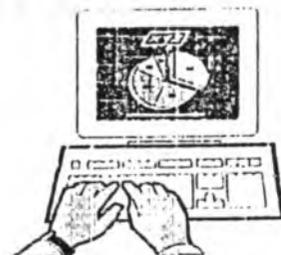
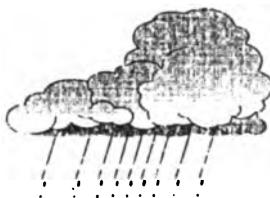


IRHE

CATIE

// **MODELACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA EN LA CUENCA DEL RIO CALDERA**



HERNAN SOLIS BOLAÑOS

JOHNNY A. CUEVAS MARIN

PROLOGO

La elaboración del presente informe surge como producto del compromiso adquirido en 1994, entre el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), como parte del proyecto de "Manejo Integral de la Cuenca del Río Caldera". Este estudio es parte del componente conocido con el nombre de "Diseño y mantenimiento de obras hidráulicas con fines de prevención y control de inundaciones".

Nuestro objetivo principal es el de presentar recomendaciones para tratar de mitigar en gran medida los efectos de las inundaciones que se han dado con mayor frecuencia en los últimos años. Para lograr este fin, se utilizó fundamentalmente la información hidrometeorológica y los datos de campo existentes, además de otro tipo de información necesaria solicitada específicamente para alimentar los modelos de simulación hidrológica e hidráulica que se utilizaron para realizar el estudio.

El estudio puede ser utilizado además como respaldo técnico ante las autoridades gubernamentales que están encargadas de solucionar estos problemas y como fuente de material educativo a las autoridades municipales y los moradores de la comunidad.

La ejecución y desarrollo del estudio fue liderizado por el Dr. Hernán Solís del CATIE y por el Ing. Johnny A. Cuevas como contraparte por el IRHE.

Se agradece especialmente el apoyo recibido para la ejecución de este proyecto de parte de la Ing. Claudia Candanedo, el Ing. Milciades Concepción, el Lic. Querubín Blandón, la Ing. Daly Espinosa, el Ing. Iván Jaramillo y el Sr. Héctor Afú del IRHE y del Dr. Jorge Faustino del Proyecto RENARM/Cuencas del CATIE.

Panamá, septiembre de 1995

INDICE GENERAL

	Página
PROLOGOiii
INTRODUCCIONvi
1- GENERALIDADES	1
1.1- INUNDACIONES IMPORTANTES EN EL RIO CALDERA	1
1.2-CARACTERIZACION BIOFISICA Y SOCIOECONOMICA	3
2- METODOLOGIA	7
2.1- RECOPIACION DE LA INFORMACION.	7
a- Red Hidrometeorológica	7
b- Secciones Transversales.	8
2.2- MODELACION HIDROLOGICA.	8
2.3- MODELACION HIDRAULICA.	9
3- MODELACION HIDROLOGICA UTILIZANDO HEC-1	10
3.1- CALIBRACION DEL MODELO	10
3.2- SELECCION DE LOS EVENTOS DE CALIBRACION	11
a- Resultados de la calibración.	15
3.3- MODELACION DE LA CUENCA DEL RIO CALDERA	16
3.4- MODELACION DE MICROCUENCAS GRANDE Y ASERRIO	27
4- MODELACION HIDRAULICA USANDO HEC-2.	29
4.1- MODELACION HIDRAULICA DEL RIO CALDERA	29
4.2- MODELACION HIDRAULICA DE LA QUEBRADA GRANDE	32
4.3- MODELACION HIDRAULICA DE LA QUEBRADA ASERRIO	37
5- COSTOS	42
6- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
LISTA DE TABLAS	46

LISTA DE FIGURAS	49
ANEXOS	51
BIBLIOGRAFIA	72

INTRODUCCION

El desarrollo de los pueblos como lo demuestra la historia de la humanidad, está asociado a las planicies de inundación de los ríos por ser estas zonas muy fértiles para la agricultura, además de estar localizadas cercanas a las fuentes de abastecimiento de agua. La población de Boquete no escapa a esta situación y evidencia de este hecho lo da el gran desarrollo agrícola que ha tenido el área desde su fundación.

La población de Boquete se encuentra localizada en la Provincia de Chiriquí y es una de las zonas más productivas del país. Sus rubros de producción incluyen principalmente el café, flores, cítricos y diferentes clases de hortalizas. La zona es, además, un importante centro de turismo por su gran belleza natural y clima favorable. El pueblo está asentado a ambas orillas del río Caldera, el cual es utilizado beneficiosamente en diferentes tipos de actividades como: fuente de abastecimiento de agua potable, riego, generación de energía hidroeléctrica, recreación y otras más.

Aunque el río Caldera trae grandes beneficios a la región, igualmente ha sido causante de grandes desastres naturales. Sin lugar a dudas, las inundaciones constituyen el desastre natural más perjudicial del área y, a pesar de la gravedad del problema, las autoridades civiles y moradores (los principales perjudicados) no le han dado la atención debida. Las inundaciones se han acentuado cada vez más debido a la intervención desordenada del hombre en la cuenca y esto ha causado que al estar expuesta se acentúen los problemas de erosión y arrastre de sedimentos.

Otros de los problemas encontrados en el área es la falta de planificación urbana y el crecimiento desordenado de la ciudad a lo largo de las riberas del río. Las oficinas encargadas de este tipo de problema se han caracterizado, en el pasado, por un débil apoyo interinstitucional. Las soluciones empíricas, basadas en criterios profesionales desprovistos de suficiente información hidrológica e hidráulica, han intentado en forma inconsistente y aislada enfrentar problemas de una extraordinaria complejidad, pero sin ningún resultado satisfactorio a la fecha.

Los problemas descritos anteriormente impulsaron al IRHE en conjunto con el CATIE al desarrollo de este estudio. Se utilizó los modelos de simulación hidrológica e hidráulica HEC-1 y HEC-2, creados por el Hydrologic Engineering Center (HEC), del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América (U.S. Corps of Engineering). Las áreas que se seleccionaron para el estudio son el río Caldera, la quebrada Aserrió y la quebrada Grande que pasan por el área urbana de la ciudad de Boquete.

Esperamos que las conclusiones y recomendaciones que aparecen en este informe sean un pequeño aporte para ayudar a la reducción de pérdidas humanas y económicas causadas por las constantes inundaciones en el área.

OBJETIVOS

Los objetivos básicos del estudio son los siguientes:

- El análisis de la conducta hídrica de la cuenca del río Caldera y sus afluentes a través de la modelación.
- El diseño geométrico de las obras de rehabilitación de los cauces para el control de inundaciones y socavaciones en la ciudad de Boquete.
- Presentar recomendaciones para mitigar los efectos futuros de las inundaciones.

CAPITULO N° 1

1- GENERALIDADES

La topografía de la cuenca del río Caldera es del tipo montañoso. Las altas intensidades y alturas de precipitación, las fuertes pendientes, la fragilidad de muchos suelos y las prácticas agropecuarias inadecuadas, dificultan la sostenibilidad de la explotación de muchas zonas montañosas. El comportamiento hidrográfico del río Caldera es el típico de un torrente. El valle tectónico de Boquete es el más vulnerable a la acción del río Caldera, que tiene tapizado todo el valle con tres niveles de terrazas fluviales que se desarrollan ordenadamente, de Oeste a Este. En la actualidad, el río corre por el borde más oriental del valle, desde donde no puede seguir desplazándose hacia el Este por la pared basáltica que le sirve de muralla. Radica allí el problema del Caldera que, en el momento actual, trata de buscar su antiguo cauce, erosionando su terraza más reciente en la que se encuentra la población de Boquete. Un correctivo eficaz a la acción del Caldera consiste en la planificación ordenada del uso de los suelos en su cuenca (curso alto).

En los últimos años, la frecuencia inusitada con que han estado ocurriendo crecidas e inundaciones peligrosas, de grado variable de parte del Caldera, hace indispensable, además del análisis de los hechos ocurridos, reflexionar sobre cuales han de ser las perspectivas futuras para este rico sector del país. A continuación se presenta un registro de las principales inundaciones que han causado estragos en la cuenca del río Caldera.

1.1- INUNDACIONES IMPORTANTES EN EL RIO CALDERA

En el año de 1969 las lluvias continuas ocasionaron el desbordamiento de la Quebrada Horqueta, afluente del río Caldera, que de manera sorpresiva creció fuertemente arrasando con parte de varias fincas y una vivienda, ocasionándole la muerte a 4 personas y daños materiales por miles de balboas.

En enero de 1970, de manera inesperada el río creció, arrasando con fincas de pequeños agricultores y también con algunas residencias que se encontraban ubicadas a la orilla del río.

El 6 de abril de 1970, un área de convergencia bien organizada dentro de la baja atmósfera comenzó a desplazarse desde el oeste de Cartagena en Colombia, avanzando en dirección Este hacia Panamá, y por otro lado en los altos niveles de la atmósfera una masa de aire frío y seco se dirigía desde el

suroeste hacia el Este sobre Costa Rica y el Occidente de Panamá. Ambas masas se superpusieron en los extremos oriental y occidental de estos países, a temprana hora del día, causando fuertes lluvias. Este fenómeno adquirió mayor desarrollo en el sector Oeste de las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro, especialmente en el área montañosa. La exposición de los vientos cargados de humedad determinó en gran medida la cantidad de agua precipitada. Las estaciones Hornitos y Finca Lérída, mayormente expuestas, registraron los valores de precipitación más altos de todo su registro, 497 mm y 367 mm, en 24 horas, respectivamente. La fuerza destructiva de las aguas se tradujo en cuantiosos daños materiales, pérdidas de vidas humanas y daños causados por la erosión en el sector alto y medio de la cuenca del Caldera.

Los días 9, 10, y 11 de abril de 1970 se suscitó un temporal de lluvias torrenciales que duró 3 días, provocando deslizamientos de tierra los cuales contribuyeron a embalsar las aguas en la cabecera del río hasta adquirir proporciones incontrolables. Esto causó los sucesos más trágicos registrados en la historia de Boquete; "Desaparecieron más de 120 casas de familias que residían en las orillas del río Caldera destruyendo además, los puentes que habían sido contruidos con grandes esfuerzos por la comunidad y el gobierno". Estas inundaciones ocasionaron daños por varios millones de balboas, ya que se destruyó prácticamente una tercera parte de la cabecera del Distrito y ello motivó la migración de una gran cantidad de personas a otros lugares de la provincia. El río cambió de curso hacia el borde oriental del valle. El saldo fue de 2 personas desaparecidas y 500 damnificados.

En 1986 ocurren nuevamente inundaciones, sin embargo los daños fueron menores.

Los días 4 y 5 de noviembre de 1990 se producen inundaciones en las subcuencas de las Quebradas Callejón Seco, Aserrío y Grande como resultado de las altas precipitaciones registradas en el área. Durante las 48 horas de lluvias intensas se registró un total de 205.4 mm en la estación Los Naranjos y 98.9 mm en la estación Finca Lérída, lo que causó daños a infraestructuras, caminos, cultivos de café, viviendas y la pérdida de una vida humana. Los daños ascendieron a más de 200,000 balboas.

Los días 9, 10, 11 y 12 de octubre de 1991 las precipitaciones se concentraron hacia las faldas del Volcán Barú (Camiseta, El Trompo, El Salto y Callejón Seco). En los 4 días seguidos se registraron 269 mm y el día 11 se

registró el 65% del total. Ese mismo día se obtuvo la mayor intensidad registrada en una hora cuyo valor fue de 83 mm (4:00 a 5:00 p.m.). Las pérdidas se estimaron en varios miles de balboas. Varias fincas dedicadas a la producción de café fueron afectadas asimismo como las carreteras de acceso a tales fincas. No hubo pérdidas de vidas humanas.

Los días 19 y 20 de junio de 1995, las lluvias torrenciales caídas después del mediodía hasta altas horas de la noche causaron derrumbes e inundaciones en el área de Boquete. Los derrumbes que han obligado a evacuar a unas quinientas personas, se han producido en Jaramillo Centro, en el Salto, mientras que la carretera que conduce a Los Naranjos quedó cortada, y se desbordó la quebrada causando mas deslizamientos de piedra y de lodo a la altura de la Cooperativa Hortícola de mercadeo. Se informó la pérdida de una vida. Las pérdidas en infraestructuras y cultivos se estiman en más de un millón de balboas.

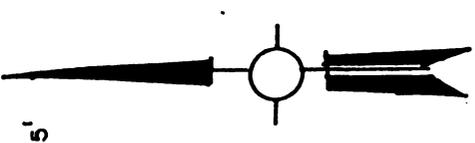
1.2-CARACTERIZACION BIOFISICA Y SOCIOECONOMICA

La Cuenca del río Caldera es una subcuenca del Río Chiriquí, situada en la vertiente del Pacífico al noroeste de la provincia de Chiriquí y al Oeste del Istmo de Panamá, comprendida entre las coordenadas geográficas: 8° 45' y 8° 53' de latitud norte y 82° 22' y 82° 33' de longitud oeste (ver Figura 1.1). Se desarrolla en una topografía que va de tierras bajas (240 metros en su confluencia con el río Chiriquí), a montaña alta (2800 msnm), lugar de su nacimiento cubriendo un área de drenaje hasta la confluencia con el río Chiriquí, de 234 Km². Su longitud aproximada es de 46 kilómetros. La elevación media de la cuenca es de 1060 metros sobre el nivel medio del mar. La temperatura oscila entre 15.7 y 25.7 °C. La precipitación media anual de la cuenca es de 2700mm. Hasta la estación limnigráfica 108-0206, Caldera Jaramillo Abajo, el área de drenaje es de 136 km² y la longitud del río es de 21.24 km.

Desde el principio del presente siglo, el clima agradable y los fértiles suelos de Boquete constituyeron incentivos que atrajo inmigrantes nacionales y extranjeros que allí se establecieron. Esta corriente inmigratoria tomó impulso con la construcción del ferrocarril y el desarrollo de las plantaciones de café. Al inicio el desmonte para convertir los montes en cafetales, afectó las áreas más próximas a la parte amplia del valle en donde crecía a un ritmo mantenido el poblado de Boquete. La madera abundante constituyó el material

FIGURA N°1-I

CUENCA DEL RIO CALDERA PANAMA



82°25'

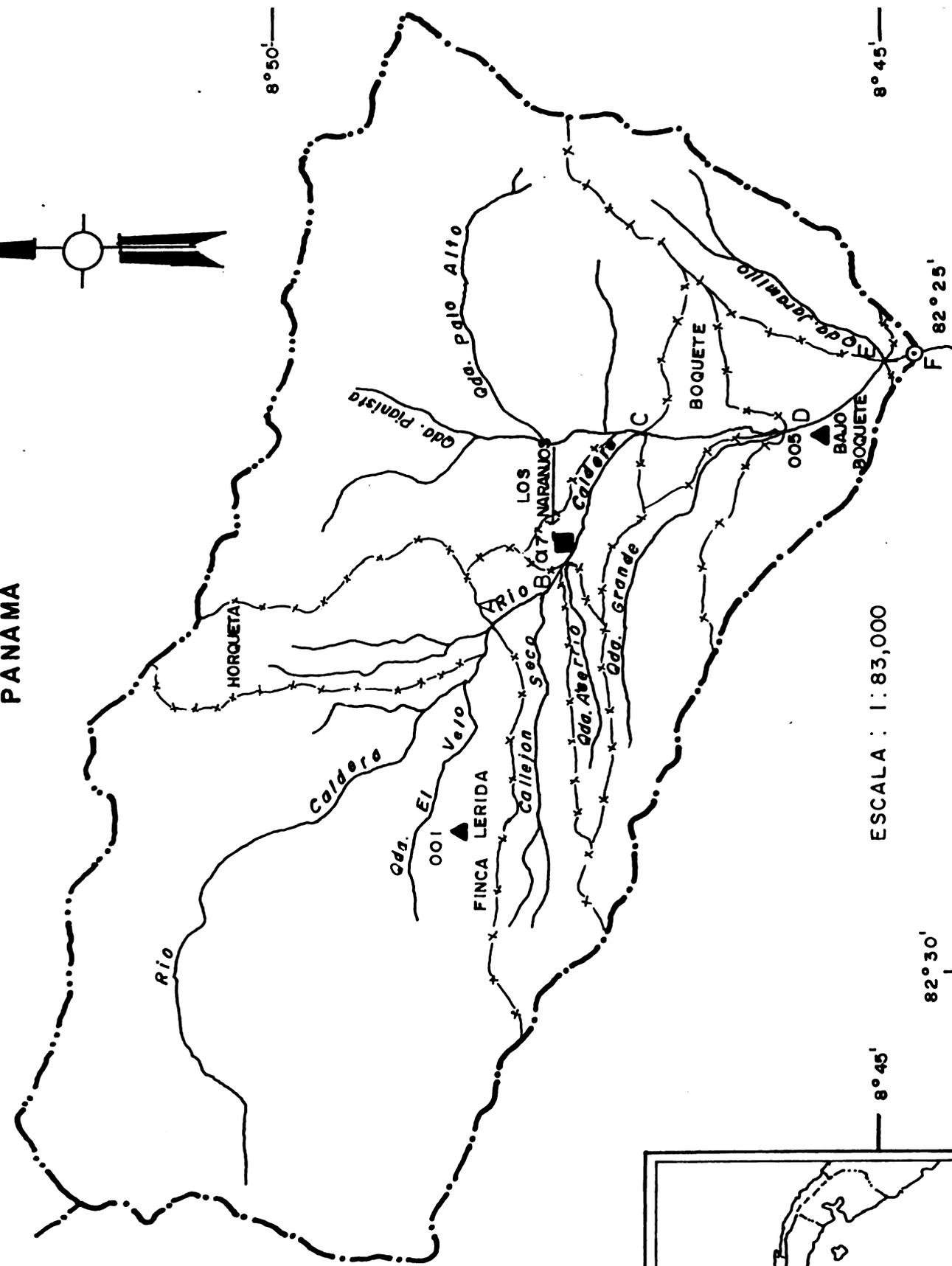
8°50'

8°45'

82°25'

82°30'

82°30'



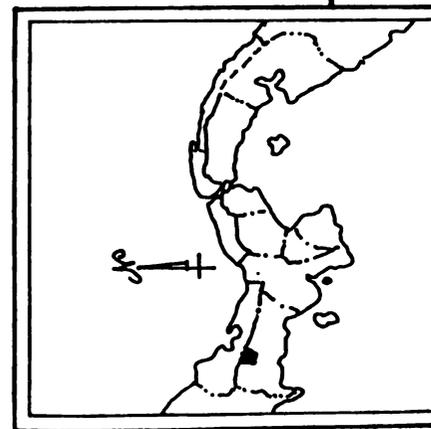
102-009

■
BAJO GRANDE

8°50'

ESCALA : 1 : 83,000

8°45'



de construcción favorito para pisos, paredes y techos de las casas. Jardines y hortalizas comenzaron a desarrollarse con igual éxito comercial que el del café. Cada vez fue más grande el número de pequeños y medianos agricultores que hacían de este lugar su morada.

