

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**PROYECTO: “REHABILITACIÓN DE CARRETERA LA VILLA DE  
LOS SANTOS – MACARACAS”**

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**  
**PUENTE RÍO TOLETA**

PRESENTAN:



MARZO DE 2025

## Contenido

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	OBJETIVOS.....	4
3.	HIDROLOGÍA.....	4
	Áreas de drenaje .....	4
4.	CRECIDAS DE DISEÑO. ....	5
	a. MÉTODO REGIONAL .....	5
	i. Índices Físicos de la Cuenca.....	7
	ii. Tiempo de Concentración .....	7
	iii. Período de Retorno .....	7
	iv. Caudal máximo.....	8
5.	HIDRÁULICA.....	8
	RESULTADOS HEC RAS v. 5.0.1 .....	10
6.	CONCLUSIONES.....	11
7.	ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES.....	12

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe nos muestra los resultados del análisis Hidrológico e hidráulico realizado al cauce del puente sobre Río Toleta, en el Camino Villa Lourdes – Las Guabas -El Guasimo. Este estudio forma parte del proyecto denominado “REHABILITACIÓN DE CARRETERA LA VILLA DE LOS SANTOS – MACARACAS”, provincia de Los Santos.

El puente se encuentra ubicado en el estacionamiento 5k+530.00 de la calle hacia El Guasimo, sector de Las Guabas, la siguiente imagen se muestra la ubicación regional.

