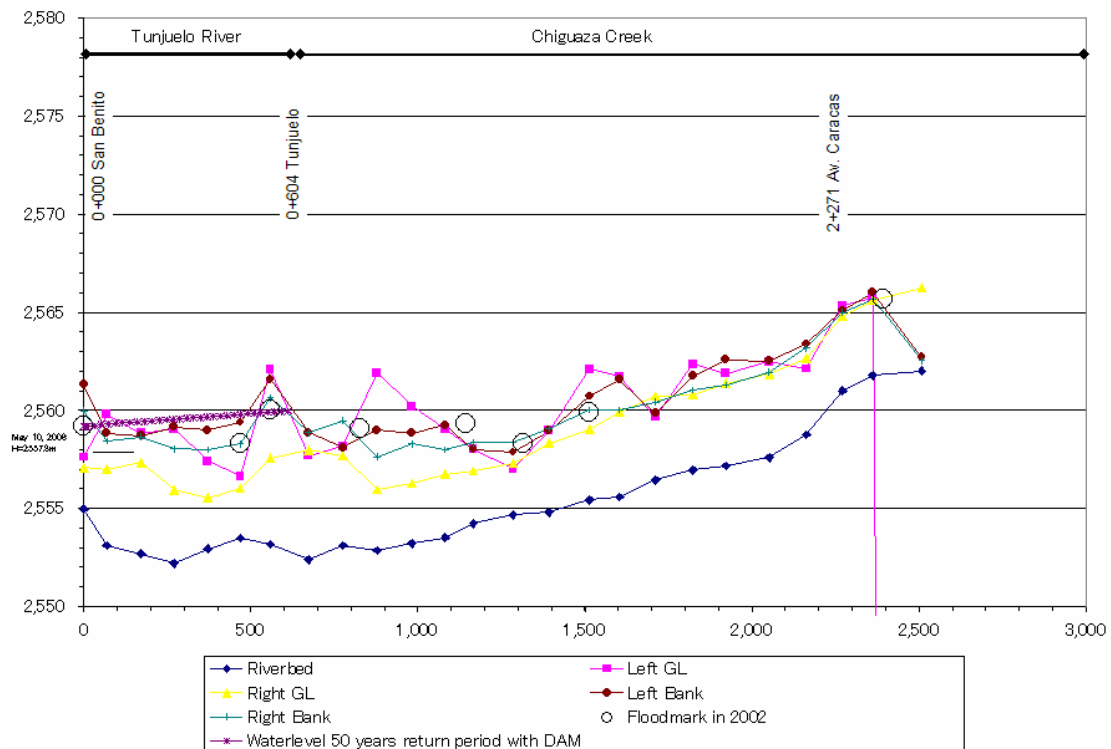


Figura 6-19 Cota de la Inundación de Mayo 2002 en el Río Tunjuelo y la Quebrada Chiguaza.

(3) Efecto del Embalse Cantarrana

Después de la inundación de Mayo 2002, la inundación del río Tunjuelo está controlada por el Embalse Cantarrana. De acuerdo a la información de la EAAB, el embalse Cantarrana pudo cortar 88 m³/s para un periodo de retorno de 100 años. El Equipo de Estudio trató de explicar el efecto del Embalse en el punto de San Benito.

La Figura 6-20 muestra el nivel de agua y la curva de descarga en San Benito (0+068). La curva fue hecha usando una fórmula uniforme de flujo asumiendo la pendiente del nivel de agua 1/800 y un coeficiente Manning 0.04. De acuerdo a la curva, la descarga de 88 m³/s esta correspondiendo a la reducción del nivel de agua de 1.7m. La marca de inundación en Mayo 2002 fue de 2,559. 2m en San Benito. Si en el presente la misma inundación ocurre en el río Tunjuelo, el nivel de agua en San Benito es 2,557.5m, lo que es menor a la elevación existente en el banco derecho.

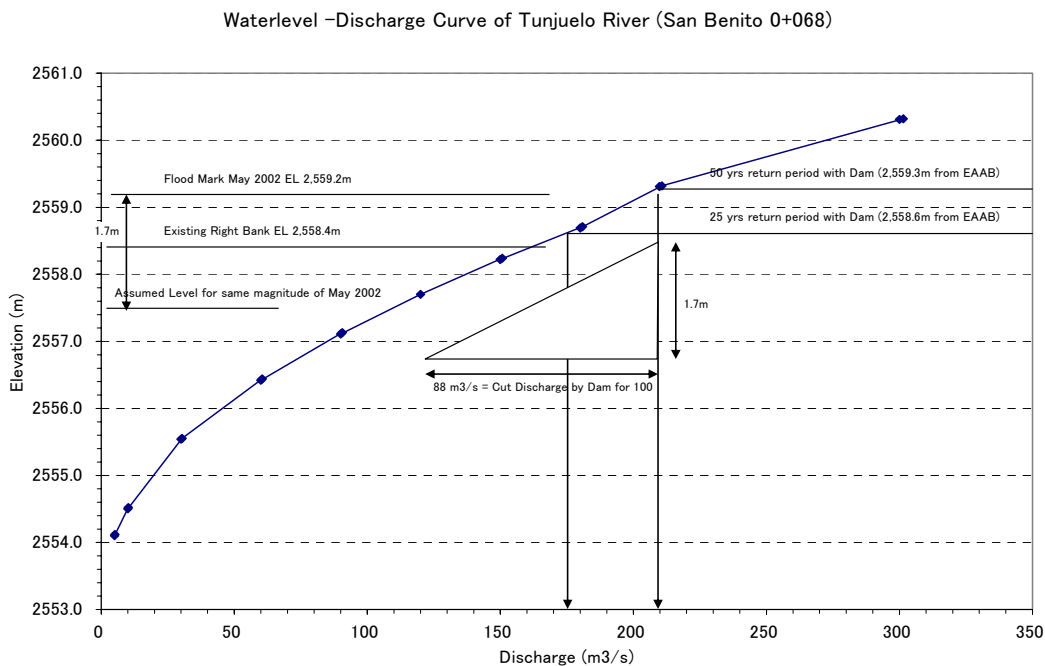


Figura 6-20 Curva de Descarga y Nivel de Agua del Río Tunjuelo (San Benito 0+068)

6.3 Sistema de Monitoreo Existente

6.3.1 Sistema de Monitoreo de DPAE

(1) Estaciones automáticas

En la cuenca del río Tunjuelo, DPAE ya ha establecido sistema de monitoreo de inundación también como sistema de alerta temprana usando una combinación de sistema telemétrico y sistema de alerta temprana usando una combinación de sistema telemétrico y sistema de monitoreo manual. La Figura 6-21 muestra la página web de DPAE del Sistema de Monitoreo del Río Tunjuelo, en la cual el límite del Área de Estudio y la escala fueron agregadas por el Equipo de Estudio como referencia. Dentro y alrededor del Área de Estudio de Bogotá hay una (1) estación de nivel de agua y cuatro (4) estaciones de lluvia como a continuación,

Tabla 6-4 Estaciones de Monitoreo Automáticas Dentro y Alrededor de las Quebradas Objetivo

Monitoreo	Nombre	Elev.	Observaciones
Lluvia	San Benito	2590	La estación de lluvia de San Benito está localizada dentro de la estación de bombeo de la EAAB.
	Tanque Quiba	3078	La estación de lluvia del Tanque Quiba está localizada en el margen de la Cuenca de la quebrada Estrella con la Cuenca de la quebrada Limas.
	Juan Rey	3160	La estación de lluvia de Juan Rey esta localizada en el margen de las cuencas de las quebradas Santa Librada y Chiguaza. En Agosto 2006, cuando comenzó el Estudio, la estación no estaba operando porque algunos equipos fueron robados. La estación fue reiniciada por la DPAE en Febrero 2007.
	Santa María Micaela	2900	La estación de lluvia de Santa María está localizada dentro de la parte media de la Cuenca de la quebrada Yomasa.
Nivel de Agua	San Benito	2590	La estación de nivel de agua de San Benito está localizada en el Puente de la Av. Boyacá cruzando el Río Tunjuelo, justo aguas debajo de la confluencia de la quebrada Chiguaza. El sensor es de tipo ultrasónico y con otros accesorios tales como la plataforma colectora de datos están localizados dentro de la estación de bombeo de la EAAB.

Todas las estaciones arriba tienen plataforma de transferencia de datos que puede enviar los datos a la oficina de DPAE vía radio (UHF). Los datos monitoreados son exhibidos y actualizados cada hora en la página web de DPAE bajo un control de autorización de acceso.



Figura 6-21 Sistema de Monitoreo Existente por DPAE

(2) Estación de Monitoreo Manual

Además de las estaciones de monitoreo anteriores, DPAE ya ha establecido puntos de monitoreo con limnómetros de la siguiente manera,

Tabla 6-5 Punto de Monitoreo DPAE (Manual)

No.	Nombre de la Quebrada y ubicación	Dirección
09	Q. YOMASA	AV. USME-Q. YOMASA
10	DIANA TURBAY - LOS PUENTES (Q. Chiguaza)	AV. GUACAMAYAS KR 1G
11	PICOTA (Q. Chiguaza)	CARRERA 5R CON CALLE 51 SUR
12	PUENTE EL HOYO (Q. Chiguaza)	CARRERA 16 B CON CALLE 60 SUR



Foto 6-2 Punto 9 de Monitoreo DPAE "Quebrada Yomasa"



Foto 6-3 Punto 10 de Monitoreo DPAE "DIANA TURBAY - LOS PUENTES"



Foto 6-4 Punto 11 de monitoreo DPAE "PICOTA"



Foto 6-5 Punto de Monitoreo 12 DPAE "PUENTE EL HOYO (Q. Chiguaza)"

En tiempo normal DPAAE no hace ninguna actividad de monitoreo para estos puntos, sin embargo en tiempo crítico, estos se suponen ser monitoreados por la Defensa Civil o Bomberos basados en la instrucción de DPAAE.

6.3.2 Estaciones de Monitoreo de Otras Organizaciones

La Figura 6-22 muestra la ubicación de las estaciones de lluvia y nivel de agua dentro y alrededor el Área de Estudio de DPAAE, IDEAM, CAR y EAAB. El propósito de cada organización con respecto al monitoreo hidrológico es diferente. Las estaciones del IDEAM son para monitoreo del clima para el punto de vista nacional. Las estaciones de la CAR son para monitoreo ambiental, y las estaciones de la EAAB son para suministro de agua potencial y planeación de drenaje. Con respecto al propósito de alerta temprana para inundaciones, solo DPAAE tiene estaciones hidrológicas teniendo como objetivo la cuenca del río Tunjuelo.

Los datos de las estaciones de monitoreo aparte de las de DPAAE fueron usados para evaluación hidrológica en el Estudio. Solo las estaciones de DPAAE fueron consideradas en el monitoreo y en la planeación de alerta temprana en el Área de Estudio.

El sistema actual de DPAAE presentado arriba está establecido para el curso principal del Río Tunjuelo como área objetivo. Para el área propensa a inundación dentro del Área de Estudio, deben ser establecidos más puntos de monitoreo considerando el fenómeno local de inundación dentro del Área de Estudio.

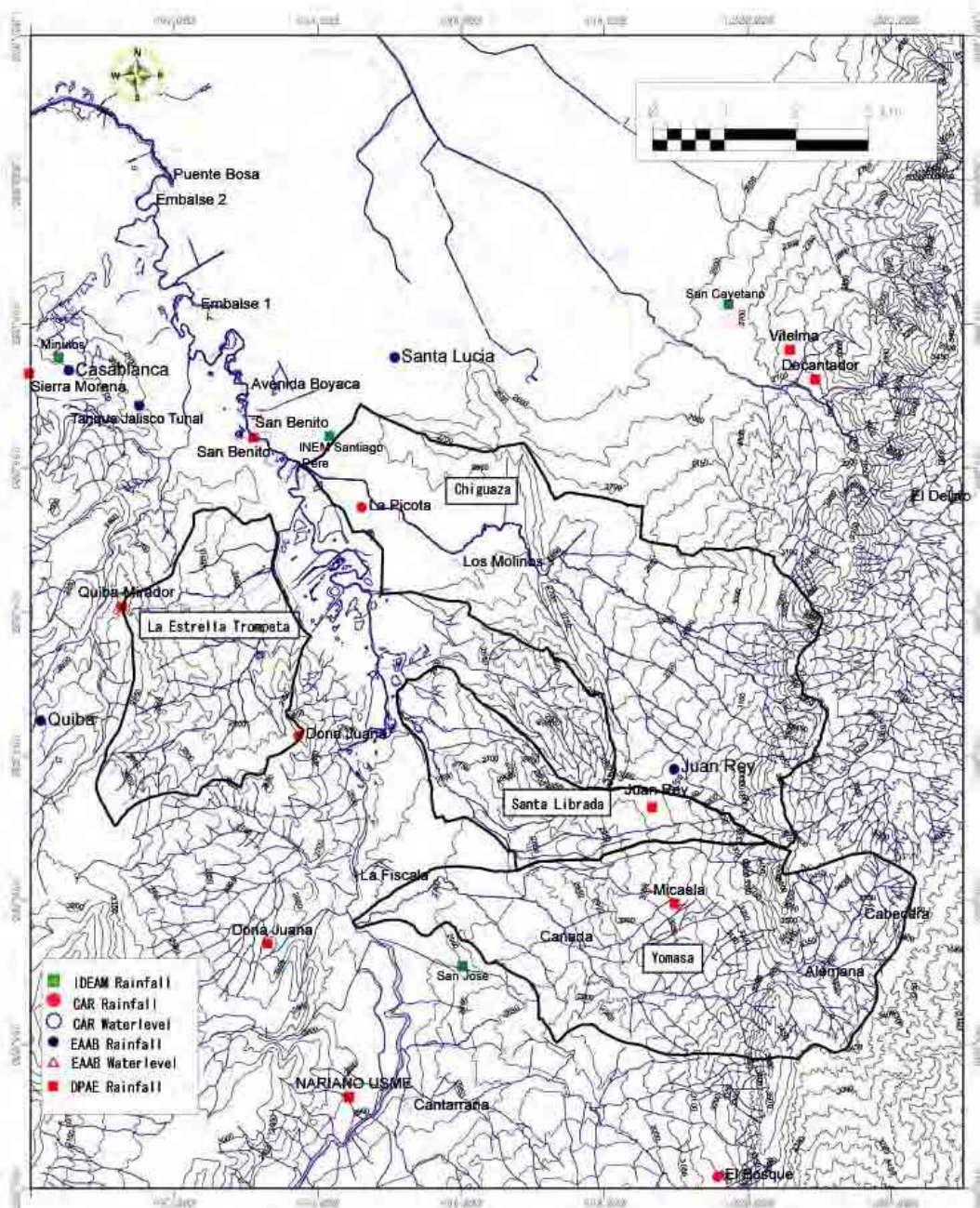


Figura 6-22 Sistema de Monitoreo Existente dentro y alrededor del Área de Estudio (Bogotá)

6.4 Análisis de Inundación y Mapeo

6.4.1 Modelamiento Hidrológico

(1) Curva de Intensidad de la Duración de la Lluvia

La EAAB ha definido un grupo de curva IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) dentro y alrededor del área de Estudio. La Figura 6-23 Zonas Definidas por las curvas IDF por la EAAB muestra las zonas de la EAAB en la cuales las áreas de Estudio están sobrepuestas. En Bogotá, las cuencas de las quebradas Chiguaza, Santa Librada y Yomasa pertenecen a la Zona 7, mientras que las quebradas La Estrella y Trompeta pertenecen a la Zona 4.

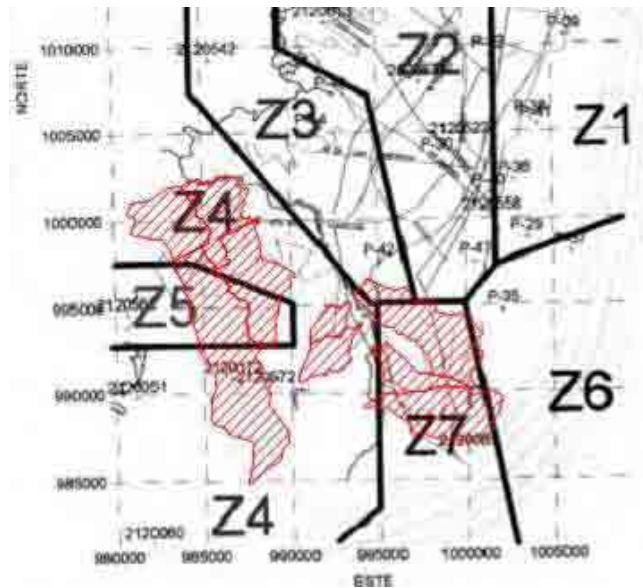


Figura 6-23 Zonas Definidas por las curvas IDF por la EAAB²

Figura 6 - 24 Datos de IDF EAAB en el Área de Estudio en Bogotá son las curvas IDF de la Zona 4 y Zona 7. La lluvia de 60 minutos para un periodo de retorno de 100 años de la Zona 4 y la Zona 7 son solo 42.0 mm 38.3 mm respectivamente.

Zone 4 La Estrella, Trompeta

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	C1	Xo	C2
3	1413.4	13.0	-0.9533
5	1708.3	13.5	-0.9668
10	1716.3	13.5	-0.9424
25	1373.3	14.5	-0.94
50	2117.9	13.5	-0.9345
100	2301.0	13.0	-0.9331

Duration (minutes)							
5	10	15	30	60	120	180	240
68.2	56.9	48.9	34.5	21.9	12.8	9.1	7.1
80.8	67.0	57.3	40.1	25.2	14.5	10.3	7.9
99.6	81.1	68.5	47.0	29.2	16.8	11.9	9.2
121.3	97.9	82.2	55.9	34.4	19.7	14.0	10.8
138.6	110.8	92.5	62.3	38.2	21.9	15.5	12.0
155.1	123.4	102.7	68.8	42.0	24.0	17.0	13.2

Zone 7 Chiguaza, Yomasa, Santa Librada

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	C1	Xo	C2
3	253.2	0.0	-0.8586
5	320	0.0	-0.8638
10	343.7	-2.0	-0.8422
25	525.7	1.0	-0.8337
50	387.4	-5.0	-0.8054
100	435.4	-5.0	-0.8088

Duration (minutes)							
5	10	15	30	60	120	180	240
89.8	56.9	43.6	27.6	17.5	11.1	8.5	7.0
109.9	69.4	53.0	33.5	21.1	13.3	10.2	8.4
169.7	90.4	66.2	40.4	25.3	16.1	12.3	10.2
154.4	102.0	79.0	50.2	31.6	19.8	15.0	12.4
	146.2	96.1	55.2	34.2	21.9	17.0	14.2
	164.0	107.7	61.7	38.3	24.5	19.0	15.9

Figura 6-24 Datos de IDF EAAB en el Área de Estudio en Bogotá³

(2) Lluvia y Modelo de Escorrentía

Hay varios tipos de lluvia y modelos de escorrentía, por ejemplo, el método racional, hidrograma de unidad, modelo de función almacenamiento, etc. Ya que, dentro del Área de Estudio en Bogotá, el tamaño de la cuenca de la quebrada es pequeño y la pendiente del lecho del río es muy empinada (sin función de almacenamiento), y también algunos estudios previos de la EAAB han estado usando el método racional, el método racional es el método más apropiado para las cuatro (4) cuencas de las quebradas.

² Fuente: EAAB-IRH Ingeniería y Recursos Hídricos Ltda., Estudio para el análisis y caracterización de tormentas en la sabana de Bogotá volumen 1 Informe General,1995)

³ fuente: EAAB-IRH Ingeniería y Recursos Hídricos Ltda., Estudio para el análisis y caracterización de tormentas en la sabana de Bogotá volumen 1 Informe General,1995

Método Racional

$$Q = \frac{1}{3.6} C \times I \times A$$

Donde Q: pico de descarga (m³/s), C: coeficiente de escorrentía, I: Intensidad de la lluvia (mm/hr) durante el tiempo de concentración, A: Área de la cuenca (km²).

$$I = C_1 \times (d + X_0)^{C_2}$$

Donde I: Intensidad de la Lluvia (mm/h), d: duración (minutos).

La Figura 6-25 es la sub cuenca de la quebrada Chiguaza definida en este Estudio. La Figura 6-26 es el árbol esquemático del modelo hidrológico de la Chiguaza. Los modelos de las otras 3 quebradas son mostrados en el Reporte Soporte S6.