También la explotación de los bosques se convirtió en un negocio lucrativo y la deforestación avanzó a paso acelerado por las laderas empinadas de los cerros circunvecinos. Las plantaciones de café en un principio difícilmente podían ser distinguidas desde el fondo del valle, sombreadas como estaban por árboles especialmente plantados como protección.

La población del distrito se mantenía en constante crecimiento, tal como atestiguan los censos en la **Tabla 1.1.**, pero el censo de población de 1970 indica una disminución del orden de 5% de la población del distrito de Boquete con respecto al año de 1960, hecho que señala que las condiciones dejaron de ser favorables temporalmente para sus habitantes.

Tabla 1.1
Censos de Población de Boquete

AÑO	POBLACIÓN
1940	4995
1950	6901
1960	10260
1970	9914
1980	11643
1990	14126

Variedades nuevas de café y técnicas modernas de cultivo cambiaron los sistemas tradicionales de cultivo y así desaparecieron los árboles que sombreaban los cafetales quedando las laderas protegidas apenas por la reducida capa del cafeto. El desmonte continuó cerro arriba, alcanzando hasta las cabeceras de las fuentes que alimentan el nacimiento del río.

Las fotografías aéreas de diciembre de 1965 muestran que la deforestación había alcanzado las proporciones más impresionantes a la altura del curso medio del río, en las laderas de su margen derecho. Había allí además el agravante de que las tierras deforestadas estaban siendo utilizadas agrícolamente. Huellas de camiones indicaban, en la fotografía, que la deforestación tenía fines exclusivamente de explotación maderera. En ningún sector se apreciaba intentos de reforestación.

CAPITULO 2

2. METODOLOGIA

La metodología utilizada para realizar el estudio constó de tres partes principales:

- Recopilación de la información existente en el área, para tener los datos disponibles requeridos por los modelos.
- Modelación hidrológica a través de un modelo precipitación-escorrentía.
- Modelación hidráulica través de un modelo de simulación de crecidas.

Para la modelación se utilizaron los modelos hidrológico e hidráulico, HEC-1 y HEC-2 que fueron creados por el Hydrologic Engineering Center del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos que hicieron su aparición en 1968. Las versiones se actualizaron para microcomputadoras en 1984. Actualmente estos y otros modelos son usados con éxito en los países desarrollados gracias a la excelente disponibilidad de la información básica. Grandes volúmenes de información de precipitación, topografía, vegetación y suelos, pueden ser manejados en los complejos fenómenos involucrados durante eventos extremos en los ríos. La modelación hidrológica e hidráulica ha permitido dar un importante paso adelante en la solución de los problemas de inundaciones.

2.1 RECOPIACION DE LA INFORMACION

Para la recopilación de la información de este estudio, se utilizaron las estaciones de la red meteorológica e hidrológica del río Caldera, se realizaron visitas de reconocimiento en la cuenca y los cauces de los ríos. Se solicitó además, el levantamiento topográfico del perfil y las secciones transversales de los sectores afectados por las inundaciones, en el sector urbano del río Caldera y las quebradas Grande y Aserrío.

a- Red Hidrometeorológica

Para el análisis se dispuso de 4 estaciones meteorológicas, de las cuales una (1) es tipo B y 3 pluviométricas. En la figura 1.1, se muestra la localización de las estaciones utilizadas para el estudio. Se utilizó además la estación

limnigráfica Caldera-Jaramillo Abajo (tiene registrador continuo de nivel), ubicada aguas abajo del pueblo de Boquete, localizada cerca de la boca toma de la Central La Estrella, en el río Caldera. En la **tabla 2.1**, se presenta la lista de estaciones hidrometeorológicas. Los niveles registrados en cada una de las estaciones hidrométricas están referenciados al nivel medio del mar.

b- Secciones Transversales

Para el estudio de la modelación hidráulica (HEC-2), se utilizaron parte de las secciones transversales solicitadas para alimentar el modelo matemático (Mike11) y el resto fue solicitado específicamente para la realización del estudio presente. Para correr el modelo se utilizaron 35 secciones transversales para el río Caldera, 19 secciones para la quebrada Grande y 23 secciones para la quebrada Aserrió (**Anexos 4, 5 y 6**). Todas las secciones están referidas al nivel medio del mar.

Tabla 2.1
Estaciones hidrometeorológicas de la cuenca del Caldera

Nombre	Estación	Tipo	Latitud	Longitud	Elevación	Registro desde
Los Naranjos	108-017	B	08°47'	82°27'	1200	1927
Bajo Grande	102-009	Pv	08°52'	82°35'	2200	1972
Finca Lérida	108-001	Pv	08°48'	82°29'	1700	1927
Bajo Boquete	108-005	Pv	08°45'	82°31'	930	1955
Caldera Jaramillo	108-0206	Lg	08° 45'	82°25'	995	1974

2.2 MODELACION HIDROLOGICA

La modelación hidrológica se define como la descripción matemática de la respuesta de una cuenca ante la ocurrencia de una serie de eventos de precipitación. Estos modelos permiten la generación sintética de hidrogramas en sitios en que no hay estaciones limnigráficas.

En las cuencas evaluadas, dado que se trata de eventos extremos de inundaciones y teniendo en cuenta la limitada disponibilidad de datos hidrometeorológicos, se decidió utilizar el modelo HEC-1. Este modelo es adecuado para lluvias de alta intensidad y corta duración, situación en que las consideraciones de humedad del suelo y evapotranspiración son secundarias y pueden ser despreciadas en el análisis .

2.3 MODELACION HIDRAULICA

La modelación hidráulica permite, a partir de caudales de entrada, analizar la conducta hidráulica de un río, en condiciones de funcionamiento normal o extremo dando información sobre el nivel del agua, profundidad, zonas de desbordamiento, etc. De este modo se puede, por ejemplo, prever cuáles sectores del río no tienen la capacidad de transportar de manera segura el caudal producido por eventos extremos de precipitación y escurrimiento, y tomar las medidas de prevención correspondientes. Permite a su vez, analizar las características energéticas del torrente, las cuales están asociadas a su capacidad de socavación.

Se utilizó el modelo HEC-2 que calcula los perfiles de elevación de flujo permanente en canales naturales y construidos. Con el programa se analizó el flujo a través de los puentes en las quebradas Aserrío y Grande para determinar si tenían capacidad suficiente para su desalojo.

Se compararon además los perfiles para flujo supercrítico y subcrítico para determinar las elevaciones en las cuerdas bajas de los puentes y conocer si eran críticas.

CAPITULO N° 3

3- MODELACION HIDROLOGICA UTILIZANDO HEC-1

3.1- CALIBRACION DEL MODELO

El modelo pudo ser calibrado adecuadamente, en forma directa, gracias a la existencia del sistema hidrometeorológico de la cuenca. Se cuenta con la estación limnográfica Caldera Jaramillo con número 108-0206, ubicada a escasos 3 kms. aguas abajo de la ciudad de Boquete. Con la estación pluviográfica Los Naranjos (108-017), y las estaciones pluviométricas finca Lérica (108-001) y Bajo Boquete (108-005). Se dispone además de la estación Bajo Grande (102-009), ubicada en la cuenca vecina denominada Chiriquí Viejo. El peso de las estaciones se determinó por medio de los polígonos de Thiessen y sus valores se muestran en la **Tabla 3.1**.

Tabla 3.1
Información de eventos de calibración

CUENCA DEL RIO CALDERA					
FECHA	THIESSEN %	40	15	35	10
	CAUDAL (m ³ /s)	PRECIPITACION, mm			
	CALDERA	FINCA LERIDA	BAJO BOQUETE	LOS NARANJOS	BAJO GRANDE
26/JUN/75	227.00	44.50	35.80	46.20	25.10
09/NOV/75	314.00	43.00	33.70	11.40	-----
14/DIC/75	321.00	98.80	36.10	76.20	244.20
10/JUN/76	258.00	118.60	100.50	137.40	71.50
14/NOV/79.	323.00	55.80	108.50	70.00	44.00
18/DIC/80	206.00	63.80	22.40	34.50	104.10
28/OCT/81.	326.00	47.00	116.10	38.80	42.90
08/SEP/88	218.00	28.50	-----	132.90	19.60
22/OCT/88	306.00	70.80	-----	0.00	130.40
12/AGO/91	119.30	79.80	45.30	45.70	- 35.60
13/OCT/91	106.00	53.80	114.00	35.20	22.90

3.2- SELECCION DE LOS EVENTOS DE CALIBRACION

La selección de los eventos de calibración se efectuó de acuerdo a los siguientes pasos:

- Análisis del historial de la estación limnigráfica, seleccionando aquellos eventos que presentaran caudales máximos extraordinarios, debido a que estos son los caudales que constituyen una amenaza para las comunidades de la zona. Además estos eventos tienen una probabilidad mayor de cubrir la totalidad de la cuenca, y de esta forma respetar mejor las suposiciones básicas del modelo, tales como el hidrograma unitario sintético adimensional del Servicio de Conservación de Suelos.
- Se dio preferencia a los hidrogramas unimodales, ya que permiten una calibración más adecuada y se derivan de eventos de precipitación convectiva, los cuales originan normalmente las inundaciones catastróficas en cuencas pequeñas.
- Se analizó la precipitación de las estaciones pluviográficas y pluviométricas, procurando que la distribución de la lluvia fuera lo más uniformemente posible desde los puntos de vista espacial y temporal. Es necesario mencionar que dicha uniformidad es solo parcialmente obtenible en una cuenca tan irregular desde el punto de vista geológico y meteorológico.

Los eventos preseleccionados se muestran en la **Tabla 3.1**. Varios eventos son descartados debido a que la precipitación no fue uniforme o a que los hidrogramas leídos no son unimodales. Los casos sobrevivientes son calibrados, lo cual conduce a nuevas eliminaciones, cuando se detecta que la precipitación medida no fue representativa de la precipitación real. Esta condición es detectada por medio del modelo, debida a que se presentan resultados absurdos.

El evento que cumplió mejor las condiciones de calibración fue el del 10 de junio de 1976. Los valores del hidrograma observado se presenta en la **Tabla 3.2** y **Figura 3.1**, respectivamente.

El hietograma registrado ese día en la estación Los Naranjos se presenta en la **Tabla 3.3** y **Figura 3.2**.

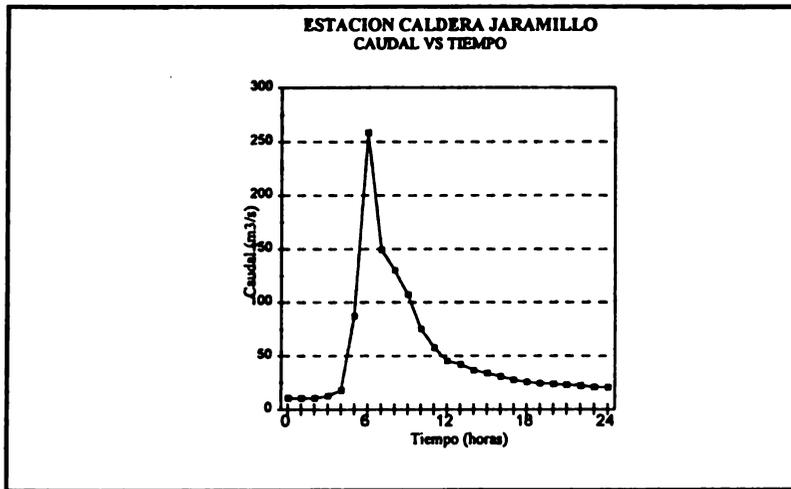
Las características del caudal base de la cuenca se obtienen del hidrograma del 10 de junio de 1976, para lo cual se grafica en papel semilogarítmico el caudal vs el tiempo, tal como se muestra en la **Figura 3.3**.

Tabla 3.2.
Hidrograma Del evento del 10 de junio de 1976
(Rio Caldera est. Jaramillo)

HORA	TIEMPO	NIVEL (m)	CAUDAL (m³/s)
1200	0	1.02	10.57
1300	1	1.01	10.39
1400	2	1.02	10.57
1500	3	1.07	12.51
1600	4	1.48	17.63
1700	5	1.86	87.05
1800	6	2.60	258.43
1900	7	2.19	149.14
2000	8	2.10	130.08
2100	9	1.98	107.19
2200	10	1.78	75.08
2300	11	1.65	57.61
2400	12	1.54	45.10
100	13	1.51	42.06
200	14	1.45	36.44
300	15	1.42	33.84
400	16	1.38	30.59
500	17	1.34	27.57
600	18	1.31	25.46
700	19	1.29	24.11
800	20	1.28	23.46
900	21	1.26	22.51
1000	22	1.25	21.89
1100	23	1.24	20.69
1200	24	1.23	20.39

Figura 3.1

Hidrograma observado, estación Caldera Jaramillo, 10/junio/1976



**Tabla 3.3
Hietograma del 10-jun-76**

ESTACION LOS NARANJOS	
PRECIP. CONVECTIVA	
HORA	Lluvia (mm)
12:00	0.0
13:00	0.0
14:00	14.2
15:00	43.8
16:00	27.6
17:00	6.1
18:00	30.2
19:00	8.2
20:00	- 1.2
21:00	0.0
22:00	0.0

Figura 3.2
Hietograma del 10 de junio de 1976

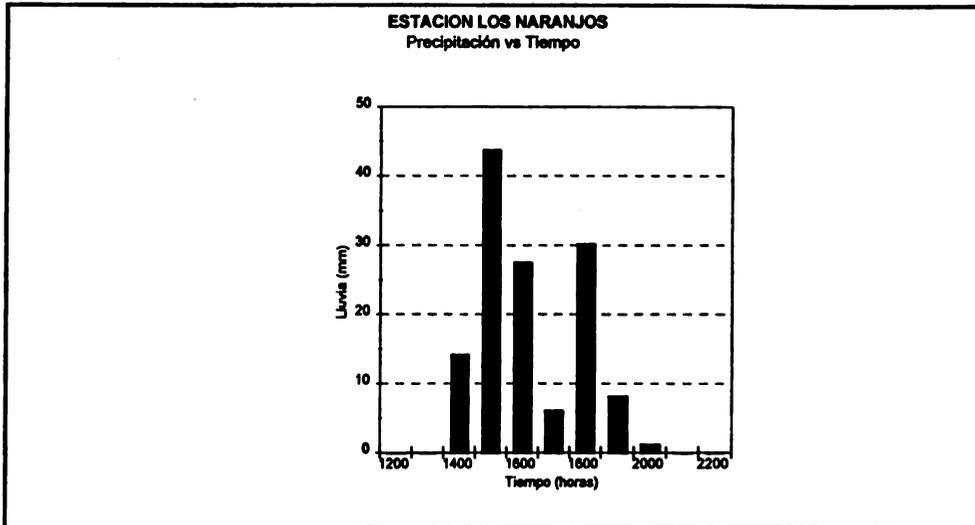
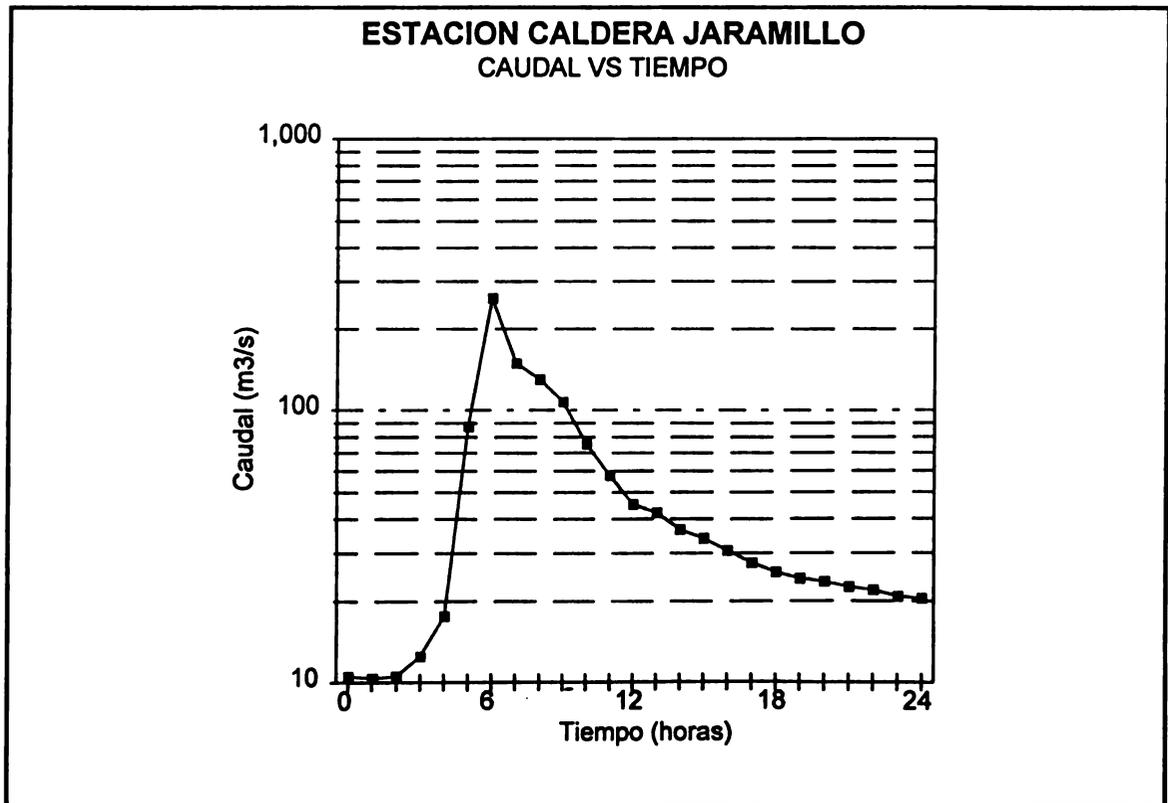


Figura 3.3
Hidrograma en escala semilogarítmica del 10 de junio de 1976



Los parámetros necesarios son: STRTQ (caudal inicial), QRCSN (inicio de la curva de recesión logarítmica) y RTIOR (tasa de abatimiento de la curva de recesión logarítmica). Los resultados obtenidos son:

- STRTQ = 10.57 m³/s
- QRCSN = 45.00 m³/s
- RTIOR = 1.08

El tiempo de desfase TLAG fue obtenido como el desfase del centro de masa de la precipitación y el tiempo del caudal pico, en eventos históricos registrados en la cuenca del río Caldera. A partir de estos valores se adaptó la fórmula de Snyder. La fórmula utilizada para las subcuencas de la cuenca del río Caldera, donde L es la longitud total del río y Lc la longitud del río hasta su punto más cercano al centroide de la subcuenca, es:

$$TLAG = 0.31 * (L * Lc)^{0.3}$$

Ecuación 3.1

a- Resultados de la calibración

Como resultado de la combinación de varios intentos automáticos y manuales, se obtuvo un ajuste satisfactorio del evento del 10 de junio de 1976, consiguiéndose la coincidencia del caudal máximo y formas razonablemente semejantes del hidrograma observado y calculado. Tal como ha sucedido en la mayoría de las calibraciones realizadas en Centro América, se tiene un desfase entre el tiempo al caudal máximo calculado y observado. Este fenómeno es atribuido a la utilización del hidrograma unitario sintético adimensional del Servicio de Copnservación de Suelos. Un ajuste más estricto de los hidrogramas conduciría a valores de IA, CN o TLAG irreales. La derivación de un hidrograma unitario para la cuenca del río Caldera será factible en un futuro debida a que recientemente se han instalado varias estaciones pluviográficas lo cual permitirá identificar tormentas más uniformes no solo espacial sino temporalmente.

