

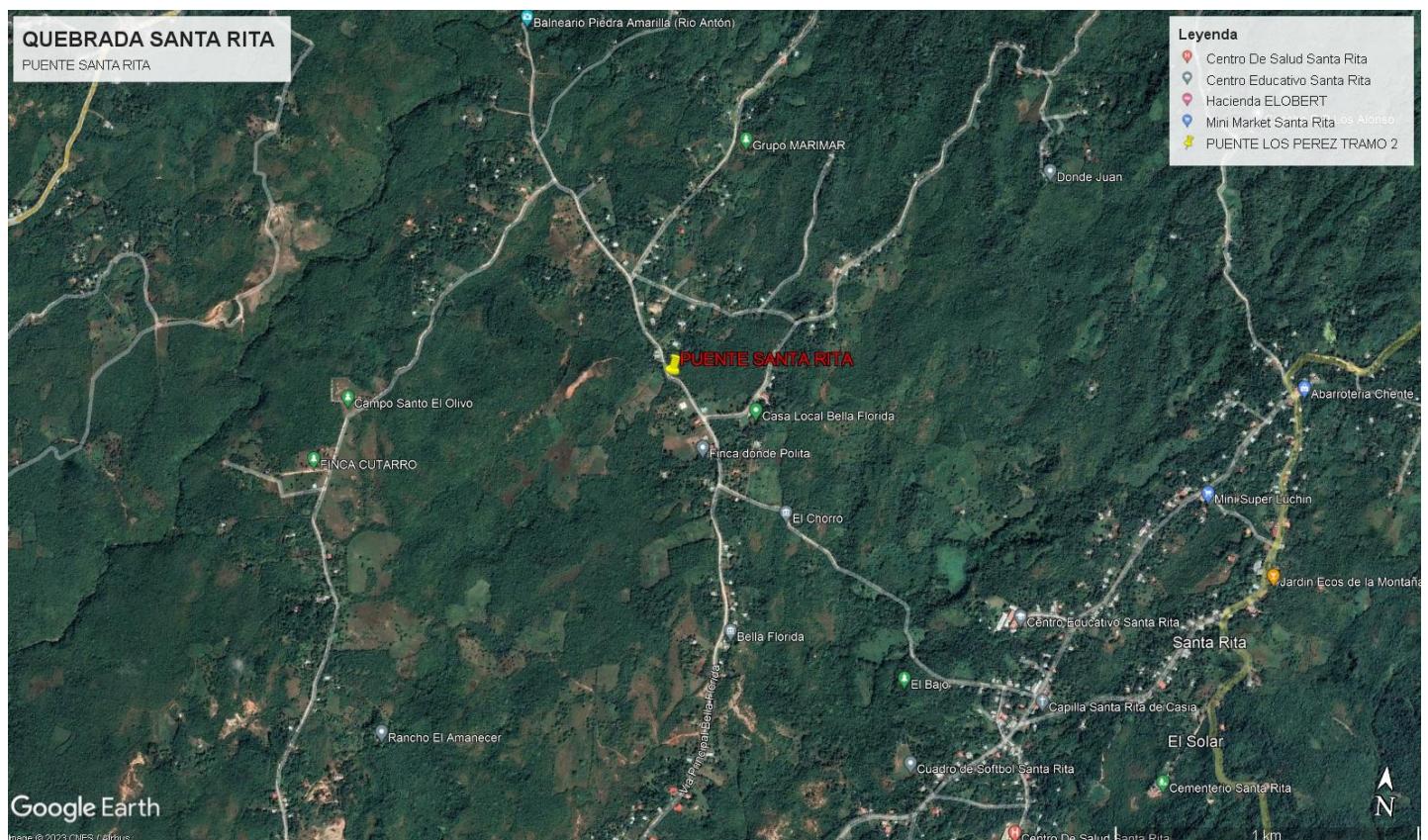
ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO DEL PUENTE SANTA RITA

“CONSTRUCCIÓN DE CALLES DISTRITO DE ANTÓN PROVINCIA DE COCLÉ”

Licitación por mejor valor N° 2022-0-09-0-02-LV-008201

ANTEPROYECTO DE DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE QUEBRADA SANTA RITA

PROYECTO LOCALIZADO EN LA PROVINCIA DE COCLÉ.



Noviembre 2023

HMR
INGENIEROS

PANACRUSHERS
INVERSIONES FJ, S.A

IPC
INGENIEROS

CONSORCIO CALLES DEL VALLE

Índice

1.	Introducción	1
2.	Objetivos del proyecto.	1
3.	Descripción del proyecto.....	2
4.	Metodología Cálculo Hidrológico e Hidráulico.....	3
4.1.	Análisis Hidrológico de la zona.....	3
4.1.1.	Método de Crecidas Máximas.....	4
4.2.	Simulación Hidráulica	6
4.2.1.	Geometría de Cauce natural.	6
4.2.2.	Datos Hidráulicos Múltiples y Simulación.	11
4.2.2.1.	Caudales:	11
4.2.2.2.	Condiciones de Contorno:	11
4.2.2.3.	Simulación Hidráulica:	12
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	12
6.	Recomendaciones	13
7.	Bibliografía.....	14
	Anexo A	15
	TABLAS DE MANNING.....	15
	Anexo B.....	19
	CÁLCULO DE CAUDAL Y CONDICIONES DE CONTORNO.....	19

1. Introducción.

Para llevar a cabo un desarrollo seguro del Puente Vehicular ubicado sobre quebradas Santa Rita, distrito de Antón, provincia de Coclé, se ha realizado un estudio hidrológico e hidráulico de la Quebrada Grande, en la parte baja de la subcuenca (Perteneciente a la **Cuenca No.134** del estudio de análisis de crecidas máximas de Panamá), con el propósito de determinar los caudales máximos que se van a utilizar en el análisis y diseño del puente vehicular que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto.