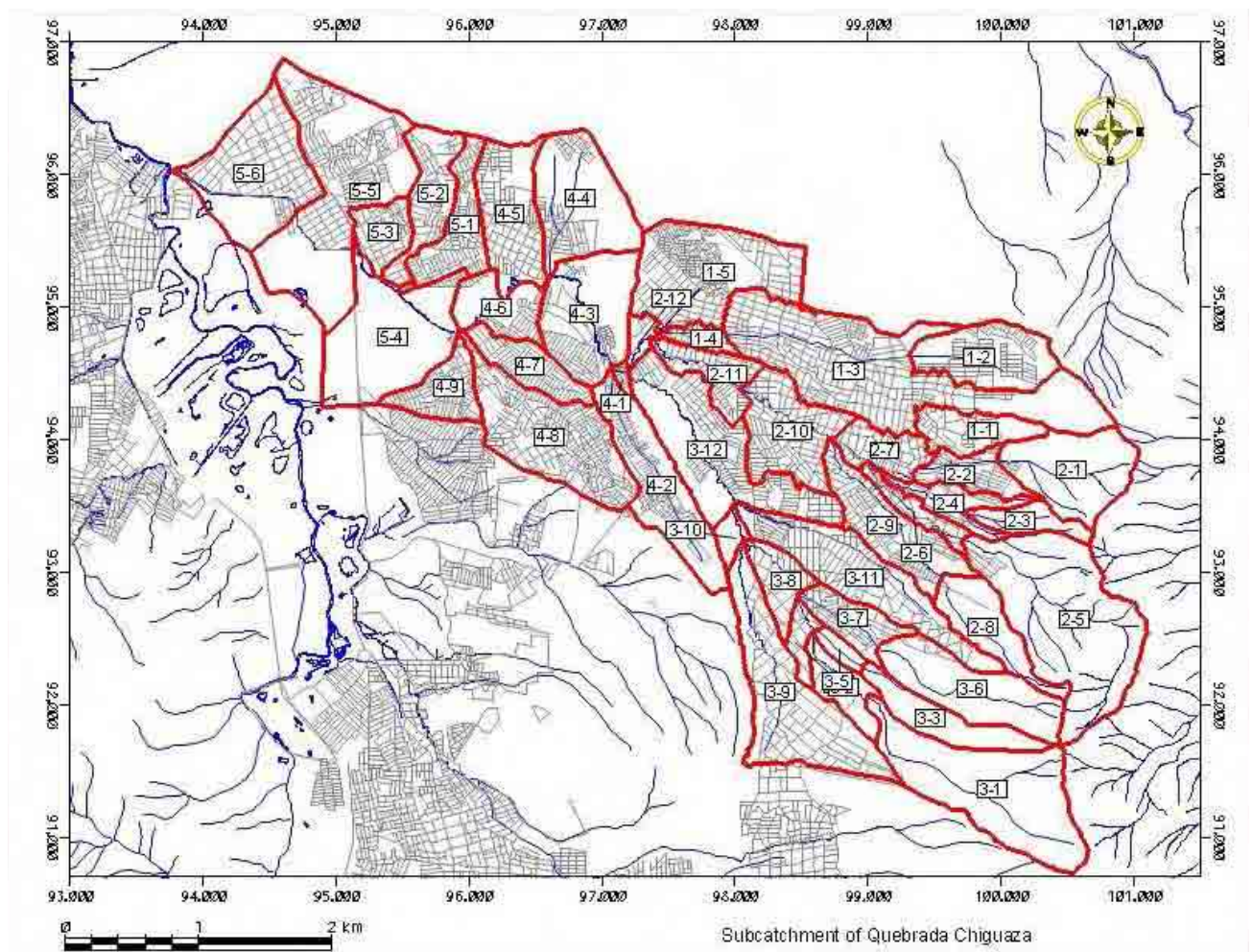


Figura 6-25 Sub Cuenca de la Quebrada Chiguaza

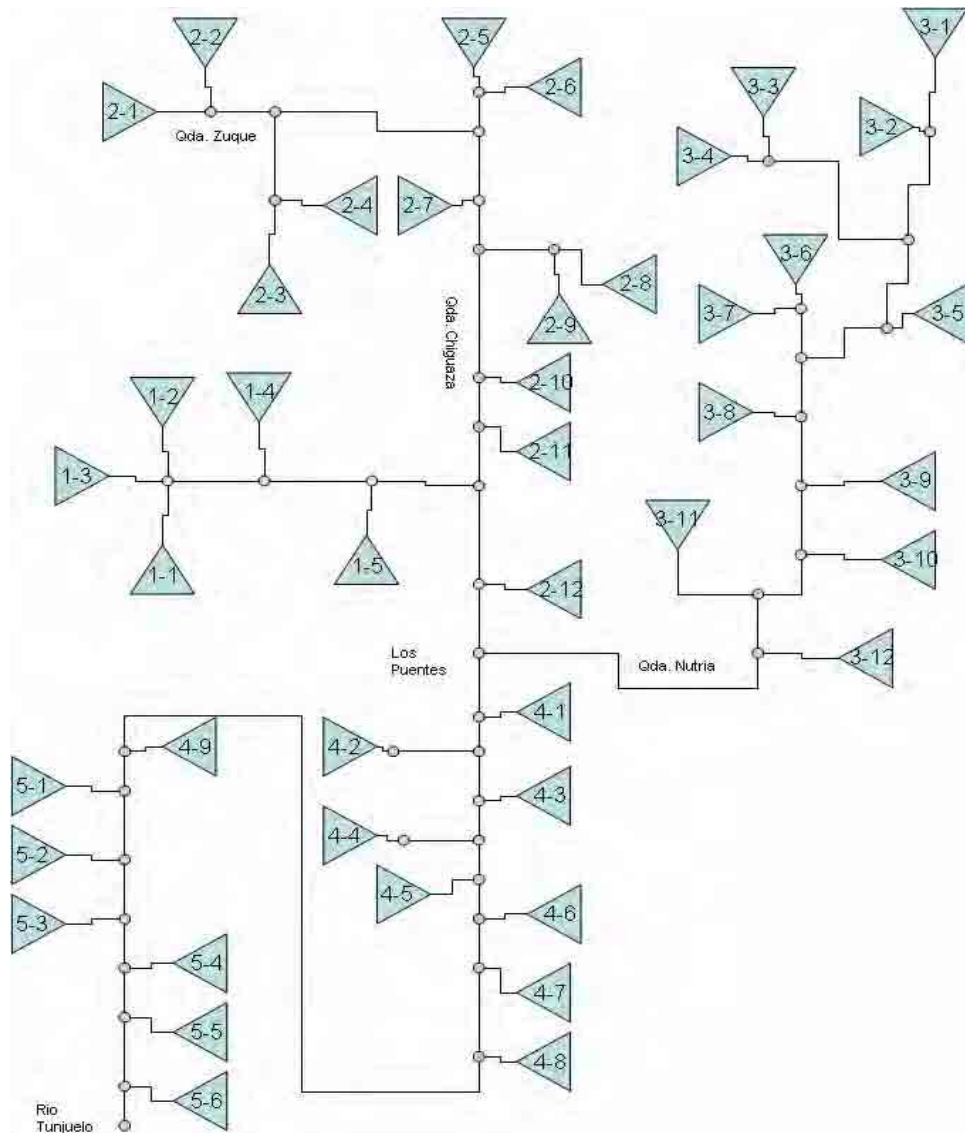


Figura 6-26 Árbol esquemático para el Modelo Hidrológico de la Quebrada Chiguaza

(3) Uso de la tierra (Coeficiente de Escorrentía) por el Método Racional.

El uso de la tierra de cada sub cuenca fue simplemente categorizado como área urbana, industrial y área rural están basadas en el atributo SIG. La fuente de los datos SIG es la oficina de Catastro en Bogotá. Para calcular el coeficiente de escorrentía compuesto, el coeficiente de escorrentía para el área urbana, industrial y rural fueron asumidas en 0.8, 0.5 y 0.3 respectivamente.

Tabula 6-6 y Tabla 6-7 muestran el área urbana, industrial y rural para cada cuenca de quebrada, y el resultante coeficiente compuesto. La Tabla 6-8 muestra el cálculo de descarga por periodo de retorno en la quebrada Chiguaza.

Tabla 6-6 Uso de la tierra y Coeficiente de Escorrentía de la Cuenca de Chiguaza y Santa Librada

Landuse of Chiguaza Creek Catchment

Main subcatchment	Subcatchment name	Urban Area C=0.8	Industrial Park C=0.5	Rural Area C=0.3	Composite Runoff Coefficient
up	1-1	211,929	0	25,359	0.75
up	1-2	-	0	420,988	0.30
up	1-3	1,092,020	0	264,609	0.70
up	1-4	77,113	0	6,203	0.76
up	1-5	539,039	0	220,048	0.66
up	2-1	23,189	0	487,905	0.32
up	2-2	128,158	0	64,000	0.63
up	2-3	31,730	0	119,796	0.40
up	2-4	120,513	0	63,765	0.63
up	2-5	285	0	1,150,097	0.30
up	2-6	50,625	0	72,821	0.51
up	2-7	169,743	0	44,640	0.70
up	2-8	-	0	320,205	0.30
up	2-9	270,115	0	172,679	0.61
up	2-10	420,361	0	55,327	0.74
up	2-11	174,799	0	53,001	0.68
up	2-12	40,132	0	23,341	0.62
up	3-1	-	0	919,023	0.30
up	3-2	59,628	0	128,135	0.46
up	3-3	-	0	289,880	0.30
up	3-4	3,834	0	57,196	0.33
up	3-5	68,893	0	21,712	0.68
up	3-6	29,744	0	509,142	0.33
up	3-7	171,905	0	48,324	0.69
up	3-8	142,407	0	45,901	0.68
up	3-9	560,181	0	222,792	0.66
up	3-10	3,430	0	65,892	0.32
up	3-11	417,238	0	226,193	0.62
up	3-12	481,183	0	315,092	0.60
middle	4-1	10,256	0	13,213	0.52
middle	4-2	93,145	0	454,733	0.39
middle	4-3	296,558	0	281,262	0.56
middle	4-4	210,502	0	378,233	0.48
middle	4-5	440,273	0	24,199	0.77
middle	4-6	215,223	0	42,898	0.72
middle	4-7	234,944	0	3,645	0.79
middle	4-8	632,276	0	95,419	0.73
middle	4-9	232,528	0	2,322	0.80
down	5-1	312,583	0	5,520	0.79
down	5-2	313,512	0	1,815	0.80
down	5-3	179,454	0	3,224	0.79
down	5-4	105,455	0	673,743	0.37
down	5-5	810,805	0	388,429	0.64
down	5-6	463,999	0	250,888	0.62
		9,839,709	0	9,033,607	

Landuse of Santa Librada Creek Catchment

Main subcatchment	Subcatchment name	Urban Area	Industrial Park	Rural Area	Runoff Coefficient
	01	1,801	0	507,496	0.30
	02	352,062	0	198,023	0.62
	03	3,465	0	411,417	0.30
	04	125,180	0	191,899	0.50
	05	97,963	0	59,929	0.61
	06	124,033	0	517,418	0.40
	07	255,904	0	37,070	0.74
	08	527,769	0	6,693	0.79
	09	456,941	0	309,238	0.60
	10	87,941	0	38,339	0.65
	11	166,595	0	237,934	0.51
	12	6,055	0	121,307	0.32
	13	271,539	0	281,768	0.55
		2,477,249	-	2,918,530	

Tabla 6-7 Uso de la Tierra y Coeficiente de Escorrentía de la Cuenca la Estrella y Trompeta

Landuse of Yomasa Creek Catchment

Main subcatchment	Subcatchment name	Urban Area	Industrial Park	Rural Area	Runoff Coefficient
	01	-	0	3,933,717	0.30
	02	-	0	847,675	0.30
	03	-	0	104,285	0.30
	04	12,923	0	498,633	0.31
	05	143,936	0	643,365	0.39
	06	181,319	0	135,784	0.59
	07	-	0	355,020	0.30
	08	-	0	700,586	0.30
	09	25,400	0	389,529	0.33
	10	29,288	0	242,573	0.35
	11	221,632	0	845,854	0.40
	12	210,858	0	303,281	0.51
	13	546,190	0	350,769	0.60
	14	550,068	0	1,464,097	0.44
	15	450,601	0	137,208	0.68
	16	839,799	0	42,907	0.78
	17	1,034,324	0	187,695	0.72
		4,246,336	-	11,182,980	

Landuse of La Estrella Trompeta Creek Catchment

Main subcatchment	Subcatchment name	Urban Area	Industrial Park	Rural Area	Runoff Coefficient
Estrella	E01	236,260	0	25,763	0.75
Estrella	E02	45,634	0	44,075	0.55
Estrella	E03	216,001	0	30,338	0.74
Estrella	E04	438,944	107,022	77,230	0.69
Estrella	E05	303,644	0	112,916	0.66
Estrella	E06	99,007	0	36,231	0.67
Estrella	E07	807,972	0	28,122	0.78
Estrella	E08	337,624	0	-0	0.80
Trompeta	T01	-	239,646	0	0.50
Trompeta	T02	-	166,422	0	0.50
Trompeta	T03	-	138,826	-0	0.50
Trompeta	T04	-	286,632	0	0.50
Trompeta	T05	-	126,361	-0	0.50
Trompeta	T06	-	196,553	-0	0.50
Trompeta	T07	-	437,407	0	0.50
Trompeta	T08	-	579,952	0	0.50
Trompeta	T09	-	92,364	5,528	0.49
Trompeta	T10	15,123	250,886	288	0.52
Trompeta	T11	25,383	99,839	5,920	0.55
Trompeta	T12	2,518	13,834	111,186	0.33
Trompeta	T13	34,906	4,215	6,277	0.70
Trompeta	T14	2,155	8,719	19,352	0.39
Trompeta	T15	-	352,742	3,871	0.50
Trompeta	T16	131,936	1,577	35,949	0.69
Trompeta	T17	-	492,085	9,719	0.50
Trompeta	T18	92,124	61,170	42,050	0.60
Trompeta	T19	132,277	104,582	52,589	0.60
Trompeta	T20	147,444	0	41,349	0.69
Trompeta	T21	146,551	20,210	125,029	0.56
Trompeta	T22	104,578	14,397	82,185	0.57
		3,320,081	3,795,441	895,966	

6.4.2 Capacidad de Flujo del Canal

(1) Metodología

La capacidad de flujo de la sección transversal del río está definida por descarga de agua pasable dentro de ambos bancos en la cota del banco. Usualmente las elevaciones de los bancos izquierdo y derecho son diferentes, de modo que la capacidad de flujo fue evaluada para cada elevación de banco.

Hay varias maneras de calcular la capacidad de flujo para la sección transversal del río. El famoso software hidráulico llamado HECRAS versión 4 fue usado para este análisis. HECRAS ha sido usado ampliamente en el mundo debido a sus características detalladas acerca sobre hidráulica, su uso fácil, y fue desarrollado por Cuerpos de Ingenieros de Estados Unidos de América. Usualmente HEC-RAS es usado para análisis de flujo no- uniforme también como para cómputo de flujo inestable.

HECRAS ha sido usado en DPAAE y EAAB para algunas quebradas en Bogotá. Es benéfico para hacer modelo hidráulico por medio de este software para uso futuro de DPAAE.

Aquí el HEC-RAS fue usado para calcular la transmisión de flujo en elevaciones específicas de los bancos izquierdo y derecho.

Si dada la pendiente del lecho del río, la capacidad de flujo puede ser calculada de la siguiente manera,

$$Q_c = K \times \sqrt{S}$$

K : transmisión (m³/s)

S : Pendiente del río para cálculo de la capacidad de flujo

Q_c : Capacidad de Flujo en m³/s

Culvert/Puente

En el Área de Estudio hay tres (3) tipos de estructura cruzando las quebradas. Estas son puente, caja del culvert y tubo del culvert. Para el puente la fórmula de Manning (flujo uniforme) es aplicada. El coeficiente Manning fue establecido de 0.03 a 0.02 dependiendo de la condición del concreto. Para la caja del culvert y el tubo, se aplicó el concepto de orificio.

La siguiente es la ecuación del concepto de orificio.

$$Q_c = C_d A \sqrt{2g(HW - b/2)}$$

C_d : coeficiente de descarga de orificio (= 0.6)

b : altura del culvert (m)

HW - b/2 : cabeza sobre el culvert medida desde la línea central del barril

Q_c : Capacidad de Flujo en m³/s

(2) Chiguaza

La Figura 6-27 muestra el perfil de la capacidad de la quebrada (bancos izquierdo y derecho) comparándolo con la distribución de descarga probable. Por medio de esta figura, podemos ver los puntos críticos a lo largo de la quebrada. Afortunadamente la quebrada Chiguaza tiene básicamente una capacidad de flujo alta, porque la sección aguas abajo Los Puentes tiene por lo menos una capacidad de periodo de retorno de 20 años.

La quebrada tiene estructuras que cruzan como un Puente y culvert. La Figura 6-27 también indica la capacidad de las estructuras principales que cruzan asumiéndolas sin sedimentación. Estas estructuras tienen suficiente capacidad, sin embargo, el atascamiento debido a la sedimentación y la basura

fácilmente ocurre. En este sentido, los puntos críticos son seleccionados como se muestra en la Tabla 6-9.

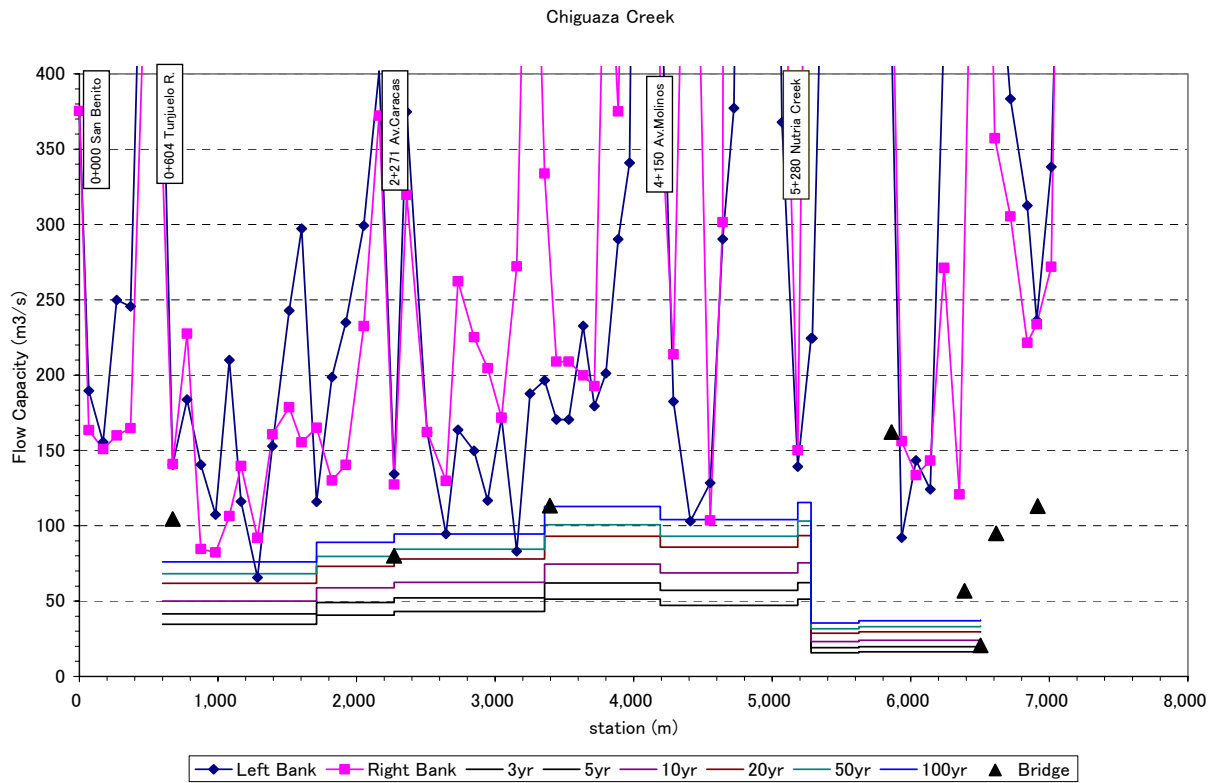


Figura 6-27 Capacidad del Canal y Descarga probable de la Quebrada Chiguaza

Tabla 6-9 Punto Crítico en la Quebrada Chiguaza

Nombre del Área	Estación	Fenómeno Anticipado	Observaciones
Avenida Caracas	2+271	Cuando la sedimentación procede en lado aguas arriba, podría suceder el desbordamiento hacia los alrededores.	Debe ser hecha la remoción de sedimentos aguas arriba del Puente.
Molinos II (Conjunto residencial)	4+723	Topografía de cima de abanico. El desbordamiento debido al obstáculo podría esparcirse hacia el banco izquierdo.	
Los Puentes (Nutria confluencia aguas arriba)	5+450	En términos de alineamiento de la quebrada, el flujo de aguas arriba de la Chiguaza podría golpear el lado del banco derecho.	
CRA3 Este	6+388	Cuando la sedimentación procede del lado aguas arriba, el desbordamiento podría suceder hacia el lado del banco izquierdo.	Mantenimiento del Puente del lado aguas arriba.
(CRA 3B Este)	6+504	Tubo de culvert pequeño, el desbordamiento podría suceder hacia los alrededores.	Mantenimiento del Puente del lado aguas arriba.
La Gloria (CRA 6A Este)	6+916	Cuando la sedimentación procede en el lado aguas arriba, el desbordamiento podría suceder hacia el banco izquierdo.	El Mantenimiento del puente del lado aguas arriba.
Avenida Villavicencio	0+109 (Zuque)	Cuando la sedimentación procede del lado aguas arriba, el desbordamiento podría suceder hacia el lado del banco izquierdo.	El Mantenimiento del puente del lado aguas arriba.