Los parámetros adoptados finalmente son:

$$IA = 35$$
$$CN = 59$$

En el **Anexo 1** se presenta el archivo de entrada CALJU76B.DAT de la calibración hidrológica del río Caldera, y en la **Tabla 3.4** y la **Figura 3.4** los hidrogramas observado y calculado, tomados del archivo de salida CALJU76B.OUT.

3.3- MODELACION DE LA CUENCA DEL RIO CALDERA

La cuenca del río Caldera se subdividió en diez subcuencas, tal como se muestra en la **Figura 1.1**, en función de los principales afluentes y las zonas de mayor interés por su riesgo de emergencias. Esta subdivisión permite una descripción detallada de la variación creciente de los caudales máximos conforme se avanza hacia aguas abajo. En la **Tabla 3.5** se muestra un listado de las subcuencas con sus principales datos geomorfológicos.

Para el cálculo de la distribución espacial de la lluvia se escogió un periodo de retorno de 25 años, según las recomendaciones del SCS. El periodo de retorno se obtuvo a partir de una serie de valores de precipitación máxima diaria anual, utilizando el método de Weibull. Los valores de precipitación máxima diaria obtenidos se muestran en la **Tabla 3.11**. La curva de distribución de frecuencia se definió aplicando la distribución de valores extremos de Gumbel, utilizando la ecuación de Chow. Los resultados de dichos análisis, para cada una de las estaciones de precipitación, se muestra en las **Tablas 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11**.

La selección de la distribución temporal de diseño de la lluvia, constituye uno de los aspectos más difíciles de la modelación hidrológica, en cuencas de una irregularidad temporal tan marcada, y este aspecto es muy delicado, dado que tiene un tremendo impacto en los resultados. Debe tenerse mucho cuidado, para evitar resultados absurdos, tanto por déficit como por exceso. Por ejemplo, se utilizó el método del bloque alternante, descrito por Chow, Maidment y Mays (1988), para obtener el hietograma de diseño, calculado a partir de las curvas de intensidad duración frecuencia de la estación Los Naranjos. El hietograma escogido fue seleccionado de eventos históricos medidos en la estación Los Naranjos, y su validez fue verificada en función del análisis estadístico de los caudales reales registrados en la estación limnigráfica Caldera Jaramillo. En la **Tabla 3.12** se muestran los caudales máximos de las estaciones limnigráficas Bajo Boquete y Boquete, corregidos por relación de área para equipararlos con los valores de la estación Caldera Jaramillo. En la **Tabla 3.13** se presentan la proyección de caudales máximos en la estación Caldera Jaramillo para un período de retorno de 25 años.

Tabla 3.4
Salida de archivo de calibración

Hora	Lluvia (mm)			Caudal (m3/s)	
	Total	Pérdida	Exceso	Calculado	Observado
1200	0	0	0	11	11
1250	0	0	0	10	10
1300	0	0	0	10	10
1350	6.37	6.37	0	10	10
1400	6.37	6.37	0	10	11
1450	19.64	19.64	0	9	12
1500	19.64	18.19	1.45	13	13
1550	12.38	9.71	2.67	28	15
1600	12.38	8.6	3.77	61	18
1650	2.74	1.77	0.96	103	52
1700	2.74	1.73	1.01	131	87
1750	13.54	7.97	5.57	147	173
1800	13.54	7.11	6.44	176	258
1850	3.68	1.8	1.88	223	204
1900	3.68	1.75	1.93	257	149
1950	0.54	0.25	0.29	252	140
2000	0.54	0.25	0.29	214	130
2050	0	0	0	162	119
2100	0	0	0	116	107
2150	0	0	0	80	91
2200	0	0	0	54	75
2250	0	0	0	44	66
2300	0	0	0	43	58
2350	0	0	0	42	51
2400	0	0	0	41	45
50	0	0	0	40	44
100	0	0	0	39	42
150	0	0	0	38	39
200	0	0	0	38	36
250	0	0	0	37	35
300	0	0	0	36	34
350	0	0	0	35	32
400	0	0	0	34	31
450	0	0	0	33	29
500	0	0	0	32	28

Figura 3.4
Hidrogramas observado y calculado

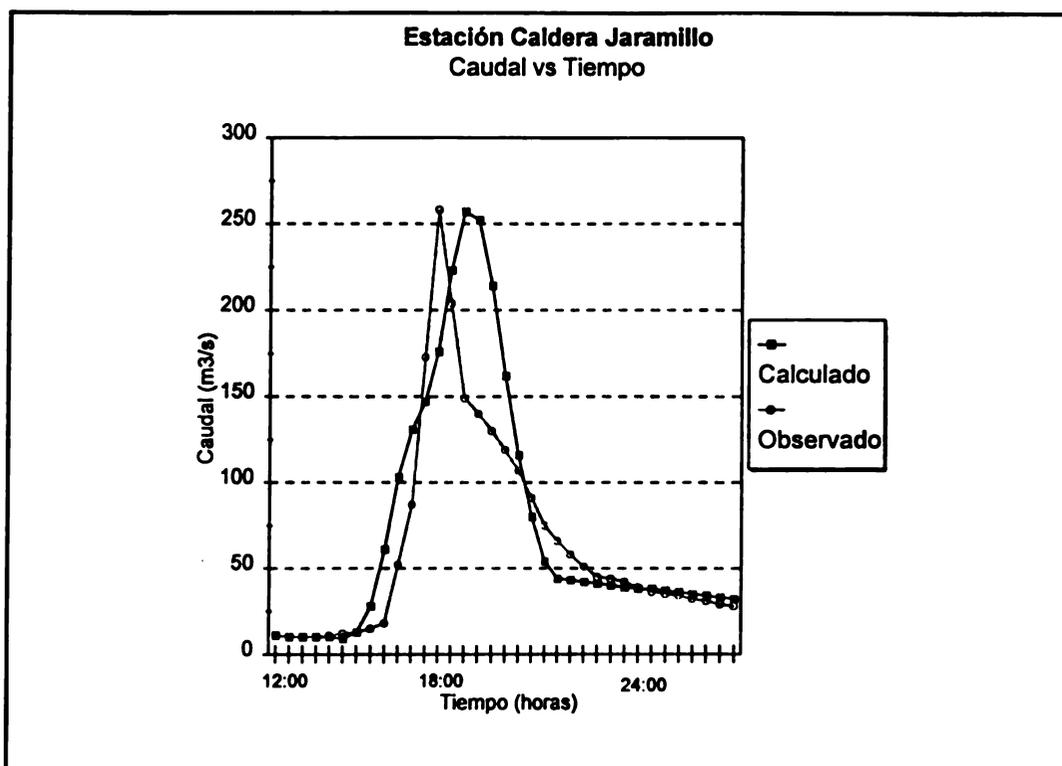


Tabla 3.5
Sub-cuencas del Río Caldera

SUBCUENCA	AREA (Km ²)	L (Km)	Lc (Km)	TLAG (horas)	PUNTO ANALISIS	ESTACIONES LLUVIA (% area)			
						BAJO GRANDE	FINCA LERIDA	LOS NARANJOS	BAJO BOQUETE
Caldera Arr.	51.18	10.70	6.16	1.07	A	22.45	77.55		
Horqueta	7.25	3.30	2.31	0.57	A		52.80	47.20	
Calle.Seco	7.60	5.00	3.23	0.71	B		67.52	32.48	
Qda Aserrio	1.98	3.00	2.08	0.54	B		41.47	58.53	
Palo Alto	36.10	6.00	4.24	0.82	C			91.33	8.6
Caldera Med.	2.22	2.30	1.20	0.42	C			100.00	
Boquete	2.62	2.10	1.10	0.40	D				100.0
Qda Grande	7.90	5.80	4.08	0.80	D		25.26	63.55	11.1
Caldera Ab.	7.11	2.20	1.60	0.45	E				100.0
Jaramillo	8.45	4.80	2.08	0.62	E				100.0
TOTAL	132.41					9.00	38.00	37.00	16.0

Tabla 3.6
Información topográfica para tránsito de avenidas

DATOS TOPOGRAFICOS		
SECTOR	H (m)	L (Km)
A	1290	
		1.50
B	1210	
		2.50
C	1115	
		2.20
D	1050	
		2.70
E	1000	

Tabla 3.7
Valores máximos de precipitación para $T_r = 25$ años

Estación	Precipitación (mm)
Los Naranjos	208
Bajo Grande	302
Finca Lérida	247
Bajo Boquete	216

Tabla 3.8
Precipitación máxima diaria anual para Tr = 25 años
Estación Bajo Grande

RANGO	PRECIPIT. DECRECI.	PRECIPIT.	$[(x-XMEDY)^2]$	PERIODO RETORNO
1	270.9	100.0	655.85	22.00
2	249.7	68.8	3458.56	11.00
3	244.2	182.9	3282.20	7.33
4	204.2	64.5	3734.37	5.50
5	199.6	244.2	14063.70	4.40
6	182.9	92.6	1089.63	3.67
7	141.3	62.9	3932.48	3.14
8	125.8	62.6	3970.20	2.75
9	105.1	78.9	2372.62	2.44
10	104.1	104.1	462.66	2.20
11	100.0	125.8	0.04	2.00
12	92.6	68.6	3250.09	1.83
13	81.2	70.6	3026.05	1.69
14	78.9	141.3	246.19	1.57
15	70.6	63.3	3882.48	1.47
16	68.6	199.6	5474.59	1.38
17	66.8	81.2	1972.21	1.29
18	64.5	270.9	21109.32	1.22
19	63.3	249.7	15398.45	1.16
20	62.9	105.1	420.64	1.10
21	62.6	204.2	6176.46	1.05
SUMA =		2637.8	97978.78	
MEDIA =		125.61		
DES.STA =		69.9924		
K =		2.502	factor de frecuencia para 21 datos	
P25 =		301	mm	

Tabla 3.9
Precipitación máxima diaria anual para Tr = 25 años
Estación Finca Lérica

RANGO	PRECIPIT. DECRECI.	PRECIPIT.	$[\bar{X}-X_{MED}]^2$	PERIODO RETORNO
1	367.0	62.8	1417.52	29.00
2	177.9	44.5	3130.40	14.50
3	143.6	80.5	398.00	9.67
4	140.6	58.8	1734.72	7.25
5	127.6	88.8	135.72	5.80
6	126.6	77.8	513.02	4.83
7	118.6	84.3	260.82	4.14
8	110.6	367.0	71048.90	3.63
9	101.6	56.0	1975.80	3.22
10	98.8	78.0	504.00	2.90
11	88.8	143.6	1861.92	2.64
12	85.8	98.8	2.72	2.42
13	85.8	118.6	329.42	2.23
14	85.8	58.3	1776.62	2.07
15	84.8	85.8	214.62	1.93
16	84.3	177.9	5998.50	1.81
17	80.5	72.8	764.52	1.71
18	78.0	101.6	1.32	1.61
19	77.8	64.8	1270.92	1.53
20	72.8	127.6	737.12	1.45
21	67.8	62.3	1455.42	1.38
22	64.8	126.6	683.82	1.32
23	62.8	84.8	244.92	1.26
24	62.3	85.8	214.62	1.21
25	58.8	110.6	103.02	1.16
26	58.3	85.8	214.62	1.12
27	56.0	140.6	1612.02	1.07
28	44.5	67.8	1066.02	1.04
SUMA =		2812.6	99671.11	
MEDIA=		100.45		
DES.STA=		60.7579		
K =		2.4130	factor de frecuencia para 28 datos	
P25 =		247	mm	

Tabla 3.10
Precipitación máxima diaria anual para Tr = 25 años
Estación Los Naranjos

RANGO	PRECIPIT DECRECI	PRECIPIT	[X-XMED]^2	PERIODO RETORNO
1	216.7	84.8	562.59	22.00
2	184.0	216.7	11703.12	11.00
3	155.7	101.7	46.50	7.33
4	139.8	111.4	8.30	5.50
5	137.4	137.4	834.11	4.40
6	132.9	94.6	193.74	3.67
7	111.4	106.7	3.31	3.14
8	106.7	85.2	543.78	2.75
9	101.7	67.3	1699.01	2.44
10	99.5	87.4	446.01	2.20
11	97.0	81.2	746.33	2.00
12	94.6	93.0	240.84	1.83
13	93.0	139.8	978.50	1.69
14	87.4	72.0	1333.64	1.57
15	85.2	155.7	2226.04	1.47
16	84.8	99.5	81.34	1.38
17	81.2	132.9	594.43	1.29
18	72.0	97.0	132.69	1.22
19	71.5	184.0	5697.37	1.16
20	67.3	71.5	1370.41	1.10
21	59.1	59.1	2442.24	1.05
SUMA =		2278.9	31884.31	
MEDIA =		108.52		
DES.STA =		39.9276		
K =		2.502	factor de frecuencia para 21 datos	
P25 =		208	mm	

Tabla 3.11
Precipitación máxima diaria anual para Tr=25 años
Estación Bajo Boquete

RANGO	PRECIPIT. DECRECI.	PRECIPIT.	$[(X-XMED)^2]$	PERIODO RETORNO
1	250.0	87.4	1365.59	27.00
2	195.1	128.0	13.29	13.50
3	185.0	131.5	51.07	9.00
4	142.5	104.8	382.35	6.75
5	140.0	250.0	15786.96	5.40
6	138.5	88.5	1285.50	4.50
7	132.5	96.0	803.94	3.86
8	131.5	140.0	244.80	3.38
9	130.9	128.5	17.19	3.00
10	128.5	142.5	329.28	2.70
11	128.0	130.9	42.85	2.45
12	122.5	97.0	748.23	2.25
13	122.2	114.3	101.08	2.08
14	117.5	185.0	3677.96	1.93
15	114.3	132.5	66.36	1.80
16	110.9	138.5	200.11	1.69
17	108.5	122.5	3.44	1.59
18	104.8	92.5	1014.67	1.50
19	97.0	122.2	4.64	1.42
20	96.0	95.2	849.95	1.35
21	95.2	195.1	5005.02	1.29
22	92.5	108.5	251.34	1.23
23	89.3	89.3	1228.77	1.17
24	88.5	84.1	1620.37	1.13
25	87.4	110.9	181.01	1.08
26	84.1	117.5	46.98	1.04
SUMA =		3233.2	35322.74	
MEDIA =		124.35		
DES.STA =		37.5887		
K =		2.434	factor de frecuencia para 26 datos	
P25 =		216	mm	

Tabla 3.12
Corrección de caudales en función del área de drenaje

FACTOR DE CORRECCION POR AREA (FC)					
BAJO BOQUETE FC=(136/124)=1.1; BOQUETE FC=(136/109)=1.25					
AÑO	BAJO BOQUETE		BOQUETE		JARAMI
	QORIGINAL	QCORREG	QORIGINAL	QCORREG	QORIGINAL
57	137	150.7			
58	191	210.1			
59	305	335.5			
60		0			
61	101	111.1			
62	171	188.1			
63	150	165			
64	44	48.4			
65	56	61.6			
66	53	58.3			
67			57.3	71.625	
68			48	60	
69			38.6	48.25	
70-73	Sin datos				
74					112
75					321
76					258
77					76.6
78					193
79					323
80					206
81					326
82					120
83					140
84					105
85-86	Sin datos				
87					122
88					306
89					
90					157
91					140

Tabla 3.13
Caudal máximo anual (m³/s) para Tr=25 años, est. Caldera Jaramillo Abajo

RANGO	CAUDAL ORDENADO	CAUDAL	[X-XMED]^2	PERIODO RETORNO
1	335.5	150.7	29569.26	29.00
2	326.0	210.1	26392.32	14.50
3	323.0	335.5	25426.58	9.67
4	321.0	111.1	24792.75	7.25
5	306.0	188.1	20294.04	5.80
6	258.0	165.0	8922.15	4.83
7	210.1	165.0	2167.57	4.14
8	206.0	48.4	1802.61	3.63
9	193.0	61.6	867.72	3.22
10	188.1	58.3	603.05	2.90
11	165.0	71.6	2.12	2.64
12	165.0	60.0	2.12	2.42
13	157.0	48.2	42.81	2.23
14	150.7	112.0	164.94	2.07
15	140.0	321.0	554.27	1.93
16	140.0	258.0	554.27	1.81
17	122.0	76.6	1725.81	1.71
18	120.0	193.0	1895.98	1.61
19	112.0	323.0	2656.67	1.53
20	111.1	206.0	2750.25	1.45
21	105.0	326.0	3427.27	1.38
22	76.6	120.0	7559.06	1.32
23	71.6	140.0	8453.49	1.26
24	61.6	105.0	10392.35	1.21
25	60.0	122.0	10721.12	1.16
26	58.3	306.0	11076.06	1.12
27	48.4	157.0	13257.88	1.07
28	48.2	140.0	13303.97	1.04
SUMA =	4579.2		229378.49	
MEDIA =	163.54	DES.STA=	92.1710	
K =	2.403	factor de frecuencia para 28 datos		
P25 =	385	m ³ /s		

Los parámetros de flujo base se derivaron a partir del hidrograma semilogarítmico del 10 de junio de 1976, adaptados para la modelación de las subcuencas, expresando el caudal inicial STRTQ en función del área y el caudal del inicio de la recesión logarítmica QRCSN en función del caudal máximo. La tasa de abatimiento de la curva de recesión RTIOR, es la misma utilizada en la calibración.

Los tiempos de desfase TLAG de las subcuencas fueron calculados a partir de la Ecuación 3.1 y son presentados en la Tabla 3.5.

