

ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRÁLICO DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA POTRERO

Proyecto: REHABILITACIÓN Y FINANCIAMIENTO DE LAS
CARRETERAS: OCÚ – LAS MINAS Y VALLE RICO – EL POTRERO -
SEÑALES –OCÚ, PROVINCIA DE HERRERA

CONTRATO N°
UAL-1-53-2021

PRESENTA:

CONSORCIO INVERSIONES ALFALTOS



DICIEMBRE DE 2021

VLADIMIR F. FONG B.
INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123


Firma
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

CONTENIDO	
1. INTRODUCCIÓN	3
2. UBICACIÓN	3
3. OBJETIVOS	3
4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO	3
4.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	3
4.2. DETERMINACIÓN DE CUENCA	5
4.3. CÁLCULO DE CAUDAL POR EL MÉTODO REGIONAL DE CRECIDAS	7
4.4. CÁLCULO DE CAUDAL POR EL MÉTODO RACIONAL	10
5. ANÁLISIS HIDRÁULICO	15
5.1. MODELACIÓN HIDRÁULICA	15
5.2. NIVEL DE AGUAS MÁXIMO CALCULADO	26
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33



INDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

Imagen 4. 1 – Topografía del puente y cauce de la quebrada Potrero	4
Imagen 4. 2 – Cuenca del anteproyecto del puente sobre la quebrada Potrero	6
Imagen 4.3. 1 - Mapa de zonas y regiones (cuencas) hidrológicamente homogéneas.	9
Imagen 4.4. 1 – Curvas de intensidad, duración y frecuencia de estación balboa	13
Imagen 5.1. 1 – Secciones transversales topográficas, utilizadas para le realización del modelo geométrico HEC-RAS	16
Imagen 5.1. 2 – Configuración general del proyecto en HEC-RAS 5.0.7	17
Imagen 5.1. 3 – Introducción de secciones transversales de cauce en HEC-RAS	18
Imagen 5.1. 4– Modelación hidráulica de cauce y puente proyectado en HEC-RAS.	19
Imagen 5.1. 5 – Configuración de plantilla de diseño para modificación de cauce en puente (taludes de protección)	20
Imagen 5.1. 6 – Modificación de cauce en puente (taludes de protección)	21
Imagen 5.1. 7 – Modelación de puente	22
Imagen 5.1. 8 – Modelación de taludes en estribos, para simulación de taludes de protección (zampeados)	23
Imagen 5.1. 9 – Modelación de tablero de puente y taludes de protección complementarios (zampeados)	23
Imagen 5.1. 10 – Coeficientes de contracción y expansión del modelo	24
Imagen 5.1. 11 – Configuración caudal de diseño y condiciones de frontera del modelo en HEC-RAS	25
Imagen 5.1. 12 – Configuración de condiciones de frontera del modelo HEC-RAS...	25

Imagen 5.1. 13 – Configuración del escenario de análisis y régimen de flujo del modelo en HEC-RAS	26
Imagen 5.2. 1 – Perfil hidráulico del cauce	27
Imagen 5.2. 2 – Sección hidráulica de puente, ubicación aguas arriba	28
Imagen 5.2. 3 – Sección hidráulica de puente, ubicación aguas abajo	29
Imagen 5.2. 4 – Nivel de aguas máxima esperado (N.A.M.E.) del anteproyecto del puente sobre la quebrada Potrero	30
Imagen 5.2. 5 – Huella hidráulica para período de retorno 100 años	31
Imagen 5.2. 6 – Modelo geométrico e hidráulico en perspectiva del cauce en HEC-RAS	32
Imagen A. 1 – Resumen de resultados hidráulicos en secciones transversales del cauce. Estaciones 0+000 a 0+251.14	35
Imagen A. 2 – Secciones hidráulicas de cauce. Estaciones 0+251.40 a 0+200.00 ...	36
Imagen A. 3 – Secciones hidráulicas de cauce. Estaciones 0+180.00 a 0+131.52 ...	37
Imagen A. 4 – Secciones hidráulicas de cauce. Estaciones 0+182.82 a 0+100.00 ...	38
Imagen A. 5 – Secciones hidráulicas de cauce. Estaciones 0+020.00 a 0+080.00 ...	39
Imagen A. 6 – Secciones hidráulicas de cauce. Estacion 0+000.00	40
Tabla 4.3. 1 – Distribución de zonas, números de ecuaciones y tablas de distribución de frecuencias del Método Regional de Crecidas ETESA	7
Tabla 4.3. 2 - Factores para diferentes periodos de retorno (frecuencias) en años	8
Tabla 4.4. 1 – Determinación de caudal por medio del método racional	14



1. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene el estudio hidrológico e hidráulico para el diseño final del puente sobre la quebrada Potrero, para el proyecto denominado "REHABILITACIÓN Y FINANCIAMIENTO DE LAS CARRETERAS: OCÚ – LAS MINAS Y VALLE RICO – EL POTRERO - SEÑALES – OCÚ, PROVINCIA DE HERRERA".

2. UBICACIÓN

El puente actual es una estructura metálica provisional tipo Bailey de 17.00m de largo y 3.20m de ancho, está ubicado en la coordenada UTM 17N: 523501.38 E y 874932.70 N (Imagen 4. 2), el cual se quiere reemplazar por un puente de dos carriles 3.90 m cada uno, de 25.00m de largo, con barreras peatonales de hormigón tipo New Jersey y losa de hormigón reforzado.

3. OBJETIVOS

- 2.1. Determinación de cuenca del puente
- 2.2. Determinación del caudal de diseño para período de retorno de 100 años, por medio del método regional de crecidas,
- 2.3. Determinación del nivel de agua máximo extraordinario (N.A.M.E.)