(3) Santa Librada

La Figura 6-28 muestra el perfil de la capacidad de la quebrada (bancos derecho e izquierdo) comparado con descarga probable de distribución de la quebrada Santa Librada. La sección aguas abajo de la Avenida Caracas esta dentro del sitio de cantera. El área alrededor de la Calle 69 Sur es un área de capacidad baja con respecto no solo al Puente y el culvert sino también al mismo tamaño de la quebrada.

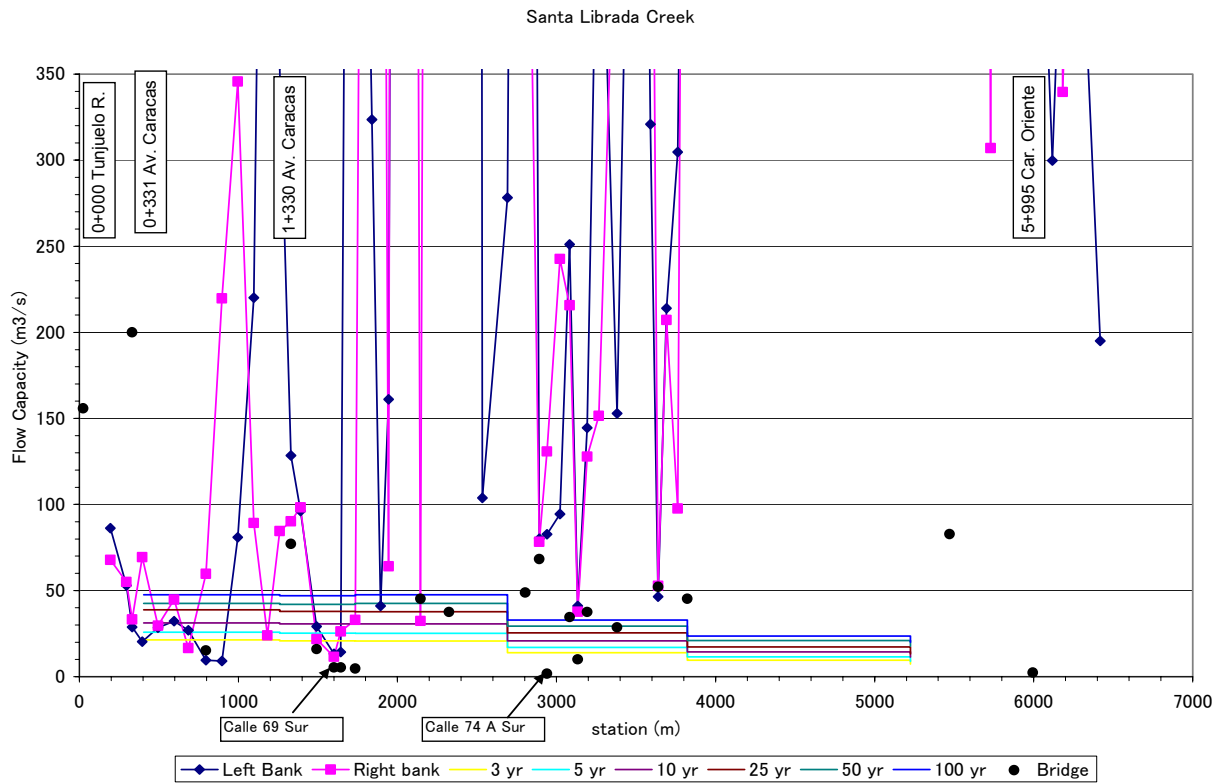


Figura 6-28 Capacidad del Canal y Descarga Probable de la Quebrada Santa Librada

(4) Yomasa

La Figura 6-29 muestra el perfil de la capacidad de la quebrada (bancos izquierdo y derecho) comparando con la descarga probable de distribución de la quebrada Yomasa. Afortunadamente la quebrada Yomasa tiene básicamente una capacidad de flujo alta. También el número de puentes y culvert que podrían volverse críticos es muy poco.

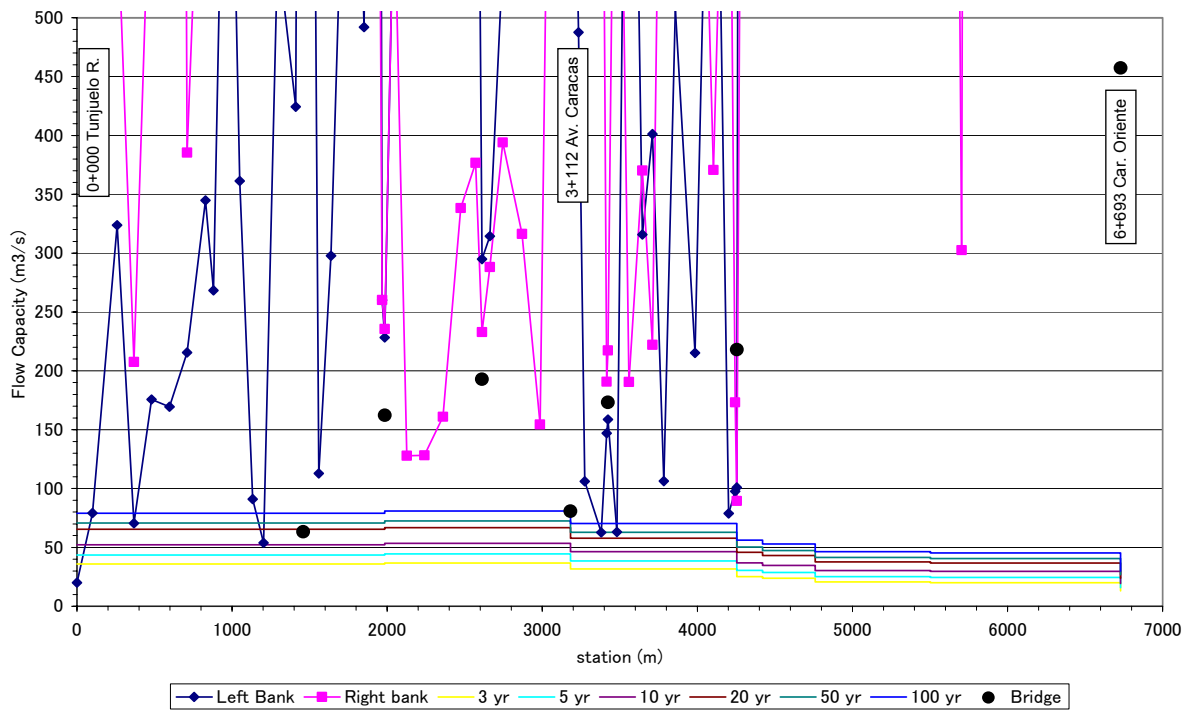


Figura 6-29 Capacidad del Canal y Descarga probable de la Quebrada Yomasa

(5) La Estrella y Trompeta

La Figura 6-30 y la Figura 6-31 muestran el perfil de la capacidad de las quebradas (bancos izquierdo y derecho) comparándolo con la distribución de descarga probable de la quebrada La Estrella y trompeta respectivamente.

En La Estrella, la reservación central de la quebrada en la Avenida Boyacá tiene capacidad pequeña, el periodo de retorno es de menos de tres (3) años.

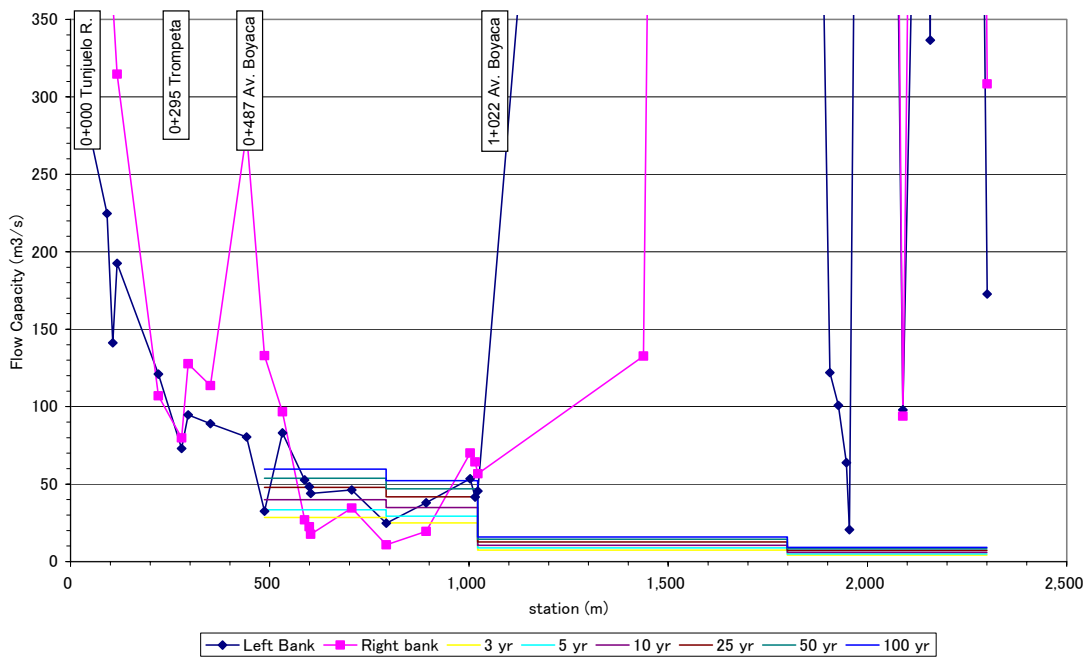


Figura 6-30 Capacidad del Canal y Descarga Probable de la Quebrada La Estrella

En la Trompeta, la sección aguas arriba de la quebrada Infierno tiene comparativamente capacidad pequeña, el periodo de retorno es de menos de tres (3) años.

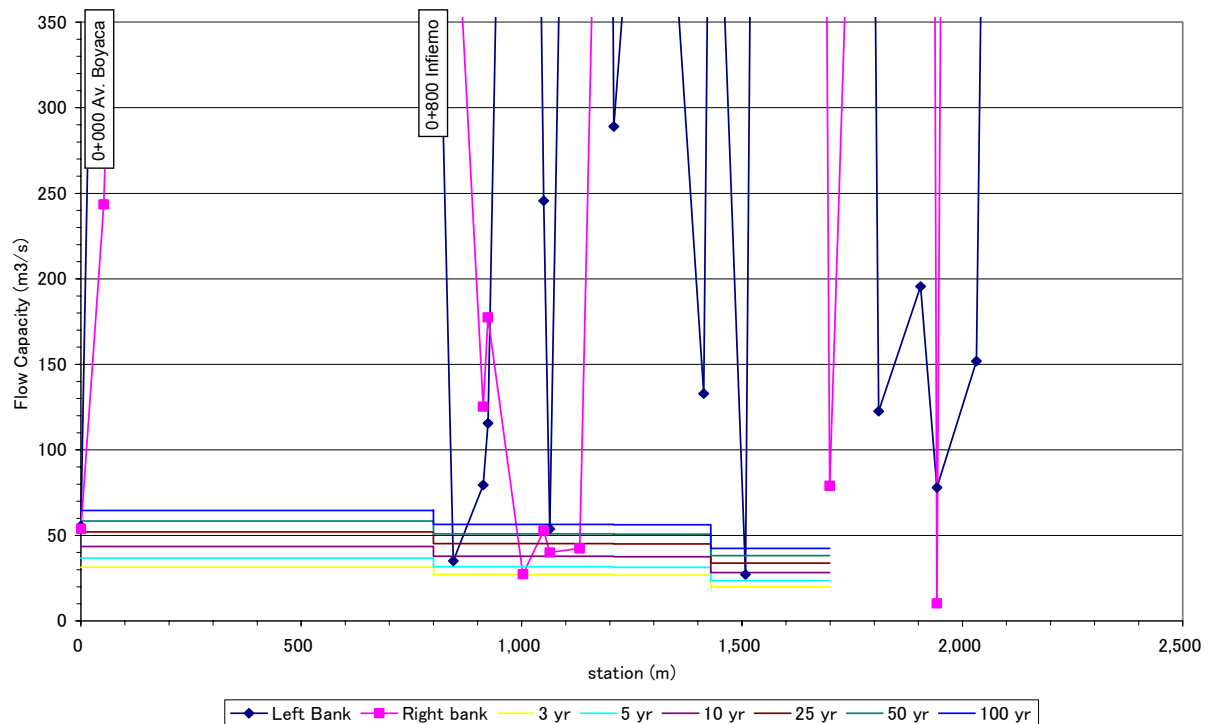


Figura 6-31 Capacidad Del Canal y Descarga probable de la Quebrada Trompeta

6.4.3 Mapeo de Inundaciones

(1) Metodología

En las cuencas objetivo en Bogotá también como en el área de estudio en Soacha, el talud de la quebrada/río es bien empinado y la topografía esta representada por curvas de nivel V-shape, el caudal de inundación es bien unidimensional. Ya que, la energía del talud es bien alta, el concepto de caudal uniforme es apropiado. En la evaluación de la capacidad de caudal de la quebrada (Reporte Soporte S6 Capítulo 1), el cálculo de la capacidad hidráulica ya fue aplicado de acuerdo a la Fórmula Manning.

Para el cálculo unidimensional del perfil de la superficie del agua, se usó HEC-RAS en el Estudio considerando la utilidad, la popularidad mundial, y su libre distribución y los estudios existentes relacionados con el área del Estudio.

El coeficiente de rugosidad Manning es el parámetro más dominante en un cálculo hidráulico unidimensional. Considerando el talud empinado (lecho de la quebrada) grava y bloques en el lecho del río y el pasto en los bancos, el coeficiente de rugosidad fue establecido en 0.040.

(2) Chiguaza

Para la quebrada Chiguaza, el tramo medio hasta el tramo aguas abajo, se realizó un cálculo hidráulico unidimensional usando el modelo HEC-RAS para verificar el área de inundación.

El bosquejo del modelo es el siguiente,

Tramo Modelado: San Benito hasta Los Puentes

Sección Transversal: Levantamiento de sección transversal del Río (Enero 2007) complementado por curvas de nivel de 2m para el llano de inundación de Bogotá

Descarga: Descarga por el método racional en Los Puentes (periodo de retorno de 10 y 25 años, referido en el Reporte Soporte S6 Capítulo 3).

El mapa de inundación para este cálculo se muestra en el libro de Datos 1 Mapa SIG como Mapa del plan de Monitoreo.

La razón por la cual se seleccionó un periodo de 25 años de retorno es la siguiente, el periodo de retorno de la capacidad del canal del tramo aguas abajo esta entre 10 a 25 años si el pico de descarga de Los Puentes es aplicado. El nivel de agua en alerta en la estación Molinos también esta correspondiendo a la descarga de desbordamiento en el tramo aguas abajo. Por lo tanto, la magnitud del mapa de inundación es mejor a la misma magnitud porque la gente que vive allí siente la magnitud de primera mano.

De acuerdo al cálculo del método racional, el pico de descarga está decreciendo desde los Puentes hasta el tramo aguas abajo debido a que el tiempo de concentración de la inundación se está volviendo más largo mientras que el área de captación no está aumentando mucho. Esta clase de asunto teórico debe ser confirmado por medio de los datos de monitoreo en Molinos y el Hoyo después del Estudio.

6.4.4 Mapeo de Avenidas Torrenciales

En las cuencas de las quebradas objetivo no ha ocurrido avenidas torrenciales substanciales como las llamadas flujo de escombros. En este estudio, la foto interpretación área y el levantamiento de la condición de la quebrada, y las visitas a sitio llevadas a cabo frecuentemente. Con respecto a la susceptibilidad de avenidas torrenciales, las fallas de talud recientes y la condición de la quebrada así como la deposición de sedimento en la quebrada y la vegetación en los bancos, y la condición de la quebrada aguas abajo con respecto a la ocurrencia avenidas torrenciales(experiencia) son factores importantes estudiados. Se concluyó que el punto básico de Yomasa (extremo aguas abajo de la Sub-cuenca No 2) debe ser considerado como un punto básico para la consideración de la susceptibilidad de avenidas torrenciales. El tramo aguas arriba del punto básico de la Quebrada Yomasa se asume como restos de sedimento inestable junto con maderas arrastradas. También en la parte alta de la cuenca (sub.-cuenca No 1) se reconocieron muchas nuevas fallas de talud.

La zona amarilla de la Quebrada Yomasa es mostrada en el Libro de Datos 1 mapa SIG. La zona no esta afectada por casas no edificios en este caso.

El volumen de sedimento de escorrentía fue estimado tentativamente como se muestra en el Reporte Soporte S6 Capítulo 4 con la descripción de la metodología detallada. El propósito de la evaluación del volumen de sedimento de escorrentía es, en Japón, por las leyes, el diseñar estructuras de control de sedimento si es factible, y hacer un mapa de zonificación detallado para la reubicación de la zona de peligro.

En la quebrada Yomasa, ya que no hay registro de avenidas torrenciales substanciales en el pasado, el volumen de sedimento estimado debe ser soportado por estudios de balance de sedimentos futuros en otras quebradas para planeación de control de sedimento y zonificación detallada. La recomendación del estudio de balance de sedimento fue descrita en el Reporte Soporte S6, Capitulo 4. La metodología es bien primitiva y necesita permanente investigación de campo, sin embargo, la quebrada Yomasa debe tener sus propios esfuerzos. Ya que, sin esta clase de esfuerzos permanentes, cualquier otra simulación matemática es insignificante.