El tránsito de la onda se calculó con el método de Muskingum, para lo cual se debe determinar el tiempo de recorrido de la onda AMSKK, la cual es aproximadamente cinco tercios de la velocidad media, cuyo valor se obtiene a partir de la ecuación de Manning, para secciones trapeziales simplificadas. En la Tabla 3.14 se muestran los valores de AMSKK, para los sectores AB, BC, CD y DE, mostrados en la Figura 1.1.

Tabla 3.14
Tiempo de viaje de ondas (horas)

SECTOR	A	Q	H1	H2	L	S	B	V	V	AMSK
AB	58.44	143.74	1290	1210	1500	0.053	30	4.51	7.51	0
BC	68.02	167.33	1210	1115	2500	0.04	30	4.37	7.28	0
CD	104.12	256.14	1115	1050	2200	0.03	40	4.26	7.1	0
DE	132.41	325.75	1050	1000	2700	0.02	50	3.81	6.35	0

En el Anexo 2 se presenta el archivo de modelación hidrológica de la cuenca Caldera: MODCAL5.DAT.

En la Tabla 3.15 se muestra un resumen con los caudales máximos obtenidos en la cuenca del río Caldera, tomado del archivo de salida MODCAL5.OUT.

Tabla 3.15
Resumen de archivo de salida de modelación del río Caldera

OPERACION	CAUDAL PICO (m ³ /s)	TIEMPO AL PICO (hrs)	AREA (km ²)
HYDROGRAPH AT ARRIBA	262.52	9.75	51.18
HYDROGRAPH AT HORQUETA	38.15	9.25	7.25
2 COMBINED AT COMBA	292.18	9.5	58.43
ROUTED TO T A-B	290.51	9.75	58.43
HYDROGRAPH AT SECO	41.2	9.25	7.6
2 COMBINED AT COMB	328.5	9.5	66.03
HYDROGRAPH AT ASERIO	10.19	9.25	1.98
2 COMBINED AT COMBB	336.94	9.5	68.01
ROUTED TO T B -C	336.94	9.5	68.01
HYDROGRAPH AT PALO	135.83	9.5	36.1
HYDROGRAPH AT MEDIA	10.12	9	2.22
3 COMBINED AT COMBC	480.03	9.5	106.33
ROUTED TO T C-D	471.21	9.5	106.33
HYDROGRAPH AT GRANDE	33.05	9.5	7.9
HYDROGRAPH AT BOQ	13.2	9	2.62
3 COMBINED AT COMBD	513.17	9.5	116.85
ROUTED TO T D-E	511.68	9.75	116.85
HYDROGRAPH AT ABAJO	34.64	9.25	7.11
HYDROGRAPH AT MILLO	38.66	9.25	8.45
3 COMBINED AT COMBE	557.17	9.75	132.41

3.4 MODELACION DE MICROCUENCAS GRANDE Y ASERRIO

Dadas las reducidas dimensiones de las quebradas Grande y Aserrió, su tiempo de concentración y tiempo de desfase son menores a los de la cuenca total del río Caldera, lo cual implica que el patrón temporal de la lluvia debe ser más corto e intenso para estas zonas. En consecuencia se seleccionó la tormenta registrada el 19 de junio de 1995, en la estación Los Naranjos, la cual provocó un desastre en la zona de Boquete.

En el **Anexo 3** se presenta el archivo de modelación hidrológica de las cuencas Grande y Aserrío: **MODASGR1.DAT**.

En la **Tabla 3.16** se muestra un resumen del archivo de salida **MODASGR1.OUT**.

Tabla 3.16
Resumen de archivo de salida de modelación de qdas. Grande y Aserrío

OPERACION	CAUDAL PICO (m ³ /s)	TIEMPO AL PICO (hrs)	AREA (km ²)
HYDROGRAPH AT GRANDE	93.47	3.33	7.9
HYDROGRAPH AT ASERRIO	27.07	3	1.98

CAPITULO N° 4

4- MODELACION HIDRAULICA USANDO HEC-2.

El Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), realizó un levantamiento topográfico extenso de los ríos Caldera, Qda. Grande y Qda. Aserrío. El levantamiento longitudinal y transversal es satisfactorio. El levantamiento de los puentes, en contraste, presenta deficiencias de información que obligaron a introducir algunas suposiciones y simplificaciones. Los resultados finales, sin embargo, no se ven significativamente afectados por las correcciones incorporadas.

Se dispuso de la siguiente información topográfica, **Tabla 4.1**.

Tabla 4.1
Información topográfica de los cauces urbanos

NOMBRE DE RIO	NUMERO DE SECCIONES	DISTANCIA (m)
CALDERA	35	8172
QUEBRADA GRANDE	14	1083
QUEBRADA ASERRIO	22	944

La n de Manning se escogió en base a visitas de campo y en la literatura de especialidad. Los valores promedio seleccionados son de 0.1 para las planicies de inundación y 0.05 para el cauce principal. El coeficiente de contracción del río es de 0.1, incrementándose a 0.3 en los puentes. El coeficiente de expansión es de 0.3, subiendo a 0.5 en los puentes.

4.1- MODELACION HIDRAULICA DEL RIO CALDERA

Los caudales utilizados en la modelación del río Caldera, se tomaron de la modelación hidrológica con HEC-1 (**Tabla 3.15**). El caudal es de 328 m³/s de la confluencia del río Seco a la confluencia de la Quebrada Aserrío; 337 m³/s hasta la confluencia del río Palo Alto; 480 m³/s hasta la confluencia de la Quebrada Grande y 513 m³/s hasta la confluencia del río Jaramillo.

En el **Anexo 4** se muestra el archivo de entrada **RIOCAL3.DAT** de la modelación hidráulica del río Caldera. Se supuso inicialmente que el río Caldera tiene flujo supercrítico, dado que las pendientes son elevadas. Los resultados de la modelación se resumen en la **Tabla 4.2**, tomada del archivo **RIOCAL3.OUT**.

Primeramente, los valores del número de Froude indican que la suposición inicial de considerar que el flujo es supercrítico fue acertada. Por otra parte, se tiene el factor importante de que el caudal puede ser contenido dentro de las amplias planicies de inundación del río. Por otro lado, el gradiente hidráulico, frecuentemente mayor que el 4%, y las velocidades medias, que alcanzan valores de hasta 10 m/s, indican claramente que el nivel energético del río es enorme, y por la tanto su poder erosivo y de socavación del lecho principal y de las márgenes es muy acentuado. Este tipo de río tiene la capacidad de cambiar de cauce durante grandes avenidas, ya que el tipo de lecho fluvial, de material grueso no consolidado, como piedras, gravas y arenas, no ofrecen resistencia significativa a la fuerza del agua. Los sistemas de control y disipación de energía son de difícil construcción, altamente costosos y difícilmente constituyen una solución confiable a largo plazo.

Una medida preventiva parcial, de costo accesible, es la construcción de espigones. Estos son salientes de grandes dimensiones, construidas de roca en las riberas de los ríos, en dirección perpendicular a la dirección del agua. Estas estructuras son gradualmente dañadas por las grandes avenidas y deben ser reparadas periódicamente. Su objetivo es lograr proteger las márgenes del río, alejando hacia el centro del cauce los problemas de socavación.

Sin lugar a dudas, la ciudad de Boquete fue ubicada en un lugar vulnerable. Correrá el peligro de eventos cíclicos destructivos y las consecuencias económicas, sociales y de vidas humanas será un elemento inevitable en su futuro.

La única solución real, permanente y económicamente factible es que la ciudad sea gradualmente trasladada a sitios no expuestos al furor del río. Alto Boquete, por ejemplo, parece presentar características topográficas ventajosas y no está expuesto a los efectos destructivos del río.

Adicionalmente se debe proteger a las fundaciones de los puentes con rocas seleccionadas por su gran tamaño, colocadas con la técnica del rip rap, o sea, en una combinación de tamaños.

La medida fundamental debe ser una prohibición estricta de construir en las zonas de peligro y la creación de estímulos para el traslado hacia el sitio escogido. Si esta recomendación no se sigue, Boquete tendrá problemas semejantes o peores, cíclicamente, en el futuro cercano y lejano. Alguien tiene que asumir esta responsabilidad histórica, ya sea esta generación o alguna de las que vienen.

Resumen de archivo de salida modelación hidráulica en río Caldera

SECNO	ELMIN	CWSEL	DEPTH	K*CHSL	VCH	AREA	QLOB	QCH	QROB	FRCH
8172.00	213.12	216.15	3.03	.00	5.16	63.57	.00	328.00	.00	1.76
7982.00	205.48	208.45	2.97	-40.08	10.12	32.42	.00	328.00	.00	2.57
7778.00	196.38	199.24	2.86	-44.76	5.36	61.22	.00	328.00	.00	1.57
7547.00	185.92	189.09	3.17	-45.14	6.71	48.90	.00	328.00	.00	1.65
7358.00	177.01	179.91	2.90	-47.14	6.95	48.52	.00	337.00	.00	1.90
7190.00	169.90	172.72	2.82	-42.37	7.06	47.71	.00	337.00	.00	1.52
7185.00	169.72	172.99	3.27	-36.00	5.12	65.87	.00	337.00	.00	1.02
7020.00	163.93	165.85	1.92	-35.09	7.47	45.11	.00	337.00	.00	2.63
6810.00	156.16	158.82	2.66	-37.05	3.71	90.90	.00	337.00	.00	1.13
6592.00	147.11	149.87	2.76	-41.46	6.87	49.06	.00	337.00	.00	1.95
6094.00	127.04	129.77	2.73	-40.29	4.53	74.41	.00	337.00	.00	1.44
5833.00	119.13	121.21	2.08	-30.36	5.00	67.42	.00	337.00	.00	1.45
5600.00	111.23	114.09	2.86	-33.85	5.62	85.39	.00	480.00	.00	1.39
5425.00	104.41	108.05	3.64	-39.05	6.83	70.26	.00	480.00	.00	1.58
5225.00	99.70	103.21	3.51	-23.56	6.37	75.41	.00	480.00	.00	1.23
4932.00	92.10	94.53	2.43	-26.19	5.45	88.02	.00	480.00	.00	1.86
4754.00	88.00	90.98	2.98	-23.00	3.24	148.36	.00	480.00	.00	1.07
4413.00	79.69	83.33	3.64	-24.36	5.92	81.12	.00	480.00	.00	1.19
4405.00	79.55	83.03	3.48	-17.50	6.07	79.04	.00	480.00	.00	1.65
4208.00	75.24	79.05	3.81	-21.90	5.26	91.26	.00	480.00	.00	1.11
4010.00	71.01	73.22	2.21	-21.36	6.04	79.50	.00	480.00	.00	1.94
3818.00	65.06	68.33	3.27	-30.94	5.10	94.20	.00	480.00	.00	1.23
3700.00	62.51	65.01	2.50	-21.67	5.36	89.63	.00	480.00	.00	1.56
3477.00	56.16	58.76	2.60	-28.42	4.34	110.70	.00	480.00	.00	1.26
3186.00	49.25	53.32	4.07	-23.78	4.54	120.34	.00	504.39	8.61	1.03
3120.00	48.12	50.65	2.53	-17.12	6.44	79.64	.00	513.00	.00	1.65
2938.00	43.13	46.66	3.53	-27.39	3.75	136.92	.00	513.00	.00	1.14
2307.00	29.24	32.42	3.18	-22.03	4.98	103.01	.00	513.00	.00	1.27
2210.00	27.60	30.28	2.68	-16.86	4.58	112.11	.00	513.00	.00	1.28
2100.00	25.19	28.22	3.03	-21.91	4.51	113.65	.00	513.00	.00	1.08
2000.00	23.48	25.08	1.60	-17.10	5.24	97.86	.00	513.00	.00	1.90
1880.00	19.85	22.97	3.12	-30.25	4.01	127.91	.00	513.00	.00	1.02
1711.00	16.74	20.29	3.55	-18.46	3.92	130.92	.00	513.00	.00	1.08
1587.00	11.28	13.76	2.48	-43.86	7.25	70.80	.00	513.00	.00	2.69
1500.00	9.95	12.88	2.93	-15.29	3.56	144.02	.00	513.00	.00	1.03
1179.00	3.61	6.24	2.63	-19.78	4.18	122.86	.00	513.00	.00	1.29

4.2- MODELACION HIDRAULICA DE LA QUEBRADA GRANDE

El caudal para la modelación hidráulica de la Quebrada Grande se toma de la **Tabla 3.16**, teniendo un valor de 93 m³/s.

Inicialmente se corrió el HEC-2, suponiendo flujo supercrítico, pero los valores de Froude obtenidos indicaron que esta suposición no es la correcta, por lo que se modificó el archivo de entrada para ajustarlo a una suposición de flujo subcrítico, la cual es acertada.

En el **Anexo 5** se presenta el archivo de entrada **QDAGRA5.DAT** de la modelación hidráulica de la quebrada Grande. Los resultados de la modelación para las condiciones naturales actuales de la quebrada son presentados en forma resumida en la **Tabla 4.3**, tomada del archivo **QDAGRA5.OUT**.

Los valores de Froude obtenidos confirman que la suposición de considerar la quebrada Grande en régimen subcrítico, es válida. El análisis detallado se muestra en la **Tabla 4.4**.

La quebrada Grande no tiene capacidad hidráulica suficiente para transportar en forma segura el caudal de diseño, provocando desbordamiento en varias secciones, especialmente en donde están ubicados los **puentes # 1 y # 6**. Esta situación obliga a una rehabilitación del cauce, lo cual es posible dadas las dimensiones limitadas de la quebrada y su relativa estabilidad geomorfológica. El problema básico existente, para lograr hacer estas mejoras al cauce, es la cercanía de construcciones, lo cual constituye frecuentemente un bloqueo para el acceso de la maquinaria, un incremento de costos y posiblemente la oposición de los afectados, como ha sucedido en casos semejantes. Algunas estructuras, como es el caso de los puentes de baja capacidad hidráulica, deberán ser modificados e incluso reconstruidos.

Las características de los puentes se muestran en la **Tabla 4.5**, archivo **ANAQGRA.WB1**.

El análisis de la capacidad hidráulica de los puentes se basa en el criterio de que la elevación mínima de la cuerda baja del puente debe ser mayor que el nivel máximo del agua. Las modificaciones geométricas fueron analizadas por una serie de alternativas de diseño, a través de la tarjeta CI (Channel Improvement). La alternativa escogida implica la ampliación trapezoidal del cauce con un ancho de base de 3.5 metros y taludes laterales con una inclinación de 1:1. La elevación del fondo del canal

metros y taludes laterales con una inclinación de 1:1. La elevación del fondo del canal se reduce y la ubicación de la línea central del trapecio para cada sección transversal aparecen en el **Anexo 5**. En la **Tabla 4.3** se muestran los resultados de la rehabilitación propuesta del cauce, incluyendo los volúmenes de excavación de cada tramo entre secciones VEXR y el total acumulado VEXT, en miles de m³. Para efectos de reducir los costos, mejorar la capacidad hidráulica y forzar una franja de retiro del cauce, el material excavado debe ser colocado en forma de dique a los lados del canal. En términos generales, los puentes deben ser reconstruidos, debido a sus dimensiones limitadas.

Tabla 4.3
Resumen de archivo de salida modelación hidráulica en qda. Grande

SECNO	ELMIN	CWSEL	DEPTH	K*CHSL	VCH	QLOB	QCH	QROB	FRCH	VEXR	VEXT
.0	1051.20	1054.46	3.26	.00	2.20	.00	58.98	34.02	.61	.00	.00
.0	1050.50	1053.54	3.04	.00	4.35	.00	93.00	.00	1.00	.00	.00
130.8	1063.23	1065.55	2.32	91.97	.94	.00	23.29	69.71	.28	.00	.00
130.8	1062.00	1065.08	3.08	87.92	3.64	.00	93.00	.00	1.01	1.16	1.16
276.3	1065.76	1068.75	2.99	17.39	4.49	18.61	55.28	19.11	.86	.00	.00
276.3	1064.20	1067.45	3.25	15.12	3.09	.00	93.00	.00	.64	2.56	3.72
282.3	1065.86	1069.06	3.20	16.66	3.93	20.22	52.11	20.68	.73	.00	.00
282.3	1064.30	1067.49	3.19	16.68	3.17	.00	93.00	.00	.66	.15	3.87
357.0	1067.00	1069.99	2.99	15.26	1.46	50.71	42.29	.00	.37	.00	.00
357.0	1065.10	1068.44	3.34	10.71	3.93	.00	93.00	.00	.97	1.59	5.46
470.0	1069.70	1072.91	3.21	23.87	3.75	.04	67.38	25.59	.80	.00	.00
470.0	1068.50	1071.45	2.95	30.06	4.88	.00	93.00	.00	1.01	1.78	7.24
474.0	1069.80	1072.99	3.19	29.44	3.73	.21	66.16	26.63	.75	.00	.00
474.0	1068.60	1071.55	2.95	29.40	4.87	.00	93.00	.00	1.00	.05	7.28
499.0	1070.70	1073.64	2.94	36.00	1.65	.00	73.11	19.90	.45	.00	.00
499.0	1068.85	1073.01	4.16	10.00	2.20	.00	93.00	.00	.61	.42	7.71
521.0	1071.70	1074.15	2.45	45.45	3.08	.04	66.53	26.43	1.14	.00	.00
521.0	1070.30	1073.11	2.81	65.91	2.95	.00	93.00	.00	.76	.61	8.32
530.0	1071.70	1074.44	2.74	.00	3.17	1.16	66.96	24.88	.70	.00	.00
530.0	1070.60	1073.10	2.50	34.47	4.38	.00	93.00	.00	1.01	.22	8.54
558.0	1071.80	1074.98	3.18	3.48	1.74	.37	92.63	.00	.56	.00	.00
558.0	1071.00	1073.88	2.88	13.91	4.31	.00	93.00	.00	1.04	.33	8.86
584.0	1072.20	1075.21	3.01	15.39	2.10	.11	92.88	.00	.74	.00	.00
584.0	1071.40	1075.09	3.69	15.39	1.65	.00	93.00	.00	.51	.34	9.20
590.0	1072.63	1075.62	2.99	77.47	2.50	.00	93.00	.00	1.03	.00	.00
590.0	1071.50	1075.09	3.59	18.01	1.85	.00	93.00	.00	.38	.14	9.34
685.0	1076.20	1078.30	2.10	37.76	3.42	.00	93.00	.00	1.00	.00	.00
685.0	1075.00	1077.86	2.86	37.02	3.70	.00	93.00	.00	1.01	1.88	11.22
781.0	1078.80	1081.88	3.08	27.01	2.32	.00	93.00	.00	1.02	.00	.00
781.0	1077.90	1080.27	2.37	30.13	4.38	.00	93.00	.00	1.01	1.33	12.55
785.0	1078.90	1082.52	3.62	23.80	3.32	18.37	56.52	18.11	.57	.00	.00
785.0	1078.00	1080.50	2.50	23.80	4.38	.00	93.00	.00	1.01	.09	12.64
886.0	1081.60	1084.02	2.42	26.76	2.08	.00	93.00	.00	.71	.00	.00
886.0	1081.00	1083.75	2.75	29.73	2.47	.00	93.00	.00	.90	1.41	14.05
938.0	1083.20	1085.45	2.25	30.56	2.94	.00	93.00	.00	1.00	.00	.00
938.0	1082.70	1085.31	2.61	32.47	3.00	.00	93.00	.00	1.00	.27	14.32
1056.0	1087.00	1089.80	2.80	32.18	3.78	28.42	44.90	19.68	.76	.00	.00
1056.0	1085.50	1088.04	2.54	23.71	4.27	.00	93.00	.00	.97	1.75	16.07
1063.0	1087.20	1089.95	2.75	27.39	3.55	25.59	53.37	14.04	.83	.00	.00
1063.0	1085.80	1088.29	2.49	41.10	4.40	.00	93.00	.00	1.01	.17	16.24
1083.0	1088.20	1090.92	2.72	50.00	3.70	24.93	54.45	13.61	.87	.00	.00
1083.0	1086.50	1089.58	3.08	35.00	4.58	.00	93.00	.00	1.01	.40	16.64