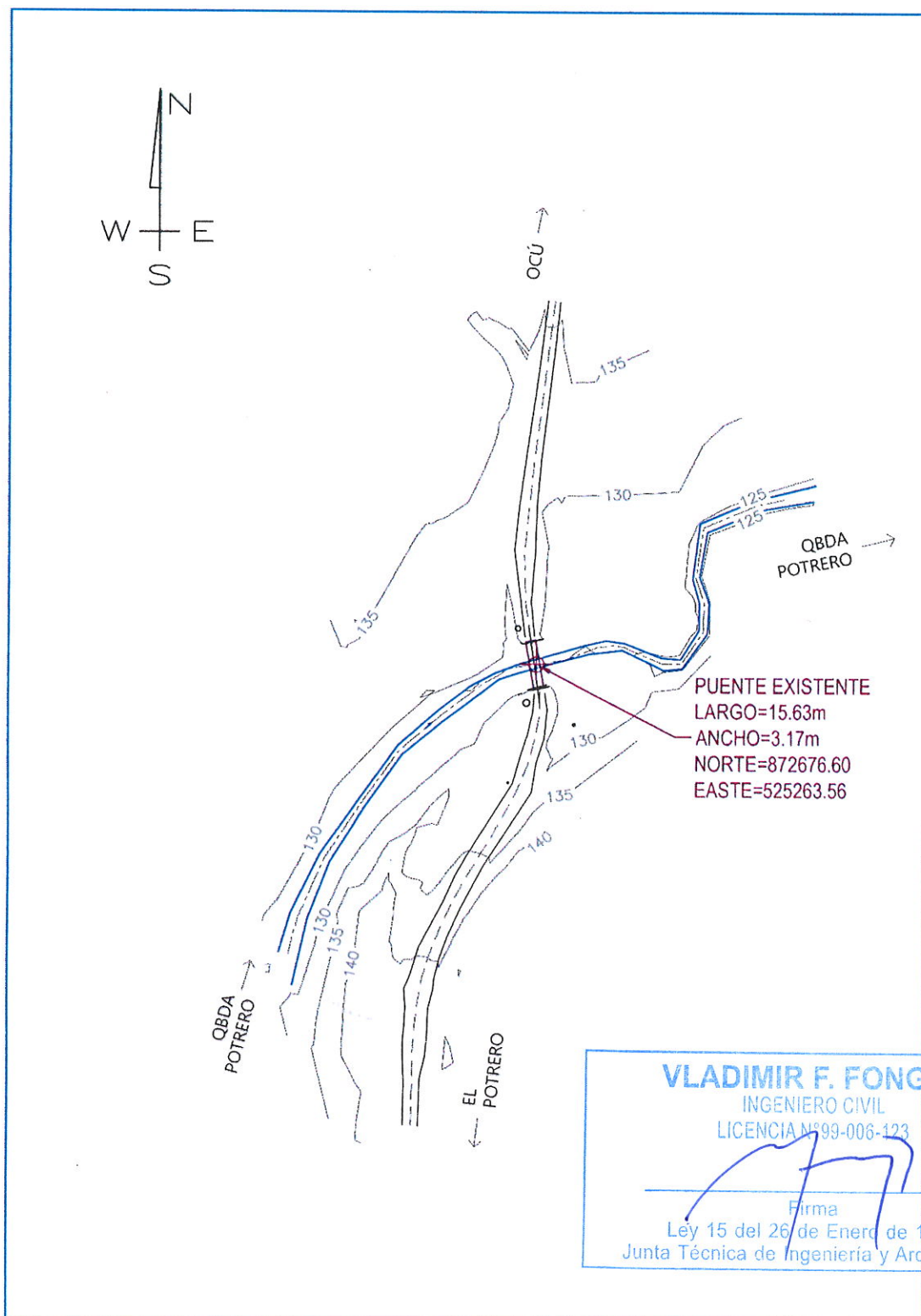
4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

4.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Para realizar el estudio y análisis del anteproyecto del puente, se procedió a encontrar la coordenada del proyecto por medio de navegadores GPS para confirmar su ubicación y, luego se establecieron puntos de control topográfico de amarre, para realizar un levantamiento topográfico terrestre del puente existente y del cauce de la quebrada Potrero bajo el puente, por medio equipo de estación total. El alcance del levantamiento del cauce fue de 100.00m aguas arriba y 100.00m aguas abajo con el cual posteriormente, se elaboró respectivo plano topográfico (Imagen 4. 1).