Los levantamientos topográficos de las secciones transversales del río fueron elaborados con puntos georreferenciadas a los BM geodésicos referenciados al sistema WGS-84 zona 17 Norte.

Los resultados de este estudio se presentan a la consideración del Ministerio de Obras Públicas para su debida revisión y aprobación.

2. Objetivos del proyecto.

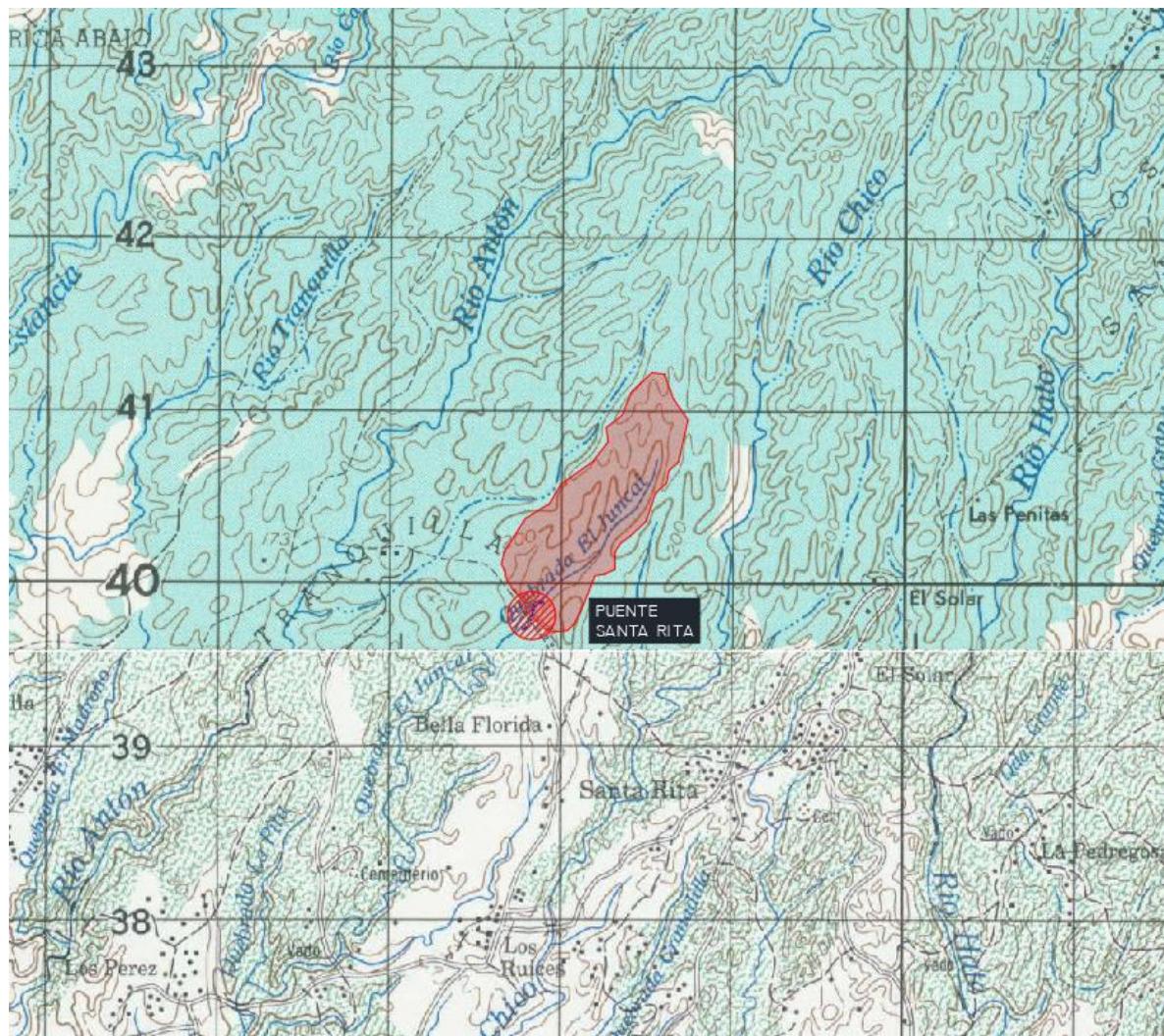
- Determinar los caudales que transitarían por el río y otros drenajes que aportan a la misma, para una lluvia de diseño con un período de retorno de 1 en 100 años.
- Determinar los caudales máximos para el análisis y diseño de la sección natural de del río y proponer las alturas de para el diseño del puente vehicular.
- Realizar una simulación hidráulica utilizando el modelo **HEC-RAS** para diferentes escenarios tomando en cuenta como referencia los caudales calculados.
- Presentar los perfiles y secciones transversales que fueron utilizados para la simulación, para indicar los niveles esperados para el caudal calculado con un período de retorno de 1 en 100 años.
- Presentar la tabla de resultados de los parámetros hidráulicos de mayor importancia para indicar el comportamiento bajo las condiciones de frontera del modelo.

3. Descripción del proyecto.

El proyecto consiste en el Diseño, Construcción y Rehabilitación de las Calles del Distrito de Antón, Provincia de Coclé, el cual contempla la construcción de un puente vehicular sobre la Quebrada Santa Rita, donde se adecuarán todos los sistemas de infraestructura y estructura necesarios para garantizar la seguridad de los usuarios.

Este proyecto se encuentra ubicado en la provincia de Coclé, distrito de Antón, específicamente en la Calle Los Pérez Tramo 1.

Imagen 1. Ubicación del Proyecto E762 hoja 4141 I y 4141 II.



4. Metodología Cálculo Hidrológico e Hidráulico.

4.1. Análisis Hidrológico de la zona

Para determinar el método de cálculo a utilizar debemos identificar el tamaño de la cuenca, para esto se utilizan diversas herramientas tecnológicas de ayuda y la comparamos con las técnicas convencionales de cálculo.