Tabla 4.4
Análisis de régimen de flujo de quebrada Grande

PERFIL NATURAL DE QDA. GRANDE (BOQUETE)					
SECNO	K*CHSL	WSEL SUBCRITICO	FRCH	WSEL SUPERCRIT	FRCH
0.00	0.00	1,053.30	1.00	1,052.46	3.27
130.80	91.97	1,065.12	1.03	1,065.12	1.03
276.30	17.39	1,068.26	0.68	1,068.20	0.73
282.30	16.66	1,068.38	0.66	1,068.29	0.74
357.00	15.26	1,069.31	0.44	1,068.88	1.04
470.00	23.87	1,072.05	1.00	1,072.04	1.01
474.00	29.44	1,072.38	0.76	1,071.98	1.01
499.00	36.00	1,073.15	0.43	1,072.37	1.44
521.00	45.45	1,073.96	1.16	1,073.96	1.16
530.00	0.00	1,074.17	0.58	1,073.58	1.00
558.00	3.48	1,074.49	0.47	1,073.65	1.08
584.00	30.77	1,074.51	1.01	1,074.51	1.01
590.00	5.39	1,074.79	0.76	1,074.42	1.10
685.00	37.76	1,077.69	1.01	1,077.68	1.02
781.00	27.01	1,081.54	0.97	1,080.99	1.20
785.00	23.80	1,081.40	0.84	1,081.14	1.00
886.00	26.76	1,083.78	0.54	1,083.51	1.02
938.00	30.56	1,085.03	0.93	1,084.62	1.85
1,056.00	32.18	1,089.46	0.62	1,089.45	0.63
1,063.00	27.39	1,089.60	0.69	1,089.33	1.17
1,083.00	50.00	1,090.55	0.76	1,090.43	0.96

Tabla 4.4(cont.)
Análisis de régimen de flujo de quebrada Grande

PERFIL DE CANAL MEJORADO DE QDA. GRANDE (BOQUETE)			
SECNO	K*CHSL	WSEL SUBCRITICO	FRCH
0.00	0.00	1,053.30	1.00
130.80	91.97	1,065.12	1.03
276.30	17.39	1,068.26	0.68
282.30	16.66	1,068.38	0.66
357.00	15.26	1,069.31	0.44
470.00	23.87	1,072.05	1.00
474.00	29.44	1,072.38	0.76
499.00	36.00	1,073.15	0.43
521.00	45.45	1,073.96	1.16
530.00	0.00	1,074.17	0.58
558.00	3.48	1,074.49	0.47
584.00	30.77	1,074.51	1.01
590.00	5.39	1,074.79	0.76
685.00	37.76	1,077.69	1.01
781.00	27.01	1,081.54	0.97
785.00	23.80	1,081.40	0.84
886.00	26.76	1,083.78	0.54
938.00	30.56	1,085.03	0.93
1,056.00	32.18	1,089.46	0.62
1,063.00	27.39	1,089.60	0.69
1,083.00	50.00	1,090.55	0.76

Tabla 4.5
Análisis de los puentes de la quebrada Grande

PUENTE	SECCION	CUERDA BAJA [msnm]	NIVEL AGUA [msnm]	NIVEL MINIMO [msnm]	ALTURA PUENTE [m]	ANCHO PLANTILLA [m]	AREA PUENTE [m ²]
	SECNO	ELLC	CWSEL	ELMIN		BW	
1	282.3	1067.50	1067.49	1064.30	3.20	6.00	19.20
2	474.0	1071.70	1071.55	1068.60	3.10	6.00	18.60
3	530.0	1074.20	1073.10	1070.80	3.40	6.00	20.40
4	590.0	1075.10	1075.09	1071.50	3.60	6.00	21.60
5	785.0	1080.86	1080.50	1078.00	2.80	6.00	16.80
6	1063.0	1088.84	1088.29	1085.80	3.00	6.00	18.00

4.3- MODELACION HIDRAULICA DE LA QUEBRADA ASERRIO

El caudal para la modelación hidráulica se toma de la **Tabla 3.16**, teniendo un valor de 27 m³/s.

En el **Anexo 6** se presenta el archivo de entrada **QDASERR6.DAT** de la modelación hidráulica de la quebrada Aserrío.

Los resultados de la modelación para las condiciones actuales de la quebrada son presentados en forma resumida en la **Tabla 4.6**, tomada del archivo **QDASERR6.OUT**.

Los valores de Froude obtenidos indican que la suposición inicial de flujo supercrítico es válida. El análisis detallado se muestra en la **Tabla 4.7**.

Tabla 4.6
Resumen de archivo de salida modelación hidráulica en qda. Aserrío

SECNO	ELMIN	CWSL	DEPTH	K*CHSL	VCH	QLOB	QCH	QROB	FRCH	VEXR	VEXT
1046.00	1227.90	1228.97	1.07	.00	5.04	.00	27.00	.00	2.10	.00	.00
1046.00	1227.90	1228.97	1.07	.00	5.04	.00	27.00	.00	2.10	.00	.00
1035.00	1226.40	1227.92	1.52	-142.86	4.91	.00	27.00	.00	1.57	.00	.00
1035.00	1226.40	1227.92	1.52	-142.86	4.91	.00	27.00	.00	1.57	.00	.00
1025.00	1225.60	1226.70	1.10	-80.00	5.13	.00	27.00	.00	2.26	.00	.00
1025.00	1225.60	1226.70	1.10	-80.00	5.13	.00	27.00	.00	2.26	.00	.00
1015.00	1224.90	1226.30	1.40	-70.00	3.74	.00	27.00	.00	1.28	.00	.00
1015.00	1224.90	1226.30	1.40	-70.00	3.74	.00	27.00	.00	1.28	.00	.00
1005.00	1224.10	1225.46	1.36	-80.00	4.32	.00	27.00	.00	1.48	.00	.00
1005.00	1224.10	1225.46	1.36	-80.00	4.32	.00	27.00	.00	1.48	.00	.00
905.00	1217.40	1219.10	1.70	-66.67	4.32	.00	27.00	.00	1.28	.00	.00
905.00	1217.00	1218.42	1.42	-70.65	5.37	.00	27.00	.00	1.68	.00	.00
805.00	1210.80	1212.72	1.92	-66.00	4.50	.00	27.00	.00	1.36	.00	.00
805.00	1210.00	1211.39	1.39	-70.00	5.75	.00	27.00	.00	1.85	.79	.79
764.00	1207.50	1209.09	1.59	-80.10	5.20	.00	27.00	.00	1.77	.00	.00
764.00	1207.00	1207.86	.86	-72.82	5.90	.00	27.00	.00	2.19	.39	1.19
760.00	1207.30	1208.89	1.59	-49.99	5.20	.00	27.00	.00	1.77	.00	.00
760.00	1206.90	1207.95	1.05	-24.99	4.57	.00	27.00	.00	1.55	.03	1.22
672.00	1201.00	1202.69	1.69	-72.25	4.46	.00	27.00	.00	1.85	.00	.00
672.00	1200.50	1201.79	1.29	-73.39	5.81	.00	27.00	.00	2.03	.60	1.82
590.00	1197.20	1198.44	1.24	-46.12	2.72	.00	27.00	.00	1.06	.00	.00
590.00	1197.00	1198.15	1.15	-42.48	3.33	.00	27.00	.00	1.30	.32	2.15
587.00	1197.05	1198.37	1.32	-48.39	2.38	.00	27.00	.00	1.49	.00	.00
587.00	1196.90	1198.17	1.27	-32.25	2.73	.00	27.00	.00	1.02	.01	2.15
512.00	1194.20	1195.29	1.09	-38.36	2.40	.00	27.00	.00	1.14	.00	.00
512.00	1193.50	1194.93	1.43	-45.76	4.12	.00	27.00	.00	1.86	.14	2.30
448.50	1191.70	1193.15	1.45	-39.18	5.05	.00	27.00	.00	1.56	.00	.00
448.50	1190.80	1191.90	1.10	-42.32	4.02	.00	27.00	.00	1.33	.44	2.73
444.50	1191.55	1193.00	1.45	-37.51	5.05	.00	27.00	.00	1.56	.00	.00
444.50	1190.70	1191.84	1.14	-25.02	3.84	.00	27.00	.00	1.25	.05	2.78
394.00	1189.80	1191.11	1.31	-35.00	2.15	.00	27.00	.00	.97	.00	.00
394.00	1189.00	1190.79	1.79	-34.00	3.08	.00	27.00	.00	1.05	.36	3.14
358.80	1188.65	1189.77	1.12	-32.30	2.59	.00	27.00	.00	1.13	.00	.00
358.80	1188.00	1189.50	1.50	-28.09	3.48	.00	27.00	.00	1.57	.09	3.24
307.70	1186.70	1188.28	1.58	-38.16	2.50	5.06	20.20	1.74	.93	.00	.00
307.70	1185.50	1187.27	1.77	-48.92	4.07	.00	27.00	.00	1.19	.24	3.47
247.40	1185.19	1186.78	1.59	-25.04	3.35	8.28	18.72	.00	.87	.00	.00
247.40	1184.20	1185.63	1.43	-21.56	3.89	.00	27.00	.00	1.11	.40	3.87
237.40	1184.70	1185.71	1.01	-49.00	4.88	.00	18.44	8.56	1.74	.00	.00
237.40	1184.00	1185.02	1.02	-20.00	4.39	.00	27.00	.00	1.50	.07	3.94
230.00	1184.40	1186.11	1.71	-42.85	2.87	.00	12.14	14.86	.99	.00	.00
230.00	1183.80	1185.73	1.93	-28.56	3.57	.00	27.00	.00	1.00	.05	3.99
155.00	1182.60	1184.53	1.93	-24.00	3.40	.00	27.00	.00	1.00	.00	.00
155.00	1182.60	1184.52	1.92	-16.00	3.41	.00	27.00	.00	1.01	.00	3.99
102.00	1180.60	1181.60	1.00	-37.81	.51	.00	2.13	24.87	.28	.00	.00
102.00	1180.60	1181.59	.99	-37.81	6.67	.00	27.00	.00	3.73	.00	3.99

Tabla 4.7
Análisis de régimen de flujo de quebrada Aserrío

PERFIL NATURAL DE QDA. ASERRIO (BOQUETE)					
SECNO	K*CHSL	WSEL SUBCRITICO	FRCH	WSEL SUPERCRIT	FRCH
102.00	0.00	1,180.72	1.12	1,181.62	0.13
155.00	43.48	1,184.06	1.00	1,183.80	1.64
230.00	24.00	1,186.11	0.48	1,186.12	0.47
237.40	42.85	1,186.15	0.35	1,185.60	1.51
247.40	49.00	1,186.40	0.78	1,186.34	0.89
307.70	25.04	1,188.13	0.70	1,188.05	0.84
358.80	38.16	1,189.55	1.01	1,189.55	1.01
394.00	32.30	1,190.76	1.03	1,190.69	1.22
444.50	35.00	1,192.74	1.01	1,192.80	1.01
448.50	37.51	1,192.55	1.00	1,192.95	1.01
512.00	39.18	1,195.13	0.82	1,195.06	1.02
587.00	38.36	1,197.97	1.01	1,197.92	1.16
590.00	48.39	1,198.12	1.01	1,198.12	1.01
672.00	46.12	1,202.70	0.33	1,202.34	1.81
760.00	72.25	1,208.98	0.22	1,208.78	1.03
764.00	49.99	1,209.16	0.23	1,208.77	1.56
805.00	80.00	1,212.37	1.01	1,212.17	1.36
905.00	66.00	1,218.73	1.01	1,218.64	1.18
1,005.00	66.67	1,225.28	1.01	1,225.10	1.54
1,015.00	80.00	1,226.04	1.00	1,225.96	1.22
1,025.00	70.00	1,226.72	1.04	1,226.52	1.91
1,035.00	80.00	1,227.74	1.01	1,127.49	1.65
1,046.00	142.86	1,228.97	1.01	1,228.73	1.97

Tabla 4.7 (cont.)
Análisis de régimen de flujo de quebrada Aserrío

PERFIL DE CANAL MEJORADO DE QDA. GRANDE (BOQUETE)			
SECNO	K*CHSL	WSEL SUBCRITICO	FRCH
0.00	0.00	1,053.30	1.00
130.80	91.97	1,065.12	1.03
276.30	17.39	1,068.26	0.68
282.30	16.66	1,068.38	0.66
357.00	15.26	1,069.31	0.44
470.00	23.87	1,072.05	1.00
474.00	29.44	1,072.38	0.76
499.00	36.00	1,073.15	0.43
521.00	45.45	1,073.96	1.16
530.00	0.00	1,074.17	0.58
558.00	3.48	1,074.49	0.47
584.00	30.77	1,074.51	1.01
590.00	5.39	1,074.79	0.76
685.00	37.76	1,077.69	1.01
781.00	27.01	1,081.54	0.97
785.00	23.80	1,081.40	0.84
886.00	26.76	1,083.78	0.54
938.00	30.56	1,085.03	0.93
1,056.00	32.18	1,089.46	0.62
1,063.00	27.39	1,089.60	0.69
1,083.00	50.00	1,090.55	0.76

La quebrada Aserrío no tiene capacidad hidráulica suficiente para transportar en forma segura el caudal de diseño, provocándose desbordamientos en varios sectores, como se puede observar en la **Tabla 4.6**. Esta situación obliga a la rehabilitación del cauce. Los puentes deben ser modificados e incluso reconstruidos, dado que constituyen un severo obstáculo para el paso del agua. Esta situación es especialmente grave en el puente # 1 y en la alcantarilla ubicada inmediatamente aguas arriba, los cuales deben ser demolidos y reconstruidos.

La **Tabla 4.8** presenta un análisis de los puentes de esta quebrada.

Tabla 4.8
Análisis de los puentes de la quebrada Aserrío

PUENTE	SECCION	CUERDA BAJA [msnm]	NIVEL AGUA [msnm]	NIVEL MINIMO [msnm]	ALTURA PUENTE [m]	ANCHO PLANTILLA [m]	AREA PUENTE [m ²]
	SECNO	ELLC	CWSEL	ELMIN		BW	
4	764.0	1209.00	1207.86	1207.00	2.00	4.50	9.00
3	590.0	1199.00	1198.15	1197.00	2.00	4.00	8.00
2	448.5	1192.80	1191.90	1190.80	2.00	5.00	10.00
1	247.4	1186.20	1185.63	1184.20	2.00	5.00	10.00

Los criterios técnicos son semejantes a los explicados en el caso de la quebrada Grande. Todos los puentes deben ser ampliados, y deberán ser reconstruidos si la excavación pone en peligro su estabilidad, lo cual debe ser definido en cada caso particular. La alcantarilla ubicada aguas arriba del **puente # 1** debe sustituirse por un canal de 2 metros de plantilla excavada al nivel controlado por la excavación de las secciones ubicadas exactamente aguas arriba y aguas abajo de la alcantarilla.

En términos generales, la quebrada debe ser excavada con una sección transversal trapecial, con una plantilla de 2 metros y taludes laterales de 1:1. En el **Anexo 6** y la **Tabla 4.6** se encuentran los detalles de nivel de excavación y ubicación de la línea central de la sección excavada. De esta misma tabla se puede obtener el volumen de excavación total y por sectores.

CAPITULO N° 5

5.- COSTOS

Las obras para control de inundaciones que se recomiendan, son producto del análisis de los resultados del estudio con los modelos de simulación hidrológica e hidráulica HEC-1 y HEC-2. Entre las obras recomendadas a ejecutar tenemos las mejoras de cauces, construcción de gaviones y espigones, remoción y construcción de puentes. Los costos fueron estimados por el personal del Departamento de Diseño del MOP y se presentan en las **Tablas 5.1 y 5.2**.

Los costos presentados en las **Tablas 5.1 y 5.2** representan costos aproximados y solamente pueden ser utilizados como referencia. Se requiere de una inspección de campo y de un levantamiento exhaustivo del área para calcular los costos reales, debido a que no se incluyen otros costos adicionales como la remoción de estructuras construidas dentro del cauce como losas, viviendas, etc.

Tabla 5.1
Costos de remoción y construcción de alcantarillas

Lugar	Puente N°	Long. (m)	Remoción	Construcción	Costo (B/.)
Grande	1	6.00	17,500.00	65,000.00	82,500.00
	2	8.10	25,000.00	114,000.00	139,000.00
	5	6.00	17,500.00	65,000.00	82,500.00
	6	6.00	17,500.00	65,000.00	82,500.00
Aserrío	1	5.00	14,600.00	54,500.00	69,100.00
	2	5.00	14,600.00	54,500.00	69,100.00
COSTO TOTAL =			106,700.00	418,000.00	524,700.00

Tabla 5.1
Costos de mejoramientos de cauces

Lugar	Aserrío		Grande		Caldera		COSTO TOTAL
Actividad	V(m ³)	COSTO	V(m ³)	COSTO	V(m ³)	COSTO	
Gabiones	1,100.00	158,400.00	570.00	82,080.00	-----	-----	240,480.00
Espigones	-----	-----	-----	-----	3,150.00	453,600.00	453,600.00
Colchonetas	82.00	8,200.00	72.00	7,200.00	-----	-----	15,400.00
Limpieza de cauce		9,100.00		9,100.00			18200.00
COSTO TOTAL =		175,700.00		98,380.00		453,600.00	727,680.00

El costo de las obras en el río Caldera, quebradas Aserrío y Grande suman en total **B/. 1,252,380.00**.