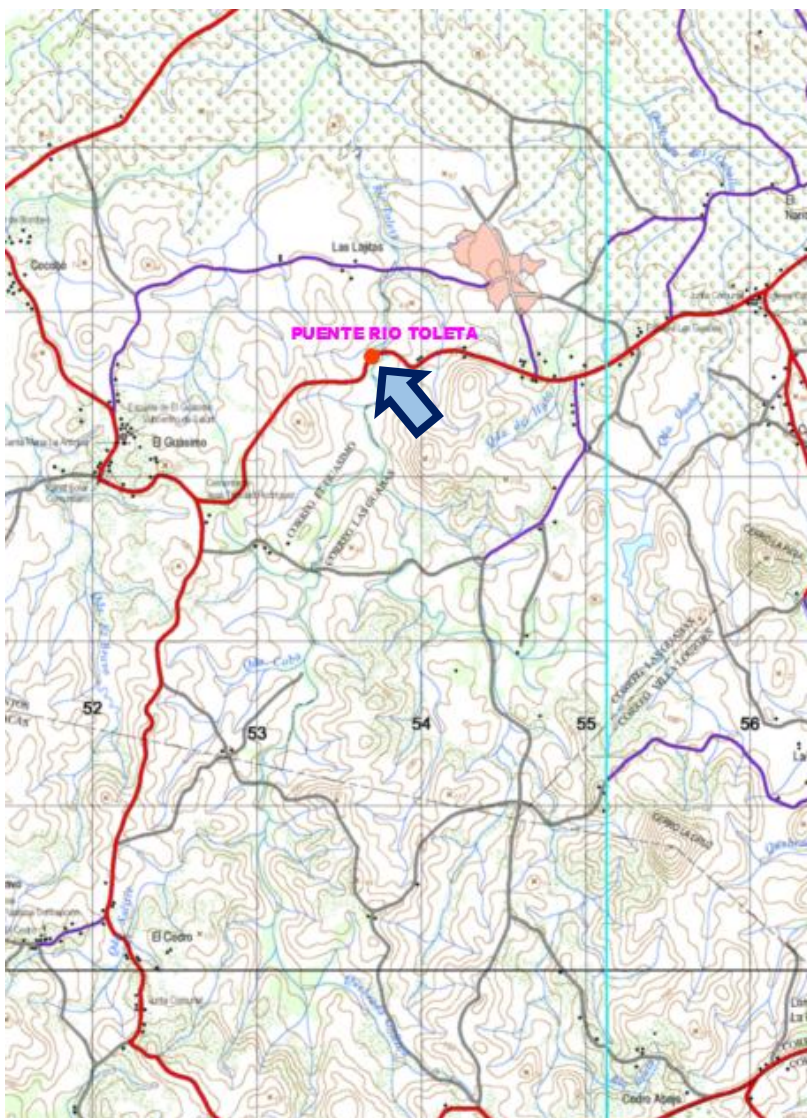


Figura 1 Ubicación del Puente Río Toleta

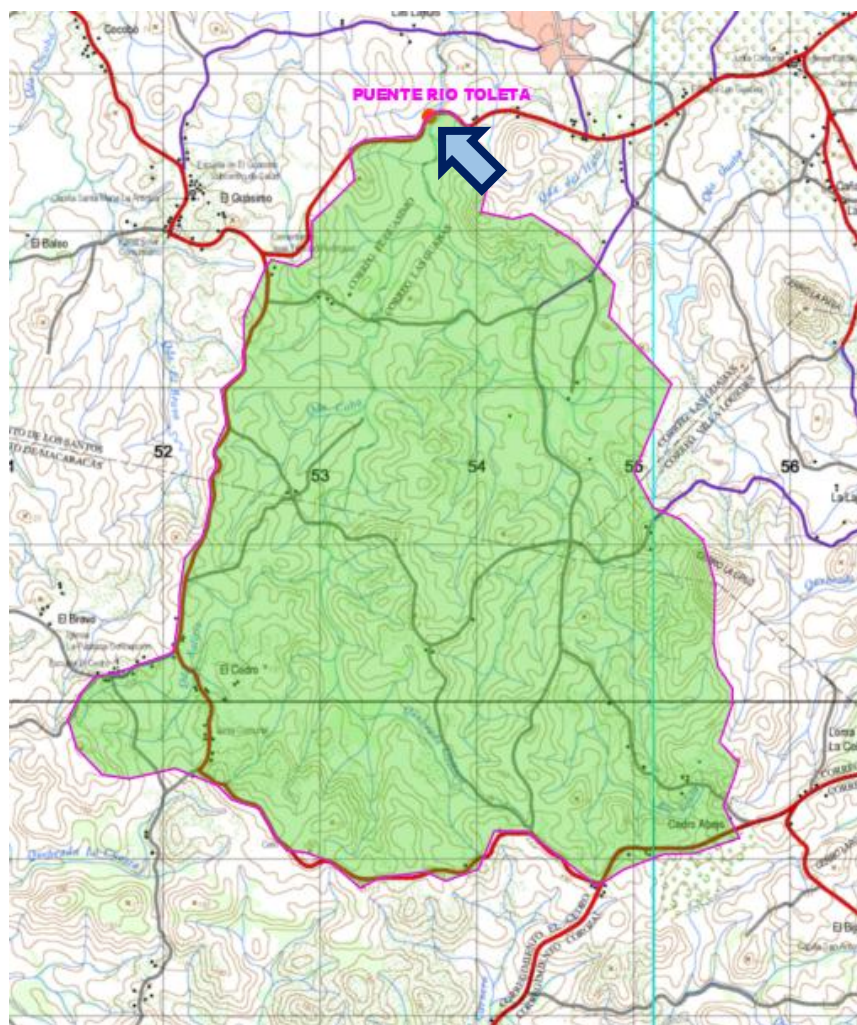
## 2. OBJETIVOS

Calcular el nivel de aguas máximo extraordinario, para ello realizando un estudio hidrológico de la cuenca del cauce para determinar el área de escorrentía, así como su caudal mediante los métodos racional y regional de crecidas máximas de elaborado por ETESA. Y posteriormente realizar un análisis hidráulico mediante una simulación de crecida mediante programa HEC-RAS, para el cálculo del NAME.

### 3. HIDROLOGÍA

### Áreas de drenaje

Para la estimación del área de drenaje se utilizaron los mosaicos 1:25,000 y 1:50,000 del Instituto Geográfico Nacional TOMMY GUARDIA, dichos mosaicos se encuentran en versión digital georreferenciados. Mediante la georreferenciación del mosaico y utilizando herramientas de CAD se logro estimar el parteaguas a partir de las curvas de nivel el cual se muestra en la siguiente figura.



**Figura 2 Cuenca de Drenaje Puente Río Toleta**

El área delimitada de la cuenca es de **12.86 Km<sup>2</sup>**



#### 4. CRECIDAS DE DISEÑO.

La crecida máxima para los diferentes períodos de retorno fue calculada por medio del método Racional ya que la cuenca no sobrepasa los 2.50 km<sup>2</sup>.

Adicional se hizo una comparación utilizando en método regional de crecidas máxima

##### a. MÉTODO REGIONAL

Este método está basado en el estudio de Análisis Regional de Crecidas Máxima elaborado en 1986 por la empresa LAVALIN INTERNATIONAL. Este método consiste en estimar la frecuencia de crecidas máximas que pueden ocurrir en un sitio determinado de un río, especialmente en aquellas cuencas no controladas con solo conocer el área de drenaje de la cuenca hasta el sitio de descarga y su ubicación en el país. En septiembre de 2008 se elabora un nuevo informe cuyo propósito es actualizar el análisis Regional de Crecidas Máximas.

Para la elaboración del análisis regional de crecidas máximas, se analizó la información básica registrada en estaciones hidrológicas convencionales (limnigráficas) y estaciones hidrológicas limnimétricas operada por la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA; se analizaron, además, estaciones hidrológicas convencionales manejadas por la autoridad del Canal de Panamá, véase figura siguiente.

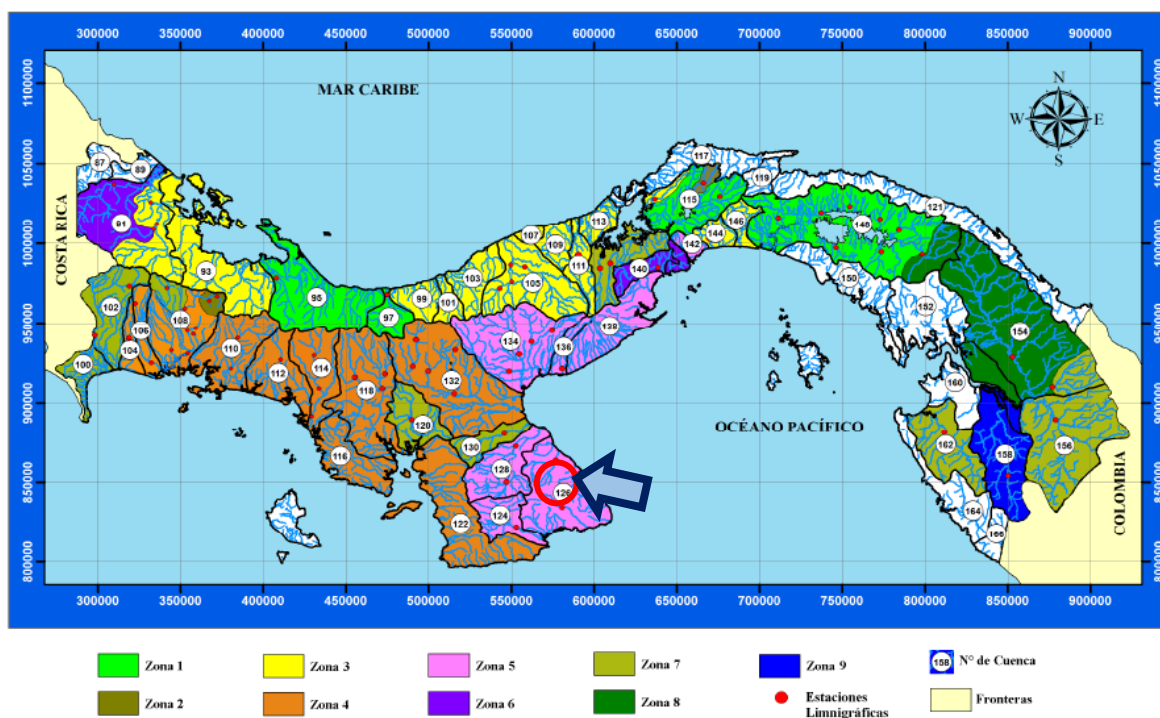


Figura 3 Ubicación de cuenca en mapa de zonificación

Si conocemos que el área de proyecto se ubica en la Zona 5, según el mapa de Regiones Hidrológicamente Homogéneas, podemos definir nuestra ecuación y distribución de frecuencia a utilizar para determinar el caudal máximo, que corresponde a:

**Tabla, Ecuaciones y Distribución de Frecuencia según zona Hidrológicamente homogénea.**

Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{\text{máx}} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{\text{máx}} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{\text{máx}} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{\text{máx}} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{\text{máx}} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{\text{máx}} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

Aplicando los factores para diferentes períodos de retorno, según el Análisis Regional de Crecidas máximas, podemos encontrar que los caudales de avenidas máximas para cada uno de los sitios analizados corresponden a:

**Tabla, Factores para diferentes periodos de retorno en años.**

<i>Factores <math>Q_{\text{máx.}}/Q_{\text{prom.máx}}</math> para distintos <math>Tr</math>.</i>				
<i>Tr, años</i>	<i>Tabla # 1</i>	<i>Tabla # 2</i>	<i>Tabla # 3</i>	<i>Tabla # 4</i>
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	1.30
10	1.66	1.64	1.6	1.55
20	1.96	1.94	1.88	1.78
50	2.37	2.32	2.24	2.10
100	2.68	2.64	2.53	2.33
1,000	3.81	3.71	3.53	3.14
10,000	5.05	5.48	4.6	4.00

## **Cálculo del Caudal máximo**

### **i. Índices Físicos de la Cuenca**

Para la medición de estos índices se procedió a montar en AutoCAD la imagen del mosaico topográfico a escala 1:25,000, (4139 III\_NW), Elaboradas por el Instituto Geográfico

- La longitud, L, de la cuenca está definida como la distancia horizontal del río principal entre un punto aguas abajo (estación de aforo) y otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

-Ancho promedio de la cuenca.

- Elevaciones máximas y mínimas.

### **ii. Tiempo de Concentración**

El tiempo de concentración,  $t_c$  de una determinada cuenca hidrográfica, es el tiempo necesario para que el caudal saliente se estabilice, cuando ocurra una precipitación con intensidad constante sobre toda la cuenca. El tiempo de concentración de una cuenca hidrográfica pequeña será igual a la suma del mayor tiempo de escurrimiento laminar superficial con el mayor tiempo de escurrimiento en el álveo fluvial que se constate en cualquier lugar de la cuenca. El tiempo de escurrimiento en el álveo se considera, en general, como el álveo de mayor longitud dividido por la velocidad media del agua en el cauce, una vez que éste esté prácticamente lleno. Cuando los caudales del escurrimiento superficial, laminar (en el suelo) o fluvial (en el álveo) aumenta, las profundidades también aumentan. Al aumentar la profundidad, una cantidad de agua es temporalmente almacenada, hasta que el caudal disminuye y el sistema se vacía progresivamente. Para llegarse a una situación de equilibrio hasta que se haya "llenado" el sistema. Por analogía, cuando el área de drenaje aumenta, también aumenta el tiempo necesario para alcanzar la condición de equilibrio en los diversos cauces, y por otra parte al aumentar el tiempo aumenta también la probabilidad de que la lluvia no mantenga su intensidad más o menos constante. Todos estos factores hacen que la precisión de las ecuaciones reportadas disminuya. Por esta razón estas expresiones deben ser utilizadas con restricciones para áreas de drenaje mayores a 4 ha. En este estudio se usó, La ecuación de Bransby – Williams, y se incluyeron cálculos con las fórmulas de Kirpich y la Administración Federal de Aviación de manera comparativa.

### **iii. Período de Retorno**

También llamado período de recurrencia, el período de retorno es un concepto estadístico que intenta proporcionar una idea de hasta qué punto un suceso puede considerarse raro. Suele calcularse mediante distribuciones de variables extrémas, sobre la base de series de valores extremos registrados dentro de periodos iguales y consecutivos; por ejemplo, en hidrología, se realiza el estudio a partir de tablas con la precipitación máxima recogida en 24 horas en un año, durante una serie de años consecutivos; en ingeniería

marítima, tablas con los valores de la mayor altura de ola alcanzada en un año, igualmente a lo largo de una serie de años consecutivos. El ajuste de los datos y la predicción de valores extremos suele realizarse mediante las distribuciones de Gumbel, Log-Pearson, raíz cuadrada del tipo exponencial (sqrt - ETmax) y otras.

El periodo de retorno suele ser un requisito fundamental para el diseño de obras de ingeniería, ya que permite establecer el valor mínimo de un determinado parámetro (precipitación de lluvia, altura de ola, velocidad del viento, intensidad de un sismo, etc.) que debe ser soportado por la obra para considerar que es suficientemente segura. Al mismo tiempo que se diseña para ese valor mínimo, se evita el diseño para valores superiores, evitando así un sobredimensionamiento excesivo. No obstante, algunos especialistas consideran que ciertos periodos de retorno son excesivamente conservadores, y que deberían rebajarse por dar lugar a obras demasiado costosas y seguras; se trata de una lucha entre la seguridad y la economía. Para este proyecto los términos de referencia definen un periodo de retorno de 100 años.

#### iv. Caudal máximo

$$Q_{MAX} = 2.68 * 14 * (12.86)^{0.59} = 169.31 \frac{m^3}{seg}$$

El caudal máximo por el método Regional es de **169.31 m³/seg**

## 5. HIDRÁULICA

Para determinar los niveles de avenidas se tomaron en cuenta las siguientes observaciones:

- Pendientes del cauce en las proximidades al puente
- Rugosidad (n)
- Caudal de 1 en 100 años.
- Secciones del puente Proyectado y del cauce del río (CROSS SECTION DATA).

En el cuadro siguiente se presentan los resultados de los cálculos obtenidos del programa HEC RAS versión 5.0.4, para la sección del puente proyectado.