Se utilizó el mosaico del Tommy Guardia de la edición 2-DMA IGNTG, serie E762 de la hoja 4141 I y la 4141 II de Penonomé.

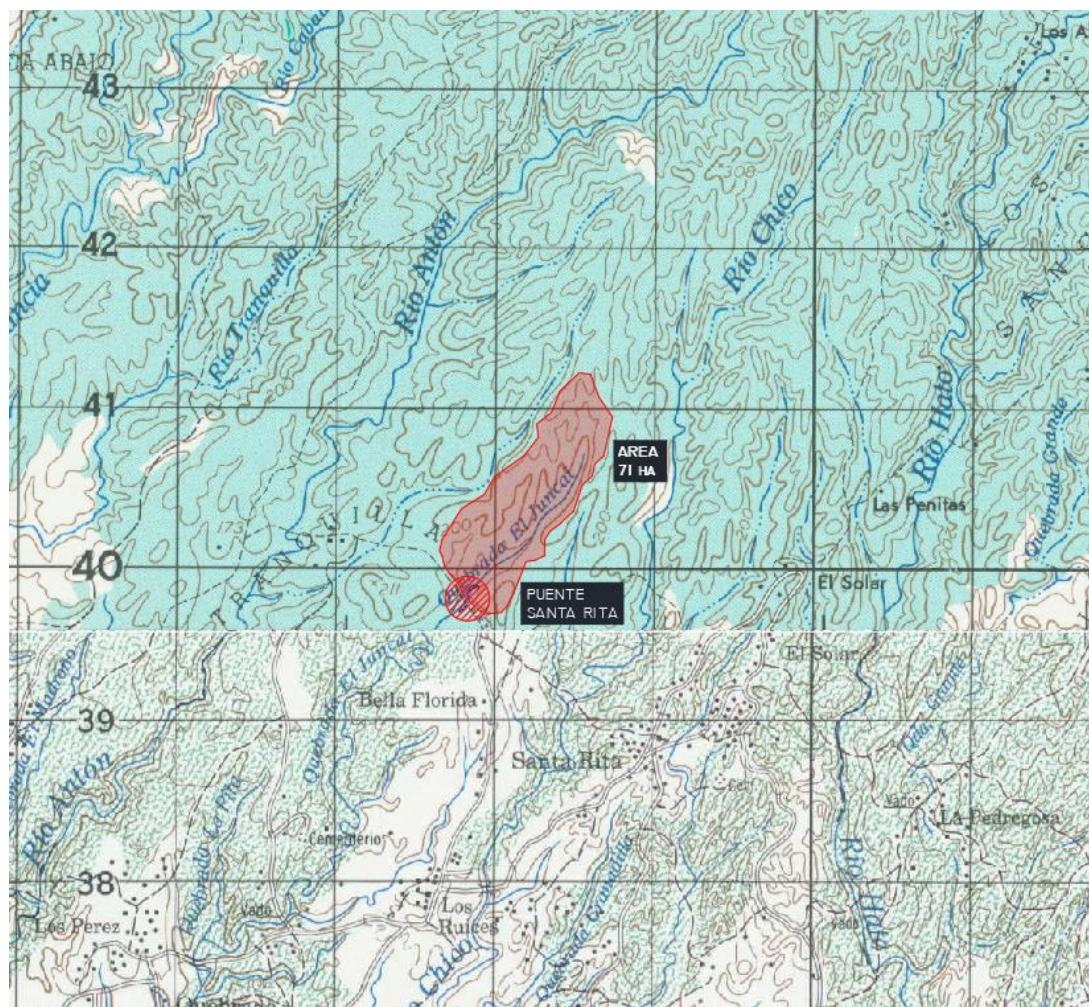


Imagen 2. Delimitación de la Cuenca Base Tomy Guardia

El resultado de la delimitación fue de un área aproximada de 71 Ha., o lo que representaría a 0.71 km². Con esto podemos seleccionar el método de cálculo que se usara para la determinación del caudal máximo de diseño, según los manuales de diseños del Ministerio de Obras Públicas se debe utilizar el método racional por el tamaño de la cuenca, esto nos deja la herramienta suministrada por ETESA con este método que nos brinda información de recurrencia de hasta 1 en 100 años, que son los periodos de recurrencia para este tipo de estructura.

4.1.1. Método Racional

La metodología utilizada para realizar el análisis hidráulico e hidrológico se describe a continuación:

- Cálculo de las áreas de drenajes.
- Cálculo del tiempo de concentración.
- Cálculo de la intensidad de lluvia de diseños.
- Estimación del coeficiente de escorrentía.
- Cálculo del caudal máximo para los períodos de retorno de diseños el método racional.

4.1.1.1 Período de retorno

Desde el punto de vista hidrológico el período de retorno de un evento con una magnitud dada puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.

Para este caso hemos de utilizar un periodo de retorno de 100 años para la cuenca en estudio.

4.1.1.2 Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración es el tiempo que demora una gota de agua para fluir desde el punto más remoto de la cuenca hasta la salida.

El tiempo de concentración para las cunetas fue asumido en un valor de 10 minutos. Para las tuberías de drenajes, el tiempo de concentración en la entrada del tubo se calculó con la ecuación de “California Culverts” definida por la siguiente expresión:

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

(1)

Dónde:

tc = tiempo de concentración, en minutos

L= longitud del flujo superficial desde el punto más alejado de la cuenca, en km

H =diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca, en metros.

4.1.1.3 Intensidad de lluvia

Con relación a la intensidad de lluvia, se adoptaron las ecuaciones de intensidad – duración – frecuencia para la vertiente del Pacífico, que son las recomendadas a utilizar por el Ministerio de Obras Públicas en sus diseños. Esta información consideró precipitaciones por un periodo de 100 años.

$$i = \frac{370}{33 + T_c} \quad (2)$$

Dónde:

I = intensidad de lluvia (pulg/hr) para el período de retorno especificado

Tc = tiempo de concentración (min)

4.1.1.4 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad promedio de precipitación de una tormenta. Para el diseño se utilizó un coeficiente de 0.95 el cual representa unas áreas Urbanizadas.