CAPITULO 6

6.1- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Muchos informes revelan que la ciudad de Boquete ha sufrido embates periódicos del río Caldera que se han traducido en una situación de profunda preocupación e incertidumbre. Lamentablemente es fácil predecir que estos eventos se repetirán en el futuro y, posiblemente, con una intensidad y frecuencia crecientes.
- La conclusión esencial es que la ciudad de Boquete está ubicada en las planicies de inundación del río Caldera. Esta situación condiciona todas las acciones que se puedan recomendar para la solución de problema tan severo .
- Las características geomorfológicas y climáticas explican la ocurrencia de eventos extremos de escurrimiento superficial y socavación. El área relativamente pequeña de la cuenca y de las subcuencas, el uso conflictivo de la tierra, caracterizado frecuentemente por áreas deforestadas y agricultura en laderas, la topografía accidentada, con fuertes pendientes y las fuertes tormentas convectivas contribuyen a la producción de hidrogramas de altos caudales y niveles energéticos, alcanzando velocidades medias de 10 m/s.
- La composición del lecho del río, típicamente aluvial no consolidada, constituida de arenas, gravas y rocas, ofrece una resistencia limitada a la alta capacidad erosiva de las avenidas extremas, conduciendo a fuertes socavaciones de los taludes y el lecho. Por otra parte, este tipo de suelos hace muy inestable la construcción de estructuras rígidas para protección, tales como muros de concreto, debido a la dificultad para lograr fundaciones adecuadas .
- El desarrollo urbanístico masivo en las planicies de inundación del río es una situación insostenible. No hay solución económicamente factible que logre resolver este difícil problema.
- La única solución permanente es la reubicación de la ciudad hacia sectores no amenazados por el río. Cualquiera otra acción es paliativa, limitada en el tiempo y el espacio. Las obras de protección del río sucumbirán, sin duda, con el tiempo, ante el embate inevitable de la fuerza descomunal del río Caldera.
- Los resultados de la modelación hidrológica e hidráulica indican que el río Caldera no tiene problemas de desbordamiento, pero sí presenta una capacidad alta

de socavación. Los puentes presentan capacidad hidráulica suficiente para transitar las aguas. Las medidas correctivas que se pueden implementar en el río Caldera son las siguientes:

- Protección de los taludes con rip rap y espigones, construidos con rocas de diferente tamaño, del mayor tamaño posible, encontradas en el mismo río.
- Protección de las pilas de los puentes con rip rap.
- Establecimiento de una franja de prohibición de construcción, de 50 metros de ancho en ambas márgenes del río.

- Los resultados de la modelación indican, por el contrario, que las quebradas Grande y Aserrío, al igual que muchos de sus puentes y alcantarillas, no tienen capacidad hidráulica suficiente, y presentan desbordamientos en varios sectores de su trayecto. Las medidas correctivas que se pueden implementar en estas quebradas son:

- Excavación de cauce de las quebradas, ampliando su capacidad hidráulica.
- Reconstrucción de varios puentes ampliando significativamente sus dimensiones actuales.
- Demolición y construcción nuevamente de dos puentes en la qda. Aserrío y dos en la qda. Grande, con mayor capacidad hidráulica y altura de cuerda inferior.
- Protección de los taludes con gaviones, especialmente en los sectores cóncavos de las curvas.
- Reubicación de las edificaciones que obstruyen el paso del agua o que dificultan implementación de obras correctivas o su mantenimiento.
- Establecimiento de una franja de prohibición de construcción, de 20 metros de ancho a ambos lados de las márgenes de la quebrada.

- No se recomienda la construcción de un canal desde la quebrada Aserrío al río Caldera, en la cercanía de la escuela, debido a su costo elevado. Se necesitaría construir un disipador de energía debido a la gran diferencia de nivel existente entre la quebrada y el río Caldera. Además, este canal protegería solamente a un pequeño sector de la quebrada.

- Se recomienda continuar el estudio de control de inundaciones en las quebradas Callejón Seco, Agustín y la Zumbona.

- Finalmente, se recomienda el establecimiento de planes de vigilancia que garantice que no se construirán obras nuevas en sitios riesgosos y mantenimiento periódico de las obras implementadas, de modo que se mantengan las características geométricas iniciales.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Censos de Población de Boquete	5
Tabla 2.1. Estaciones hidrometeorológicas de la cuenca del Caldera	8
Tabla 3.1. Informacion de eventos de calibración	10
Tabla 3.2. Hidrograma del evento del 10 de junio de 1976 (Rio Caldera est. Jaramillo)	12
Tabla 3.3. Hietograma del 10-jun-76	13
Tabla 3.4. Salida de archivo de calibración.	17
Tabla 3.5. Sub-cuencas del rio Caldera.	18
Tabla 3.6. Información topográfica para tránsito de avenidas	19
Tabla 3.7. Valores máximos de precipitación para $Tr = 25$ años.	19
Tabla 3.8. Precipitación máxima diaria anual para $Tr = 25$ años Estación Bajo Grande	20
Tabla 3.9. Precipitación máxima diaria anual para $Tr = 25$ años Estación Finca Lérica	21
Tabla 3.10. Precipitación máxima diaria anual para $Tr = 25$ años Estación Los Naranjos	22
Tabla 3.11. Precipitación máxima diaria anual para $Tr=25$ años Estación Bajo Boquete	23
Tabla 3.12. Corrección de caudales en función del área de drenaje	24
Tabla 3.13. Caudal máximo anual (m^3/s) para $Tr=25$ años, est. Caldera Jaramillo Abajo	25
Tabla 3.14. Tiempo de viaje de ondas (horas)	26
Tabla 3.15. Resumen de archivo de salida de modelación del río Caldera.	27

Tabla 3.16. Resumen de archivo de salida de modelación de qdas. Grande y Aserrío	28
Tabla 4.1. Información topográfica de los cauces urbanos	29
Tabla 4.2. Resumen de archivo de salida modelacion hidráulica en río Caldera.	31
Tabla 4.3. Resumen de archivo de salida modelacion hidráulica en qda. Grande	34
Tabla 4.4. Análisis de régimen de flujo de quebrada Grande.	35
Tabla 4.4(cont.). Análisis de régimen de flujo de quebrada Grande	36
Tabla 4.5. Análisis de los puentes de la quebrada Grande	37
Tabla 4.6 Resumen de archivo de salida modelación hidráulica en qda. Aserrío	38
Tabla 4.7. Análisis de régimen de flujo de quebrada Aserrío	39
Tabla 4.7 (cont.) Análisis de régimen de flujo de quebrada Aserrío	40
Tabla 4.8. Análisis de los puentes de la quebrada Aserrío	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Cuenca del río Caldera.

Figura 3.1. Hidrograma observado, estación Caldera Jaramillo, 10 de junio de 1976

Figura 3.2. Hietograma del 10 de junio de 1976

Figura 3.3. Hidrograma en escala semilogarítmica del 10 de junio de 1976

Figura 3.4. Hidrogramas observado y calculado

ANEXOS

Anexo 1

Archivo de entrada de calibración hidrológica de la cuenca del río Caldera (CALJU76B.DAT).

```
ID ARCHIVO CALJU76B.DAT 24-ABR-95
ID DISTRIBUCION TEMPORAL DE ESTACION NARANJOS
ID IA=0, CN=59, TLAG=1.6 HR.
ID CUENCA RIO CALDERA
ID TORMENTA DEL 10-JUN-76
ID CALIBRACION ADOPTADA, PESE AL DESFASE DE QMAX DE 1 HORA.
IT 30 10JUN76 1200 70
IO 2 2
OU
IM
IN 60 10JUN76 1200
PG CALDE
PI 0 14.2 43.8 27.6 6.1 30.2 8.2 1.2
PG LERI 118.6
PG BOQUE 100.5
PG NARAN 137.4
PG BAJO 71.5
KK JARAM
KM HIDROGRAMA OBSERVADO EN ESTACION JARAMILLO
QO 10.57 10.39 10.57 12.51 17.63 87.05 258.43 149.14 130.08
107.19
QO 75.08 57.61 45.10 42.06 36.44 33.84 30.59 27.57 25.46
24.11
QO 23.46 22.51 21.89 20.69 20.39
BA 136
BF 10.57 45 1.05
PR CALDE
PW 1.0
PT LERI BOQUE NARAN BAJO
PW 0.4 0.15 0.35 0.1
LS 35 59
UD 1.6
ZZ
```

ANEXO 2.

Archivo de entrada de modelación hidrológica de la cuenca del río Caldera (MODCAL5.DAT).

ID 21JUL/95 MODCAL5.DAT

ID PATRON TEMPORAL DE ESTACION LOS NARANJOS, 13-14 NOV 1979, DE 7 A 3 AM.

ID CUENCA DEL RIO CALDERA

ID TORMENTA CON PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS

ID PREPARADO POR H.SOLIS Y J.CUEVAS EN PANAMA

ID MODIFICACION DE IA Y CN

*DIAGRAM

IT 15 31JUL94 0000 96

IO 2 2

IM

IN 60 31JUL94 0000

PG NARAN 208

PI 0.8 0.5 2.5 10 10.4 3.9 3.7 15.3 34.8
8

PI 5 4.3 9.5 4.6 5.2 9.9 9.9 10 7.8
4.4

PG GRAND 301

PG LERID 247

PG BOQUE 216

KK ARRIB

KM HIDROGRAMA DE CUENCA CALDERA ARRIBA

BA 51.18

BF -.08 -0.40 1.08

PR NARAN

PW 1

PT GRAND LERID

PW 22.45 77.55

LS 35 59

UD 1.01

KKHRQUET

KM HIDROGRAMA CUENCA HORQUETA

BA 7.25

BF -.08 -.4 1.08

PR NARAN

PW 1

PT LERID NARAN

PW 52.8 47.2

LS 35 59

UD 0.53

KK COMBA

KM COMB DE ARRIBA CON HORQUETA

HC 2

KK T A-B

KM TRANSITO DE A-B

RM 1 .05 .2

KK SECO

KM HIDROGRAMA CUENCA CALLEJON SECO

BA 7.6
BF -0.8 -.4 1.08
PR NARAN
PW 1
PT LERID NARAN
PW 67.52 32.48
LS 35 59
UD 0.66

KK COMB

KM COM SECO TRANSITO

HC 2

KKASERIO

KM HIDROGRAMA CUENCA ASERRIO

BA 1.98
BF -.08 -.4 1.08
PR NARAN
PW 1
PT LERID NARAN
PW 41.47 58.53
LS 35 59
UD 0.50

KK COMBB

KM COM ASERRIO+(SECO+TRANSITO)

HC 2

KKT B -C

KM TRANSITO DE B -C

RM 1 .1 .2

KK PALO

KM HIDROGRAMA CUENCA PALO ALTO

BA 36.1
BF -.08 -.4 1.08
PR NARAN
PW 1
PT NARAN BOQUE
PW 91.33 8.67
LS 35 59
UD 0.76

KK MEDIA

KM HIDROGRAMA CUENCA CALDERA MEDIA

BA 2.22
BF -0.08 -.4 1.08
PR NARAN
PW 1
PT NARAN
PW 100
LS 35 59
UD 0.39

KK COMBC

KM COMB PALO ALTO, CALDERA MEDIA Y TRANSITO B-C

HC 3

KK T C-D

KM TRANSITO C-D
 RM 1 .09 .2
 KKGRANDE
 KM HIDROGRAMA CUENCA QUEBRADA GRANDE
 BA 7.9
 BF -.08 -.4 1.08
 PR NARAN
 PW 1
 PT LERID NARAN BOQUE
 PW 25.26 63.55 11.19
 LS 35 59
 UD 0.74
 KK BOQ
 KM HIDROGRAMA CUENCA BOQUETE
 BA 2.62
 BF -0.08 -0.4 1.08
 PR NARAN
 PW 1
 PT BOQUE
 PW 100
 LS 35 59
 UD 0.37
 KK COMBD
 KM COMB QDA. GRANDE, BOQUETE Y TRANSITO C-D
 HC 3
 KK T D-E
 KM TRANSITO DE D-E
 RM 1 .12 .2
 KK ABAJO
 KM HIDROGRAMA CUENCA CALDERA ABAJO
 BA 7.11
 BF -.08 -.4 1.08
 PR NARAN
 PW 1
 PT BOQUE
 PW 100
 LS 35 59
 UD 0.42
 KK MILLO
 KM HIDROGRAMA CUENCA JARAMILLO
 BA 8.45
 BF -.08 -.4 1.08
 PR NARAN
 PW 1
 PT BOQUE
 PW 100
 LS 35 59
 UD 0.57
 KK COMBE
 KM COMBINACION JARAMILLO, ABAJO Y TRANSITO D-E
 HC 3
 ZZ 0

Anexo 3

Archivo de entrada de modelación hidrológica de las quebradas Aserrio y Grande (MODASGR1.DAT).

```
ID      19/JUL/95 MODASGR1.DAT
ID      PATRON TEMPORAL DE ESTACION LOS NARANJOS, 19 JUN 1995.
ID      CUENCA DE QUEBRADA ASERRIO Y QDA. GRANDE
ID      TORMENTA CON PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS
ID      PREPARADO POR H.SOLIS Y J.CUEVAS EN PANAMA
*DIAGRAM
IT      20 19JUL95      1240      36
IO      5      0
IM
IN      20 19JUL95      1240
PG NARAN      208
PC      .5      .5      .5      2      10      30      50      90      110
      122
PC      131      138      140      143      144
KKASERIO
KM HIDROGRAMA CUENCA ASERRIO
BA      1.98
BF      -.08      -.4      1.08
PR NARAN
PW      1
PT NARAN
PW      1
LS      35      59
UD      0.50
KKGRANDE
KM HIDROGRAMA CUENCA QUEBRADA GRANDE
BA      7.9
BF      -.08      -.4      1.08
PR NARAN
PW      1
PT NARAN
PW      1
LS      35      59
UD      0.74
ZZ
```

Anexo 4

Archivo de entrada de modelación hidráulica del río Caldera (RIOCAL3.DAT).

```

T1 ARCHIVO RIOCAL3.DAT 21-JUL-95, IHRE-RENARM/CUENCAS/CATIE
T2 FLUJO SUPERCRITICO, PREPARADO POR J.CUEVAS Y H.SOLIS
T3     RIO CALDERA EN BOQUETE
T4     CAUDALES TOMADOS DE MODCAL5.DAT
J1             1    0.04             1             328     216
J2     1
J3     38     42     1     8     33     26     25     13     14     15
J3     68     150
NC     .1     .1     .04     .1     .3
* A LAS ELEVACIONES DEBE SUMARSE 1000 METROS
* SECCION #01 [58] (ESTACION 8+172)
X1 8172     27     12  86.7  190.6  190.6  190.6
X3     10
GR229.82     0 225.82     11 217.82     12 216.02     14 215.32     15
GR215.02     20 215.82     28 217.02     38 215.82     42 216.37     49
GR215.22     60 213.24     60.2 213.26     62.7 213.12     64.5 213.2     67
GR213.66    69.2 215.06     72 216.54     75 215.32     80 213.67     82
GR213.82    85.5 217.3     86.7 217.29     90 217.21     99 218.88    108
GR219.02    121 219.12     137
* SECCION #02 [57] (ESTACION 7+982)
X1 7982     30 57.5     93 203.3  203.3  203.3
X3     10
GR210.93     0 207.98     5 209.08     12 208.68     27 207.73     34
GR206.48     48 206.88     55 210.23     57.5 210.08     63 208.88     66
GR208.03     79 207.08     80 206.48     82 205.93     83.7 205.48     86
GR205.98     89 205.83     91 207.03     92.5 208.48     93 208.42     95
GR207.67    110 207.2     122 206.98     131 207.32     139 207.23    141
GR205.68    144 204.78    149 205.18     153 206.58     159 208.38    163
* SECCION #03 [56] (ESTACION 7+778)
X1 7778     34     145     203 231.7  231.7  231.7
X3     10
GR211.08     0 199.42     18 199.98     36 201.02     53 200.02     54
GR199.32     57 199.59     62 199.19     66 199.7     70 199.04     82
GR198.18     93 199.45     95 198.72     99 198.58    109 199.22    120
GR 197.2    124 199.17    130 199.63    139 199.97    145 197.99    157
GR198.49    162 198.84    170 197.87    175 197.18    178 196.58    179.5
GR196.73   181.5 196.38    183 196.88    186 197.12    187 198.28    189
GR197.88    198 199.1     199 199.4     203 199.93    205
* SECCION #04 [55] (ESTACION 7+547)
X1 7547     40     156     203     189     189     189
X3     10
GR202.76     0 200.26     4     192     12 190.71     30 186.01     35
GR185.96     40 186.67    43.5 188.5     44 188.71     46 188.04     59
GR190.75     64 189.69     75 188.33     77 188.23     97 186.78    104
GR 188.1    110.5 189.77    112 190.02    117 189.73    122 188.03    126
GR188.33    137 188.73    147 191.03    156 190.62    162 189.67    164
GR189.97    171 188.57    176 188.74    180 188.42    183 187.72    187
GR 186.7    187 186.37    189 186.32    191.5 186.17    193 186.52    196