Imagen 4. 1 – Topografía del puente y cauce de la quebrada Potrero

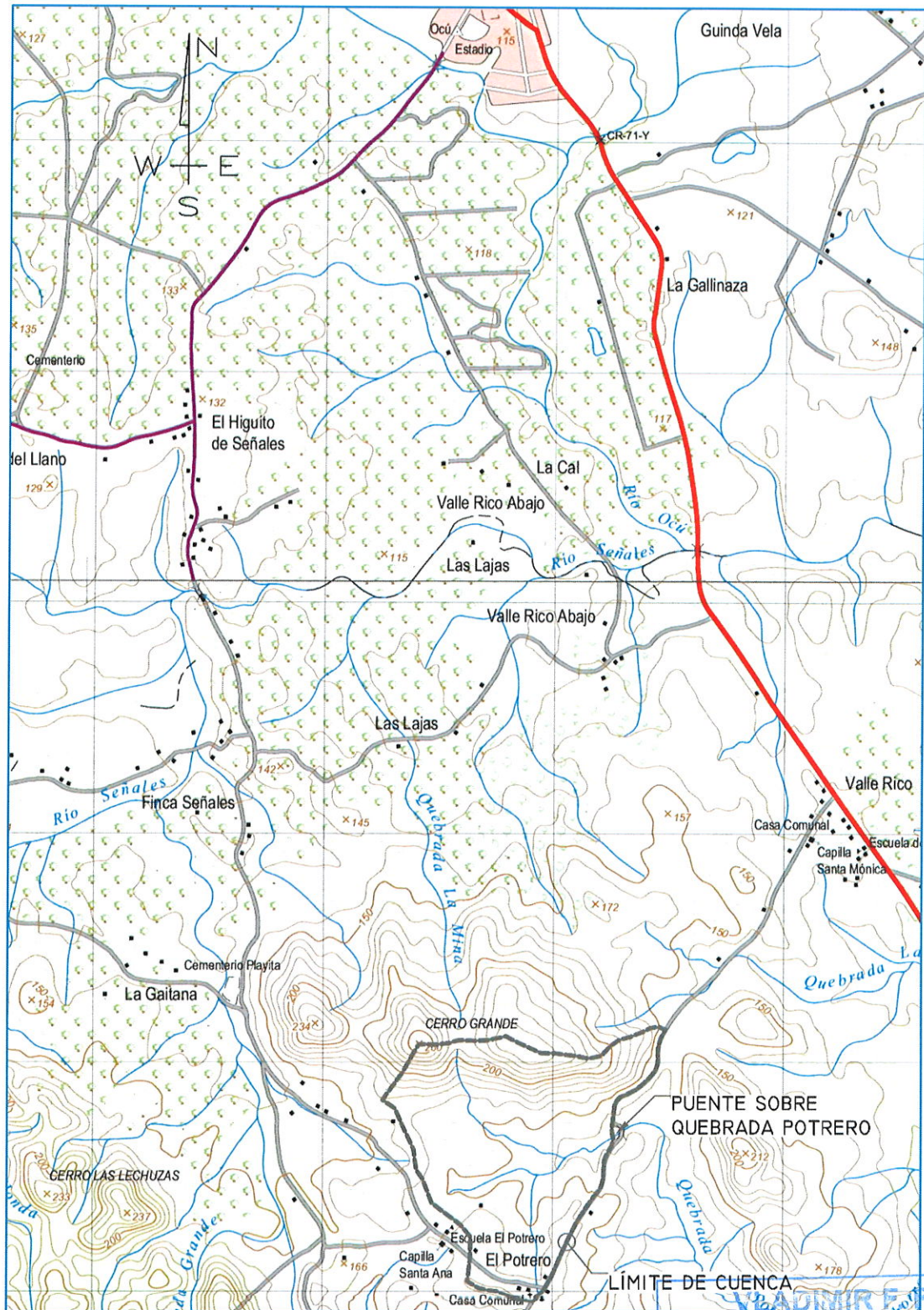


4.2. DETERMINACIÓN DE CUENCA

La determinación de la cuenca se realizó tomando en cuenta los mosaicos Tommy Guardia a escala 1:25,000 los cuales están disponibles desde el sitio web oficial en formato de lectura tipo PDF. Los mosaicos (4039_III_NE, 4039_IV_NE y 4039_IV_SE) se manipularon en una aplicación de computadora para colocarlos en sus coordenadas y escalas respectivas, para así gráficamente seguir y determinar la divisoria de aguas de la cuenca por medio de herramientas vectoriales de dibujo, hasta delimitarla por completo y determinar su área en unidades de metros cuadrados siendo para el puente Potrero de 816,248.10m² (Imagen 4. 2).



Imagen 4.2 – Cuenca del anteproyecto del puente sobre la quebrada Potrero



Vladimir E. FONG B.
 INGENIERO CIVIL
 LICENCIA N°99-006-123

[Firma]
 Ley 15 del 26 de Enero de 1959
 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

4.3. CÁLCULO DE CAUDAL POR EL MÉTODO REGIONAL DE CRECIDAS

Con la ubicación y área de la cuenca determinadas, se procedió a utilizar el Método Regional de Crecidas Máximas de ETESA, utilizándose el mapa de las regiones hidrológicamente homogéneas se imprimió la imagen a escala (Imagen 4.3. 1), se colocó en las coordenadas indicadas en su cuadrícula y se superpuso la ubicación del puente y su cuenca, determinándose que la cuenca del proyecto pertenece a la cuenca número 130, la cual a su vez pertenece a la zona 7 del mapa.

La zona 7 indica que a esa cuenca le corresponden la ecuación número 4 (Tabla 4.3. 1) para la determinación del caudal máximo y los factores de la tabla 3 (Tabla 4.3. 2), que sirven para multiplicar el caudal máximo por el factor correspondiente al período de retorno de diseño. Para el caso del proyecto, el período de retorno (frecuencia) utilizado fue de 100 años por lo tanto su factor respectivo fue de 2.53.

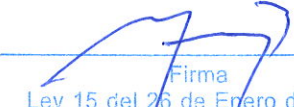
Tabla 4.3. 1 – Distribución de zonas, números de ecuaciones y tablas de distribución de frecuencias del Método Regional de Crecidas ETESA

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

VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL

LICENCIA N°99-006-123


Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Tabla 4.3. 2 - Factores para diferentes periodos de retorno (frecuencias) en años

Factores $Q_{m\acute{a}x.}/Q_{prom.m\acute{a}x}$ para distintos Tr .				
Tr , años	Tabla # 1	Tabla # 2	Tabla # 3	Tabla # 4
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