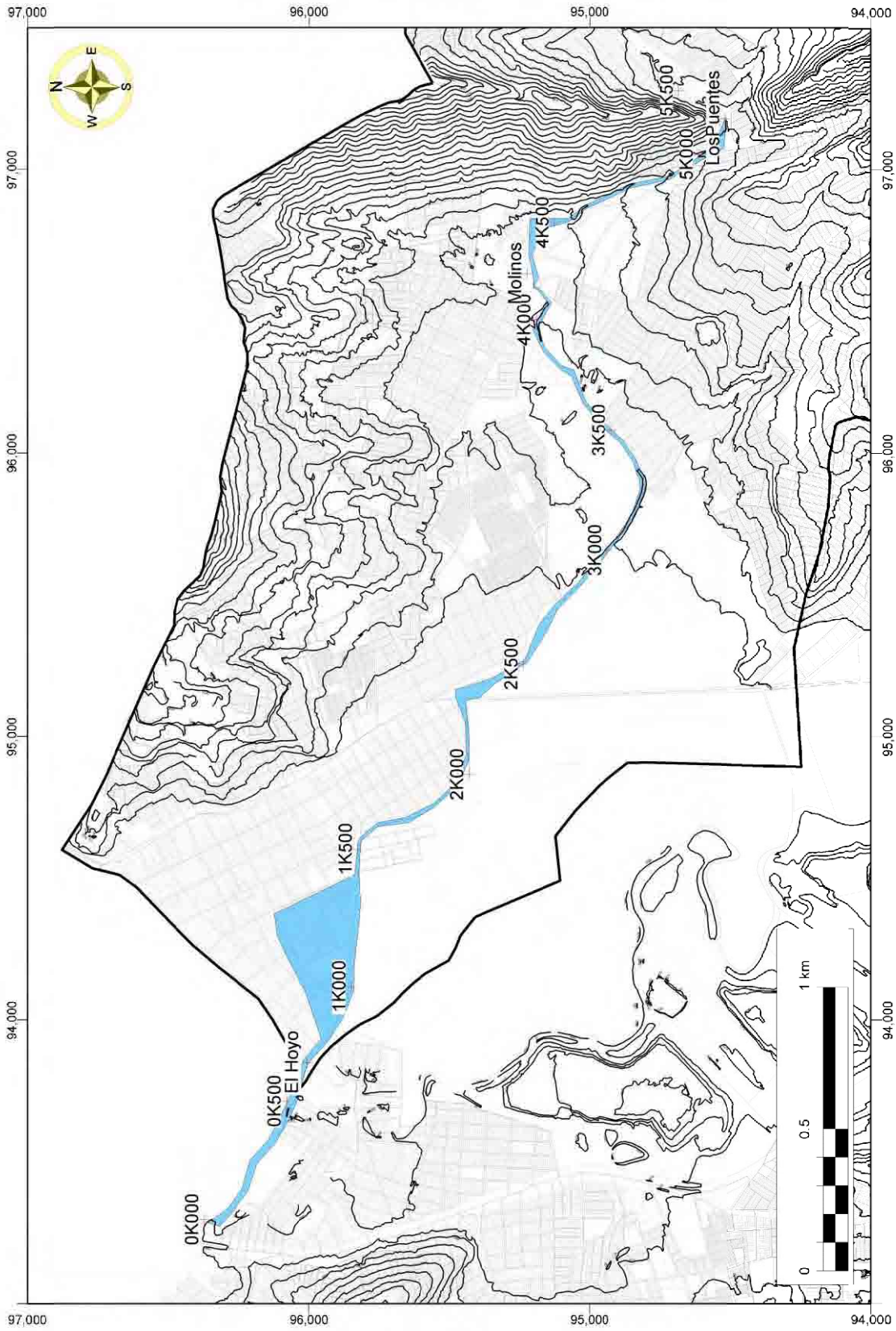


Figura 6-32 Área de Inundación para un Periodo de Retorno de 25 Años en la Quebrada Chiguaza

6.5 Monitoreo y Plan de Alerta Temprana

6.5.1 Introducción

Las quebradas objetivo en Bogotá en el Estudio son cuatro (4) cuencas tributarias del Río Tunjuelo para desastre de inundación. Estas son la Chiguaza, Santa Librada, Yomasa y La Estrella-Trompeta (incluyendo Infierno). Estas quebradas tienen una pendiente empinada tal como cinco (5) a siete (7) grados, lo que podría resultar en la ocurrencia de inundaciones repentinas asociadas con sedimento-cargado de flujo también como inundaciones frecuentes en el área ribereña.

Una de las características significativas en el área de estudio en términos de prevención de desastres es que las medidas estructurales y no-estructurales han sido implementadas por las organizaciones relacionadas dentro y alrededor del área de estudio. Por ejemplo, la EAAB ha estado llevando a cabo estudios de delineación del área de inundación de casi todas las quebradas en el área de estudio para identificar la zona de manejo y preservación ambiental a lo largo de las quebradas.

La DPAAE está llevando a cabo monitoreo hidro-meteorológico y alerta temprana en la cuenca del río Tunjuelo basados en su propio sistema de monitoreo para asegurar la alerta de inundación en la cuenca y para ejecutar la respuesta de emergencia con la coordinación de otras organizaciones relacionadas tales como organizaciones locales, departamentos de bomberos, defensa civil, etc. La DPAAE es la única organización que está a cargo del monitoreo por inundación y sistema de alerta temprana en el Área de Estudio.

En el área de estudio, las responsabilidades acerca de manejo de inundaciones son compartidas entre DPAAE, EAAB y SDA como se muestra en la siguiente Figura 6-33

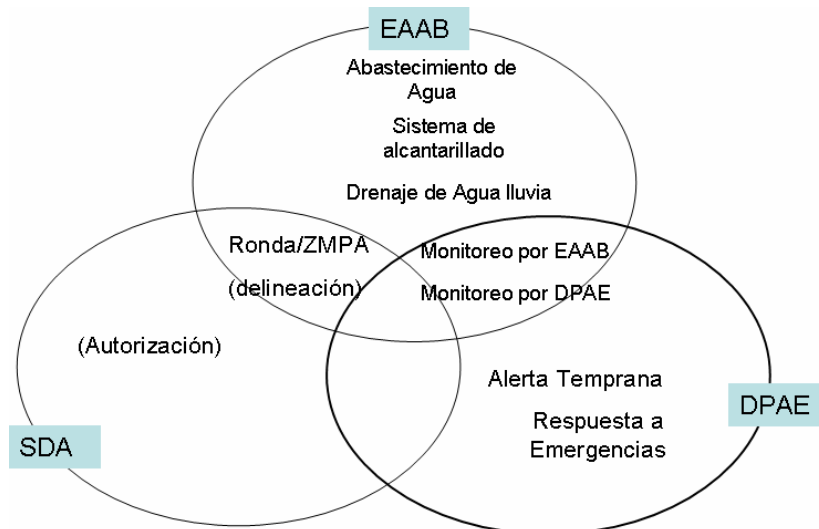


Figura 6-33 Diagrama de Responsabilidad Acerca del Manejo de Inundaciones en Bogotá

El plan de monitoreo y alerta temprana en el Estudio debe ser aquel que realce y extienda la actividad de DPAAE dentro del Área de Estudio.

6.5.2 Principio de Planeación

(1) Objetivo del Sistema de Alerta Temprana y Monitoreo

El plan de monitoreo y sistema de alerta temprana (MEWS) es preparado por DPAAE. El alcance del monitoreo y la alerta temprana debe ser limitado al diseño del monitoreo y el sistema de alerta temprana para corto, mediano y largo plazo para cada área de estudio.

Los objetivos, que son tratados para alcanzar el plan, son;

- Salvar la vida de las personas en el área de estudio en Bogotá
- Mejoramiento de la capacidad de prevención de desastres en DPAE.

(2) Condiciones Básicas

El plan arriba fue preparado con planes a corto, mediano y largo plazo. La definición de corto, mediano y largo es mostrada en la Tabla 6-10. El año objetivo del plan es establecido en 2020, asumiendo que la implementación del plan comienza en 2007 y toma catorce (14) años para la terminación. La razón por la cual se dice que el plan comienza en 2007 es que el(los) proyecto(s) piloto en este Estudio será llevado a cabo como parte del plan propuesto.

El área objetivo del plan es el área de estudio en Bogotá incluyendo la cuenca de la quebrada Chiguaza, la cuenca de la quebrada Santa Librada, la cuenca de la quebrada Yomasa y la cuenca de la quebrada Estrella Trompeta.

Tabla 6-10 Definición de los Planes a Corto, Mediano y Largo Plazo

Plan	Año	Definición
Corto	2007-2008	Es requerido urgentemente y debe ser implementado como proyecto piloto que se volverán la base del plan a mediano y largo plazo.
Medio	2008-2012	Es la extensión del plan a corto plazo para asegurar más las quebradas objetivo.
Largo	2013-2020	Es un sistema totalmente avanzado basado en la experiencia de los planes a corto y mediano plazo.

(3) Principio de Planeación

Para materializar los anteriores objetivos, el Equipo de Estudio propuso los siguientes puntos básicos para la planeación.

- El propósito del plan propuesto es prevenir que las personas en el área afectada previamente sufran del mismo daño por inundación en un futuro cercano, o mitiguen el daño futuro por medio del plan.
- De esta manera, como herramienta para lo anterior, se requieren el monitoreo de las condiciones hidro-meteorológicas por el equipo y la preparación del sistema de alerta temprana basado en el sistema de alerta temprana.
- Por lo tanto, se debe señalar que es bien importante que la gente que debe evacuar en un evento de inundación entienda el significado del sistema de alerta temprana y tomen las acciones necesarias. En este sentido, a menos que la gente entienda la importancia del sistema y pueda hacer uso del sistema realmente, cualquier equipo costoso para el monitoreo y la alerta temprana es insignificante.
- En el contexto anterior, el Equipo de Estudio ha estudiado y discutido que hacer primero en Bogotá para lograr los propósitos del estudio creyendo que la instalación del equipo de monitoreo en el estudio es solo una herramienta.

En general, el sistema de alerta temprana puede ser separado dentro del sistema basado en un monitoreo en tiempo real y el sistema basado en pronóstico climático como se muestra en la Figura 6-34. Debe señalarse que el sistema basado en monitoreo en tiempo real no esta siempre basado en sistema telemétrico, sino también el monitoreo de las personas usando radio y teléfono. El sistema basado en pronóstico climático significa que se hace uso del sistema de radar, análisis de clima numérico. Para emitir la alerta, la habilidad y mejora de la exactitud se requieren poniendo un énfasis fuerte en las inundaciones pasadas. La DPAE ha estado haciendo un sistema de alerta temprana basado en el monitoreo en tiempo real vía sistema telemétrico y teléfono. El Estudio también esta haciendo énfasis en el sistema basado en el monitoreo en tiempo real por las personas.

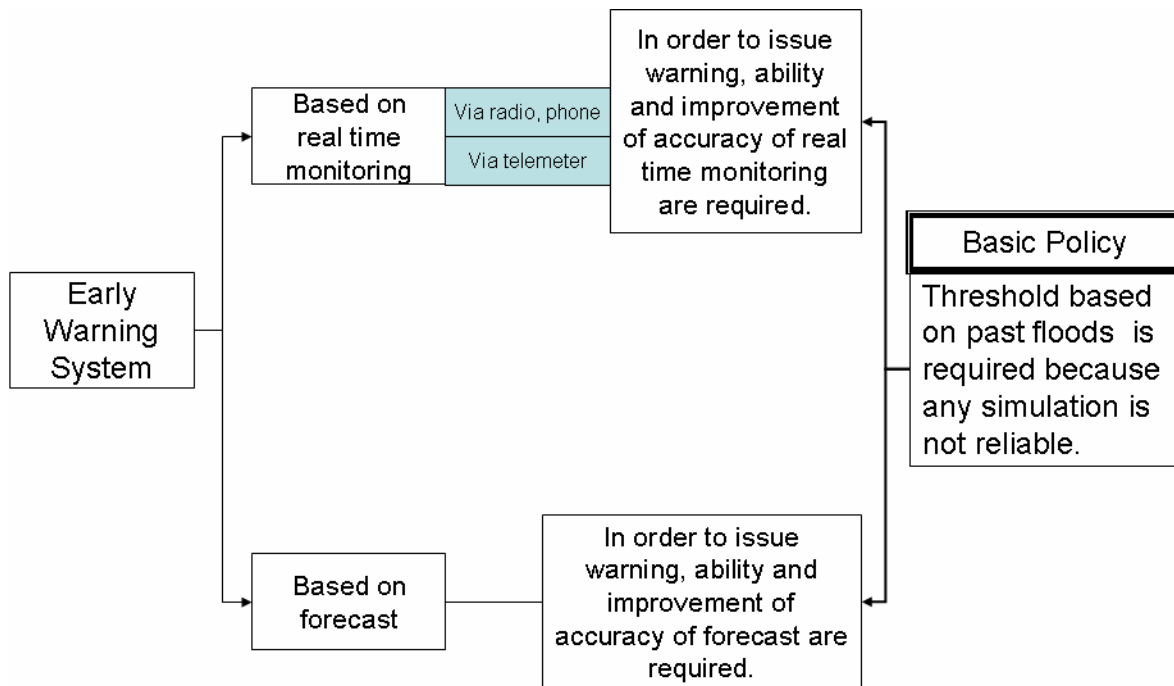


Figura 6-34 Sistema de Alerta Temprana a ser Considerado en DPAAE

El plan es una clase de extensión y adición para el sistema existente con respecto al sistema de monitoreo. El plan propuesto tiene tres (3) soportes principales, monitoreo y sistema de recolección de datos, análisis de datos y evaluación de amenaza, y emisión de alerta.

Se debe notar que del lado Colombiano el plan propuesto en este reporte será revisado basado en la actividad de monitoreo que empezó en Septiembre 2007 y los datos hidrológicos acumulados bajo el liderazgo de la DPAAE.

6.5.3 Sistema de Recolección de Datos y Monitoreo

(1) Plan de Monitoreo

1) Consideraciones para Cada Quebrada

El principio básico para el sistema de monitoreo es el siguiente,

Si hay estaciones existentes (lluvia/nivel de agua) que tengan un registro largo en el pasado, el plan debe considerar el uso de los datos disponibles. Si una estación es suspendida debido a razones como falta de presupuesto, robo, primero se debe considerar que tal estación deba reiniciarse tan pronto sea posible.

- La tecnología avanzada como el sistema telemétrico debe ser instalada después cuando los datos hidrológicos son acumulados para el establecimiento del criterio de alerta temprana. El propósito primario del sistema telemétrico es emitir una alerta “a tiempo” y “exactamente” a las personas afectadas, aquellas quienes deben evacuar con la emisión de la alerta.
- La gente que debe evacuar con la emisión de la alerta es aquella que ya ha entendido la importancia y el significado real de los datos hidrológicos y la alerta emitida tal como en un nivel de agua crítico XX mm y una cantidad de lluvia YY mm en 10 minutos.
- Para permitir a la gente entender la importancia y el significado real de los datos hidrológicos, primero deben ser entrenados para observar los datos hidrológicos tales como la lectura de los limnómetros por ellos mismos.

- Es claro que para establecer un criterio de alerta apropiado, se necesitan un juego de datos hidrológicos (lluvia 7 niveles de agua/descarga). Para obtener tales datos, se debe usar un equipo de medición sencillo por ejemplo un pluviómetro, medidores de nivel de agua automáticos y limnímetros.
- Al Equipo de Estudio le gustaría evitar la instalación de equipo costoso que pudiera ser hurtado.
- El sistema telemétrico(equipo) debe ser instalado cuando este confirmada la necesidad por medio de un estudio hidrológico usando los datos medidos manualmente y el equipo sencillo también se considera necesario que cuando las personas afectadas entiendan la importancia y el significado real de los datos hidrológicos y emitan una alerta más a tiempo y exacta

2) Plan de Monitoreo Total con Prioridad

Entre las cuatro (4) quebradas en el Área de Estudio, el desastre de inundación que causó víctimas sucedió en la cuenca de la Chiguaza en Mayo 1994. De acuerdo a los artículos de periódico de la inundación de Mayo 1994, cuatro (4) personas murieron por la inundación. Se consideró como una de las inundaciones más serias en el Área de Estudio en los registros. En las otras quebradas en el Área de Estudio, tales inundaciones serias no pudieron ser confirmadas por el Equipo de Estudio. Esta es una de las razones principales por las cuales la cuenca de la quebrada Chiguaza fue seleccionada como área de proyecto piloto.

Como primer paso, este fenómeno de inundación ha de ser establecido para la base de la planeación del sistema de alerta temprana.

La Inundación de Mayo 1994 en la cuenca de la Chiguaza puede ser caracterizada por el movimiento de materiales depositados en el lecho del río en la quebrada Zuque la cual esta localizada en la parte más alta de la Chiguaza, el desbordamiento de sedimento a la calle a lo largo del lado derecho de la Chiguaza, debido a la capacidad pequeña del culvert cruzando la Carretera Oriente. También en la mitad del tramo, el desbordamiento de agua a las calles a lo largo del lado izquierdo de la Chiguaza tomó lugar.

En el caso de la Chiguaza, el fenómeno de inundación puede ser clasificado en tres (3) de acuerdo al lecho del río.

Tabla 6-11 Tres (3) Tipos de Inundación en la Quebrada Chiguaza y el Correspondiente Sistema de Alerta Temprana

Tramo de Río	Tunjuelito	Molinos- Los Puentes	Los Puentes aguas arriba
Fenómeno	La inundación Interior por aguas altas de nivel de agua del Río Tunjuelo o la quebrada Chiguaza en si misma.	Desbordamiento de los puntos críticos	Desbordamiento de los puntos críticos.
Alerta Temprana	Alerta para el área de inundación interior basada en el nivel de agua de San Benito	Monitoreo de Lluvia en la estación de Moralba y Juan Rey. Alerta al desbordamiento de la parte media.	Mejoramiento del culvert

Para la parte alta de los Puentes, primero que todo, las medidas de lluvia especialmente las cantidades de corta duración de lluvia debe ser medidas. En el área de la parte alta, actualmente esta la estación Juan Rey (DPAE y EAAB) sin embargo esta lejos de la quebrada Zuque en la cual sucedió la Inundación de Mayo 1994. Para monitorear la lluvia cerca de la quebrada, es necesaria otra estación de lluvia. En este contexto, el área llamada Quindío fue seleccionada como área candidata.

Como se señaló en 6.5.2 (3), las personas que sufrieron de las inundaciones pasadas debe participar de las mediciones hidro-meteorológicas de manera que estas personas deben entender la importancia y el significado del equipo de monitoreo. Así que, a lo largo de la Quebrada Chiguaza fueron consideradas algunas ubicaciones candidatas para el monitoreo manual de nivel agua.

También para un sistema más exacto de alerta temprana en la Chiguaza, es necesario acumular no solo los datos de lluvia sino también las mediciones de nivel de agua para acumular el juego de datos continuos de lluvia y nivel de agua. Ya que, en la Chiguaza no hay estaciones de nivel de agua automáticas en este momento, algunas ubicaciones candidatas para monitoreo de nivel de agua fueron consideradas en la medida que la ubicación no esta afectada por el reflujó de aguas del Río Tunjuelo.

Adicionalmente, los asuntos de seguridad que aseguran el mantenimiento estable y la protección de robo se consideraron.

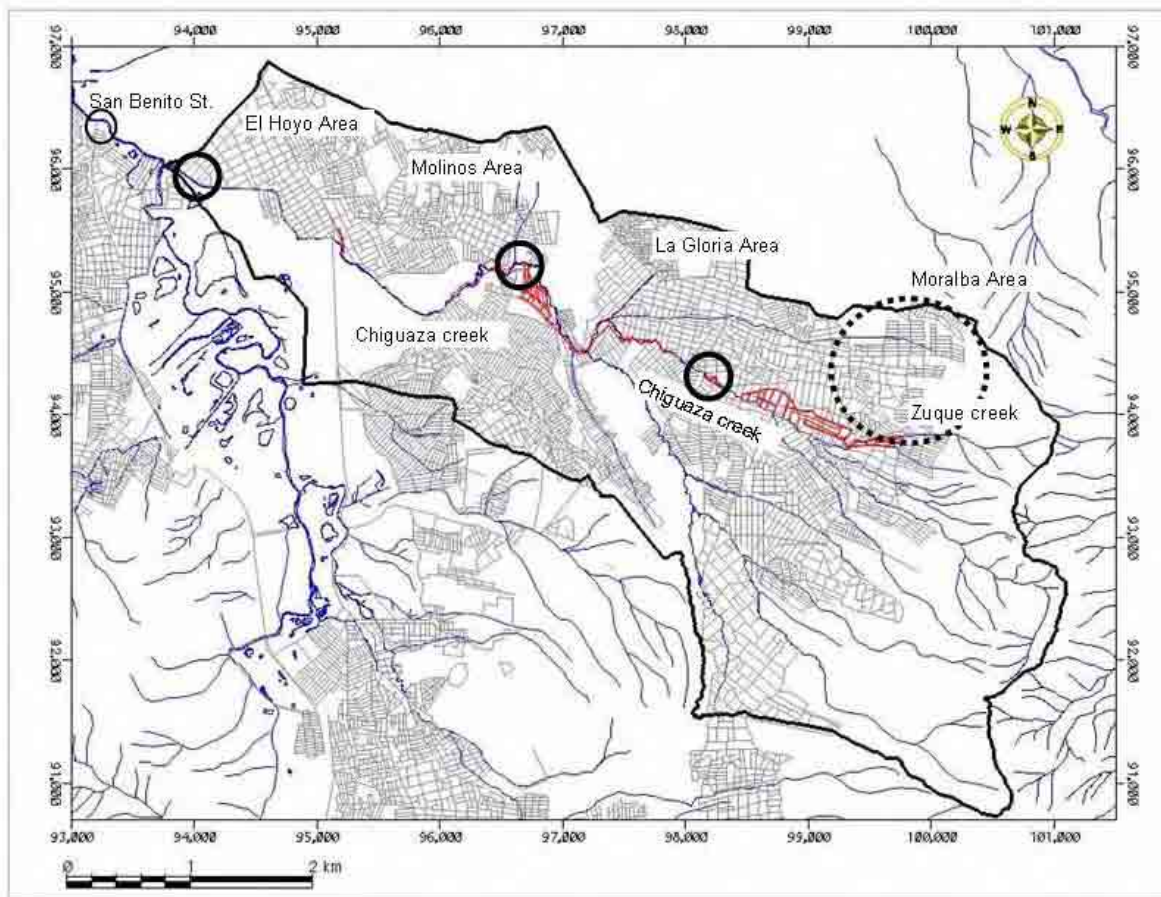


Figura 6-35 Ubicación del Monitoreo y Área Objetivo

La Figura 6-36 muestra la relación entre las áreas objetivo y las estaciones de monitoreo. Para cada área objetivo, se explica la necesidad del monitoreo. Primero que todo, el monitoreo de nivel de agua en La Gloria y Molinos y El Hoyo se deben comenzar en el área en la que la gente fue afectada por la inundación seria pasada. En Mayo 1994, la lluvia de la parte alta de corta duración causó las inundaciones en la parte baja, de manera que el monitoreo de lluvia deber ser comenzado en la parte alta del área afectada. También los propósitos hidrológicos se consideraron en la locación de Molinos, La Gloria y Moralba. La medición en la Gloria es útil para el estudio del tiempo de concentración de la inundación y la medición en Molinos por medio del equipo de registro automático esta suministrando datos de nivel de agua continuos. La medición del registro automático de lluvia dará la lluvia de corta duración en el área alta. En Molinos, ya que esta localizada en una cuenca representativa de la quebrada Chiguaza, la velocidad de la medición debe confirmar la exactitud del pico de descarga de la inundación.