```

GR186.89	199	186.86	200	185.92	202	189.1	203	195.1	205
NC			0.3	0.5					
* SECCION # 1 DE PUENTE ALTO LINO									
* SECCION #05 [54] (ESTACION 7+358)									
X1 7358	31	56	102	167.8	167.8	167.8			
X2 337									
X3 10									
GR 188.0	0	180.2	2	179.96	9	179.4	14	179.59	28
GR 178.4	34	178.81	47	178.96	53	180.26	56	179.11	63
GR179.61	68	178.86	70	178.76	73	177.74	74.5	177.42	76
GR177.01	78	177.06	80	177.51	82	177.46	84.5	177.96	86
GR179.06	88	178.91	92	180.56	95	181.37	102	180.46	107
GR180.52	117.8	179.22	120.2	180.36	122	180.61	136	180.76	158
GR187.06	171								
* SECCION # 2 DE PUENTE ALTO LINO									
* SECCION #06 [53] (ESTACION 7+190)									
X1 7190	19	14	44	5	5	5			
X3 10							175.4	175.4	
GR175.95	0	175.43	14	175	16	173.75	17.7	173.35	19
GR 172.8	22	171.5	25	170.8	26	170.65	27.5	170.25	30.5
GR170.25	34	170	36.5	170.25	40	170.1	42.5	169.9	44
GR175.55	44	175.5	45.3	175.12	46	175.73	66		
SB	1.56	1.45		19.5		98	1	170	169.7
* SECCION # 3 DE PUENTE ALTO LINO									
* SECCION #07 [52] (ESTACION 7+185)									
X1 7185	22	22	48.5	165	165	165			
X2		1	174.7	175.4					
X3 10							175.4	175.4	
BT -12	0	176.02	176.02	10.5	175.57	175.57	17	175.46	175.46
BT	20.4	174.92	174.92	20.7	175.59	175.59	22	175.4	174
BT	34	175.4	174.7	48.5	175.4	174	50	175.8	175.8
BT	53	175.37	175.37	76	175.89	175.89	79	176.4	176.4
GR176.02	0	175.57	10.5	175.46	17	174.92	20.4	175.59	20.7
GR175.59	22	173.57	22	172.82	23	171.87	25	170.87	29
GR170.52	31	170.07	34	169.97	37	169.92	39	169.82	42
GR169.72	45	169.82	48.5	175.61	48.5	175.8	50	175.37	53
GR175.89	76	176.4	79						
* SECCION # 4 DE PUENTE ALTO LINO									
* SECCION #08 [51] (ESTACION 7+020)									
X1 7020	30	85	147	209.7	209.7	209.7			
X3 10									
GR173.38	0	173.04	5	169.65	10	168.51	18	168.55	25
GR167.83	30	168.29	31	166.58	35	166.55	39	166.59	55
GR166.55	63	166.58	75	166.8	85	165.93	89	165.02	92
GR 164	94	163.93	97	164.33	100	164.83	103	165.3	105
GR165.59	109	165.11	117	164.73	128	165.45	131	165.22	139
GR165.18	143	166.89	146	170.23	147	172.43	150	174.23	154
NC			0.1	0.3					
* SECCION #09 [50] (ESTACION 6+810)									
X1 6810	34	81	171	218.3	218.3	218.3			
X3 10									

GR165.66	0	163.66	3	159.66	4	158.16	6	157.36	9.7
GR158.33	14	158.35	29	158.46	37	158.11	46	157.43	49
GR158.19	59	158.71	62	158.96	77	159.78	81	157.02	82.5
GR156.96	87	156.66	90	156.68	91.5	156.86	94	157.22	97
GR 157.9	101	157.41	106.5	158.46	107	158.42	109	158.48	121
GR158.86	123	158.06	128	158.31	137	157.56	147	157.38	151
GR157.26	156	156.16	161	162.96	171	162.86	176		
* SECCION #10 [49] (ESTACION 6+592)									
X1 6592	17	45	89	498.1	498.1	498.1			
X3 10									
GR151.91	0	151.33	14	151.03	30	150.91	38	150.91	45
GR149.66	46	147.91	49	147.11	51	147.31	53	147.75	56.5
GR147.91	60	149.27	61.5	149.23	70	149.21	76	148.31	83
GR153.41	89	154.11	96						
* SECCION #11 [47] (ESTACION 6+094)									
X1 6094	27	24	107	260.5	260.5	260.5			
X3 10									
GR130.64	0	129.49	5	129.94	13	129.11	16	130.14	24
GR129.54	36	128.4	37	128	38	127.88	41	127.96	43
GR127.84	45	127.59	48.5	127.54	51	127.34	53	128.04	55
GR129.29	56	129.21	58	128.78	65	129.94	72	129.37	82
GR128.66	92	128.34	98	127.04	100	128.64	102	129.74	105
GR134.34	107	134.35	113						
* SECCION #12 [46] (ESTACION 5+833)									
X1 5833	24	76	174	233.4	233.4	233.4			
X3 10									
GR131.78	0	129.98	12	125	20	120	35	123.78	67
GR123.28	76	122.11	85	121.08	122	119.98	130	119.18	132
GR 119.9	139	120.58	140	120.78	145	119.68	150	119.28	152
GR119.18	155.5	119.13	160	119.58	163	119.98	168	120	173
GR124.18	174	124.29	175	124.58	179	124.08	195		
* SECCION #13 [45] (ESTACION 5+600)									
X1 5600	23	13	72	174.65	174.65	174.65			
X2 480									
X3 10									
GR116.58	0	115.88	10	114.68	13	112.48	17	112	22
GR111.23	25	111.38	27	111.86	29	112.28	31	112.83	34
GR113.48	38	113.38	39.5	112	40.3	111.68	41	111.54	43
GR111.38	45	111.34	47	111.34	49	111.82	51	112.88	53
GR113.08	60	114.42	67	114.55	72				
* SECCION #14 [44] (ESTACION 5+425)									
X1 5425	23	19	69	199.9	199.9	199.9			
X3 10									
GR107.11	0	106.81	7	107.21	17	109.41	19	108.81	26
GR107.41	34	105.65	49	105.11	52	104.76	54.5	104.41	56.6
GR104.91	59	104.96	62	106.96	64	108.66	69	108.84	73
GR108.46	77.5	108.79	81.5	107.83	87	107.95	98	108.76	103
GR108.13	113	108.25	118	109.1	120				
* SECCION #15 [43] (ESTACION 5+225)									
X1 5225	23	116	149	290.2	290.2	290.2			
X3 10									
GR109.24	0	109.34	13	104.84	21	101.44	48	102.54	76

GR103.44	95	104.07	108	104.04	116	103.54	120	102.34	124
GR100.64	128	100.2	129.6	99.94	132	99.7	137	100.07	142.5
GR100.04	148	100.54	149	103.51	149	103.14	164	104.14	167
GR105.14	169	105.69	191	107.04	211				
* SECCION #16 [42] (ESTACION 4+932)									
X1 4932	24	49	183	178.25	178.25	178.25			
X3 10									
GR 97.53	0	97.65	2	97.75	9	96.15	12	95.15	35
GR 94.65	49	93.55	50.5	93.02	52	92.9	53.6	92.25	54.8
GR 92.1	57	92.15	61	92.27	63.4	92.87	66	93.58	67.5
GR 94.65	84	93.95	91	93.45	98	93.55	122	94.5	149
GR 95.25	169	95.75	183	95.65	204	96.15	219		
* SECCION #17 [41] (ESTACION 4+754)									
X1 4754	26	24	189	341.2	341.2	341.2			
X3 10									
GR 95.76	0	94.66	6	94.66	13	94.91	18	94.46	24
GR 90.76	29	90.76	64	90.51	79	90.65	92	89.16	99
GR 89.01	104	88.31	104	88.21	106.5	88.24	110.5	88.12	113
GR 88.06	115	88	118	88.81	121	89.29	123	89.57	127
GR 88.45	135	89.16	138	90.41	145	90.26	183	91.34	189
GR 93.84	190								
* SECCION #18 [40] (ESTACION 4+413)									
X1 4413	19	74	112	8	8	8			
X3 10									
GR 84.29	0	84.29	16	84.33	34	84.27	46	83.78	52
GR 82.14	67	84.27	74	83.29	77.5	81.99	81	80.69	81.6
GR 80.09	86	79.69	88	80.09	93	80.09	95	80.69	99
GR 81.17	101	80.97	108	82.94	109	84.48	112		
* SECCION #19 [39] (ESTACION 4+405)									
X1 4405	20	36	117	196.8	196.8	196.8			
GR 84.05	0	83.65	18	84.15	29	84.15	36	83.75	47
GR 82.55	55	81.95	69	83.7	78	82.75	81	80.85	85
GR 79.85	88	79.55	90	79.6	94	79.9	97	80.47	101
GR 80.85	102	82.91	108	83.21	110	84.15	117	86.07	117
* SECCION #20 [38] (ESTACION 4+208)									
X1 4208	23	43	83	198	198	198			
X3 10									
GR 79.14	0	79.24	3	79.29	7	78.64	23	78.24	31
GR 79.09	43	77.31	46	76.68	54	76.18	57	75.74	60
GR 75.24	62	75.62	64	75.49	67.5	76.24	71	77.34	75
GR 77.74	79	79.11	83	78.44	87.5	78.3	102	78.08	107
GR 76.94	119	77.79	126	78.66	135				
* SECCION #21 [37] (ESTACION 4+010)									
X1 4010	23	84	170	192.3	192.3	192.3			
X3 10									
GR 75.1	0	75.01	68	75.51	84	71.21	84	71.01	87
GR 71.01	88	71.18	91	71.71	95	71.43	102	71.31	103.5
GR 71.78	105	72.52	113	72.71	129	72.01	137	73.41	143
GR 72.51	146	72.33	155	73.11	164	74.23	170	73.71	175
GR 73.31	201	72.93	213	72.71	216				
* SECCION #22 [36] (ESTACION 3+818)									
X1 3818	24	4	63	117.7	117.7	117.7			

X3	10								
GR 72.53	0	71.06	4	67.81	10	66.51	13	65.66	14
GR 65.06	18	65.06	20.5	65.36	23	65.11	26	65.54	27
GR 66.37	31	66.16	34	65.74	37	66.26	40	67.09	44
GR 68.33	63	67.06	66	67.06	83	69.56	94	67.06	102
GR 67.16	124	69.16	133	68.46	150	68.95	170		
* SECCION #23 [35] (ESTACION 3+700)									
X1 3700	19	0	82	223.4	223.4	223.4			
X3	10								
GR 69.0	0	63.41	8	62.66	8	62.51	14	62.81	18
GR 62.96	22	63.24	25	63.78	28	64.18	47	64.21	56
GR 64.28	79	65.49	82	65.37	104	65.4	105	63.36	115
GR 64.24	122	62.71	134	64.43	139	66.21	147		
* SECCION #24 [34] (ESTACION 3+477)									
X1 3477	23	0	100	290.6	290.6	290.6			
X3	10								
GR 63.0	0	58.42	3	57.49	4	57.52	21	57.57	26
GR 56.97	30	56.52	33	56.69	36	56.16	39	56.49	43
GR 56.4	46	56.49	49	56.64	51	56.92	52.5	58.02	56.5
GR 58.05	62	58.59	64	58.42	73	58.12	87.5	56.92	90
GR 58.22	92.5	59.97	100	59.92	101				
* SECCION #25 [33] (ESTACION 3+186)									
X1 3186	20	0	56	66	66	66			
1									
X2	513								
X3	10								
GR 54.81	0	50.51	1	51.29	3	51.16	9	50.91	13
GR 50.7	15	50.81	18	51.18	23	51.02	27	50.53	30
GR 50.33	32	50.37	34	49.25	36	52.08	37	52.36	43.4
GR 52.03	47	51.46	49.7	53.29	56	53.09	62.4	51.86	72.4
* SECCION #26 [32] (ESTACION 3+120)									
X1 3120	25	0	54	182.2	182.2	182.2			
X3	10								
GR 52.32	0	49.22	2	49.02	3	48.62	6	48.51	10
GR 48.32	14	48.26	17	48.14	21	48.16	23	48.94	24.5
GR 48.34	26	48.12	28	48.22	30	48.72	31.3	49.66	34
GR 50	40	50.33	48	50.82	54	50.56	69	49.76	70
GR 50.51	73	50.32	79	50.42	88	50.62	103	51.12	112
* SECCION #27 [30] (ESTACION 2+938)									
X1 2938	27	0	132	630.55	630.55	630.55			
X3	10								
GR 49.39	0	45.49	7	44.76	12	44.21	16	45.42	24
GR 45.9	29	45.94	40	45.74	53	43.13	55	44.29	57
GR 44.35	59	44.25	62	44.33	64	44.61	66	44.59	69.5
GR 45.0	72	45.61	76	46.0	85	46.0	96	45.69	99
GR 44.69	100	45.97	103	46.09	109	46.59	112	46.17	129
GR 47.74	132	47.89	134.5						
* SECCION #28 [28] (ESTACION 2+307)									
X1 2307	25	0	70	97.25	97.25	97.25			
X3	10								

GR 35.09	0	31.59	3	31.39	6	31.04	7	30.99	14
GR 31.39	16	31.33	32	30.89	33	31.09	45	30.29	49.4
GR 29.74	52	29.89	55	29.49	59	29.24	60.5	29.49	62.7
GR 30.37	64.1	32.14	66.5	32.63	70	31.19	78.5	31.79	91
GR 32.56	93	32.55	102	32.19	119	32.39	135	33.44	149
* SECCION #29 [27] (ESTACION 2+210)									
X1 2210	21	0	88	110	110	110			
X3	10								
GR 30.29	0	28.91	3	29.43	8	29.48	12	28.74	17
GR 28.17	18	27.6	20	27.68	22	27.68	25	28.13	27
GR 28.38	30	28.81	36.5	28.46	44	28.49	46.5	29.3	48
GR 29.02	61	28.03	62.5	29.34	66.5	29.63	74	29.8	81
GR 30.45	88								
* SECCION #30 [26] (ESTACION 2+100)									
X1 2100	29	0	71	100	100	100			
X3	10								
GR 31.08	0	29.35	4	27.47	9	26.63	16	26.54	23
GR 26.66	37	26.3	37.5	25.96	38.7	26.48	44	25.93	48.5
GR 25.49	53	25.29	55.5	25.19	58.5	25.29	60	25.94	63.5
GR 26.97	65.7	28.33	71	28.21	76	28.33	82	27.52	92
GR 26.97	101	27.04	119	26.79	128	27.26	145	27.72	155
GR 28.59	160	32.19	166	33.79	168	34.05	175		
* SECCION #31 [25] (ESTACION 2+000)									
X1 2000	25	17	146	120	120	120			
X3	10								
GR 27.53	0	26.48	4	25.97	8	25.9	17	23.54	20.5
GR 24.35	27	24.21	36	23.86	41	23.48	44	23.64	46.5
GR 23.52	49.6	23.94	52	24.24	54.4	24.82	56.5	24.54	64
GR 24.99	69	24.84	80	24.44	99	23.59	106	23.8	116
GR 24.47	118	24.29	129	24.34	138	24.38	144	26.4	146
* SECCION #32 [24] (ESTACION 1+880)									
X1 1880	19	0	82	168.5	168.5	168.5			
X3	10								
GR 21.9	0	20.59	1	20.11	4	20.17	8	19.85	12
GR 20.6	14	19.92	16	21.4	23	22.07	33	22.67	36
GR 22.77	48	21.72	57	21.47	63.5	20.27	66.0	20.39	68
GR 20.99	72	20.94	77	21.52	79	23.16	82		
* SECCION #33 [23] (ESTACION 1+711)									
X1 1711	19	0	119	124.5	124.5	124.5			
X3	10								
GR 19.7	0	16.74	0.5	17.23	4	17.46	8	17.85	11
GR 18.98	15	19.51	20	18.51	28.5	19.6	34	19.92	51
GR 18.93	62	18.92	73	18.35	75	18.03	82	19.09	89
GR 20.23	96	20.72	108	22.12	119	23.16	133		
* SECCION #35 [21] (ESTACION 1+587)									
X1 1587	29	23	137	87	87	87			
X3	10								
GR 17.78	0	16.29	7	15.29	21	14.66	23	14.43	41
GR 13.17	42	13.08	64	13.66	66	13.79	72	13.48	76
GR 11.49	78	11.28	80	11.58	82	11.99	85	11.89	90
GR 11.98	91	12.52	94	13.56	94	14.0	104	13.61	116
GR 12.44	116	12.92	122	12.98	127	12.78	133	12.48	137

GR	15.22	137	15.47	148	16.89	152	16.92	155.4		
* SECCION #34 [20] (ESTACION 1+500)										
X1	1500	28	53	183	320.5	320.5	320.5			
X3	10									
GR	17.95	0	15.75	9	15.45	13	13.25	24	13.29	53
GR	12.7	61	12.8	81	11.98	83	11.89	91	11.95	108
GR	11.75	119	10.71	120	10.3	123	10.66	126	10.75	130
GR	10.83	133	11.62	136	11.77	142	11.38	149	10.35	152.5
GR	9.95	155	10.15	158	10.15	160	10.79	163	11.7	173
GR	12.85	176	13.61	183	13.6	186				
* SECCION #35 [18] (ESTACION 1+179)										
X1	1179	32	23	167	179.5	179.5	179.5			
X3	10									
GR	12.96	0	8.36	3	7.96	6	8.46	9	8.56	23
GR	7.66	27	6.76	44	5.81	55	5.96	60	4.81	65
GR	6.21	70	5.96	85	5.36	95	5.21	105	4.84	108
GR	5.26	113	5.24	123	5.24	134	5.02	139	4.12	142
GR	3.61	143	3.61	148	3.71	152	3.66	155.5	3.76	158
GR	4.21	161	4.66	164	7.36	165	7.85	167	6.88	181
GR	7.61	185	7.75	187						
EJ										
ER										

Anexo 5

Archivo de entrada de modelación hidráulica de la quebrada Grande (QDAGRA5.DAT).

```

T1      ARCHIVO QDAGRA5.DAT 19-JUL-95, IRHE-RENARM/CUENCAS/CATIE
T2      FLUJO SUBCRITICO, PREPARADO POR J.CUEVAS Y H.SOLIS
T3      QDA RIO GRANDE, BOQUETE
T4      CANAL MEJORADO (IBW=8,BW=2.5)
T5      PARA PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS
T6      ARCHIVO FINAL DE DISEÑO
J1              0  0.092      1              93  1053.6
J2      1      0
J3      38      42      1      8      33      26      25      13      14      15
J3      68      64      65
NC      .1      .1      .05      .1      .3
* SECCION #19 [73] (ESTACION 0+000)
X1      000      13      35      59      0      0      0
CI      44.5  1050.5              1      1              3.5
X3      10
GR1055.1      0  1055      22  1055.2      35  1054.2      40  1051.8      42
GR1051.2      44.5  1051.7      46  1052.4      49  1054.2      52  1054.4      59
GR1053.8      68  1052.7      79  1051.62      85
* SECCION #4 [PUENTE 1]
* SECCION #18 [73-A] (ESTACION 0 + 130.8)
X1      130.8      19      66      94  130.8      130.8  130.8
CI      82.5  1062              1      1              3.5
X3      10
GR1066.5      0  1065.88      8  1066.74      16  1065.68      35  1064.48      48
GR1065.5      57  1065.76      66  1065.76      71  1064.28      76  1064.38      80
GR1063.3      82  1063.23      82.5  1063.7      84  1064.38      85  1064.46      90
GR1065.5      94  1062.42      99.5  1062.88      110  1062.48      126
* SECCION #3 [PUENTE 1]
* SECCION #17 (ESTACION 0 + 276.30)
X1      276.3      8      10  14.47  145.5  145.5  145.5
CI      12.2  1064.2              0      0              6
X3      10
GR1067.6      0  1067.58      10  1066.13      10.2  1066.0      11  1065.76      12.25
GR1066.0      14.3  1067.57      14.47  1067.57      24.47
* SECCION #2 [PUENTE 1]
* SECCION #16 (ESTACION 0+ 282.3)
X1      282.3              6      6      6              .1
CI      12.2  1064.3              0      0              6
X3      10
* SECCION #4 [PUENTE 2] Y SECCION #1 [PUENTE 1]
* SECCION #15 [74] (ESTACION 0+357)
X1      357      14      58      80  74.7  74.7  74.7
CI      60  1065.1              1      1              3.5
X3      10
GR1069.5      0  1068.4      18  1068.6      29  1068.8      39  1068.4      51
GR1068.6      58  1068.6      58.7  1067.9      58.7  1067      60.6  1067      61
GR1067.9      63  1068.1      65.5  1068.4      69  1070.8      80