4.1.1.5 Caudales máximos

Para la determinación de los caudales máximos para diferentes períodos de retorno, se utilizó el método racional, el cual se expresa como se indica en la ecuación (3).

$$Q = \frac{C * I * A}{360} \quad (3)$$

Dónde:

Q = caudal máximo en m³/s

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia para un período de retorno especificado en mm/hr

A = área de drenaje de la cuenca en ha.

El método racional empezó a utilizarse alrededor de la mitad del siglo XIX, es probablemente el método más ampliamente utilizado hoy en día para el diseño de alcantarillado de aguas pluviales (Pilgrim, 1986; Linsley, 1986). En la Tabla 2 se muestra el resultado del cálculo.

tc(min)	i(mm/hr)	c	Q(m ³ /s)
20.2556	188.4715	0.95	34.8145

Imagen 3. Tabla de valores

Con este procedimiento presentado en la Imagen 6 se obtiene el Caudal de diseño esperado, el periodo de retorno para estructuras de 1 en 100 años y el Caudal es de 34.8145 m³/s.

4.2. Simulación Hidráulica

Para la simulación hidráulica se utilizan varias herramientas de ayuda y de cálculo como son la obtención de la geometría con el Civil 3d, posteriormente se usa el Hec-Ras para los cálculos hidráulicos.

Se han contemplado el escenario de cálculo, la modelación del cauce natural.

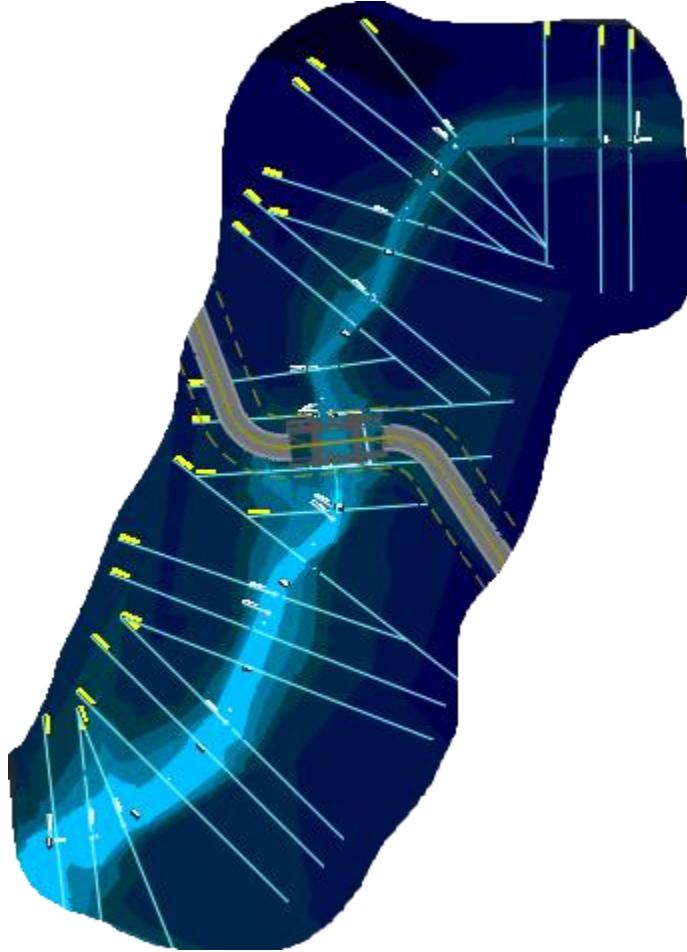
En esta sección se presentan los resultados obtenidos luego de la simulación hidráulica con HEC-RAS, en un tramo de aproximadamente 1001 metros de la quebrada el juncal, para estimar el tirante hidráulico en las secciones transversales utilizadas para la recurrencia de 1 en 100 años.

4.2.1. Geometría de Cauce natural.

Para generar las secciones transversales parte del insumo en el modelo hidráulico Hec-RAS, se utilizó levantamientos topográficos con puntos de control asociados al datum WGS84, esta data permite generar un modelo de elevación en base a las curvas del nivel en el área de estudio, para el debido proceso se utilizó el civil 3d para la obtención de las superficies.

Posterior a esto se usan las diversas herramientas del Civil 3d para identificar el Cauce central y posteriormente las secciones transversales. Esta información se exporta al modelo HEC-RAS con la herramienta exportar a HEC-RAS, para obtener un archivo gis el cual se introduce como input inicial al modelo.

Imagen No. 4. Generación de Surface para construir Secciones Transversales.



Una vez calibrada la posición de las secciones se puede introducir la data inicial donde podremos ver la geometría completa del cauce tanto en planta, perfil y secciones.