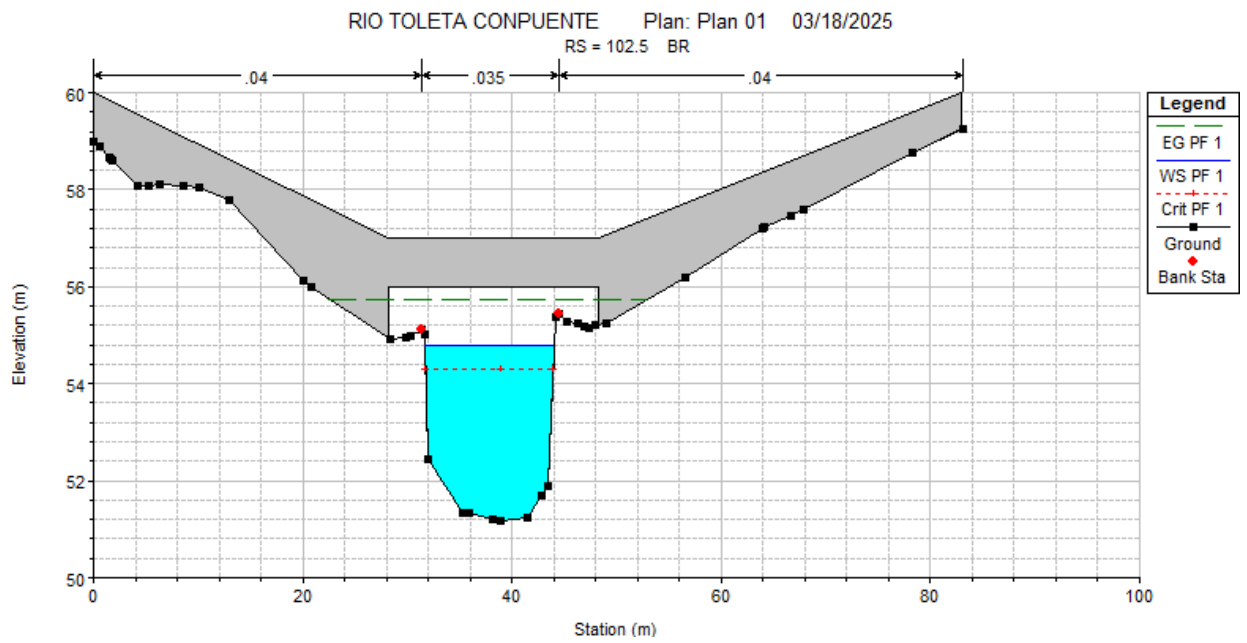


Figura 4, Sección en puente

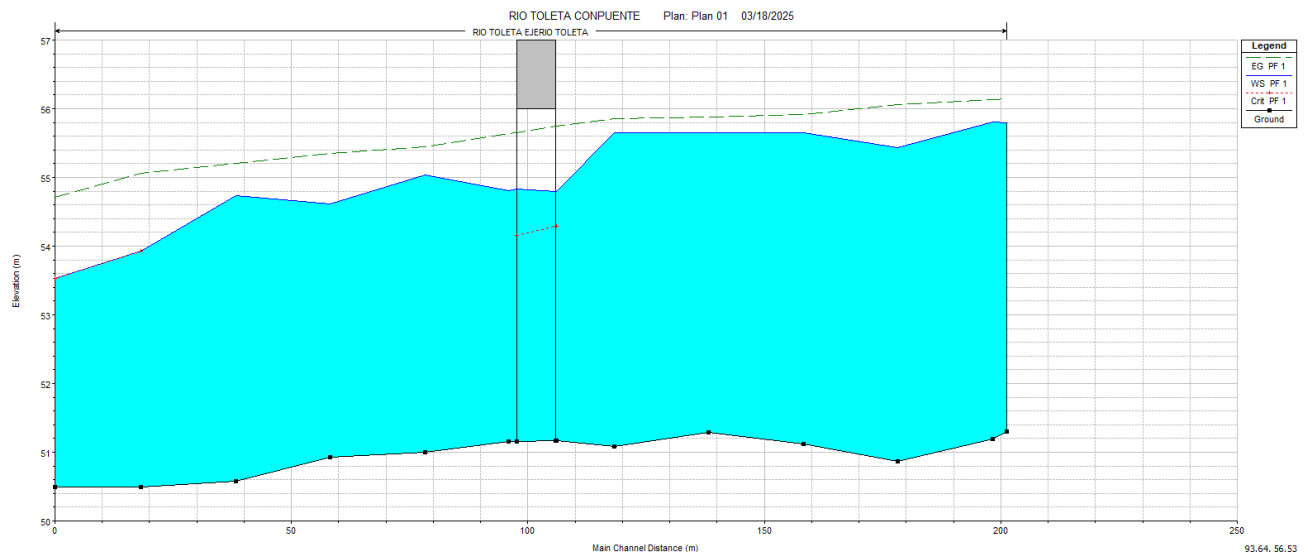


Figura 5, Perfil del cauce

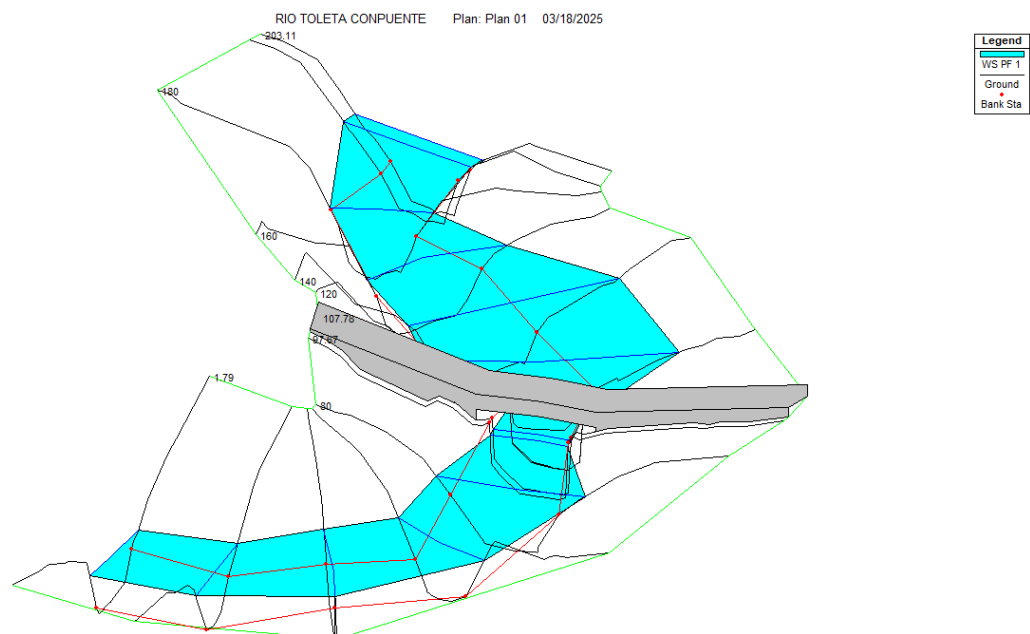


Figura 6, Simulación de crecida

RESULTADOS HEC RAS v. 5.0.1

Cuadro, Resultados HEC RAS Puente Río Toleta

NAME, 54.80msnm

Plan:				
E.G. US. (m)	55.75	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	54.80	E.G. Elev (m)	55.75	55.65
Q Total (m3/s)	169.31	W.S. Elev (m)	54.79	54.83
Q Bridge (m3/s)	169.31	Crit W.S. (m)	54.29	54.15
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	3.62	3.68
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	4.32	4.00
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	39.15	42.29
Weir Submerg		Froude # Chl	0.78	0.71
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	139.21	140.62
Min El Weir Flow (m)	57.00	Hydr Depth (m)	3.16	3.26