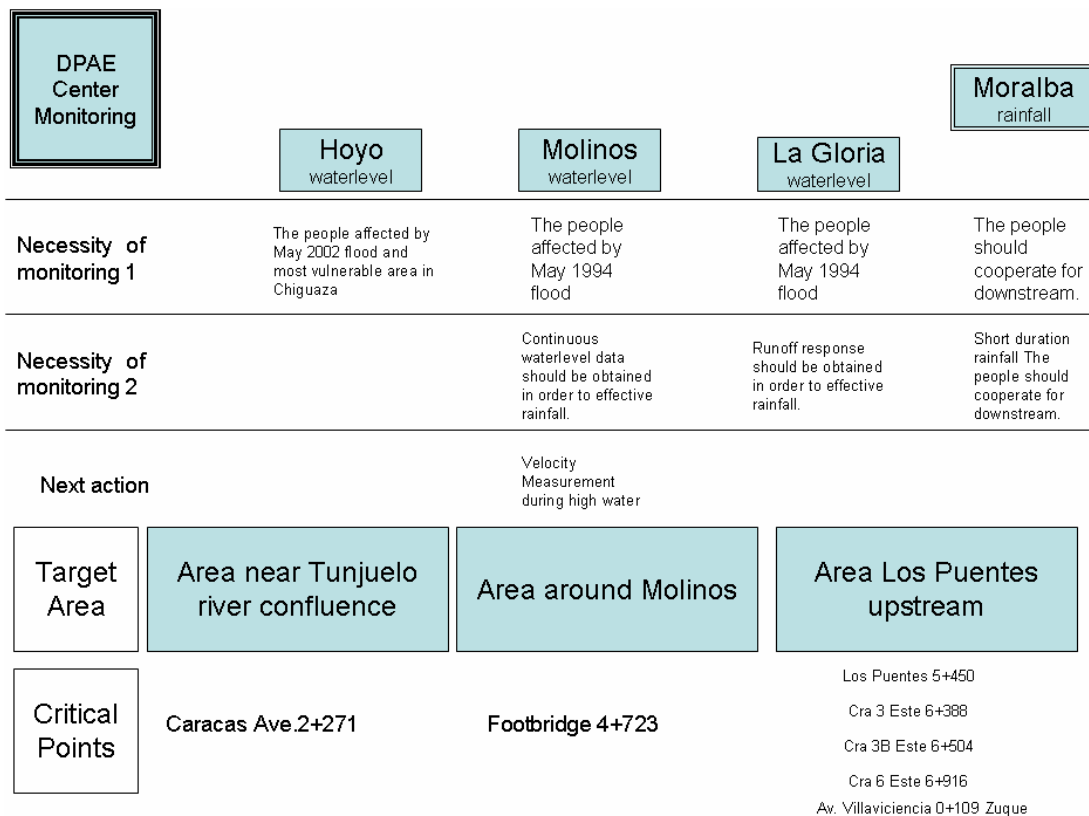


Figura 6-36 Necesidad de Monitoreo y Área Objetivo

(2) Planeación del Sistema de Recolección de Datos

El sistema de recolección de datos propuesto puede ser separado en dos (2) fases, llamadas " Fase de acumulación de datos y entrenamiento de las personas" y "fase de alerta a tiempo y exacta usando tecnología avanzada".

1) Fase de acumulación de Datos y entrenamiento de las personas (Sistema de Recolección de Datos a corto plazo)

Basado en lo anterior, el sistema de monitoreo a corto plazo es el siguiente,

Tabla 6-12 Lista de Estaciones a ser monitoreadas por DPAE (Corto plazo)

Quebrada	Datos	Estación de Monitoreo	Existentes o nuevas	Propósitos
Chiguaza	Lluvia	Juan Rey (DPAE telemétrica)	Existentes	La lluvia de corta duración debe ser monitoreada por DPAE vía telemétrica
		Moralba en la parte alta (tipo automático con monitor y pantalla pequeña)	Nueva	Para complementar los datos de la estación de Juan Rey, han de ser instaladas estaciones de tipo automáticas, la parte alta de Chiguaza (Por ejemplo la quebrada Zuque) Para permitir a las personas observar los datos a tiempo, el equipo debe tener una pantalla pequeña.
Chiguaza	Nivel de Agua	El Hoyo (estación de DPAE en un puente antes de la confluencia de la Chiguaza hacia el Río Tunjuelo)	Existente	Para analizar la respuesta para la descarga de la quebrada Chiguaza en el evento de tormenta en la cuenca de la Chiguaza.
		Mollinos en el puente de la Chiguaza aguas abajo.	Nueva	Para analizar la respuesta para la descarga de la quebrada Chiguaza en el evento de tormenta en la cuenca de la Chiguaza. Para preparar la curva de relación de descarga y nivel de agua, la lluvia y la relación de escorrentía serán estudiadas también la emisión de la alerta a la parte baja basándose en el nivel de agua monitoreado.
		La Gloria (área afectada a lo largo de la parte alta Chiguaza)	Nueva	Permitir a la gente entender la importancia y el significado real de los datos hidrológicos, primero ellos deben ser entrenados en observar los datos hidrológicos así como la lectura de los limnímetros por ellos mismos.

Entre las estaciones arriba, en Moralba y Molinos, se propusieron las estaciones de tipo automático. El equipo de lluvia es de tipo automático con pantalla. Porque en el sistema propuesto es necesario para los observadores leer los datos actuales a través de la pantalla, otros tipos de equipos, por ejemplo, el limnígrafo no es apropiado. El equipo de nivel de agua para el tipo de registro automático es el sensor de tipo ultrasónico. En el Área de Estudio, el curso de la quebrada es fijo y el cambio del nivel de agua es muy rápido. Por lo tanto, se debe recomendar el sensor no a la altura del agua. También, desde el punto de vista económico, y la popularidad en Colombia, se considera que el sensor de tipo ultrasónico es el mejor.

El concepto total para las nuevas estaciones a corto plazo esta descrito en la Tabla 6-13.

Tabla 6-13 Concepto Total para la Ubicación de los Puntos de Monitoreo de la Quebrada Chiguaza

Nombre de la Estación	Área de Cuenca	Punto Básico (Distancia desde el Punto Objetivo)	Item a Monitorear	Motivo	Característica de la Hidráulica o la Cuenca	Tipo de Equipo	Razón para seleccionar el tipo de equipo	Seguridad del Equipo	Persona a cargo del mantenimiento	Capacidad de la persona a cargo del mantenimiento	Otras observaciones
Estación de Lluvia Moralba	-	Tiempo de concentración de la Inundación 65 minutos	10 minutos de lluvia	El periodo de lluvia corto es muy efectivo para la descarga de inundación en la parte baja, de modo que tal lluvia de corta duración debe ser monitoreada.	La lluvia es bien local y la ubicación puede ser suplementaria entre Juan Rey y Vitelma.	Tipo balancín con plataforma colectora de datos teniendo pantalla.	Ya que, el periodo de lluvia corto es monitoreado, se incluyeron de tipo automático y pantalla.	La ubicación es dentro del colegio y el vigilante está trabajando las 24 horas.	Los vigilantes del colegio y los estudiantes.	DPAE esta planeando algunos programas de educación para los vigilantes y los estudiantes	La gente del monitoreo tendrá políticas cooperativas para las personas aguas abajo
La Gloria Estación de Nivel de Agua	3.8 km2	Tiempo de concentración de la Inundación 40 minutos	Nivel de agua	El lugar es donde están viviendo las personas afectadas por la inundación de Mayo 1994.	La ubicación es aguas arriba de la Chiguaza, y la respuesta de la escorrentía por la lluvia aguas arriba debe ser monitoreada.	Limnómetro y detector de nivel de agua sencillo.	La ubicación es de tramo de pendiente empinado, expuesto a las rocas. Por lo menos la respuesta de escorrentía debe ser registrada.	Los residentes locales están bien organizados para vigilar el equipo con la ayuda de DPAE.	Residentes locales(DPAE)	La ubicación fue afectada por la inundación de Mayo 1994, de modo que la conciencia de la gente por el monitoreo es muy alta.	Permitir a la gente conocer el tiempo de respuesta de la inundación por lluvia en la parte alta y la alerta falsa no puede se evitada.
Molinos Estación de Nivel de Agua	13.9 km2	Tiempo de concentración de la Inundación 25 minutos	Nivel de Agua	El lugar es donde están viviendo las personas afectadas por la inundación de Mayo 1994.	El lugar es aguas debajo de la confluencia de los 3 tributarios, de manera que su escorrentía está reflejando la escorrentía total desde la parte alta. Esta es solo la ubicación para predecir la posibilidad de inundación en el área aguas abajo.	Limnómetro	Para establecer el sistema de participación de las personas con el monitoreo de nivel de agua.	Los residentes locales están bien organizados para vigilar el equipo con la ayuda de DPAE.	Residentes locales para los limnómetros(DPAE)	La ubicación fue afectada por la inundación de Mayo 1994, de modo que la conciencia de la gente por el monitoreo es muy alta.	Permitir a la gente saber el tiempo de respuesta de la inundación por lluvia en la parte alta y la alerta falsa no puede se evitada.
			Nivel de agua (continuamente)	El lugar es aguas debajo de la confluencia de las 3 tributarias aguas arriba, de manera que su escorrentía esta reflejando la escorrentía total desde aguas arriba. En este sentido es necesario registrar los datos de nivel de agua continuos para evaluar el mecanismo de escorrentía como lluvia efectiva.	Medidor de nivel de agua de tipo ultrasónico con plataforma colectora de datos teniendo pantalla.	Para evaluar la lluvia efectiva en el futuro, los datos continuos de nivel de agua han de ser almacenados.	La ubicación es dentro del colegio y el vigilante está trabajando las 24 horas.	Los vigilantes del colegio y los estudiantes.	DPAE esta planeando algunos programas de educación para los vigilantes y los estudiantes		

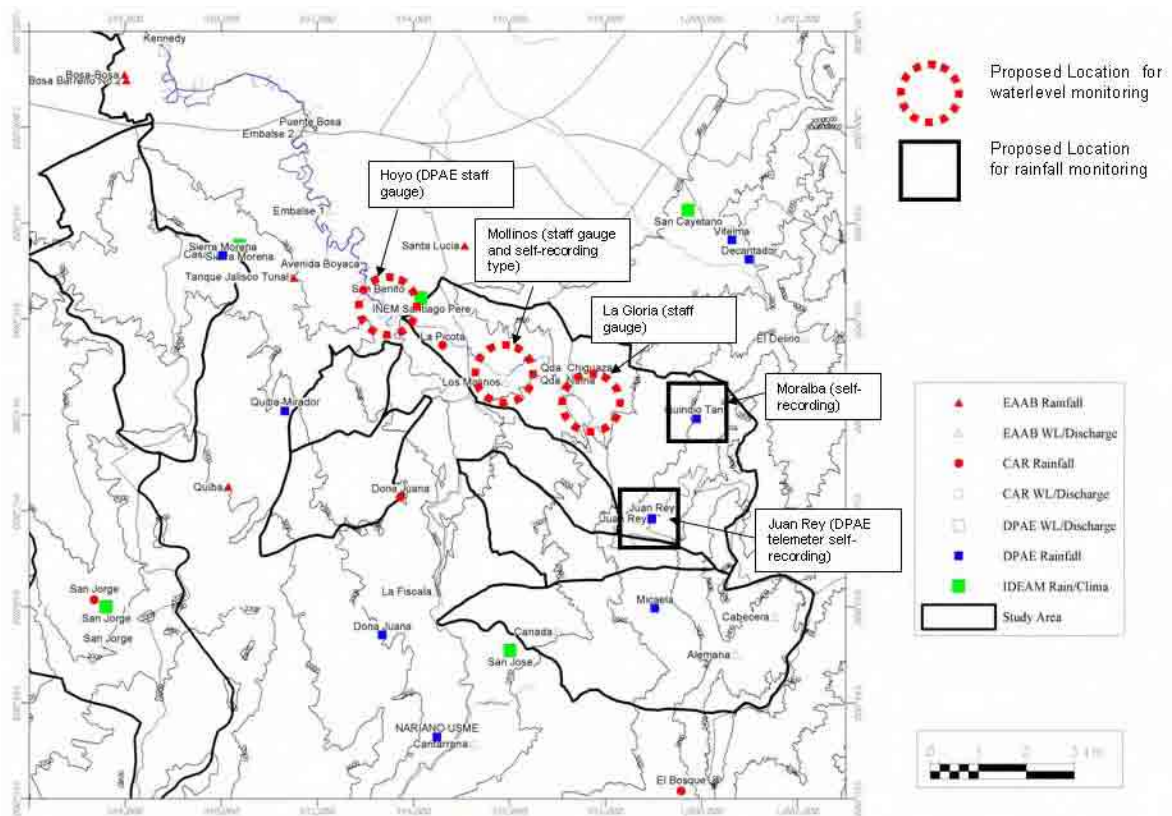


Figura 6-37 Ubicaciones Propuestas para ser Monitoreadas por DPAE (Corto Plazo)

En el caso de Moralba, la correlación de la lluvia cada 10 minutos a tiempo con Juan Rey (DPAE) se debe verificar. Si la lluvia de 10 minutos para nivel de alerta esta tomando lugar simultáneamente en Moralba y en Juan Rey, no se recomienda la actualización de Moralba.

En el caso de Molinos, la correlación de nivel de agua instantánea con el Hoyo durante tiempo de no-inundación del río Tunjuelo se debe verificar. Los puntos a ser verificados son la velocidad del aumento del nivel de agua en Molinos y El Hoyo y el tiempo de concentración de la inundación en esas estaciones.

Con respecto al sistema de recolección de datos para lluvia, debido a que DPAE ya tiene el sistema telemétrico las estaciones nuevas propuestas arriba están asegurando la compatibilidad del sistema con el existente.

2) Una alerta a tiempo y exacta usando la fase de tecnología avanzada (Sistema de Recolección de Datos a Mediano y Largo plazo)

A mediano plazo, el pluviómetro automático instalado en Moralba y el Sensor de nivel de agua automático instalado en Molinos debe ser telemetrizados solo cuando tal actualización sea evaluada como necesaria.

En la quebrada Yomasa, en la parte alta de la cuenca (Aguas arriba la Alemana) hay un flujo de escombros potencial debido a que se reconocieron las deposiciones de sedimentos y fallas de talud recientes. Por lo tanto, la medición de lluvia en la parte alta y la medición de nivel de agua aguas abajo han de ser comenzadas con equipo sencillo como se hace en la quebrada Chiguaza.

A largo plazo, para emitir alerta a tiempo y exacta, la telemetrización de las estaciones convencionales existentes ha de hacerse solo cuando tal actualización sea evaluada como necesaria. También si se evalúa que una medición más precisa de la lluvia local es necesaria en el Área de Estudio, el sistema de radar debe ser considerado en la cuenca del río Tunjuelo.

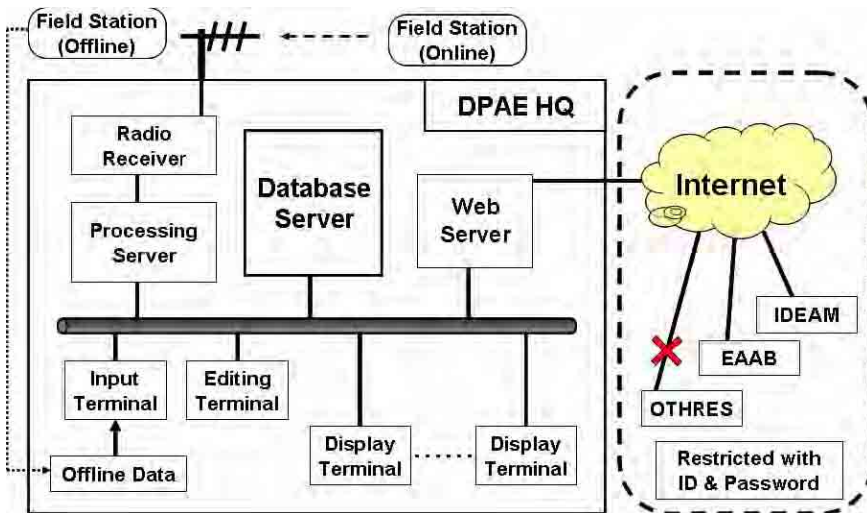


Figura 6-38 Sistema de Monitoreo existente de DPAA

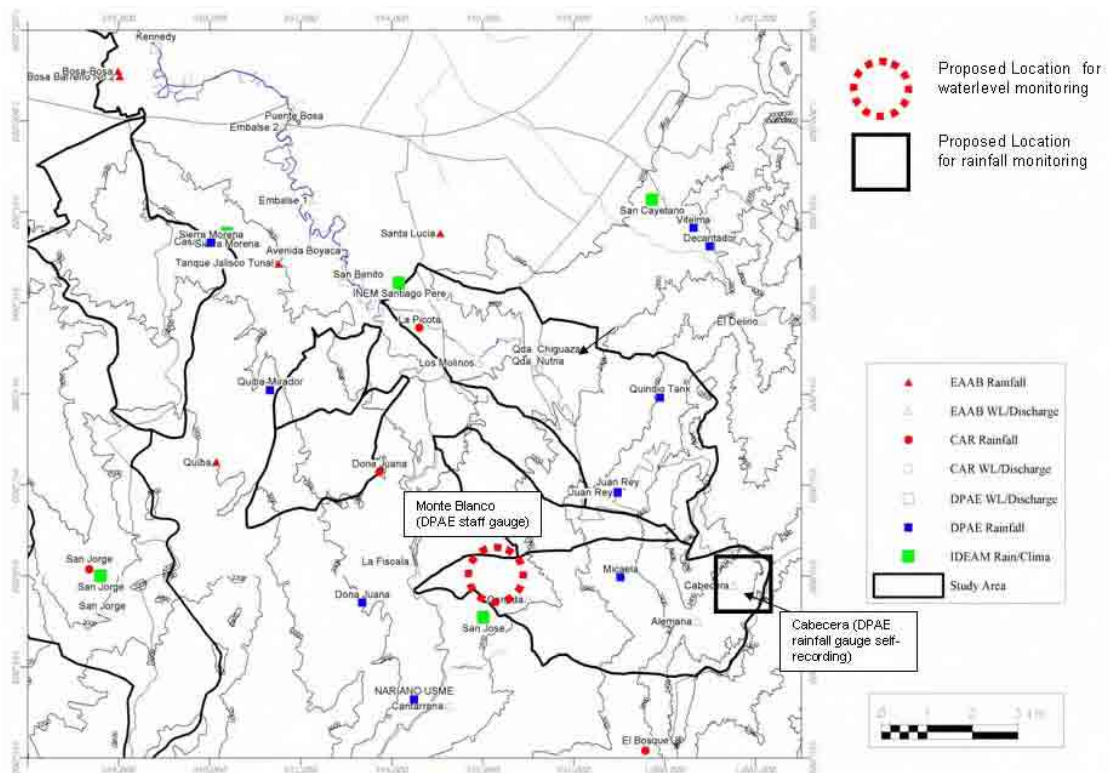


Figura 6-39 Ubicaciones Adicionales Propuestas a ser monitoreadas por la DPAA (Mediano Plazo)

(3) Plan de Monitoreo Detallado para la Quebrada Chiguaza

1) Fase de entrenamiento de las personas y Acumulación de datos (Sistema de Recolección de Datos a Corto Plazo)

Con respecto a la acumulación de datos de lluvia, la estación de Juan Rey de DPAA (telemétrica) y la estación de Moralba instalada en el Estudio JICA puede ser información valiosa que cubre la parte alta de la cuenca de Chiguaza. La estación de Moralba tiene equipo de registro automático (RTU Motorola). El vigilante en el Colegio Moralba registrará los datos de lluvia horarios en la hoja de registro suministrada por DPAA y se los reportará por teléfono. También DPAA bajará los datos de intervalos de 10 minutos de lluvia desde la plataforma colectora de datos dos (2) veces al mes.