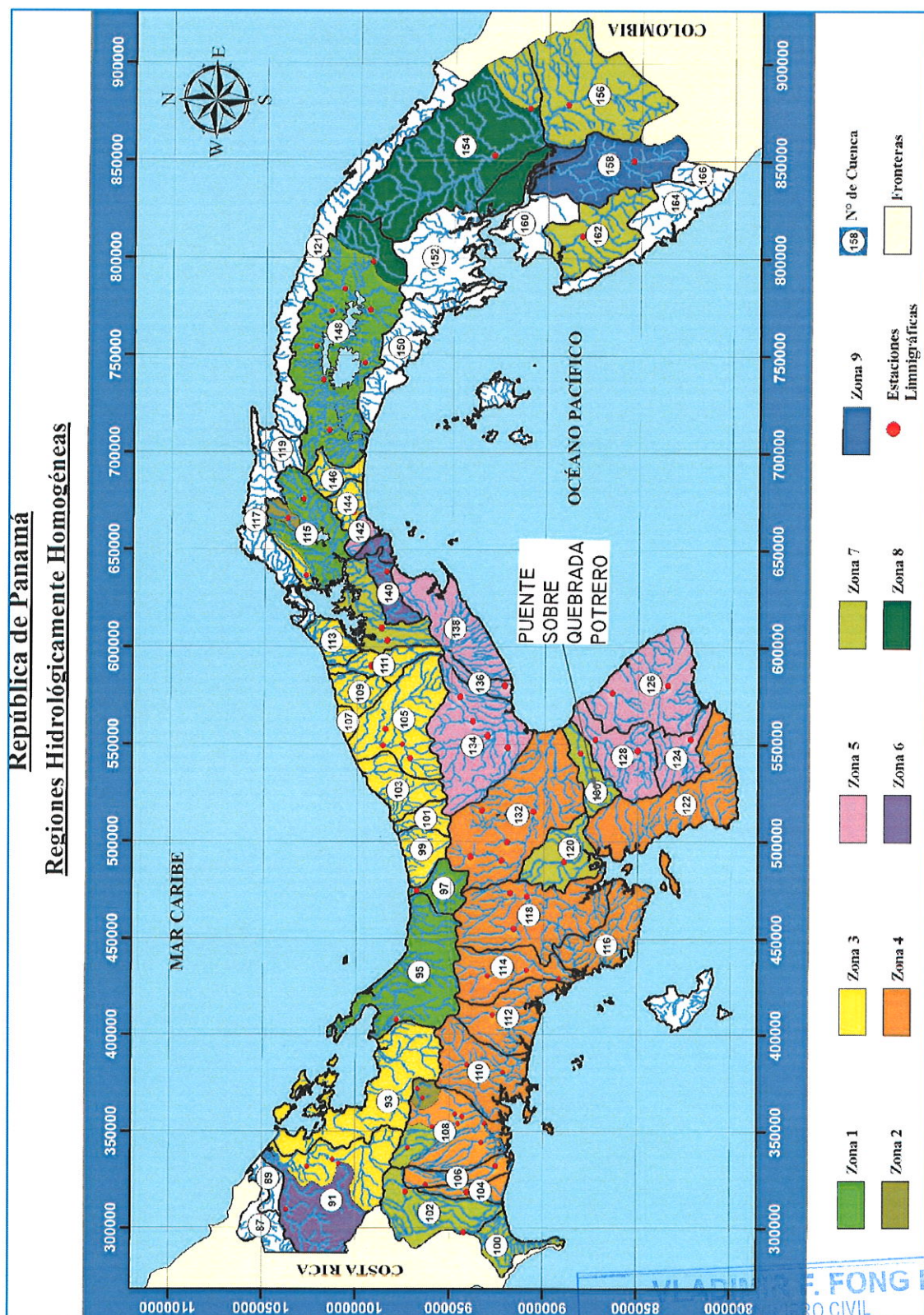
VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123



Firma
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 4.3. 1 - Mapa de zonas y regiones (cuencas) hidrológicamente homogéneas.



LICENCIA N°99-006-123

Firma
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Tomando en cuenta todo lo anterior se calcula el caudal de diseño como sigue:

$$Ec. 4: Q_{M\acute{A}X} = 9A^{0.59}$$

$$Q_{M\acute{A}X.TR100} = 2.53 \times 9A^{0.59}$$

En donde la variable "A" es el dato de área determinado, pero en unidades de Km²

Sustituyendo valores se obtiene:

$$Q_{M\acute{A}X.TR100} = 2.53 \times 9 \times 0.8162^{0.59}$$

$$Q_{M\acute{A}X.TR100} = 20.20 m^3/s$$

4.4. CÁLCULO DE CAUDAL POR EL MÉTODO RACIONAL

Por el tamaño de la cuenca que es menor de 250 hectáreas (2.50 Km²), el Manual de Aprobaciones del MOP vigente, permite utilizar el método racional, sin embargo, como las fórmulas para los cálculos de intensidad han sido elaboradas para períodos de retorno de hasta 50 años, se procederá a utilizar las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDFs), de la estación Balboa que aparecen en ese mismo manual (en este documento ver Imagen 4.4. 1), las cuales parten de intensidades para un tiempo de concentración mínimo de 10 minutos y tiempo de concentración máximo de 180 minutos, también cuentan con una curva (IDF) para período de retorno de 100 años.

Para el caso del puente sobre la quebrada potrero, se decidió calcular el caudal de diseño por el método racional también, para optar por el resultado más desfavorable en el análisis hidráulico del cauce.

La expresión matemática del método racional, puede adoptar muchas formas, dependiendo de las unidades de las dimensiones utilizadas en las variables relacionadas, con la inclusión de un factor de conversión adecuado. Para el caso del proyecto.

Se ha utilizado como sigue:

$$Q = \frac{C \times A \times i}{3.6}$$

En donde:

Q: en unidades de m³/s

C: coeficiente de escorrentía adimensional

A: área de drenaje de la cuenca en unidades de km²

i: en unidades de mm/h



Para determinar el tiempo de concentración se compararon los resultados de las fórmulas de Brasby-Williams, Federal Aviation Agency, Kirpich y la de la onda cinemática, para las 2 trayectorias de escurrimientos de aguas más largas observadas en los mosaicos topográficos.