Min El Prs (m)	56.00	W.P. Total (m)	17.07	18.13
Delta EG (m)	0.11	Conv. Total (m3/s)	1945.9	2125.1
Delta WS (m)	-0.01	Top Width (m)	12.39	12.98
BR Open Area (m2)	60.73	Frctn Loss (m)	0.06	0.01
BR Open Vel (m/s)	4.32	C & E Loss (m)	0.04	0.00
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	170.32	145.19
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	736.51	581.30

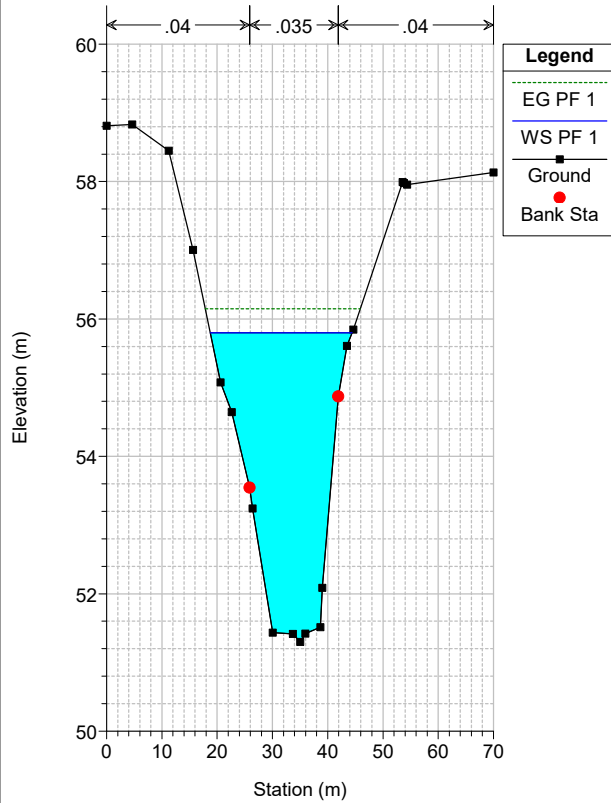
## **6. CONCLUSIONES**

Luego del calculo del nivel de aguas máxima extraordinario para el Río Toleta, concluimos que el flujo del agua se comportara principalmente con el régimen de flujo subcrítico, y este no presentara desbordamiento en ningún punto el NAME calculado es de 54.80. y el nivel de rasante del puente actual es de 55.60.

## **7. ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES**

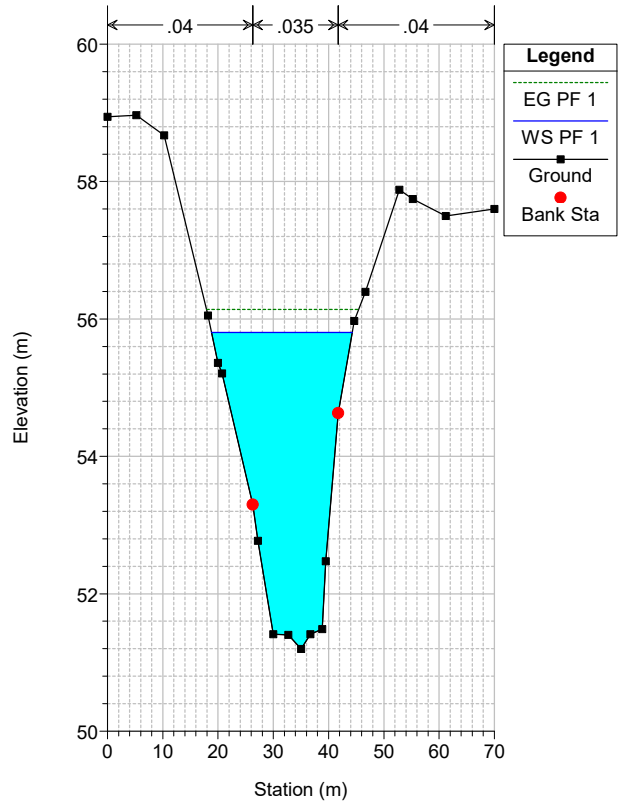
RIO TOLETA CONPUENTE Plan: Plan 01 03/18/2025