Con respecto a los datos de nivel de agua acumulados, La Gloria, Molinos y El Hoyo serán monitoreados por la comunidad tres veces al día en tiempo normal y más frecuentemente durante niveles altos.

La hora del monitoreo del nivel de agua en La Gloria, Molinos y El Hoyo debe ser la misma, por ejemplo, 6AM, 2PM y 10PM como la comunidades acuerden. Con estas horas de monitoreo, las personas pueden entender las condiciones de nivel de agua simultáneamente. Por ejemplo, cuando el nivel de agua en Molinos esta casi a la altura del banco para desbordarse, si la gente en el Hoyo ha estado observando el nivel del agua al mismo tiempo que en Molinos, ellos pueden entender el significado del nivel de agua en Molinos como criterio de alerta.

También cuando se observe lluvia fuerte en Moralba o mediciones en la estación de Juan Rey, si tal información es transferida hacia los puntos aguas abajo como Molinos, La Gloria y El Hoyo, ellos podrían saber cuántos minutos se toman para que las aguas de la inundación lleguen a sus puntos como experiencia propia.

La colaboración mutua entre DPAE y las comunidades incluyendo el colegio es bien indispensable para establecer el sistema de monitoreo.

Al Equipo de Estudio también le gustaría proponer comunicación entre las estaciones, lo que significa que los observadores aguas arriba puedan informar los datos monitoreados a las personas aguas abajo y la gente aguas abajo pueda tomar acción por si misma debido al tiempo de concentración corto. También la conciencia de las personas para la alerta temprana debe ser evaluada por DPAE antes de la instalación de nuevos equipos telemétricos. El criterio de cómo la gente tiene conciencia para el sistema de alerta temprana es la manera en como ellos pueden continuar las actividades de monitoreo diario y como ellos pueden tomar acción como entrenamientos de evacuación basados en los datos provistos por DPAE y los datos monitoreados por las personas.

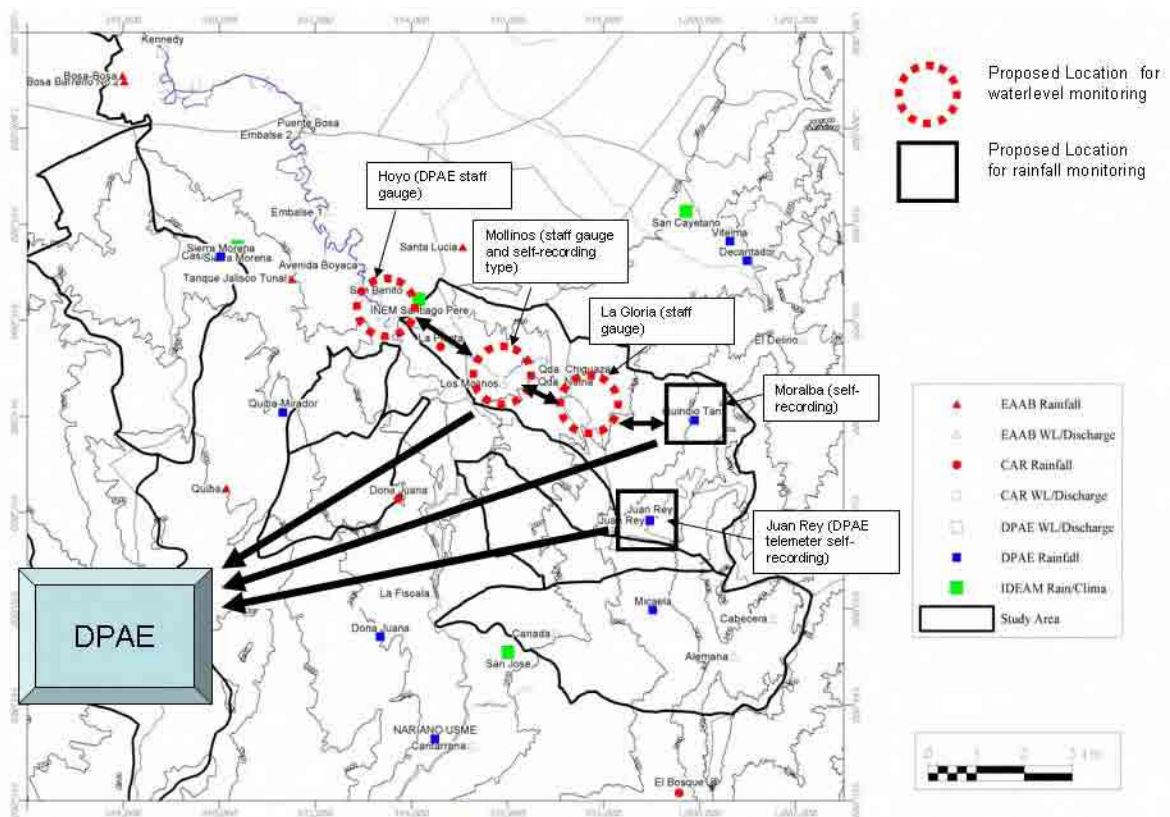


Figura 6-40 Sistema de Recolección de Datos (Fase de entrenamiento de las personas y acumulación de Datos)

2) Alerta exacta y a tiempo usando la fase de tecnología avanzada (Sistema de Recolección de Datos a Mediano y Largo plazo)

La Figura 6-40 es el sistema de recolección de datos propuesto a mediano plazo. La figura esta asumiendo que Molinos (nivel de agua) y La estación Moralba (lluvia) están en línea con el sistema de DPAE.

6.5.4 Criterio de Alerta

(1) Consideración Hidrológica para el Criterio de Alerta

1) Mecanismo de la Escorrentía

Uno de los rasgos hidrológicos a ser clarificado en el área del estudio es la pérdida de lluvia en el proceso de lluvia y escorrentía. Debido a que hay pocos juegos de datos de lluvia y descarga en el área del estudio, obviamente es muy difícil de calibrar el análisis hidrológico. Sin embargo, para emitir una alerta a tiempo y apropiadamente, es necesario hacer esfuerzos para medir los juegos de datos de lluvia y descarga en el área del estudio. Por medio de estas mediciones, se debe clarificar lo siguiente:

- Tiempo de concentración de la inundación
- Pérdida de lluvia(coeficiente de escorrentía)
- Efecto del antecedente de lluvia

El tiempo de concentración de la inundación puede ser aclarado por la acumulación del hietograma de lluvia y el hidrograma de nivel de agua. El hietograma de Moralba y Juan Rey y el hidrograma de nivel de agua en La Gloria, Molinos y El Hoyo deben ser acumulados por DPAE.

El método de evaluación pérdida de lluvia es explicado en la Figura 6-41. La Figura Alta es el hietograma de lluvia y el hidrograma de descarga. Del hidrograma de descarga, la escorrentía directa es separada en el limbo subiente del hidrograma de descarga. Luego la correspondiente profundidad total de lluvia y la profundidad de escorrentía (esta es profundidad de lluvia efectiva), la cual el volumen directo de escorrentía dividido por el área de la Cuenca en la estación de nivel de agua esta ploteada la gráfica X-Y. Si podemos plotear varios puntos en la gráfica X-Y, alguna tendencia es que algunos puntos están posicionados en parte más alta y otros están más bajos. Básicamente, la inclinación de cada punto en la gráfica significa el coeficiente de escorrentía.

Se espera que el coeficiente de escorrentía sea variado por el antecedente de lluvia y el caudal base. En el Área de Estudio, es mejor enfocarse en el caudal base. Si el caudal de base es reflejado por la lluvia antecedente en la parte alta, dependiendo del caudal base (el nivel de agua antes de la tormenta), el correspondiente coeficiente de escorrentía puede ser definido.

La Figura 6-42 presenta el resultado del área urbana de acuerdo a algunas investigaciones en Japón, la razón de la lluvia efectiva a la lluvia total es cercana a la razón de impermeabilidad de la cuenca.

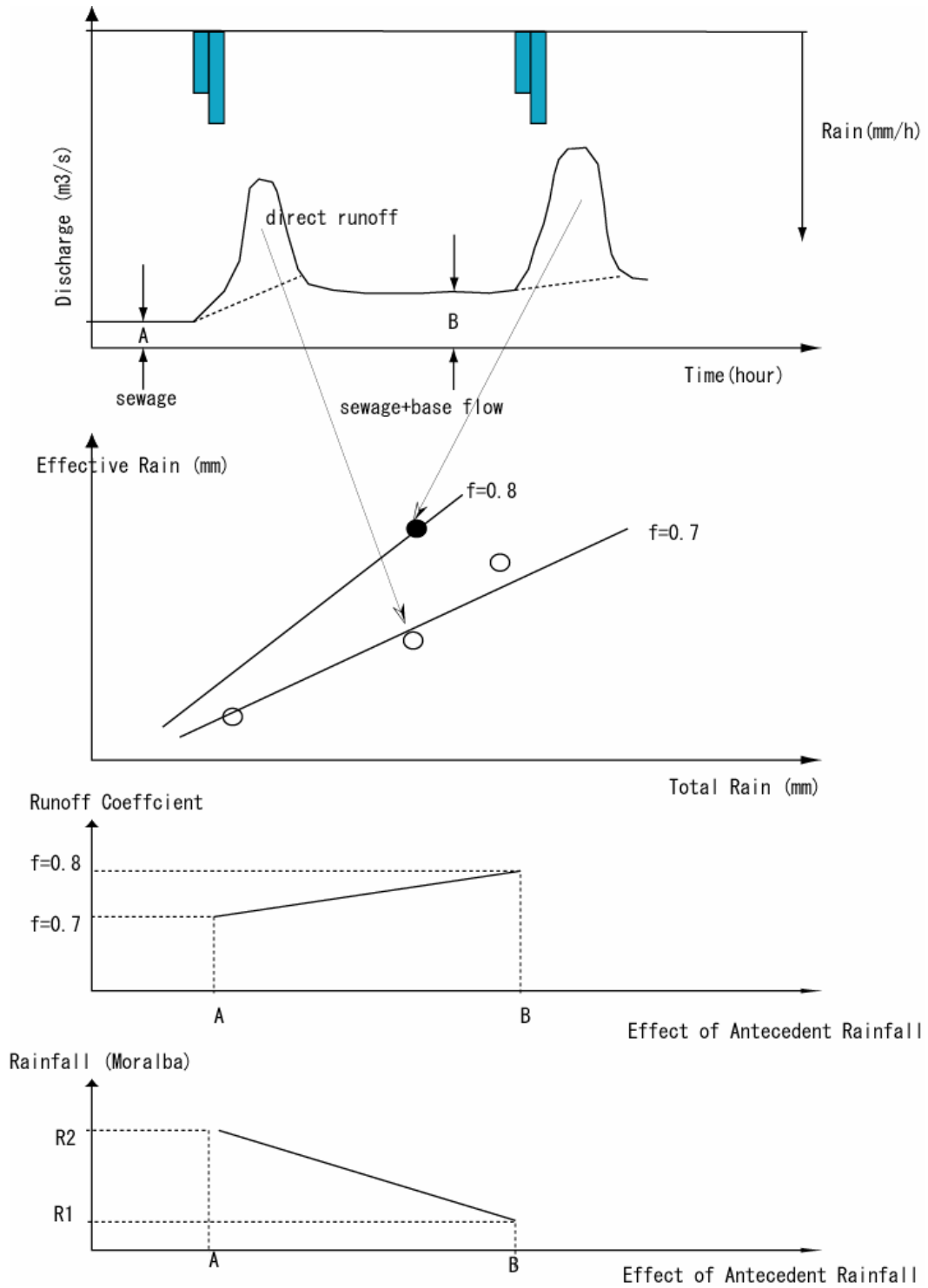


Figura 6-41 Concepto Básico para determinar el Criterio de Lluvia en la Quebrada Chiguaza

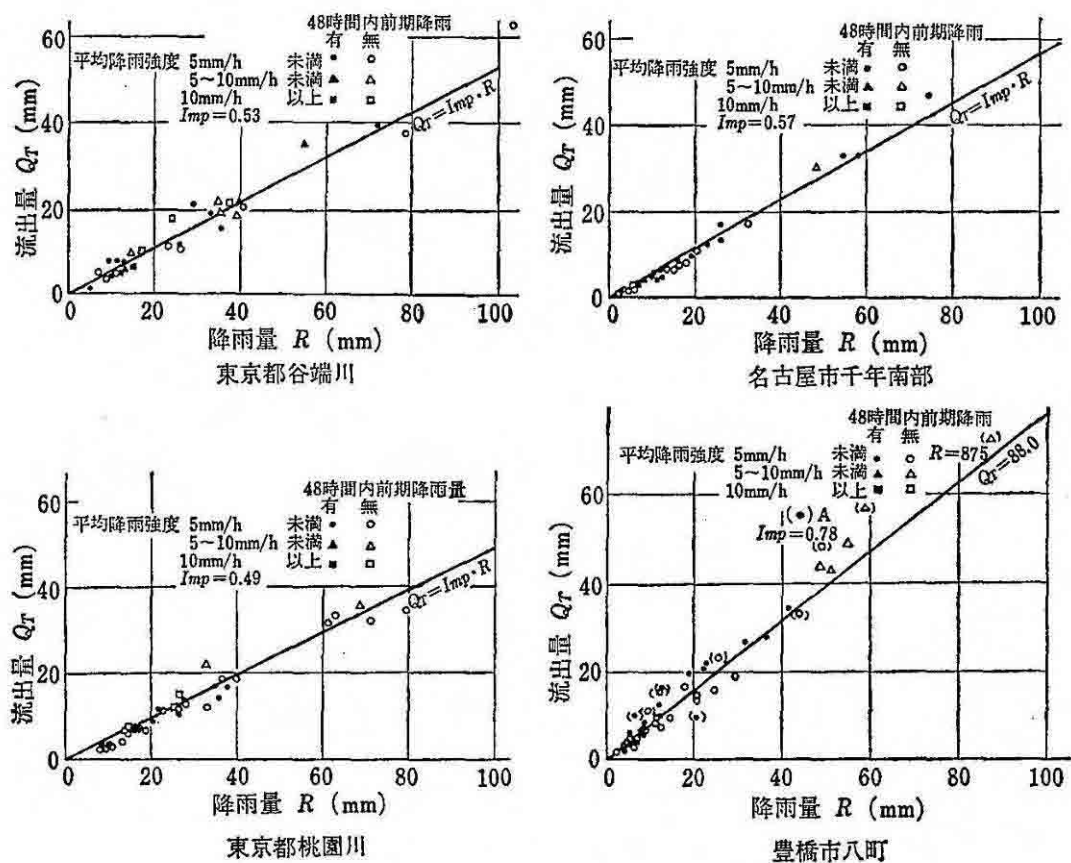


図 9-12 都市流域における雨量と直接流出量の関係¹⁰⁾

(fuente: Okamoto, Engineering Hydrology, Nikkan Kogyo Shinbunsha, 1982 Japanese Book)

Figura 6-42 Relación entre la Lluvia Total y Lluvia Efectiva en el Área Urbana en Japón

2) Medición de Descarga (velocidad) en la Estación Molinos

La Estación Molinos que es un sensor de nivel tipo ultrasónico medirá los datos de nivel de agua continuos.

La relación de nivel de agua y descarga en Molinos es necesaria porque la lluvia y el mecanismo de escorrentía deben ser clarificados para mejorar la exactitud del criterio de alerta temprana. En la estación de Molinos, la medición de descarga puede ser hecha por la medición de velocidad durante las inundaciones.

Método 1: Metros actuales

Método 2: Flotación

En la Chiguaza (Estación Molinos) se recomienda el método flotante. Porque

- El pico de inundación es muy instantáneo. No hay suficiente tiempo para preparar el equipo de medición por medio de los metros actuales.
- En Molinos, hay dos (2) puentes cercanos de los cuales se puede hacer uso del flotador fácil.
- Las personas quienes participaron con la medición del nivel de agua durante el Estudio de JICA o las personas en el Colegio Colombia Viva se espera que estén a cargo de la medición del flotador.

3) Relación de descarga y nivel de Agua en Molinos

El Equipo de Estudio calculó la relación del nivel de agua y la curva de relación de descarga en la Estación Molinos (4+217) por la fórmula Manning. Para este cálculo, los parámetros hidráulicos tales

como el coeficiente Manning y a pendiente del nivel de agua son establecidos como 0.04 y 1:50, respectivamente. Estos parámetros deben ser calibrados por medio de las mediciones de descarga.

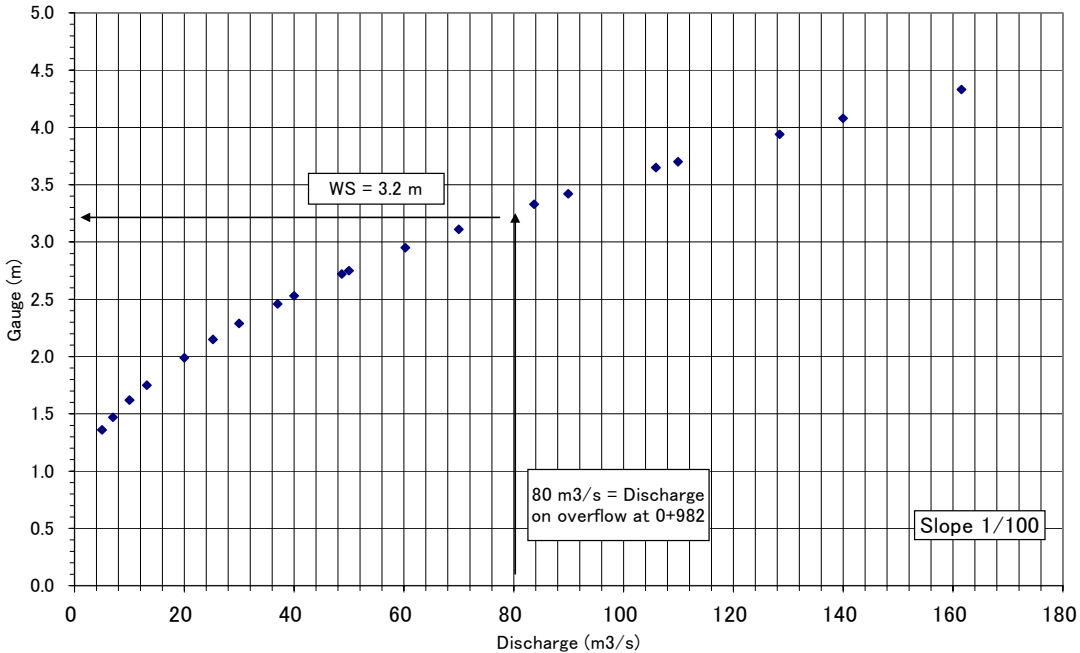


Figura 6-43 Nivel de Agua y Curva de Relación de Descarga en la Estación de Molinos (4+217)(0+060)

Ya que el tamaño de la cuenca es pequeño Y la quebrada es pendiente, el tiempo de concentración de la inundación se espera que sea muy corto. Clarificando el tiempo de concentración de la inundación y la pérdida de lluvia, los parámetros del análisis hidrológico pueden ser revisados.