Fórmula de Brasby-Williams:

$$T_c = \frac{0.96 \times L^{1.20}}{(H^{0.20} \times A^{0.10}) \times 60}$$

Donde:

T_c = tiempo de concentración en minutos

L = longitud del escurrimiento en unidades de Kms

H = desnivel existente entre el punto de inicio y el punto final de escurrimiento

A = área de la cuenca en unidades de Kms²

Fórmula de la Federal Aviation Agency:

$$T_c = \frac{3.26 \times (1.10 - C) \times L^{0.50}}{(100 \times S)^{0.33}}$$

Donde:

T_c = tiempo de concentración en minutos

C = coeficiente de esorrentía del método racional, adimensional

L = longitud del escurrimiento en unidades de Kms

S = pendiente promedio del escurrimiento en unidades de m/m

Fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0.0195 \times L^{0.77} \times S^{-0.385}$$

Donde:

T_c = tiempo de concentración en minutos

C = coeficiente de esorrentía de Manning adimensional

L = longitud del escurrimiento en unidades de Kms

S = pendiente promedio del escurrimiento en unidades de m/m

Fórmula de la onda cinemática:

$$T_c = \frac{0.94 \times L^{0.60} \times n^{0.60}}{i^{0.40} \times S^{0.30}}$$

Donde:

T_c = tiempo de concentración en minutos

L = longitud del escurrimiento en unidades de pies



n = coeficiente de rugosidad de Manning, adimensional

i = intensidad de lluvia en pulg/h

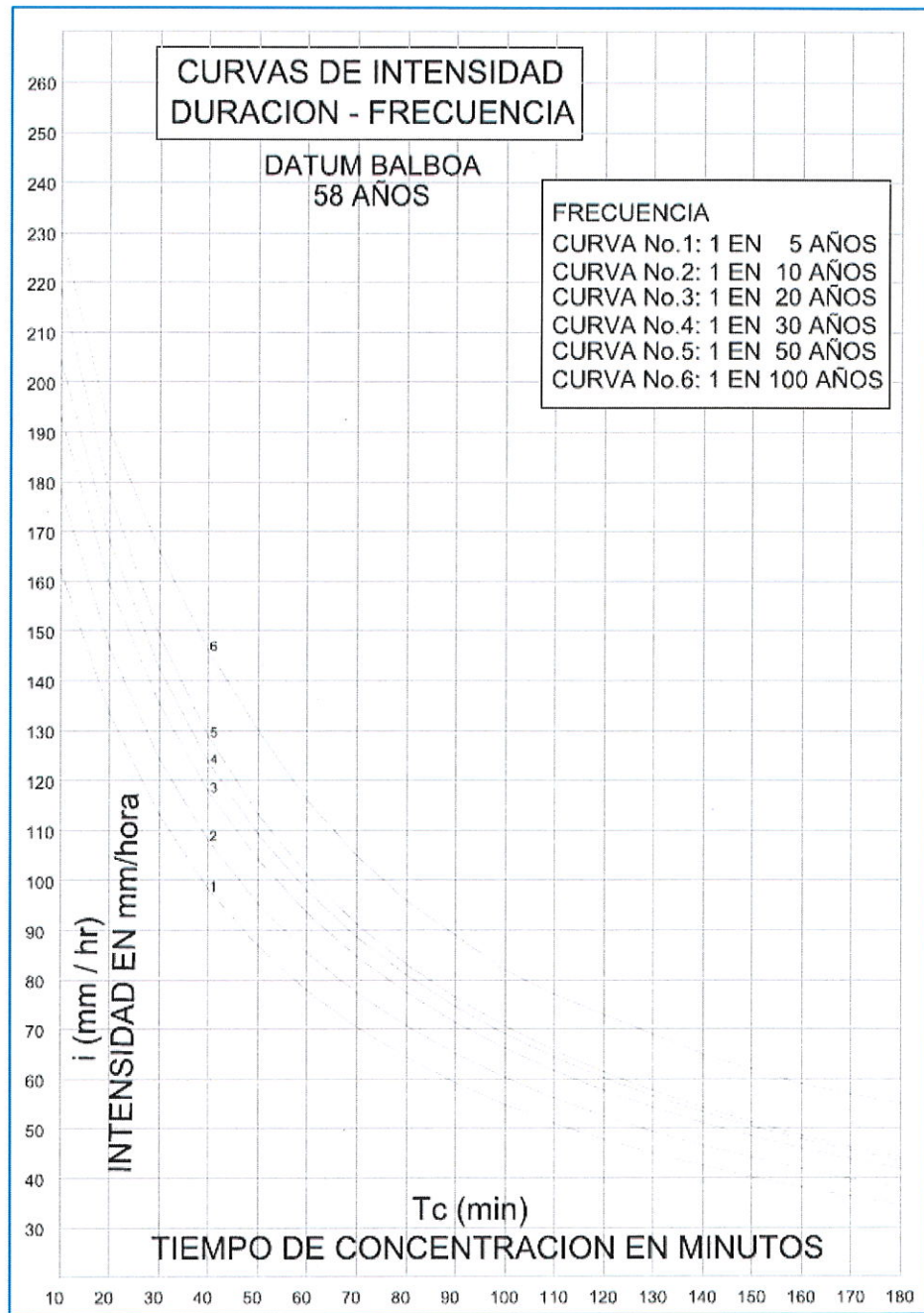
S = pendiente promedio del escurrimiento en unidades de pie/pie

De la comparación se encontró que los tiempos de concentración menores los dio la fórmula de Kirpich, siendo de 9.59 min y 11.52 min respectivamente para cada trayectoria, por lo tanto, la intensidad utilizada ha sido la correspondiente a 10.00 minutos, leyéndose de la gráfica una intensidad de 230 mm/h para período de retorno de 100 años. Luego con esa intensidad, el área de 816248.10m² y un coeficiente "C" de esorrentía de 0.75 (para suelos vegetados en condiciones de lento desarrollo), se calculó por medio de la fórmula del método racional un caudal de 36.67 ³/s (Tabla 4.4. 1).