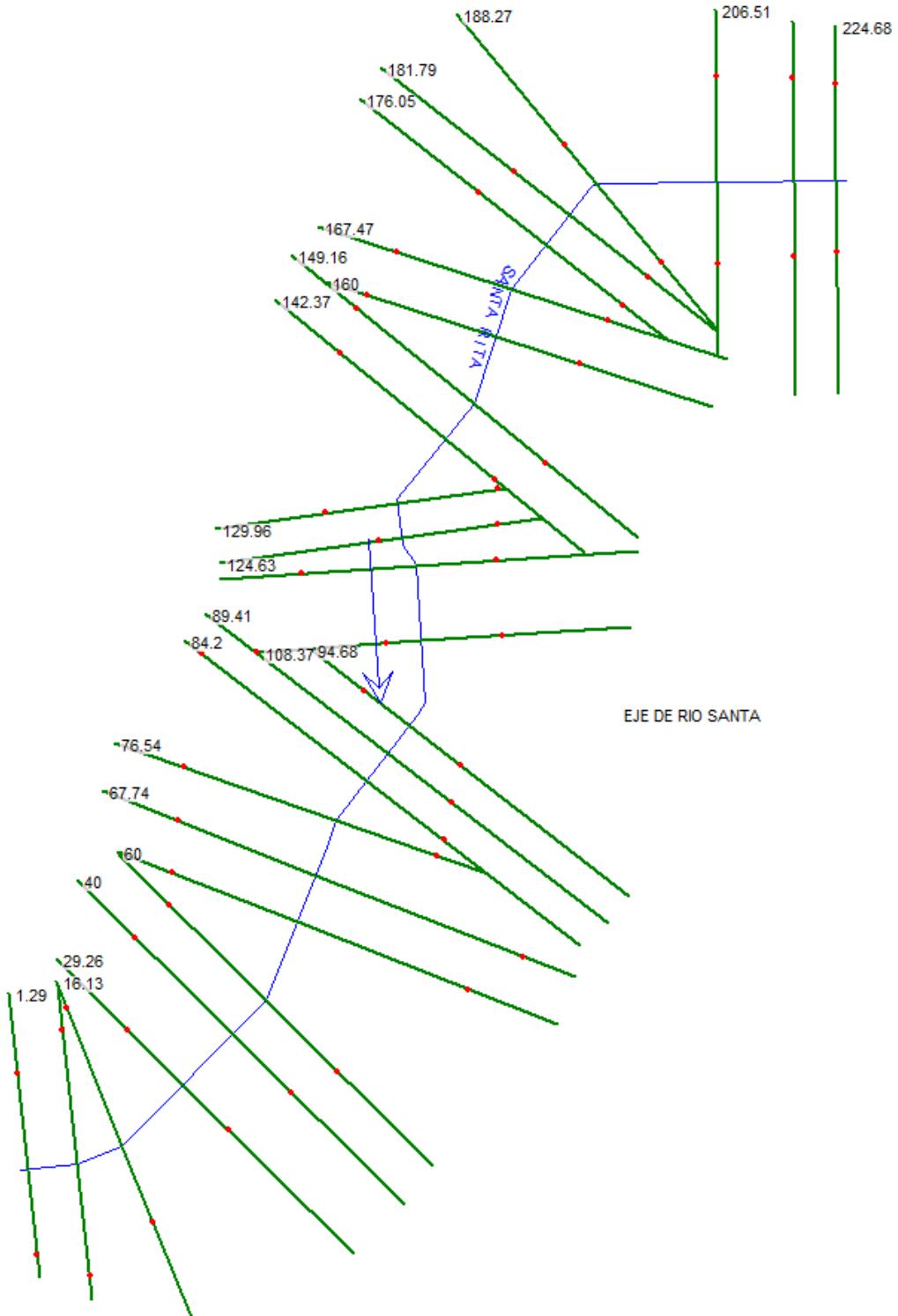


Imagen No. 5. Planta Geométrica modelo hec ras

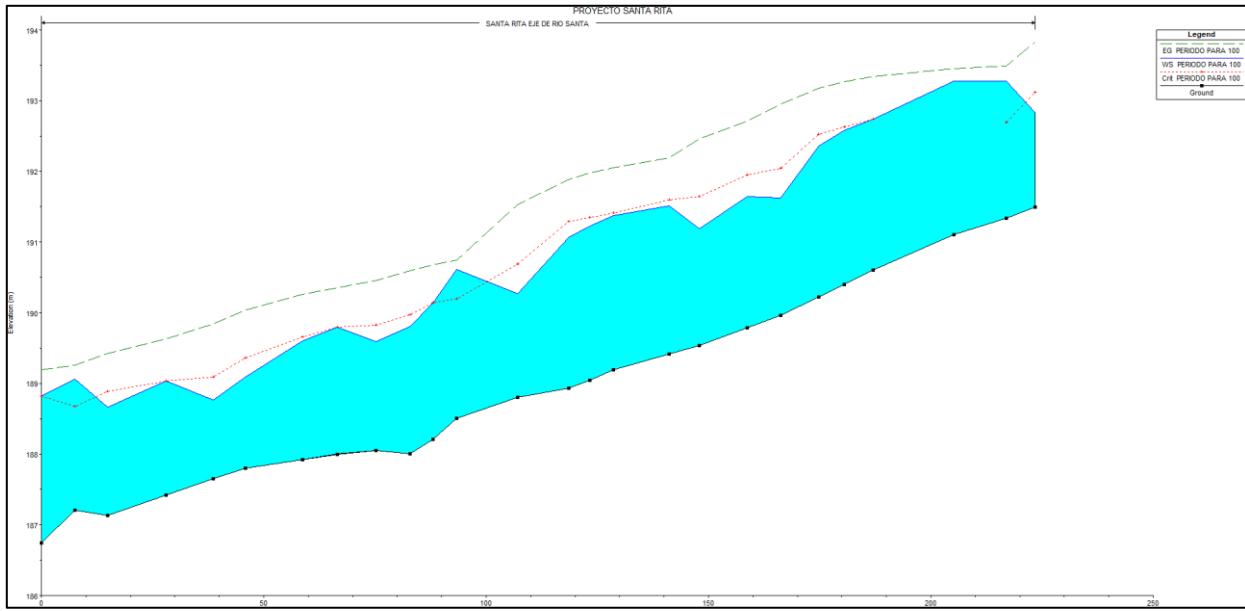


Imagen No. 6. Perfil Geométrico modelo hec ras

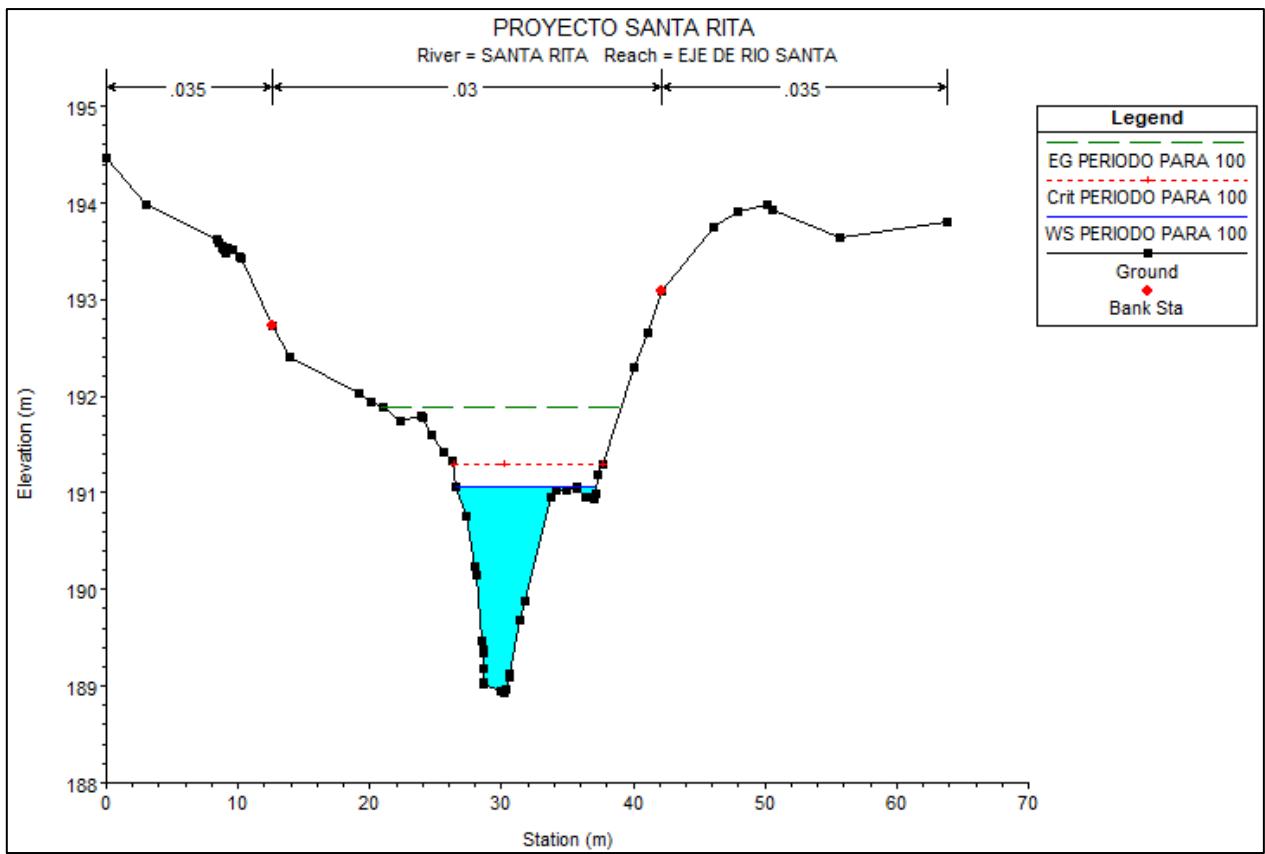


Imagen No. 7. Sección Transversal modelo hec ras, (aguas arriba del puente)

Posterior a la importación de la Geometría del cauce se debe completar la información Geométrica como la ubicación de las riveras del río (Bank Station) y posteriormente la distribución de las rugosidades de Manning en la sección transversal.

Para la determinación de las rugosidades de Manning se utilizaron fotos aéreas tomadas con la base de datos de Autodesk, además de la inspección visual del área. La inclusión de estas imágenes actualizadas es de gran utilidad para determinar ciertos parámetros y son de ayuda para los criterios de selección.