DPAE va a tener un modelo hidráulico para el ramo aguas abajo del Embalse Cantarrana para la alerta temprana para el área a lo largo del afluente principal del Río Tunjuelo. El modelo debe tener la entrada de la descarga de cada cuenca de cada tributario; Chiguaza, Yomasa, Santa Librada y La Estrella-El Infierno, y otros residuales.

(2) Susceptibilidad / Evaluación de la Amenaza

1) Inundación

El mapa de inundación para los periodos de retorno de 10 y 25 años hecho por el Equipo de Estudio es la base de la alerta temprana en el Área de Estudio. La Chiguaza, al área del proyecto piloto se le elaboró un mapa en la escala 1:2,000

La EAAB ha estado implementando trabajos de mejoramiento del canal en Chiguaza, de modo que la DPAE debe recibir el último reporte de tales trabajos periódicamente para tener la última información.

2) Inundación repentina

Hay una posibilidad de ocurrencia de flujo de escombros en el área del estudio, especialmente en las quebradas Chiguaza, Yomasa y Trompeta de acuerdo a los estudios geológicos en el Estudio. En el área de estudio, el mapa de zonificación del flujo de escombros (la zona amarilla) se preparó por el Equipo del Estudio. La metodología de la zonificación del flujo de escombros en el método japonés.

El Equipo del Estudio preparó la zona amarilla basada en el método anterior para el Área del Estudio trabajando en las líneas de contorno de 1 m a 10 m como se muestra en el libro de Datos del Borrador del Reporte Final. La metodología es bien determinativa, sin embargo, no se apoya por los eventos de

flujo de ruinas históricos en el Área del Estudio. En este sentido, el mapa de la zona amarilla debe ser tratado como referencia

(3) Criterio de Alerta

1) General

En el curso de la discusión entre DPAE y el Equipo de Estudio, DPAE ya ha querido monitorear los datos telemétricos establecidos en la oficina central (Edificio DPAE) y tomar una decisión para emitir una alerta a las organizaciones relacionadas paralelo al sistema de alerta temprano basado en las comunidades. Este sistema se ha establecido en el sistema de alerta temprana del Río de Tunjuelo y se ha solicitado en la quebrada Limas en Bogotá.

Sin embargo, considerando el tamaño de la cuenca y el talud empinado de las quebradas en el área de estudio, se desea que el sistema de monitoreo basado en la es requerido, por ejemplo, en la parte superior de una quebrada, el nivel de agua ha de ser monitoreado por una persona local y si el nivel de agua excede un cierto nivel la persona debe informar la condición a la comunidad aguas abajo así como a las oficinas centrales de DPAE. Podría decirse que este sistema es práctico si se considera que el tiempo de concentración de la inundación es corto.

Realmente la lluvia y el proceso de escorrentía son bastante complicados aún en una cuenca pequeña como en el Área del Estudio. La distribución de lluvia espacial y temporal, las lluvias antecedentes son factores significantes que afectan el proceso. Cualquier criterio de alerta tiene incertidumbre en términos de parámetros hidrológicos. En el Área del Estudio, primero usando la metodología convencional tal como abajo han de ser aplicadas mientras que el juego de los datos es acumulado, en un futuro cercano se puede hacer un mejoramiento al criterio de alerta.

2) Criterio de Nivel de Agua

En la Chiguaza, la sección más crítica se considera como 0+982. La sección transversal de 0+982 se muestra en Figura 6-44. En el banco derecho, cuando la elevación del nivel de agua es 2,558.3 m, ocurrirá la inundación. En ese momento la descarga en esta sección puede ser asumida como 80 m³/s según el nivel de agua y la curva de relación de descarga (Figura 6-45)

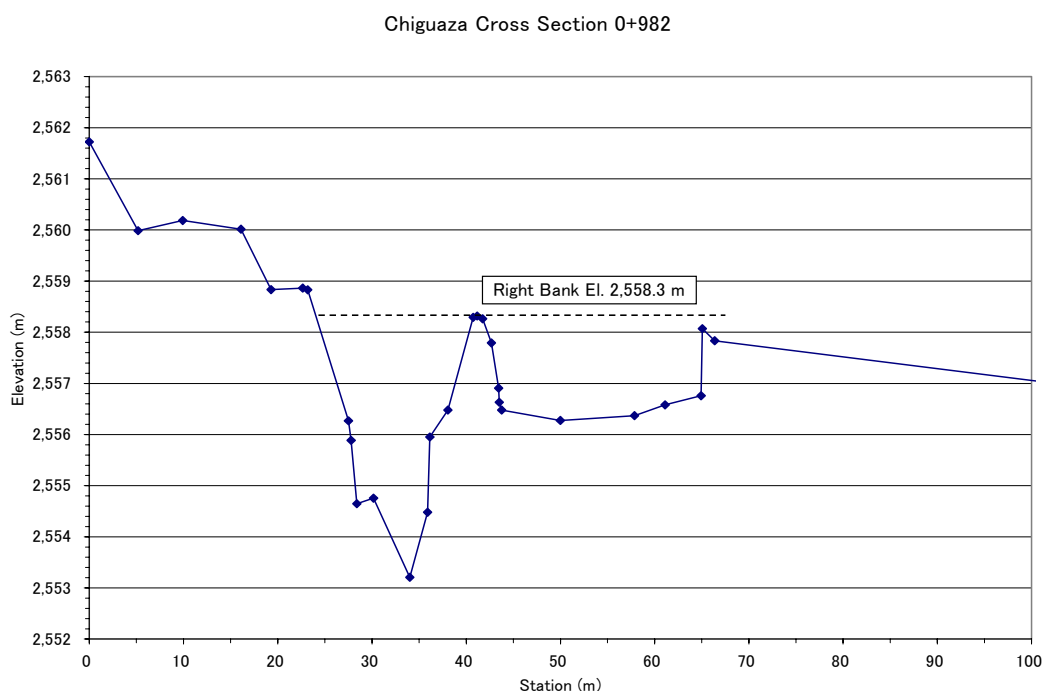


Figura 6-44 Sección Transversal y Nivel de Desbordamiento de la Sección Crítica (0+982)

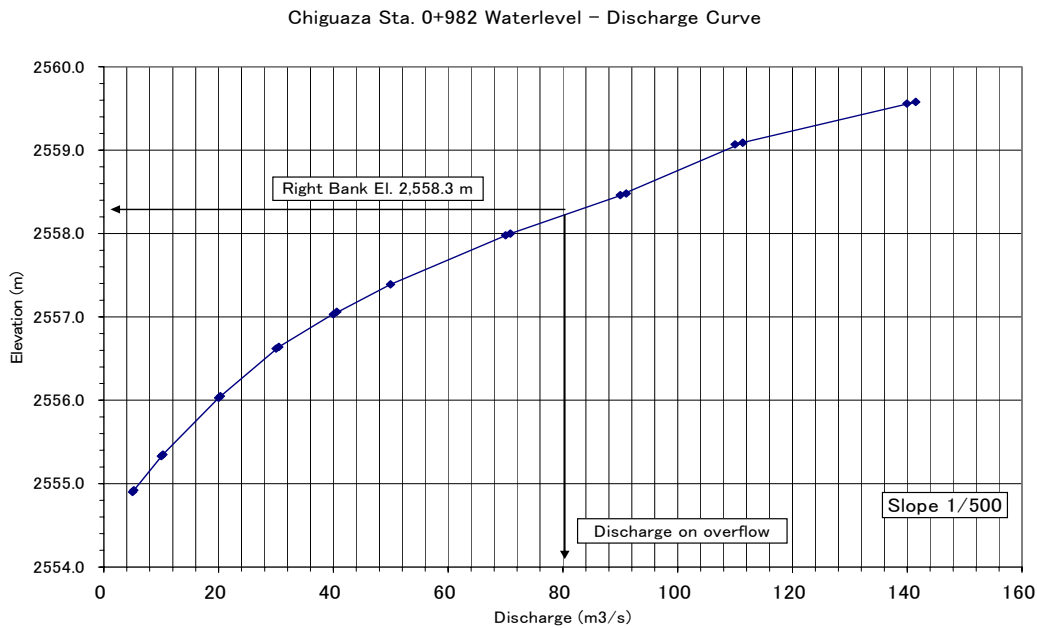


Figura 6-45 Nivel de Agua y Curva de Descarga (0+982)

3) Criterio de Lluvia

a) Alerta General

El Capítulo 4 de este reporte principal muestra que en la Chiguaza, 53 % de los incidentes de “inundación” ocurrieron en el tiempo cuando la lluvia (La Picota o Juan Rey) excede 10 mm (diarios). En otras quebradas, la lluvia diaria correspondiente al criterio anterior es mayor de 10 mm. Tentativamente, el siguiente criterio ha de ser establecido para el Área de Estudio.

Alerta General	Lluvia Diaria 10 mm para las cuatro (4) quebradas.
----------------	--

b) Chiguaza Cuenca Media

De acuerdo al análisis de escorrentía en la Chiguaza, la capacidad de flujo del punto crítico en el tramo de Molinos esta correspondiendo a un periodo de retorno de diez (10) años. En los Puentes, el periodo de retorno de 10 años es de 43 mm/h por 27 minutos, lo que significa que la cantidad de lluvia es de 19.4mm por 30 minutos. Tentativamente, el siguiente criterio está establecido para la corriente media.

Alerta	10 minutos lluvia 6 mm
Advertencia	30 minutos lluvia 20 mm

La Figura 6-46 muestra el momento de emitir la alerta y la advertencia durante 30 minutos. El tiempo de alerta es propuesto como 6 mm por 10 minutos, sin embargo, la distribución de la lluvia después de 10 minutos no puede ser estimada en el tiempo cuando se observaron los 6mm en los primeros 10 minutos. Como sea la advertencia debe ser emitida cuando la lluvia acumulada alcance 20 mm dentro de 30 minutos. Por lo tanto después de que la alerta es emitida, la lluvia debe ser monitoreada continuamente.

Para referencia, la frecuencia de 6 mm por 10 minutos en Juan Rey (DPAE) en Feb.2 hasta Octubre 10 en 2007 es como sigue,

Fecha y Hora	10 minutos de lluvia	30 minutos de lluvia
2007/2/14 17:00	7 mm	13.2 mm
2007/4/7 4:00	9 mm	13.8 mm
2007/4/21 22:00	6.2 mm	15.2 mm

2007/7/16 21:00	9 mm	11.7 mm
2007/10/7 21:00	8 mm	13.1 mm

En el periodo anterior, no ocurrieron los 20 mm por 30 minutos.

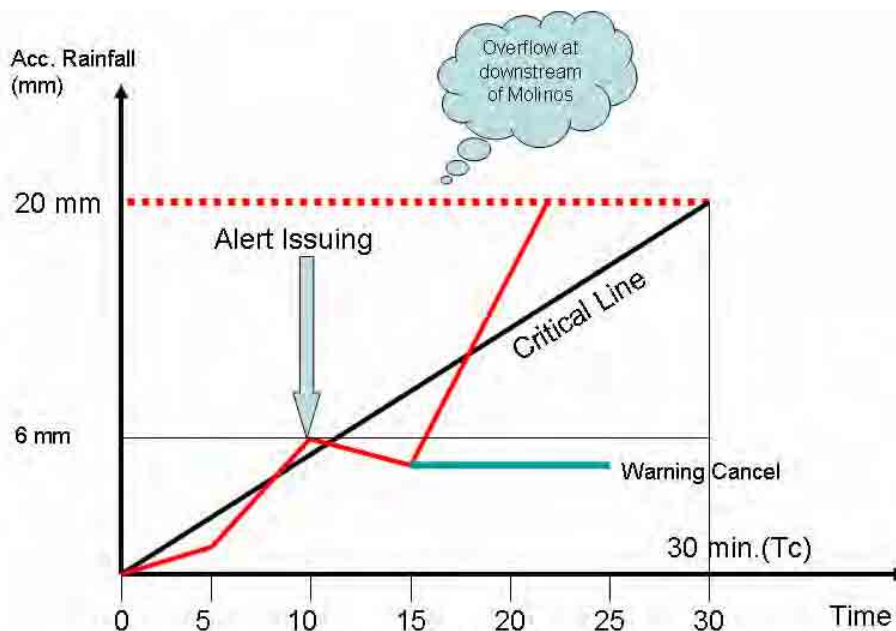


Figura 6-46 Tiempo de Emisión de la Alerta y la Advertencia

c) Chiguaza corriente alta

En la corriente alta de la Chiguaza, en el presente no es posible que ocurra una avenida torrencial substancial (asociada con el movimiento de sedimento inestable del lecho de la quebrada). Sin embargo, de ahora en adelante, si el depósito de sedimento en la quebrada se vuelve eminente, es necesario vigilar si un fenómeno similar al de Mayo 19, 1994 en la quebrada Zuque va a suceder en la Chiguaza.

A corto plazo se recomienda lo siguiente,

- Monitorear la condición de la quebrada para verificar si hay nuevos depósitos de sedimento sobre la quebrada.
- Verificar la estructura de la sección transversal que pueda ser obstruida por el escombros, basura (Tabla 6-8)
- Cuando la condición de arriba empeora, el escombros y la basura se deben sacar por medio de entidades relacionadas con la Chiguaza.
- La condición de lluvia en Mayo 1994 como la de abajo debe estar establecida como nivel de vigilancia. En este nivel de vigilancia, el fenómeno de escorrentía debe ser verificado por entidades relacionadas con la quebrada Chiguaza junto con las condiciones aguas arriba.

Vigilancia	15 días de lluvia 80 mm y lluvia diaria de 23 mm en las estaciones de Juan Rey o Moralba.
------------	---

6.6 Programa de Implementación

El programa de implementación entre 2007 y 2020 se muestra en la Figura 6-47 El costo también se estima en EE.UU. \$.

El Año 2007 es el año de proyecto piloto en el Estudio JICA. Así que el costo de supervisar las estaciones es la cantidad subcontratada en el Estudio para DPAAE.

Se reemplazarán los equipos del sistema telemétrico dentro de diez (10) años.

El sistema de radar de lluvia se dirigirá por IDEAM. En este sentido, el costo para ellos no está indicado en la figura.

Para el Análisis de los Datos y Sistema de Procesamiento y el establecimiento de un Criterio de Alerta Apropriado, solo se considera la remuneración de los ingenieros o investigadores.

La actividad de manejo de desastres basado en la comunidad tal como la medición hidrológica y simulacros han de ser llevados a cabo dentro de la actividad ordinaria de DPAAE. En este sentido, el costo para ellos no se indica en la figura.

El costo total hasta el 2020 es de alrededor US \$ 171,000.

Acciones	Corto Plazo			Mediano Plazo				Largo Plazo				unidad en US\$		
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		2018	2019
Establecimiento del Sistema de Alerta Temprana y Monitoreo														
Sistema de Recolección de Datos y Monitoreo														
Instalación del Equipo de Monitoreo para el Proyecto Piloto														
1 Pluviómetro en el Colegio Moralba (quebrada Chiguaza)	10,000				2,500 (telemétrica)					10,000 (reemplazar)				
2 Limnómetro en Molinos(Quebrada Chiguaza)	13,000				2,500 (telemétrica)					13,000 (reemplazar)				
3 Limnómetro en La Gloria(Quebrada Chiguaza)	5,000													
Instalación del Equipo de Monitoreo para la Etapa Futura														
1 Estación de Lluvia en arriba de Yomasa (Quebrada Yomasa)		10,000			2,500 (telemétrica)					10,000 (reemplazar)				
2 Limnómetro en abajo de Yomasa(Quebrada Yomasa)		5,000			2,500 (telemétrica)					5,000 (reemplazar)				
3 Sistema de Radar para IDEAM					-									
Criterio Alerta														
Consideración Hidrológica														
Análisis del Tiempo de Concentración de la Inundación (El Proyecto Piloto)	6,000													
Desarrollo del Modelo Entero de la Cuenca						6,000	6,000						6,000	6,000 (actualizar)
Mapeo Susceptibilidad														
Susceptibilidad de Inundaciones y Avenidas Torrenciales	6,000													
Actualización de los Mapas Dependiendo de la ocurrencia de Inundación														
Establecimiento de un Criterio de Alerta Apropriado														
Establecimiento de Criterios de Alerta Tentativos														
Análisis Hidrológico usando los Datos durante el periodo del Proyecto Piloto	10,000													
Modificación del Criterio de Alerta					2,500		2,500			2,500			2,500	
Actividades de Manejo de Desastres Basado en La Comunidad (CBDM) Actividades por DPAA														
Entrenamiento en Observación Hidro-meteorológica														
Simulación de Transferencia de Información y Simulacro														
Simulacro de Evacuación														
Observación Hidro-Meteorológica Basada en la Comunidad														
Total	50,000	0	15,000	2,500	5,000	17,000	14,500	0	0	25,500	15,000	0	14,500	171,000

Figura 6-47 Cronograma de Implementación para DPAA

6.7 Proyecto Piloto

6.7.1 General

El proyecto piloto para DPAE en el área del Estudio es la implementación de los proyectos a corto plazo propuestos en la Sección 6.6. Ellos son la instalación / operación del equipo de monitoreo / la actividad de mantenimiento por DPAE apoyada por la comunidad, hidrología y análisis hidráulico, y estudio de criterios de alerta temprana.

6.7.2 Bosquejo del Proyecto Piloto

(1) Instalación / Operación del Equipo de Monitoreo

1) Estación de Lluvia en Moralba

La estación de lluvia fue establecida dentro del Colegio Moralba en Ciudad Bolívar, en la Ciudad de Bogotá. Para medir la lluvia de duración corta, se seleccionó un sensor tipo balancín. El sensor se instaló en el techo del edificio de los salones de clase y la plataforma colectora de datos, el panel solar fue instalado en la caseta de seguridad en la entrada del colegio. También para permitirle a un observador ver la cantidad de lluvia en tiempo real, se instaló una pantalla en la plataforma de datos que muestra la fecha y tiempo actual, los últimos 10 minutos, 1 hora y 24 horas de lluvia en milímetros.

Además, el Equipo de Estudio va a instalar en Enero de 2008 un dispositivo de la alarma a la plataforma colectora de datos que emitirá una señal sonora para el guardia de seguridad cuando la lluvia acumulada de los minutos exceda un umbral. La Tabla 6-14 muestra la especificación de la estación de lluvia de Moralba.

Tabla 6-14 Especificación de Lluvia de la Estación Moralba

Elemento de Observación	Tipo	Especificaciones
Lluvia	Balancín	Pluviómetro : Texas Electronics TR-525 Sensor de Lluvia Resolución : 0.1 mm Métricos Exactitud : 1.0% hasta 50 mm/hora Diámetro Colector : 245 mm Plataforma colectora de datos : MOTOROLA MOSCAD-L Unidad Terminal Remoto Panel Solar : SUNTECH STP080S-12/Bb Batería : VISION 6FM55 DC12V 55Ah Regulador : Sun Saver 10 El dispositivo de alarma sonora para el umbral de lluvia configurado.

Ya que, los datos de lluvia deben supervisarse por las personas, el Equipo del Estudio propuso el colegio y DPAE que el guardia de seguridad contratado por el Colegio Moralba monitoreará la pantalla y registrará los datos de cada hora en la hoja de los datos. El Colegio y DPAE estuvieron de acuerdo con esta propuesta y el guardia de seguridad comenzó el monitoreo a principio de Octubre de 2007. DPAE preparó la hoja de datos cubren y fue recolectándolas periódicamente. En la situación de lluvia fuerte, por medio del dispositivo de la alarma de la plataforma colectora de datos, el guardia de seguridad puede notar que la lluvia actual está excediendo el umbral y debe informar la situación a DPAE y otras comunidades río abajo.

La plataforma colectora de datos puede guardar la de 10 minutos continuamente. Los datos transmiten desde la plataforma hasta el computador portátil es posible por medio del programa macro de Microsoft Excel.

El mantenimiento de la estación se llevó a cabo periódicamente por el Equipo del Estudio.

2) Estación de Nivel de Agua en La Gloria

La estación de nivel de agua fue establecida en La Gloria en Ciudad Bolívar, en la Ciudad de Bogotá. La estación está compuesta de limnómetro y el dispositivo detector de nivel de agua sencillo. El Equipo del Estudio le propuso a DPAAE que las comunidades deben monitorear el limnómetro y registrar los datos todos los días y DPAAE estuvo de acuerdo con esta propuesta.