VLADIMIR F. FONG B.
INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123


Firma
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 4.4. 1 – Curvas de intensidad, duración y frecuencia de estación balboa



VLADIMIR F. FONG B.
INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123

[Firma]
Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Tabla 4.4. 1 – Determinación de caudal por medio del método racional

RUTA	Area a	Area A	Distancia L	Elevaciones, msnm			Pendiente de Drenaje s	Coeficiente Escorrentia	C ⁱ	Tc					Frecuen-cia de Lluvias	Intensi-dad de la lluvia i ²	C*a	Caudal método racional
				Punto alto	Punto bajo	DH				Brasby-Williams	Federal Aviation Agency	Kirpich	Kinematic Wave	Selecc-ionado				
1	816,248.10	0.816	1056.00	260.00	140.00	120.00	0.11364	0.75	24.09	16.63	9.59	23.30	9.59	100	230.00	76.5	36.67	
2	816,248.10	0.816	924.00	220.00	170.00	50.00	0.05411	0.75	24.45	19.87	11.52	27.22	11.52	100	224.00	76.5	35.71	

VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL

LICENCIA N°99-006-123

Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

5. ANÁLISIS HIDRÁULICO

5.1. MODELACIÓN HIDRÁULICA

Para realizar el análisis hidráulico, se utilizó la aplicación computarizada HEC-RAS 5.0.7, la cual es una aplicación de análisis unidimensional de distribución gratuita y de amplio uso y aceptación a nivel mundial. Para realizar el análisis en la aplicación, se realizó la modelación en el editor geométrico. Este editor exige que se ingrese la información altimétrica de cada sección transversal del cauce en estudio, lo más perpendicular posible a la dirección de la corriente y, en el sentido de aguas abajo a aguas arriba.

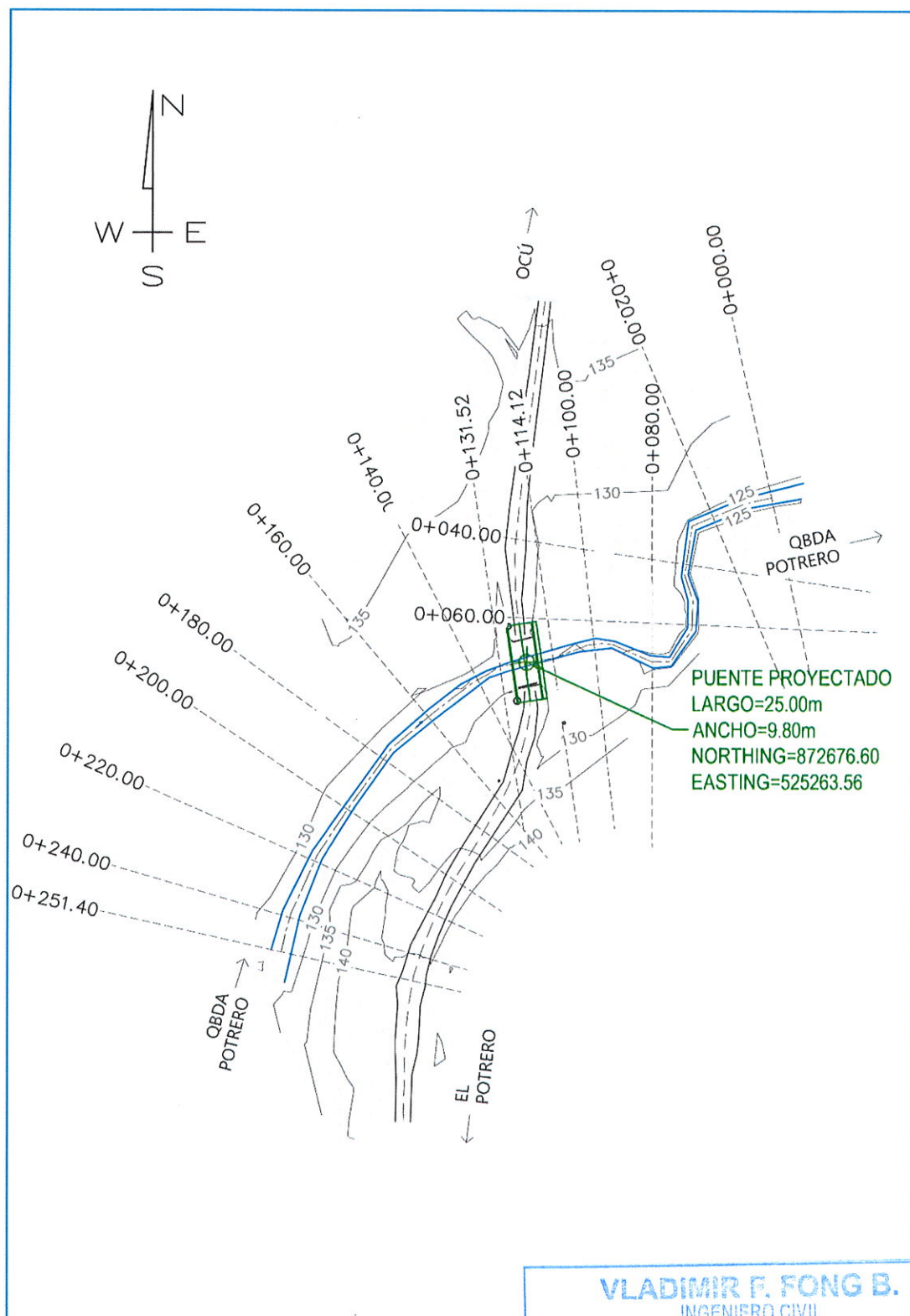
Con el levantamiento topográfico realizado, se obtuvieron secciones transversales del cauce a cada 20.00m de separación. Luego se introdujeron los datos geométricos de las secciones transversales en el editor geométrico del HEC-RAS. Para completar el modelo basándose en la inspección visual realizada al sitio del puente, se asignaron los coeficientes de rugosidad de Manning que se consideraron más adecuados para el canal del cauce y para las planicies de inundación del cauce. También se modeló la geometría del puente proyectado, tomando en cuenta la conformación de cauce necesaria, para simular taludes de protección con inclinación 1.50H: 1.00V alrededor de los estribos de apoyo proyectados.

Con el caudal máximo obtenido en el acápite anterior (período de retorno de 100 años), se asignaron las condiciones hidráulicas de frontera para análisis estático, para profundidad normal tanto aguas arriba como aguas abajo, ya que por desconocerse su comportamiento, el análisis se configuró a régimen mixto, pues esta opción permite analizar simultáneamente a régimen de flujo sub crítico y a régimen supercrítico el modelo los cuales compara internamente y, arroja los resultados de la solución numérica más estable, que para el caso en estudio el río resultó tener comportamiento sub crítico, con números de Froude en todas las secciones transversales mucho menores que 1.00 (menores que 0.50).