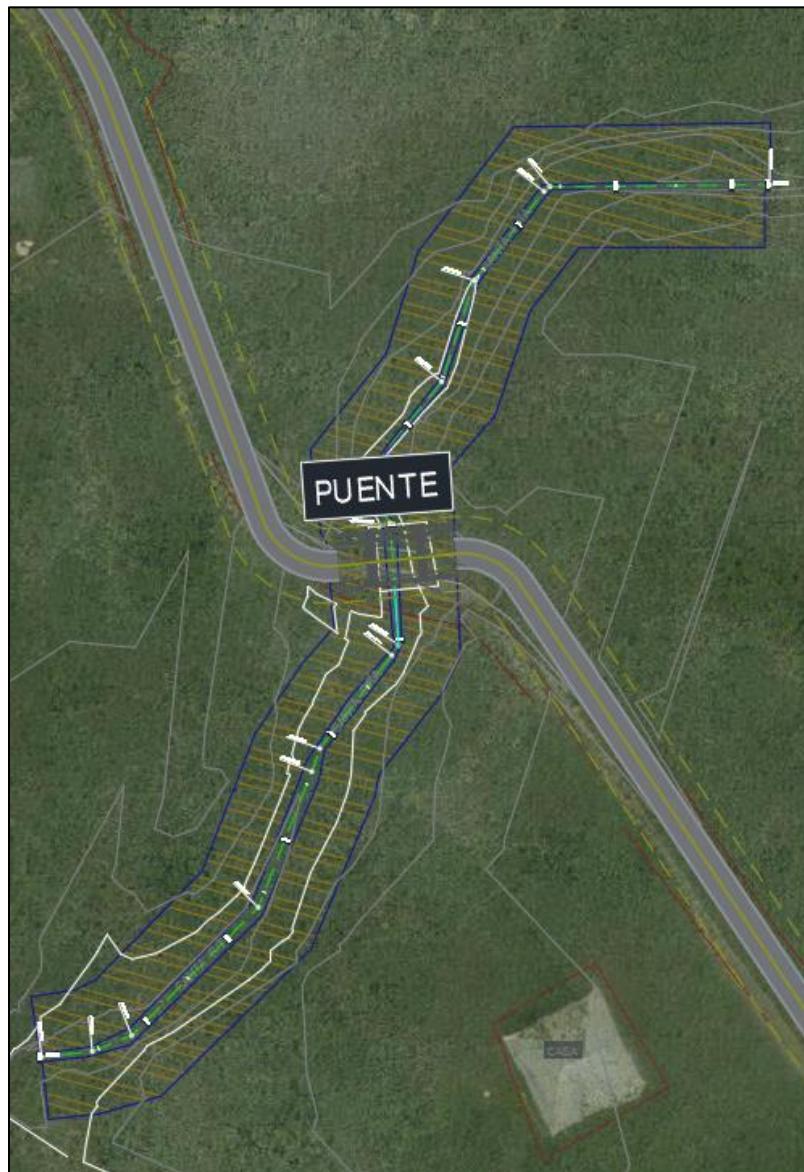


Imagen No. 8. Imagen con Satelital de la zona de estudio.

Con la ayuda de esta imagen se pueden comprobar visualmente los puntos tomados con topografía para la definición de los bancos derechos e izquierdo además podemos revisar la distribución de las características del terreno a lo largo del tramo a estudiar.

Con lo que podemos visualizar varios tipos de características de suelo, en la Imagen 8 podemos ver un cauce limpio en toda la zona de estudio, además se puede ver una canalización aguas debajo de la zona de estudio.

Vemos que los márgenes son tipo Yermos o zonas descubiertas por las urbanizaciones aledañas. Podremos caracterizar las diferentes zonas de derrame además de los fondos del cauce.

En el anexo 1 Tablas de Manning podremos verificar las diferentes rugosidades utilizadas.

Izquierdo	Canal principal		Derecho	
0-266	0.035	0-266	0.030	0-266

Tabla 2. Distribución de Rugosidades.

4.2.2. Datos Hidráulicos Múltiples y Simulación.

4.2.2.1. Caudales:

La definición de datos hidráulicos en régimen permanente se realiza en el editor de flujo y se accede en el Esteady Flow Data, donde se introduce el caudal calculado en la tabla 1.

4.2.2.2. Condiciones de Contorno:

Para completar la definición hidráulica del modelo queda establecer sus condiciones de contorno, es decir aquellos parámetros que permitan resolver el modelo en sus extremos aguas arriba y aguas abajo. Para ello, se debe seleccionar el reach boundary condition.

La condición de contorno disponible para el régimen de flujo asumido es la pendiente de la sección aguas arriba para la condición de calado normal y la pendiente aguas abajo para la condición de calado normal, esto es asumiendo un flujo mixto.

La pendiente de aguas arriba es de $S=0.0257$ m/m, pendientes aguas abajo es de $S=0.0272$ m/m

4.2.2.3. Simulación Hidráulica:

La simulación se realiza en Régimen permanente, con lo que debemos acceder al gestor de simulaciones e indicar el régimen de flujo según el número de Froude y la condición cambiante del cauce, se le debe indicar que calcule al yc.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Se pudieron generar las secciones transversales mediante la aplicación de la herramienta Civil 3d integrada al mosaico topográfico de Tommy Guardia (4141 I El Valle), para exportar el levantamiento topográfico georreferenciado al modelo Hec-Ras, lo cual le da un aporte muy importante al estudio.
- ✓ Los resultados obtenidos en el tramo analizado del río indica que las secciones transversales cuentan con la capacidad para un evento con un caudal de y **$34.815 \text{ m}^3/\text{s}$** recurrencia de 1 en 100 años.
- ✓ El modelo HEC-RAS simula adecuadamente el tránsito del caudal de diseño correspondiente al periodo de retorno de 100 años como lo indica el Ministerio de Obras Pública para obras principales.
- ✓ Se verificaron los niveles de rasante del proyecto la misma están dentro de los parámetros permitidos por el Ministerio de Obras Públicas.

6. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda dar un mantenimiento continuo a los cursos de agua que bordean el proyecto, para así garantizar un buen funcionamiento de estos durante el periodo de vida de estos.
- ✓ Se recomienda implementar señalizaciones en zonas cercanas al río, para no ingresar a la misma en el momento de registros de lluvia, sobre todo por los registros de lluvia que oscilan entre 4 y 8 m/s.
- ✓ Tomar como referencia los niveles de superficie de agua en cada una de las secciones transversales del tramo simulado del río para establecer los niveles seguros dentro de la terracería del proyecto.
- ✓ Implementar los SIG (Sistemas de Información Geográfica), en este tipo de estudios, ya que permite tener una mejor perspectiva espacial de los eventos. Al igual se verificó con mosaicos del Instituto Geográfico Nacional la hoja 4141 I Serie E762.
- ✓ El modelo HEC-RAS simula adecuadamente el tránsito del caudal de diseño correspondiente al periodo de retorno de 100 años para la río.
- ✓ En caso de realizar cualquier adecuación al cauce en un futuro, realizar un análisis hidráulico que considere cualquier modificación en términos de aumento o disminución de la capacidad hidráulica del río.
- ✓ Se recomienda la protección de todos los taludes colindantes al río para garantizar la integridad de los taludes.

7. Bibliografía

- Chow, V. T., D. R. Maidment y L. W. Mays, 1988.
Applied Hydrology. McGraw-Hill publishing co., New York.

- Chow, V. T., 1994. Hidráulica de Canales Abiertos.
McGraw-Hill Interamericana, S.A.

- González, Diego A., 2008, Análisis de Crecidas Máximas en Panamá,
ETESA, Panamá.

- USACE, 2008, HEC-RAS 4.0 River analysis system user's manual.
Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.