```

* SECCION #3 [PUENTE 2]									
* SECCION 14 [75] (ESTACION 0 + 470.2)									
X1	470	8	22	30	113.1	113.1	113.1		
CI	-1	1068.5		0.5	0.5			5	
X3	10								
GR1073.2		0	1072.82	22	1071.46	23	1070.42	24	1070.08
GR1069.7		28.3	1072.58	30	1071.68	60			26
* SECCION #2 [PUENTE 2]									
* SECCION #13 [75-A] (ESTACION 0 + 474)									
X1	474	9	23	30	3.4	3.4	3.4		
CI	-1	1068.6		.5	.5			5	
X3	10								
GR1073.2		0	1072.84	22	1072.83	23	1070.13	24.2	1070.12
GR1069.8		28	1069.85	28.9	1072.69	30	1071.69	60	26
* SECCION #4 [PUENTE 3] Y SECCION #1 [PUENTE 2]									
* SECCION #12 [76] (ESTACION 0+499)									
NC				.1	.3				
X1	499	13	10	43	25	25	25		
CI	15	1068.85		1	1			3.5	
X3	10								
GR1074.2		0	1074	10	1072.4	13	1070.7	15.7	1070.7
GR1070.7		19.5	1071.7	20	1072.1	22	1072.6	26	1072.5
GR1073.1		43	1072.5	53	1072.5	71			34
* SECCION #3 [PUENTE 3]									
* SECCION #11 [77] (ESTACION 0+521)									
X1	521	13	26	55	22	22	22		
CI	-1	1070.3		1	1			6	
X3	10								
GR1074.9		0	1074.2	24	1074.0	26	1073	26	1072.1
GR1071.7		28	1072	30	1072.2	32	1072.5	32.5	1074
GR1074.1		36	1073.4	55	1072.9	69			32.7
* SECCION #2 [PUENTE 3]									
* SECCION #10 [78] (ESTACION 0+530)									
X1	530	12	24	34	8.7	8.7	8.7		
CI	-1	1070.6		1	1			6	
X3	10								
GR1075.2		0	1075.18	11	1073.76	24	1073.28	24	1072.2
GR1071.7		30	1071.75	31.5	1072.1	33.4	1073.3	33.5	1074.44
GR1074.1		40	1073.1	70					28
* SECCION #4 [PUENTE 4] Y SECCION #1 [PUENTE 3]									
* SECCION #9-A									
X1	558	12	3.5	57.5	28.75	28.75	28.75		
1									
CI	26	1071.0		1	1			3.5	
X3	10								
GR1074.8		0	1074.6	3.5	1074.4	7.5	1074.2	17.9	1073.2
GR1072.5		22.5	1072.4	24.5	1071.8	27	1072.0	28.5	1074.1
GR1074.4		41.5	1074.6	57.5					29.5
* SECCION #3 [PUENTE 4]									
* SECCION #9 [79] (ESTACION 0+584)									
X1	584				26	26	26		.4
1									

CI	-1	1071.4		1	1				5		
X3	10										
* SECCION #2 [PUENTE 4]											
* SECCION #8 [80] (ESTACION 0+590)											
X1	590	12	3.7	65	5.55	5.55	5.55				
CI	36	1071.5		1	1				6		
X3	10										
GR1075.8		0	1075.6	3.7	1075.3	11	1075.3	22	1073.3	23	
GR1073.2		26	1073	27.5	1072.63	29	1073.2	31	1075	32	
GR1075.4		49	1075.6	65							
* SECCION #4 [PUENTE 5] Y SECCION #1 [PUENTE 4]											
* SECCION #7 [81] (ESTACION 0+685)											
NC				.3	.5						
X1	685	14	0	26.5	94.55	94.55	94.55				
CI	11	1075		1	1				3.5		
X3	10										
GR	1079	0	1079	.5	1077.8	.6	1076.8	4	1076.8		
9											
GR1076.3		9.4	1076.2	11	1076.3	12.45	1076.6	14	1076.9	16	
GR1077.7		17.5	1078.6	26.5	1077.9	29	1078	31			
* SECCION #3 [PUENTE 5]											
* SECCION #6 [82] (ESTACION 0+781)											
X1	781	11	0	82	96.25	96.25	96.25				
CI	-1	1077.90		0	0				6		
X3	10										
GR1081.8		0	1081.7	2.2	1081.7	31	1080.8	41.6	1079.1	42	
GR1079.1		42.8	1078.8	44.5	1078.8	46.5	1081.5	46.8	1081.2	63.3	
GR1082.2		82									
* SECCION #2 [PUENTE 5]											
* SECCION #5 [83] (ESTACION 0+785)											
X1	785	9	42	47	4.2	4.2	4.2				
CI	-1	1078		0	0				6		
X3	10										
GR1082.3		0	1081.8	32	1081.6	42	1079.5	42	1079.4	43	
GR1078.9		45	1078.9	47	1081.5	47	1082.0	72			
* SECCION #1 [PUENTE 5]											
* SECCION #4 [84] (ESTACION 0+886)											
X1	886	12	0	60	100.9	100.9	100.9				
CI	44	1081		1	1				3.5		
X3	10										
GR1086.5		0	1083.6	10	1083.4	22	1083.1	39	1082.8	42	
GR1081.6		42.5	1081.7	44	1082.7	45.8	1082.2	47	1082.8	52	
GR1083.9		59	1084.5	60							
* SECCION #3 [85] (ESTACION 0+938)											
X1	938	14	4	40.5	52.35	52.35	52.35				
CI	36	1082.7		1	1				3.5		
X3	10										
GR	1087	0	1085.5	4	1084.9	12	1085	18	1084.1	31	
GR1083.8		33	1083.6	34	1083.2	36	1083.4	38	1084.7	38.7	
GR1085.5		40.5	1087	46	1087.7	54	1087.8	57			
* SECCION #3 [PUENTE 6]											
* SECCION #2 [86] (ESTACION 1+056)											

X1	1056	10	27.3	32	118.1	118.1	118.1			
CI	-1	1085.5		0	0			6		
X3	10									
GR1089.0		0	1088.9	15	1089.1	27.3	1088.8	27.5	1087.2	27.8
GR1087.0		30.2	1087.4	32	1089.1	32	1088.9	34	1089.2	54
* SECCION #2 [PUENTE 6]										
* SECCION #1 [87] (ESTACION 1+063)										
X1	1063	9	26	34	7.3	7.3	7.3			
CI	31	1085.8		0	0			6		
X3	10									
GR1089.2		0	1089.1	26	1089.1	28.8	1087.2	29	1087.2	30.7
GR1087.6		33.4	1088.8	33.5	1089.1	34	1089.3	50		
* SECCION #1 [PUENTE 6]										
* SECCION #0 [ESTACION 1 + 083]										
X1	1083	9	26	34	20	20	20			
CI	31	1086.5	0.04	1	1			3.5		
X3	10									
GR1090.2		0	1090.1	26	1090.1	28.8	1088.2	29	1088.2	30.7
GR1088.6		33.4	1089.8	33.5	1090.1	34	1090.3	50		
EJ										
T1	MEJORAMIENTO DEL CANAL (IBW=8,BW=2.5)									
T2	PERFIL N° 2									
T3	QDA. GRANDE									
J1					.092	1		93	1053.6	
J2	15	0						8		
ER										

Anexo 6

Archivo de entrada de modelación hidráulica de la quebrada Aserrio (QDASERR6.DAT).

```

T1      ARCHIVO QDASERR6.DAT 20-JULIO-95, IRHE-RENARM/CUENCAS/CATIE
T2      PERFIL # 1, NATURAL FLUJO SUPERCRITICO, POR J.CUEVAS Y H.SOLIS
T3      QDA ASERRIO EN BOQUETE
T4      CORRECCION DEL CAUCE CON CI [SIN PUENTES]
T5      DISEÑO FINAL CON IBW=8, BW=2.0, XLSS=RSS=1, CNCH=0.04, CAUDAL=27 M3/S
J1              1      0.14      1              27      1229
J2      1          0
J3      38        42          1          8          33          26          25          13          14          15
J3      68        64          65
NC      .1        .1          .05        .1          .3
* SECCION #1 [124] (ESTACION 1+046)
X1 1046          9          3          32          10.5          10.5          10.5
X3      10
GR1235.6          0 1233.3          1 1231.9          3 1229.3          9 1228.5          12
GR1228.2          17 1227.9          18.5 1229.7          20 1239.0          21
* SECCION #2 [123] (ESTACION 1+035)
X1 1035          10          0          31.5          10          10          10
GR1233.3          0 1228.7          4 1228.3          11 1226.6          12 1226.4          13
GR1226.7          14 1227.5          16.6 1229          17.2 1234.0          31.5 1236.3          32.5
* SECCION #3 [122] (ESTACION 1+25)
X1 1025          12          5          34.5          10          10          10
X3      10
GR1236.4          0 1232.4          5 1228.9          11 1227          12 1225.6          17
GR1225.8          18 1226.2          19 1226.5          23 1227.6          23.5 1232.3          34.5
GR1234.2          35.0 1236.4          37
* SECCION #4 [121] (ESTACION 1+015)
X1 1015          14          4          31          10          10          10
X3      10
GR1233.5          0 1231.5          2 1229.5          4 1227.0          9.5 1226.6          15
GR1225.6          15.7 1226.0          17.3 1224.9          20.0 1224.9          21 1225.5          23.3
GR1226.9          23.6 1226.9          27 1227.6          31 1231.4          37
* SECCION #5 [120] (ESTACION 1+005)
X1 1005          12          4          37 100.5          100.5          100.5
X3      10
GR1234.2          0 1229.5          4 1226.9          12 1225.9          19 1225.2          19.3
GR1224.3          22 1224.1          22.4 1224.8          26 1226.4          27 1228.2          37
GR1231.3          43 1233.5          48
* SECCION #6 [118] (ESTACION 0+905)
X1 905          12          25          35          100          100          100
CI 29.5          1217          .04          1          1          2
X3      10
GR1219.2          0 1219.0          5 1219.3          6 1218.5          22.0 1220.1          25
GR1219.1          27.0 1217.4          27.6 1218.1          29.0 1217.4          31.0 1218.6          32.0
GR1222.4          35 1225.4          39
NC      .3          .5
* INICIO DE MEJORAMIENTO DE CAUCE ANTES DE PUENTE #4
* SECCION #1 [PUENTE 4]

```

* SECCION #7 [119] (ESTACION 0+805)

X1	805	13	35	46.0	41.2	41.2	41.2			
CI	40.5	1210	.04	1	1			2		
X3	10									
GR1212.4		0	1212	5	1211.8	9	1211.4	19	1211.9	32
GR1213.8		35.0	1213.6	36	1210.8	40.6	1211.2	41	1211.0	42
GR1213.1		43.0	1215.2	46.0	1216.6	55				

* SECCION #2 [PUENTE 4]

* SECCION #8 [117] (ESTACION 0+764)

X1	764	13	28	35	4	4	4			
CI	30.75	1207	.04	0	0			4.5		
X3	10									
GR1210.9		0	1210.1	12	1209.2	27	1209.4	28	1207.9	28.5
GR1207.5		30	1208.7	31.1	1208.1	32.8	1209.1	34	1209.1	35
GR1208.8		43	1208.1	47	1207.6	60				

* SECCION #3 [117-B] [PUENTE 4]

* SECCION #9 (ESTACION 0 + 760.00)

X1	760				87.2	87.2	87.2			-.20
CI	30.75	1206.9		0	0			4.5		
X3	10									

* SECCION #4 [PUENTE 4] Y SECCION 1 [PUENTE3]

* SECCION #10 [116] (ESTACION 0+672)

X1	672	14	0	16	82.4	82.4	82.4			
CI	16	1200.5		1	1			2		
X3	10									
GR1209.9		0	1202.4	6	1202.4	11	1202.1	12.0	1201.0	14.5
GR1202.7		16	1202.3	18	1202.5	21	1202.2	26	1202.6	30
GR1201.0		34	1201.7	37	1201.8	38.5	1202.6	45		

* SECCION # 2 [PUENTE 3]

* SECCION #11 [115] (ESTACION 0+590)

X1	590	9	3	69	3.1	3.1	3.1			
CI	65.9	1197		.35	.35			4		
X3	10							1198.89	1198.89	
GR1199.2		0	1199	3	1198.5	26	1198.6	52	1197.2	65
GR1197.5		67.0	1198.7	68.5	1198.9	69.0	1198.6	80		
SB		1.56	1.45		2.2		4.66	0.7	1197.25	1197.1

* SECCION # 3 [PUENTE 3]

* SECCION # 12 [115-A] (ESTACION 0 + 586.9)

X1	587				74.3	74.3	74.3			-.15
CI	65.9	1196.9		.35	.35			4		
X2			1	1198.7	1198.90					
X3	10							1198.8	1198.8	
BT	-8	0	1199.18	1199.18	3	1198.98	1198.98	26	1198.53	1198.53
BT		52	1198.6	1198.6	62	1198.89	1198.7	69	1198.89	1198.7
BT		80	1198.58	1198.58	98	1198.48	1198.48			

* SECCION #4 [PUENTE 3] Y SECCION #1 [PUENTE 2]

* SECCION #13 [114] (ESTACION 0 + 512)

X1	512	9	0	31	63.8	63.8	63.8			
CI	17	1193.5	.04	1	1			2		
X3	10									
GR1195.4		0	1195.2	7	1194.9	14	1194.2	15.5	1194.2	19
GR1194.7		20	1194.8	25.3	1195.5	31	1196.0	43.0		

* SECCION # 2 [PUENTE 2]
* SECCION # 14 [113-A] (ESTACION 0 + 448.50)
X1 448.5 11 62 67 4 4 4
CI 64.5 1190.8 0.04 0 0 5
5
X3 10
GR1192.1 0 1192 2 1192.6 29 1192.70 50 1193.15 62
GR1192.6 62 1191.92 65 1191.7 67 1193.15 67 1193.28 77.5
GR1193.7 99
* SECCION #3 [PUENTE 2]
* SECCION #15 [113-A] (ESTACION 0+444.5)
X1 444.5 50 50 50 - .15
CI 64.5 1190.7 0.04 0 0 5
X3 10
* SECCION #4 [PUENTE 2]
* SECCION #16 [112] (ESTACION 0+394.4)
X1 394 9 0 39 35.6 35.6 35.6
CI 23.5 1189 1 1 2
X3 10
GR1192.6 0 1190.9 8 1190.8 20.4 1189.9 22.5 1190.1 23
GR1189.8 25 1190.7 30.0 1192.6 39.0 1193.9 58.0
* SECCION #17 [111] (ESTACION 0 + 358.8)
X1 358.8 6 0 30 51.1 51.1 51.1
CI 18.5 1188 1 1 2
X3 10
GR 1190 0 1189.3 8 1189.15 15.7 1188.65 17 1188.9 20
GR1193.4 30
* SECCION #1 [PUENTE 1]
* SECCION #18 [110] (ESTACION 0+307.7)
X1 307.7 9 11 22 60.3 60.3 60.3
1
CI 19.4 1185.5 1 1 2
X3 10
GR1187.7 0 1187.9 11 1187.7 18 1187.0 19 1186.8 20
GR1186.7 20.9 1188.0 22 1188.0 26 1187.9 30
* SECCION #2 [PUENTE 1]
* SECCION #19 [109] (ESTACION 0 + 247.40)
X1 247.4 7 9.2 12.9 10 10 10
CI 11.3 1184.2 0 0 5
X3 10
GR1186.3 0 1185.86 9.2 1185.52 9.75 1185.2 9.75 1185.19 10
GR1185.2 12.9 1185.76 12.9 1185.58 16.5
* SECCION #3 [PUENTE 1]
* SECCION #20 [108] (ESTACION 0+237.4)
X1 237.4 9 22.5 27.3 7 7 7
CI 25 1184 0 0 5
X3 10
GR1186.9 0 1186.4 10.5 1186.1 15 1185.8 22.5 1184.7 23.4
GR1184.7 25 1184.8 26.3 1185.6 27.3 1185 40
* SECCION #4 [PUENTE 1]
* SECCION #21 [107] (ESTACION 0+230.4)
X1 230 7 6 11.3 75 75 75

CI	9.25	1183.8		1	1			2		
X3	10									
GR1186.7	0	1186.5	4	1186.5	6	1184.4	8	1186.1	11.3	
GR1185.5	16	1185.6	36							
* SECCION #22 [106] (ESTACION 0+155)										
X1	155	8	7	15	52.9	52.9	52.9			
CI							.01	.01	.01	.01
X3	10									
GR1186.8	0	1186.8	6	1186.8	7	1184.1	7.5	1182.6	10	
GR1184.0	14	1186.2	15	1186.4	18					
* SECCION #23 [105] (ESTACION 0+102)										
X1	102	12	10	29						
X3	10									
GR1183.6	0	1183.4	5	1181.9	10	1181.2	25	1180.6	27	
GR1181.6	29.0	1181.0	32	1180.6	39	1180.3	62	1180.5	68	
GR1181.5	75	1181.6	87							
EJ										
T1	MEJORAMIENTO DE CANAL (IBW=8,BW=2.0)									
T2	PERFIL SELECCIONADO									
T3	QDA. ASERRIO									
J1				1	.14	1		27	1229	
J2	15	0						8		
ER										

BIBLIOGRAFIA

1. Chow, Ven T. Hidrología Operativa. 1991.
2. Espinosa, Daly. Aplicación del modelo hidrológico HBV a la cuenca del río Chiriquí Viejo. Panamá, 199.
3. Herrera, Ligia. Desastres naturales y zonas de riesgo en Panamá: Condicionantes y opciones de prevención y mitigación. Panamá, 1993.
4. Linsley, Ray, Franzini, Joseph. Ingeniería de los recursos hídricos. 1ª edición, 1967.
5. Maidment R. David, Handbook of Hydrology. McGraw-Hill, 1992.
6. Solís Hernán, Oreamuno Rafael, Murillo William, Chacón José. Modelación hidráulica para el control de inundaciones en Centroamérica. Costa Rica, 1993.
7. Perfil de la cuenca del río Caldera. IRHE-CATIE, 1995.
8. Resumen problemática de crecidas en el río Caldera. Recopilación del MOP.
9. Manual HEC-1. Septiembre 1987.
10. Manual HEC-2. Agosto 1979.