A continuación, se muestran capturas de pantallas de la modelación y configuraciones realizadas, ilustrando los parámetros y valores utilizados en el análisis hidráulico (de Imagen 5.1. 1 a Imagen 5.1. 13).



Imagen 5.1. 1 – Secciones transversales topográficas, utilizadas para le realización del modelo geométrico HEC-RAS



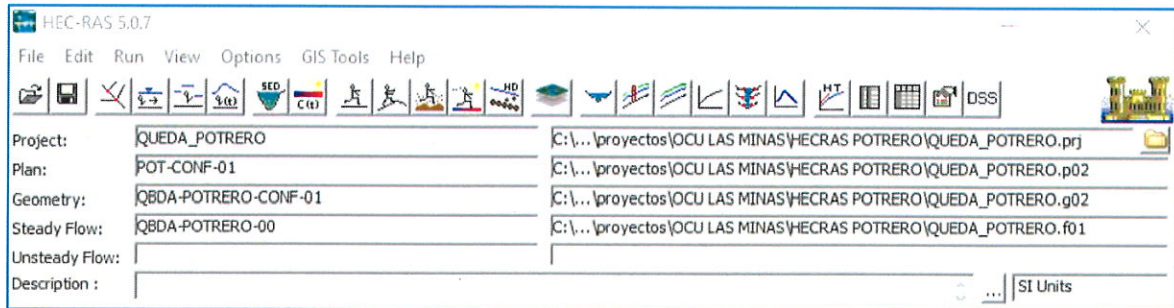
VLADIMIR F. FONG B.
INGENIERO CIVIL

LICENCIA N°99-006-123

[Firma]
Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.1. 2 – Configuración general del proyecto en HEC-RAS 5.0.7