RS = 203.11



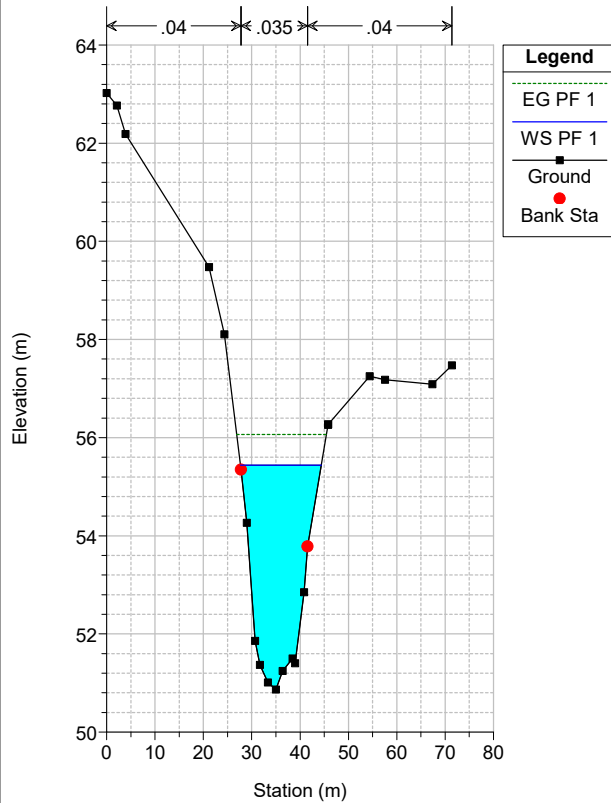
RIO TOLETA CONPUENTE Plan: Plan 01 03/18/2025

RS = 200



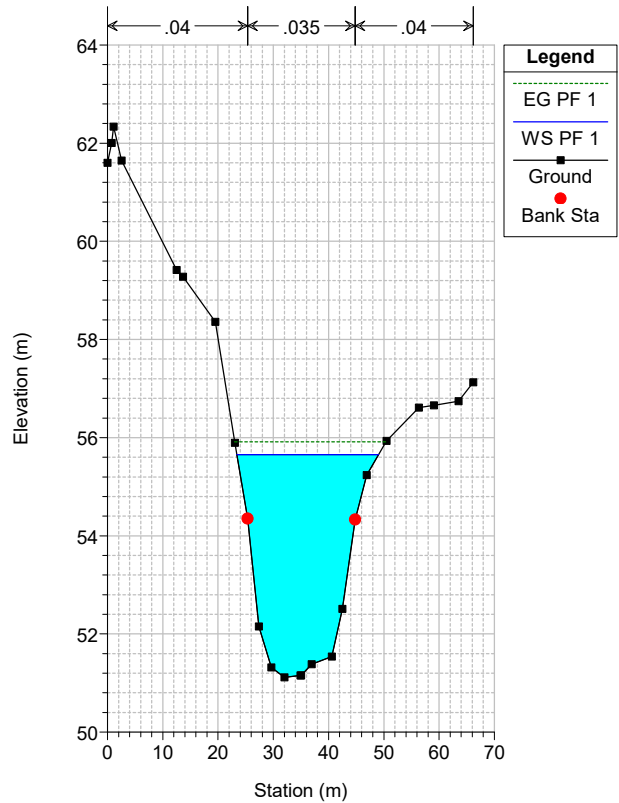
RIO TOLETA CONPUENTE Plan: Plan 01 03/18/2025