Para medir el nivel de agua instantáneo el dispositivo de nivel de agua sencillo fue presentado en La Gloria porque el tiempo de concentración de la inundación es bastante corto en el sitio. La unidad principal del dispositivo de la alarma se instaló en una casa de un observador localizada en el banco derecho de la quebrada Chiguaza. El observador usualmente monitorea el nivel de agua del limnómetro tres (3) veces al día, sin embargo, cuando la alarma suena, el observador puede notar el nivel de agua subiendo y puede medir el nivel de agua instantáneo. La Tabla 6-15 muestra la especificación de la estación de nivel de agua de la Gloria.

Tabla 6-15 Especificación de la Estación de Lluvia de La Gloria

Elemento de Observación	Tipo	Especificaciones
Nivel de Agua	Limnómetro	Limnómetro :Mira de APCYTEL Resolución : 1 cm Métrico Vara de medición: En acero Auto soportada y enterrada sobre la pared del río.
Nivel de Agua	Electrodo	Medidor de Nivel de Agua: medidor de nivel de agua simplificado APCYTEL Resolución : 20 cm Métricos 15 sensores Alarma : Preestablece el nivel opcionalmente Dispositivo medidor: Tubos de PVC u cable telefónico. Enterrado en la pared del río.

El mantenimiento de la estación fue llevado a cabo por el Equipo de Estudio periódicamente.

3) Estación de Nivel de Agua en Molinos

La estación de nivel de agua fue establecida en Molinos en Ciudad Bolívar, en la Ciudad de Bogotá. La estación está compuesta de limnómetro de nivel de agua y sensor que no toca el escenario (sensor de nivel de agua ultrasónico). El sensor ultrasónico se instaló debajo del puente peatonal. Se instalaron la plataforma colectora de datos y el panel solar en el Colegio Colombia Viva localizado en el lado derecho de la quebrada Chiguaza. El Equipo del Estudio propuso a DPAAE que las comunidades deben monitorear el limnómetro y registrar los datos todos los días y DPAAE estuvo de acuerdo con esta propuesta.

La plataforma colectora de datos puede almacenar el nivel de agua continuamente. Descargar los datos desde la plataforma colectora al computador portátil es posible por medio del programa macro de Microsoft Excel. La Tabla 6-16 muestra las especificaciones de la estación de nivel de agua de Molinos.

Tabla 6-16 Especificaciones de la Estación de Nivel de Agua de Molinos

Elemento de Observación	Tipo	Especificación
Nivel de Agua	Limnómetro	Medidor de Nivel de Agua :Limnómetro de APCYTEL Resolución : 1 cm Métrico Vara de medición :Acero Auto soportada y enterrada sobre la pared del río.
Nivel de Agua	Ultrasónico	Medidor de Nivel de Agua : Sensor Ultrasónico de Nivel Métrico Rango de Medición : 0.5m – 12m Resolución : 0.35% de rango medido Angulo del rayo: 8deg. at -3dB Plataforma Colectora de Datos: MOTOROLA MOSCAD-L Unidad Terminal Remoto. Solar panel : SUNTECH STP080S-12/Bb Batería: VISION 6FM55 DC12V 55Ah Regulador : Sun Saver 10

El mantenimiento de la estación fue llevado a cabo por el Equipo de Estudio periódicamente.

(2) Análisis Hidráulico y de Hidrología y Estudio Del criterio de Alerta Tentativo.

1) Tiempo de Concentración de la Inundación

Los datos monitoreados en Moralba(intervalo de lluvia cada 10 minutos) y los datos de nivel de aguas abajo en La Gloria fueron comparados para confirmar el tiempo de concentración de la inundación.

2) Evaluación de la Capacidad del Caudal

La capacidad de caudal de la quebrada se evaluó en las quebradas objetivo de acuerdo al levantamiento de la sección transversal hecha para el proyecto piloto. La capacidad de caudal se comparo con el pico de descarga probable.

3) Criterio de alerta temprano tentativo

De acuerdo al análisis hidrológico y la evaluación de la capacidad del caudal, el criterio tentativo de alerta temprana se estudio.

6.7.3 Lecciones Aprendidas del Proyecto Piloto

(1) Instalación / Operación del Equipo de Monitoreo

1) Mantenimiento del Limnómetro

En el proyecto piloto, un limnómetro en la Gloria fue dañado porque los bloques que lo golpearon durante el alto nivel de agua de Octubre 2007. También la mira en Molinos que fue instalada en el lecho de la quebrada se cubrió con basura que provino de la cuenca alta. La mira de la Gloria fue reinstalada en frente de la base de concreto del banco izquierdo para evitar que futuros bloques lo golpearan. Básicamente, la mira de la posición más baja en La Gloria y Molinos se afecta fácilmente por bloques y basura. Los observadores de estas estaciones deben ser aconsejados para notar algunos bloques y basuras alrededor del limnómetro bien sea para informar a DPAAE o mantenerlo por ellos mismos si es posible.

2) Mantenimiento de Equipo de Monitoreo Automático

El pluviómetro en Moralba y el Panel Solar para la plataforma colectora de datos/ sensor de la Estación de Molinos están instalados en el techo del colegio. Durante el proyecto piloto el Equipo de Estudio sintió la dificultad para acceder al techo, ya que es difícil encontrar una escalera. La mayoría

de profesores de Moralba y Molinos no están seguros acerca de donde esta la escalera. Es necesario que los colegios confirmen la ubicación de esta para acceder de manera fácil cuando los oficiales de DPAE quieran acceder.

(2) Análisis Hidráulico y de Hidrología, Estudio del Criterio Tentativo de Alerta Temprana

1) Tiempo de Concentración de la Inundación

La Figura 6-48 muestra el nivel de agua observado en Molinos y La Gloria durante la fase del proyecto piloto en este Estudio. La frecuencia del monitoreo es básicamente tres (3) veces por día, sin embargo, la comunidad ha estado registrando el nivel de agua alto tanto como les es posible. En Octubre del 2007 de, La Gloria registró tres (3) eventos de agua altos en Octubre 13 el 14 de octubre y el 18 de octubre.

El tiempo de concentración de inundación de La Gloria puede asumirse en cerca de 22 minutos (hasta la sub-cuenca 2-11) según la fórmula de Kirpich

La Figura 6-49 muestra la lluvia observada en Moralba que se recoge en el momento de lluvia alta en La Gloria para ver el tiempo de la concentración. En el caso de Octubre 14 a las 2PM el nivel de agua estaba en 2.2 m en La Gloria mientras que la lluvia de Moralba empezó 1:38-1:48PM. El tiempo del nivel de agua se registró por las personas, así que podría haber algún rango de tiempo. En los casos de Octubre 13 y Octubre 18 casos son 42 minutos y 22 minutos, respectivamente. Tales datos deben acumularse más, sin embargo, el tiempo de concentración de inundación asumido puede considerarse dentro del rango real o de lado seguro de acuerdo a los datos obtenidos en el proyecto piloto.

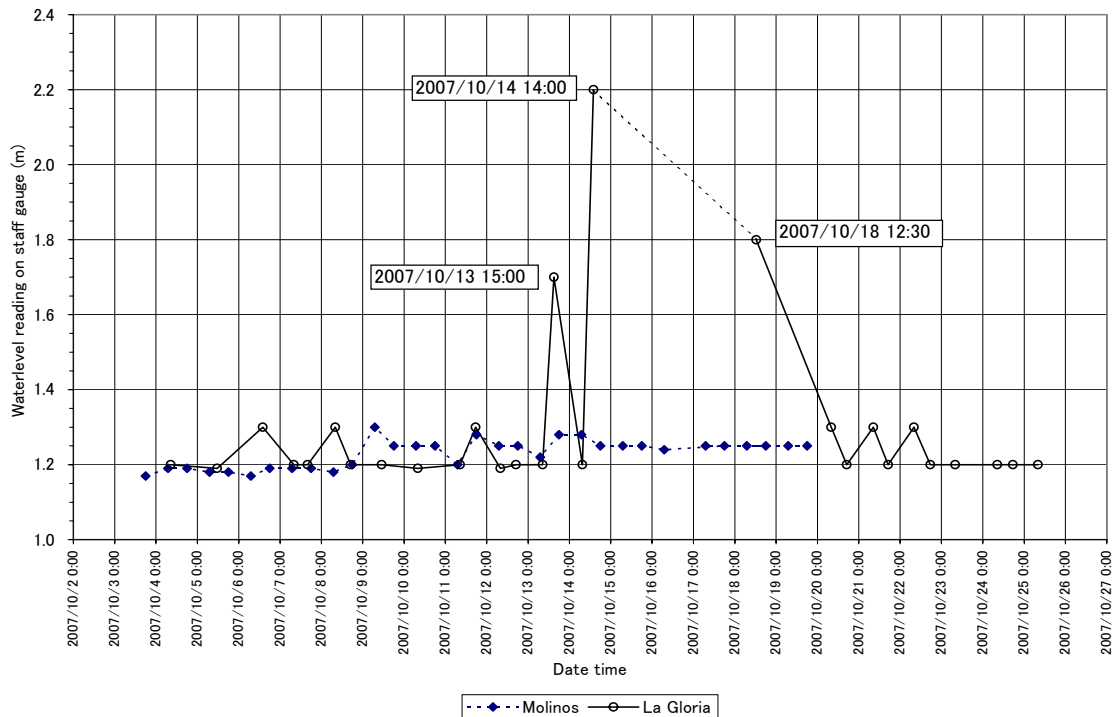


Figura 6-48 Nivel de Agua Observado en las Estaciones de La Gloria y Molinos

Moralba		La Gloria	
Date Time	10 minutes Rainfall	Date Time	Waterlevel
2007/10/18 5:9	0		
2007/10/18 5:18	0		
2007/10/18 5:28	0		
2007/10/18 5:39	0		
2007/10/18 5:48	0		
2007/10/18 5:58	0		
2007/10/18 11:48	0		
2007/10/18 11:59	0.2		
2007/10/18 12:8	4.6		
2007/10/18 12:18	3.9		
2007/10/18 12:29	0.8		
		2007/10/18 12:30	1.8 m
2007/10/18 12:38	0		
2007/10/18 12:48	0		
2007/10/18 12:59	0		

Moralba		La Gloria	
Date Time	10 minutes Rainfall	Date Time	Waterlevel
2007/10/14 12:48	0		
2007/10/14 12:59	0		
2007/10/14 13:8	0.4		
2007/10/14 13:18	0		
2007/10/14 13:29	0		
2007/10/14 13:38	0		
2007/10/14 13:48	3.3		
2007/10/14 13:59	5.6		
		2007/10/14 14:00	2.2 m
2007/10/14 14:8	9.7		
2007/10/14 14:18	0.2		
2007/10/14 14:29	0		
2007/10/14 14:38	0		
2007/10/14 14:48	0		
2007/10/14 14:59	0.1		

Moralba		La Gloria	
Date Time	10 minutes Rainfall	Date Time	Waterlevel
2007/10/13 13:8	0		
2007/10/13 13:18	1.1		
2007/10/13 13:29	1.6		
2007/10/13 13:38	0.6		
2007/10/13 13:48	0.3		
2007/10/13 13:59	0		
2007/10/13 14:8	0.1		
2007/10/13 14:18	3.2		
2007/10/13 14:29	0.7		
2007/10/13 14:38	0.3		
2007/10/13 14:48	0.1		
2007/10/13 14:59	0.1		
		2007/10/13 15:00	1.7 m
2007/10/13 15:8	0		
2007/10/13 15:18	0		
2007/10/13 15:29	0.1		

Figura 6-49 Lluvia Observada en Moralba en el tiempo de agua alta en La Gloria

El monitoreo en La Gloria no contribuye directamente a la emisión de la alerta temprana para el área aguas abajo, sin embargo, como podemos ver arriba, los datos de La Gloria son muy valiosos para la calibración del parámetro hidrológico.

CAPÍTULO 7 RECOMENDACIONES PARA DPAE

7.1 Común

Una de las características significativas en el área de Estudio para inundaciones es la pequeña cuenca de la quebrada y el tiempo de concentración corto. Para este tipo de área, el sistema de alerta temprana necesita información exacta y a tiempo a nivel local, y también la información recolectada debe ser transferida a otros a tiempo y de manera exacta. También en el área de deslizamiento, para conocer cualquier fenómeno local que pueda indicar el cambio de las condiciones del deslizamiento es muy importante para el sistema de monitoreo. Considerando estas necesidades a nivel local, se considera que la participación de la comunidad en el sistema de monitoreo y alerta temprana es inevitable debido a que son los primeros respondientes en el caso de inundación y cambios significativos del área de deslizamiento.

Para la sostenibilidad del sistema de alerta temprana, la integración de los recursos institucionales y los participantes de la comunidad debe ser enfatizada como se discutió en una serie de seminarios de transferencia técnica en el Estudio. La DPAE ya ha comenzado a trabajar con las comunidades en Bogotá, la DPAE debe continuar más adelante a desarrollar las actividades de colaboración con las comunidades en áreas propensas a inundaciones y deslizamientos.

7.2 Deslizamientos de Tierra

7.2.1 Trabajos de Estabilización en Altos de Estancia

La medida más efectiva para los Altos de Estancia es la reubicación con respecto al área de peligro, y DPAE desarrolló un programa de reubicación de familias en zonas de alto riesgo imposible de mitigar, y han reubicado a la mayor parte de los habitantes de la fase I y II. Por lo tanto, medición de emergencia no se necesita para los deslizamientos. DPAE está planeando trabajos de estabilización en los deslizamientos de tierra; sin embargo los detalles no están confirmados aún en el momento. Los trabajos de estabilización están clasificados en 2 categorías principales, trabajos para la reducción de fuerzas motrices, y trabajos para aumentar la fuerza de resistencia. En un deslizamiento de tierra como en el de Altos de Estancia, métodos para la reducción de fuerzas motrices es entendido dada la prioridad, dicho comparativamente, dado que el costo de la efectividad para un deslizamiento de tierra de larga escala normalmente es mejor que un método para aumentar la fuerza de resistencia.

Como cosa notable en Altos de la Estancia, el agua superficial que proviene del sistema de drenaje (lo cual es inadecuado en la Fase III) llega hasta todos los sitios altos del deslizamiento. El agua que fluye en el deslizamiento hace canales y charcas. Es fácil entender que la absorción del agua tenga una gran influencia en el deslizamiento. El trabajo más importante y efectivo para estabilizar los deslizamientos es disminuir el nivel freático, y prevenir la penetración de agua en el suelo en especial la que proviene de alcantarillas y de las aguas lluvias.

7.2.2 Monitoreo en Altos de Estancia

El monitoreo más recomendable es la observación de las condiciones del suelo por ingenieros con patrullas regulares o mediante las comunidades en sus vidas cotidianas. La observación de los deslizamientos y sus aéreas adyacentes son conducidas periódicamente sobre las condiciones del suelo y si es necesario, para medir el lugar y determinar si existe alguna distorsión en el suelo. La inspección periódica de las instalaciones de prevención del deslizamiento si es que las hay, debe ser llevada a cabo para detectar cualquier anomalía de las instalaciones tan pronto como sea posible. En caso de que grietas u otras anomalías en la cara de la pendiente o en las instalaciones de prevención del deslizamiento sean encontradas, la observación de las condiciones de cambio de tales anomalías deben ser iniciadas, seguidos de una encuesta con vistas a preparar la mitigación de la emergencia o los

trabajos de estabilización en caso de ser necesario. Esta encuesta de observación se realiza para examinar la medida, dirección de movimiento y los mecanismos del deslizamiento en detalle cuando cualquier signo de movimiento del deslizamiento tales como rasgaduras, grietas, sean encontradas o cuando hay alguna posibilidad de deslizamientos en el futuro.

La instrumentación y el monitoreo pueden ser aplicables a las siguientes condiciones en este deslizamiento.

- a) Seguridad del área residencial; esto es para confirmar que la actividad del deslizamiento no esté cercana a las áreas residenciales. Este monitoreo debe continuar por tanto tiempo como las personas sigan viviendo en zonas de riesgo de deslizamiento.
- b) El monitoreo de grietas específicas y deformación de las estructuras y el suelo; esto es, el monitoreo de grietas específicas y deformación de las estructuras y el suelo cuando son hallados. Este monitoreo debe ser aplicado cada vez que las grietas o las deformaciones sean halladas en el suelo y la estructura.
- c) Seguridad de los trabajos de construcción; son los trabajos de monitoreo para prevenir accidente bajo la construcción. Estos accidentes podrían ocurrir tanto a los trabajadores como a los residentes. Este monitoreo debe ser aplicado en cada trabajo de construcción mientras esta continúe.
- d) Verificación de la efectividad de los trabajos de estabilización; es necesario confirmar el efecto de los trabajos de estabilización después que los trabajos de construcción se hayan completado.

7.3 Inundación

- (1) Los criterios de alerta temprana propuestos tentativamente por el Equipo de Estudio, son solamente estimaciones dadas las condiciones derivadas de la escasez de registros. Así que tales criterios de precipitaciones y nivel de agua deben ser actualizados para precisar su confiabilidad a través del uso de información registrada por la comunidad aún después del Estudio, por tanto esos criterios propuestos de manera tentativa no son valores definitivos.
- (2) Después del Estudio, DPAE debe Llevar a Cabo las Siguietes Actividades:

(a) Monitoreo Continuo

La integración del monitoreo de la comunidad y los sistemas de monitoreo telemétrico en Bogotá son la política de la DPAE y una de las estrategias importantes para el manejo de amenaza de inundaciones, DPAE considera muy importante continuar con el monitoreo de la comunidad en la cuenca de la quebrada Chiguaza La recomendación del punto de monitoreo en la cuenca hecho por el Equipo de Estudio, constituirá el punto de partida para el sistema. Cuando haya más información tal como los datos del monitoreo, información de trabajos ejecutados por otras entidades del Distrito, la DPAE revisará la ubicación del monitoreo si es necesario.

Basado en lo anterior, la DPAE deberá empezar las siguientes actividades recomendadas por el Equipo de Estudio.

- Continuación del monitoreo de la comunidad de los niveles de agua del limnómetro en Molinos y la Gloria.
- Iniciar y continuar el monitoreo de los niveles de agua en el puente del Hoyo por parte de las personas de la comunidad en coordinación con las comunidades relacionadas.

En Molinos estación de Nivel de Agua y en Moralba estación de lluvia fueron instalados equipos de registro automático durante el Estudio. La plataforma colectora de datos para el sensor incluye la pantalla para indicar los datos monitoreados actuales. Aún así, estén instalados equipos de observación tipo automático, la observación de la comunidad debe continuar paralelamente.

(b) Estudio para Criterios de Alerta Temprana usando los Datos Monitoreados

Los criterios de alerta temprana, propuestos en este reporte, son solamente valores estimados basados en la asunción, y deben ser modificados tan pronto como sea posible usando los resultados de las observaciones, para lo cual la DPAE integrará estos datos al sistema de alerta de inundación existente en la ciudad, incluyendo la constante revisada para calibrar y ajustar el criterio de alerta.

Ya que, el criterio de alerta puede ser modificado usando solamente la relación de los niveles de agua observados, la relación entre el nivel de agua en el área inundada en el pasado y el cauce aguas arriba debe ser monitoreado continuamente.

(c) Establecimiento de un Plan de Alerta más Confiable

El plan de Alerta temprana de inundación propuesto esta funcionando de manera apropiada bajo la condición de que no ocurra una obstrucción o atascamiento significativo que fue la causa de los graves eventos de inundación en el pasado. Una inundación como la de Mayo de 1994, que ocurrió por la obstrucción de las estructuras en la zona, no puede ser mitigada por ningún sistema de alerta temprana.

Las condiciones de la quebrada en el área de estudio han estado cambiando constantemente debido a los trabajos de mejoramiento del canal lo mismo que por la sedimentación y la basura. El parámetro hidráulico asociado con la capacidad del cauce debe ser monitoreado y evaluado periódicamente para tener en cuenta el revisar el criterio de alerta temprana.

(d) Diseminación del Plan a las Comunidades.

Siempre hay una posibilidad alta de que los equipos instalados sean robados o sufran de daño dependiendo de las condiciones naturales. Para asegurar la sostenibilidad del sistema de monitoreo, se desea que DPAE coordine más con la comunidad para vigilar el equipo frecuentemente en el diario vivir de las comunidades.