- USACE, 2008, HEC-RAS 4.0 River Analysis System Hydraulic Reference Manual.
Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.

- Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. Departamento de Hidrometeorología,
Análisis
Regional de Crecidas Máximas en Panamá, 2008.

- Manual de Aprobación de Planos. Ministerio de Obras Públicas, 2002.

ANEXO A
TABLAS DE MANNING

Chapter 3– Basic Data Requirements

Table 3-1 Manning's 'n' Values

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
A. Natural Streams			
1. Main Channels			
a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools			
b. Same as above, but more stones and weeds	0.025	0.030	0.033
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.030	0.035	0.040
d. Same as above, but some weeds and stones	0.033	0.040	0.045
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.035	0.045	0.050
f. Same as "d" but more stones	0.040	0.048	0.055
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.045	0.050	0.060
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
2. Flood Plains			
a. Pasture no brush	0.025	0.030	0.035
1. Short grass	0.030	0.035	0.050
2. High grass			
b. Cultivated areas	0.020	0.030	0.040
1. No crop	0.025	0.035	0.045
2. Mature row crops	0.030	0.040	0.050
3. Mature field crops			
c. Brush	0.035	0.050	0.070
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.060
2. Light brush and trees, in winter	0.040	0.060	0.080
3. Light brush and trees, in summer	0.045	0.070	0.110
4. Medium to dense brush, in winter	0.070	0.100	0.160
5. Medium to dense brush, in summer			
d. Trees	0.030	0.040	0.050
1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.050	0.060	0.080
2. Same as above, but heavy sprouts	0.080	0.100	0.120
3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.100	0.120	0.160
4. Same as above, but with flow into branches	0.110	0.150	0.200
5. Dense willows, summer, straight			
3. Mountain Streams, no vegetation in channel, banks usually steep, with trees and brush on banks submerged			
a. Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070

Table 3-1 (Continued) Manning's 'n' Values

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
B. Lined or Built-Up Channels			
1. Concrete			
a. Trowel finish	0.011	0.013	0.015
b. Float Finish	0.013	0.015	0.016
c. Finished, with gravel bottom	0.015	0.017	0.020
d. Unfinished	0.014	0.017	0.020
e. Gunite, good section	0.016	0.019	0.023
f. Gunite, wavy section	0.018	0.022	0.025
g. On good excavated rock	0.017	0.020	
h. On irregular excavated rock	0.022	0.027	
2. Concrete bottom float finished with sides of:			
a. Dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.020
b. Random stone in mortar	0.017	0.020	0.024
c. Cement rubble masonry, plastered	0.016	0.020	0.024
d. Cement rubble masonry	0.020	0.025	0.030
e. Dry rubble on riprap	0.020	0.030	0.035
3. Gravel bottom with sides of:			
a. Formed concrete	0.017	0.020	0.025
b. Random stone in mortar	0.020	0.023	0.026
c. Dry rubble or riprap	0.023	0.033	0.036
4. Brick			
a. Glazed	0.011	0.013	0.015
b. In cement mortar	0.012	0.015	0.018
5. Metal			
a. Smooth steel surfaces	0.011	0.012	0.014
b. Corrugated metal	0.021	0.025	0.030
6. Asphalt			
a. Smooth	0.013	0.013	
b. Rough	0.016	0.016	
7. Vegetal lining			
	0.030		0.500

Table 3-1 (Continued) Manning's 'n' Values

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<i>C. Excavated or Dredged Channels</i>			
1. Earth, straight and uniform			
a. Clean, recently completed	0.016	0.018	0.020
b. Clean, after weathering	0.018	0.022	0.025
c. Gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030
d. With short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033
2. Earth, winding and sluggish			
a. No vegetation	0.023	0.025	0.030
b. Grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
c. Dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040
d. Earth bottom and rubble side	0.028	0.030	0.035
e. Stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040
f. Cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050
3. Dragline-excavated or dredged			
a. No vegetation	0.025	0.028	0.033
b. Light brush on banks	0.035	0.050	0.060
4. Rock cuts			
a. Smooth and uniform	0.025	0.035	0.040
b. Jagged and irregular	0.035	0.040	0.050
5. Channels not maintained, weeds and brush			
a. Clean bottom, brush on sides	0.040	0.050	0.080
b. Same as above, highest stage of flow	0.045	0.070	0.110
c. Dense weeds, high as flow depth	0.050	0.080	0.120
d. Dense brush, high stage	0.080	0.100	0.140

Other sources that include pictures of selected streams as a guide to n value determination are available (Fasken, 1963; Barnes, 1967; and Hicks and Mason, 1991). In general, these references provide color photos with tables of calibrated n values for a range of flows.

ANEXO B

CÁLCULO DE CAUDAL Y CONDICIONES DE CONTORNO

DATOS PARA CALCULO PTE SANTA RITA

AREA	70	Ha
L	1650.395	m
Hmax	262	m
Hmin	196	m
ΔH	66	m

ECUACION DE CALIFORNIA CULVERTS

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Zonas poco pavimentadas o urbanizadas, para cuencas mas

Tc 20.2555666 min 0.33759278 hr

CUENCA HIDROGRAFICA RIO GRANDE 134

ECUACION DE INTENSIDAD RELACION FRECUENCIA

$$I = \frac{a}{d + b}$$

a	183.683	
b	0.637	
I	188.4715385	mm/hr

C 0.95

CALCULO DEL CAUDAL	
Q	34.81488141 m ³ /s

CONDICIONES DE CONTORNO AGUAS ABAJO	
Y1	186.674
Y2	187.219
EST 1	0
EST 2	20
PENDIENTE AGUAS ABAJO	0.0272 m/m

CONDICIONES DE CONTORNO AGUAS ARRIBA	
Y1	191.429
Y2	191.585
EST 1	220
EST 2	226.07
PENDIENTE AGUAS ARRIBA	0.0257 m/m