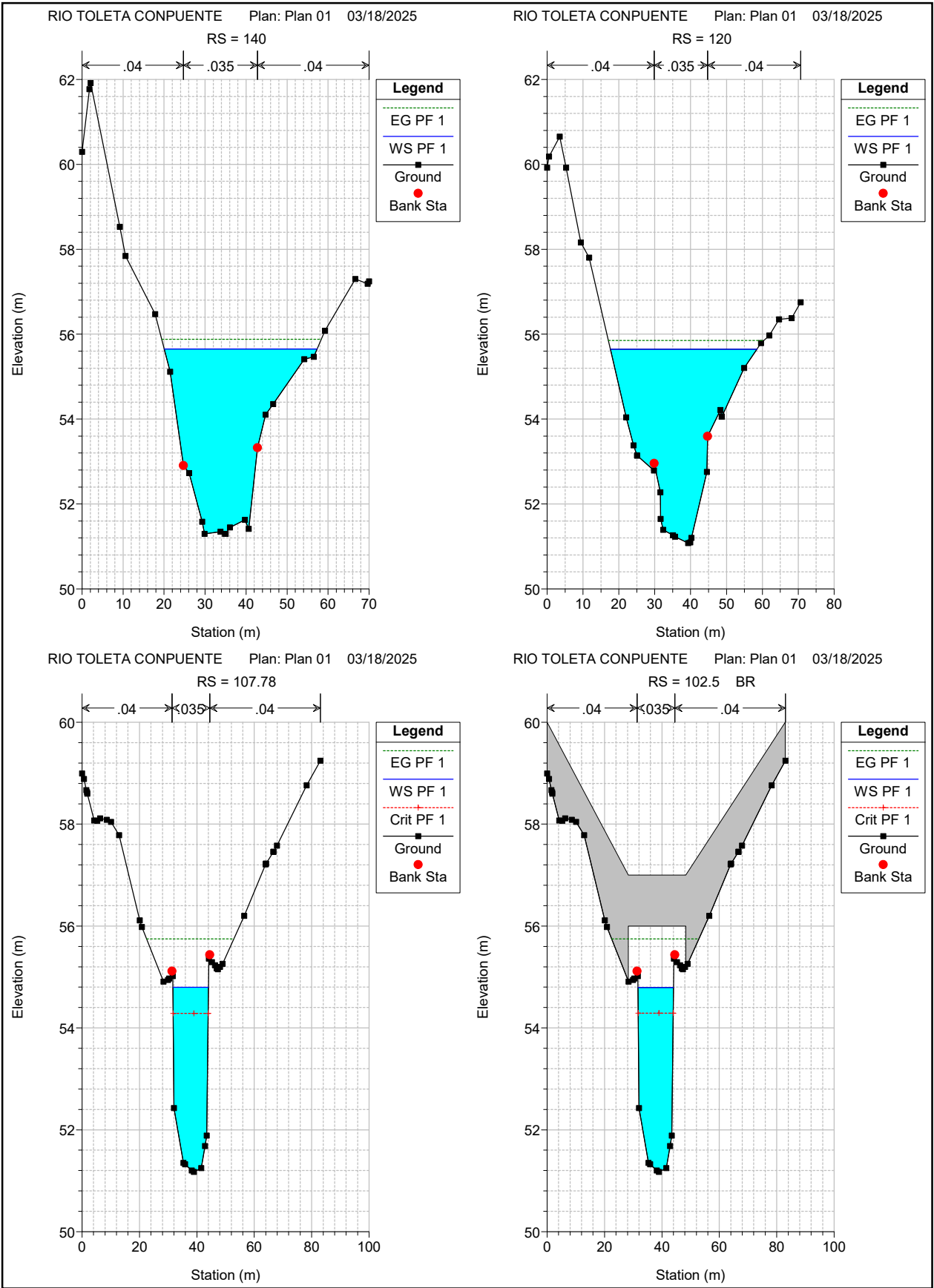
RS = 180



RIO TOLETA CONPUENTE Plan: Plan 01 03/18/2025

RS = 160





RIO TOLETA CONPUENTE

Plan: Plan 01

03/18/2025

RS = 107.78

Elevation (m)

Station (m)

Legend

EG PF 1

WS PF 1

Crit PF 1

Ground

Bank Sta

RIO TOLETA CONPUENTE

Plan: Plan 01

03/18/2025

RS = 102.5 BR

Elevation (m)

Station (m)

Legend

EG PF 1

WS PF 1

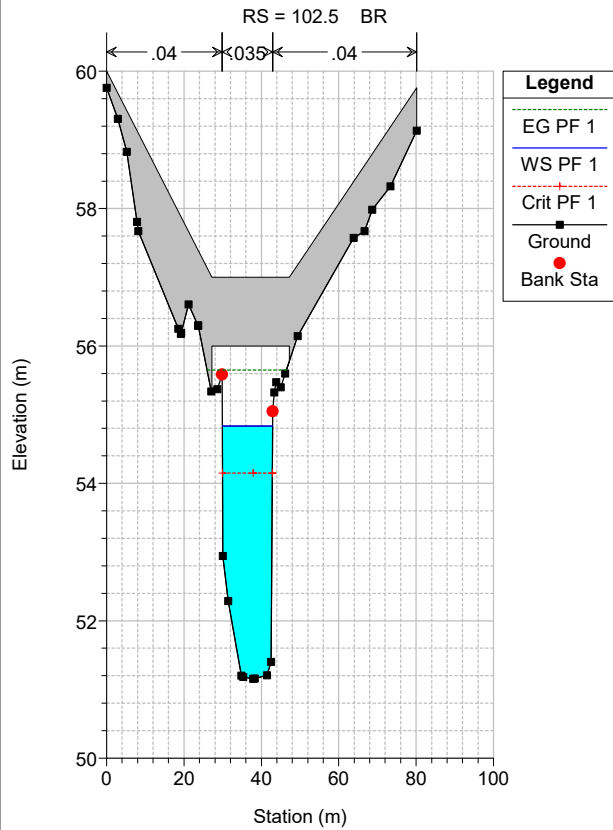
Crit PF 1

Ground

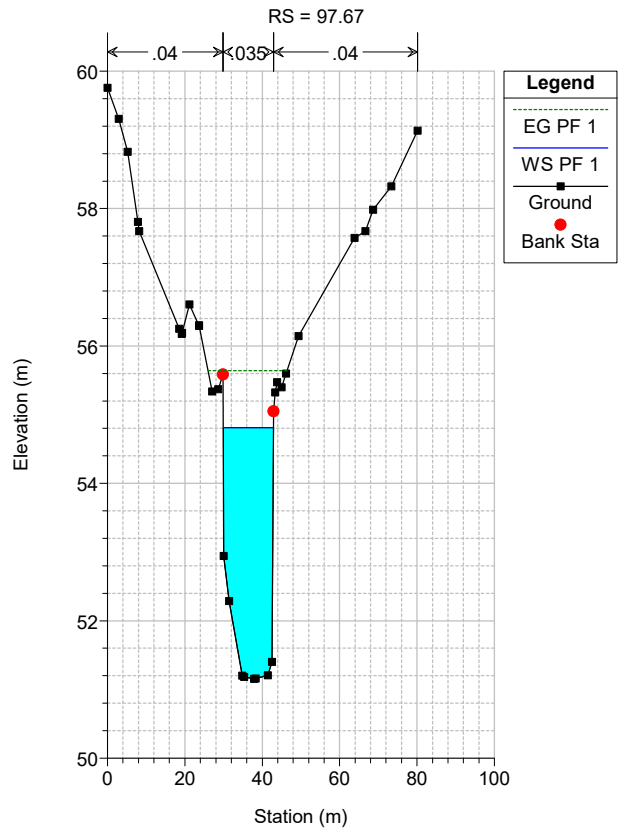
Bank Sta



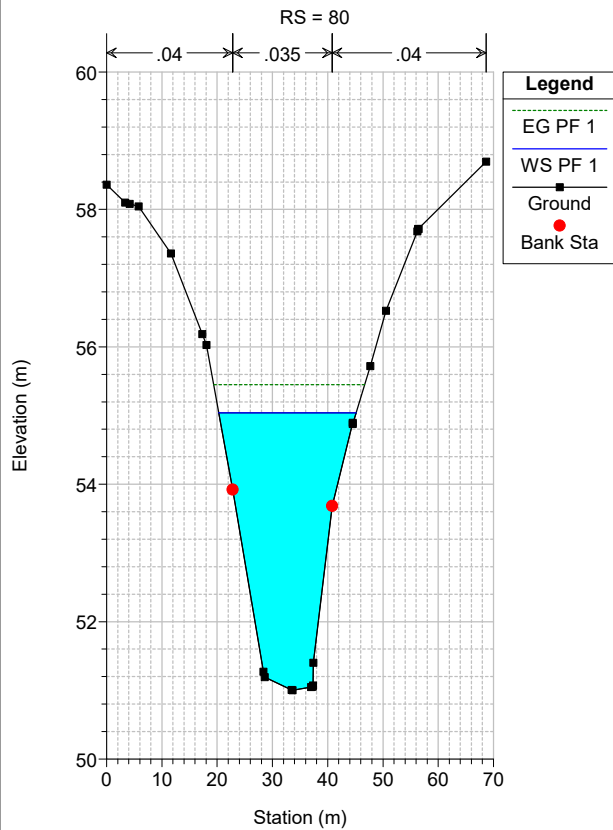
RIO TOLETA CONPUENTE Plan: Plan 01 03/18/2025



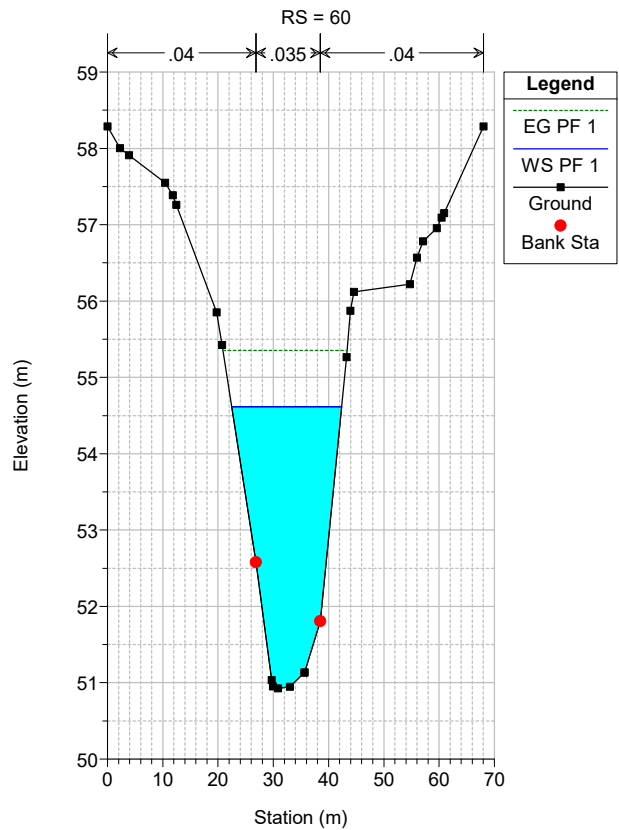
RIO TOLETA CONPUENTE Plan: Plan 01 03/18/2025



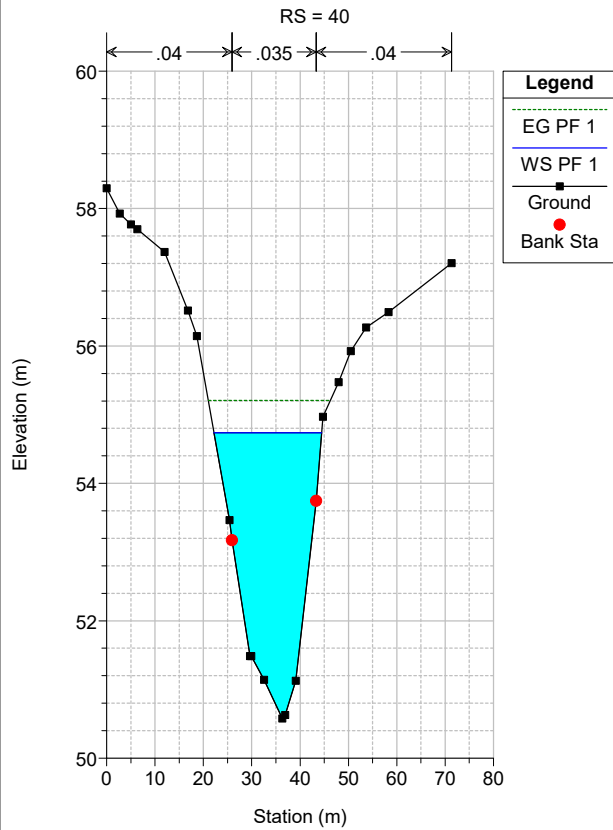
RIO TOLETA CONPUENTE Plan: Plan 01 03/18/2025



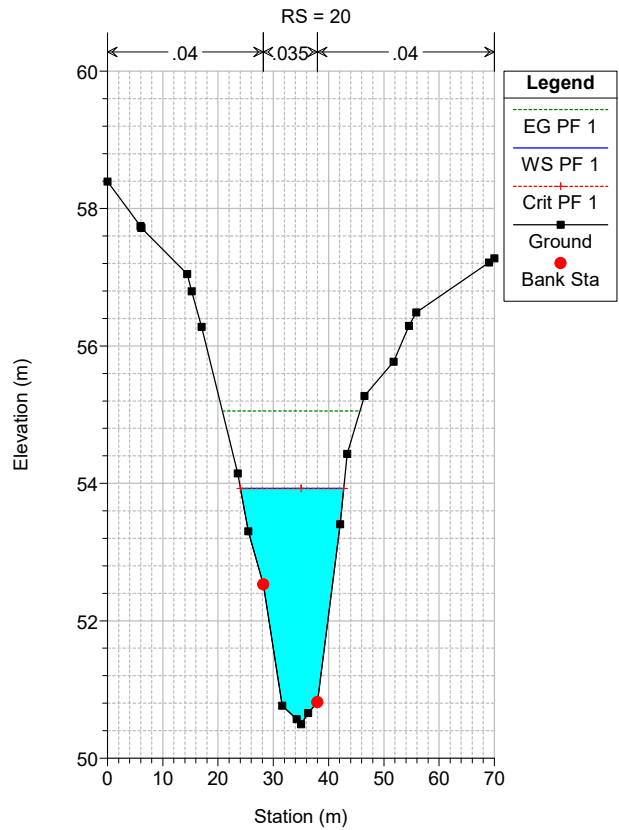
RIO TOLETA CONPUENTE Plan: Plan 01 03/18/2025



RIO TOLETA CONPUENTE Plan: Plan 01 03/18/2025



RIO TOLETA CONPUENTE Plan: Plan 01 03/18/2025



RIO TOLETA CONPUENTE Plan: Plan 01 03/18/2025