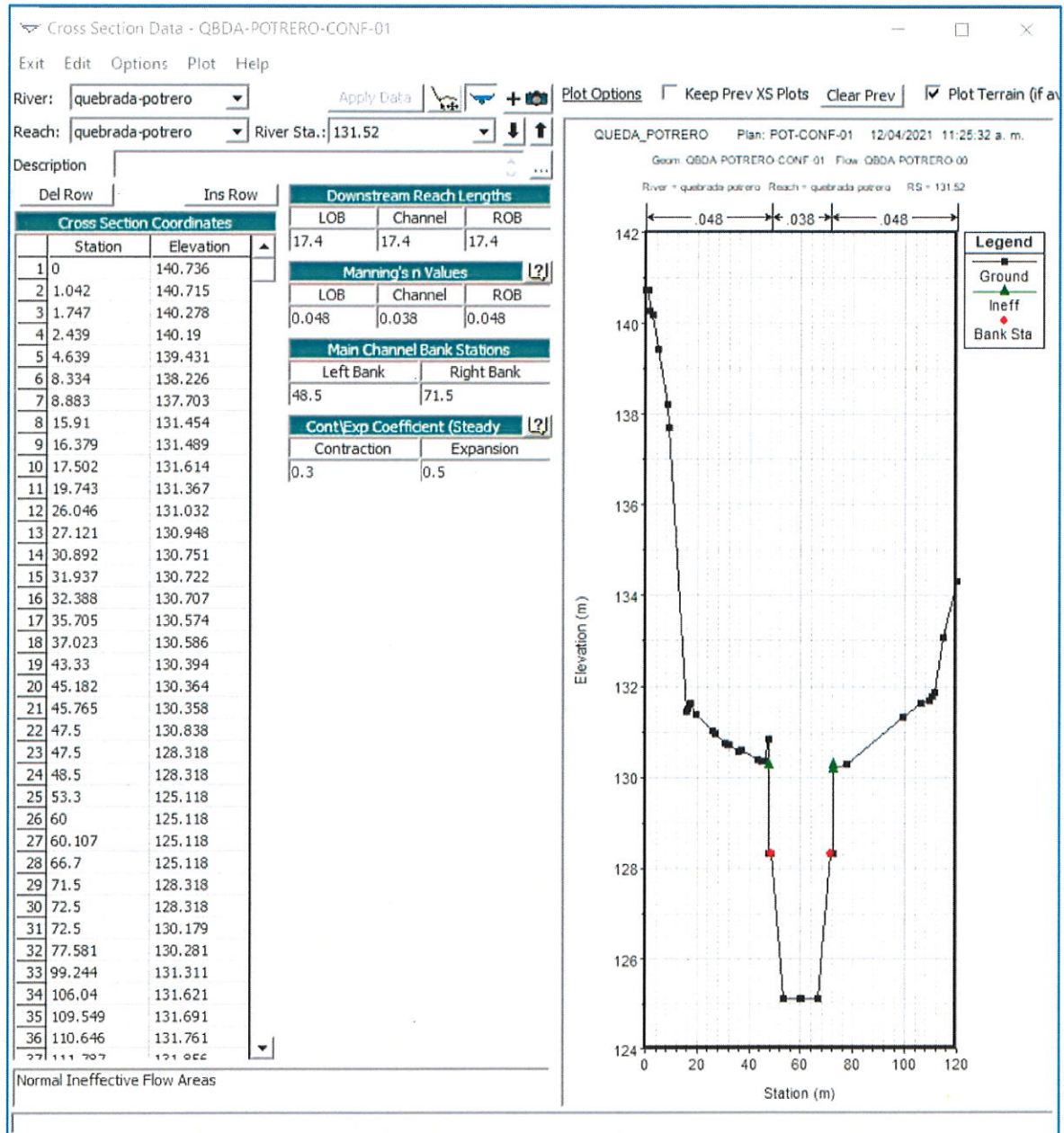


VLADIMIR F. FONG B.
INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123


Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

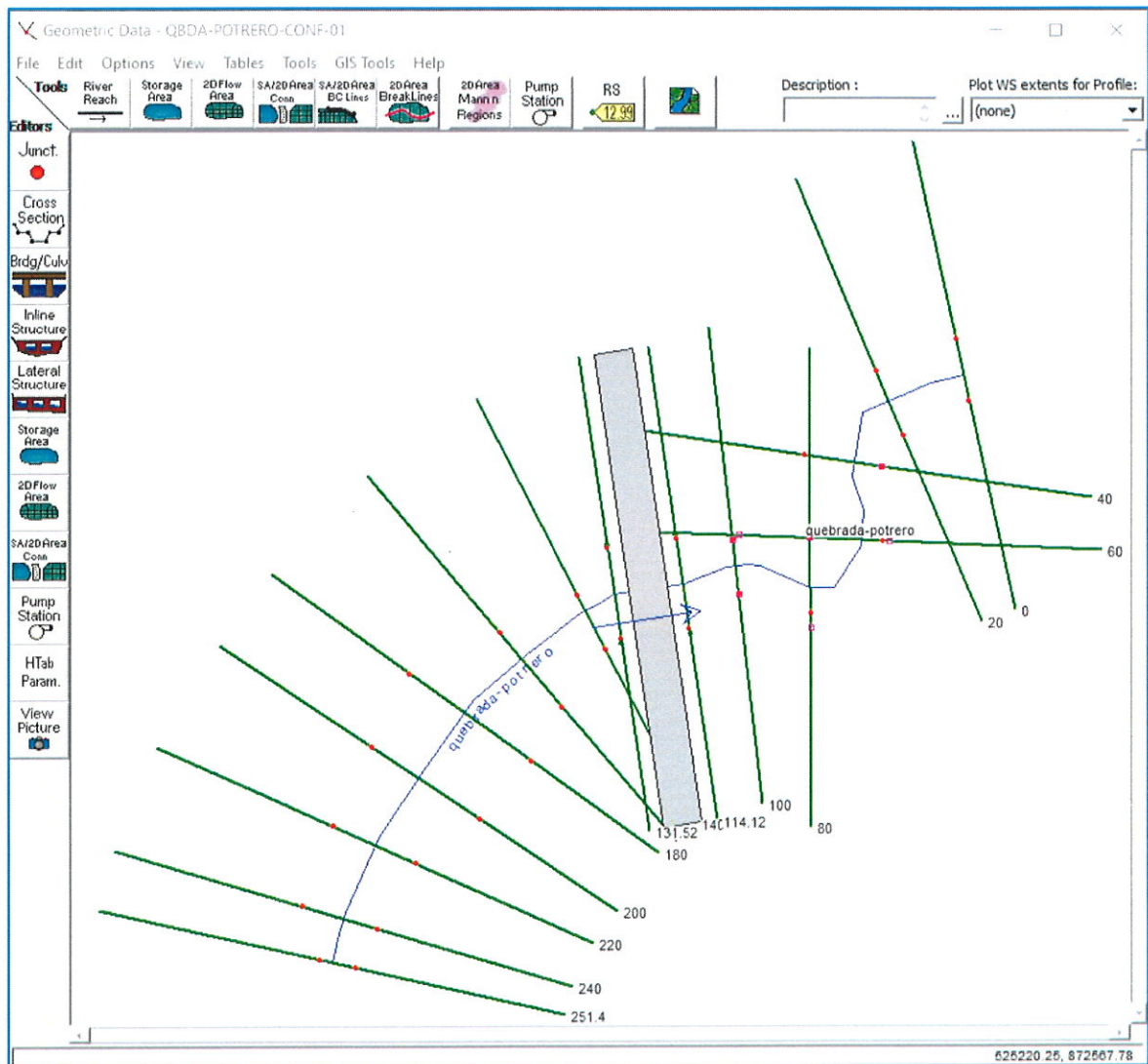
Imagen 5.1. 3 – Introducción de secciones transversales de cauce en HEC-RAS



VLADIMIR F. FONG B.
INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123

Firma
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.1. 4– Modelación hidráulica de cauce y puente proyectado en HEC-RAS



VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL

LICENCIA N°99-006-123

[Firma]
Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.1. 5 – Configuración de plantilla de diseño para modificación de cauce en puente (taludes de protección)

Cross Section Template Design

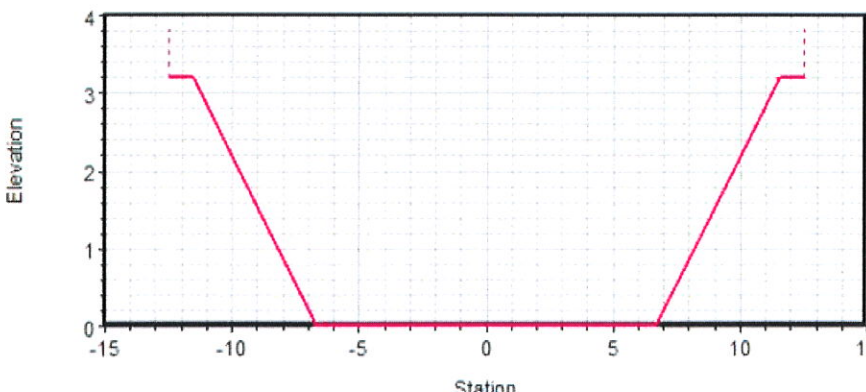
File View Options

Template: Type:

☐ Fill Channel Below Template Cut to Daylight Side Slope:

Table Template Copy Left to Right

	Left					Right				
	DX	DY	Slope	N Val	Bank?	DX	DY	Slope	N Val	Bank?
1	6.7	0	0		☐	6.7	0	0		☐
2	4.8	3.2	1.6666666		☐	4.8	3.2	1.6666666		☐
3	1	0	0		☐	1	0	0		☐
4					☐					☐
5					☐					☐
6					☐					☐
7					☐					☐
8					☐					☐
9					☐					☐
10					☐					☐



Legend

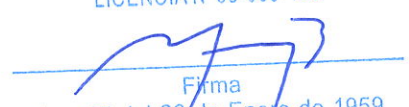
— Template

--- Daylight Cut

Station

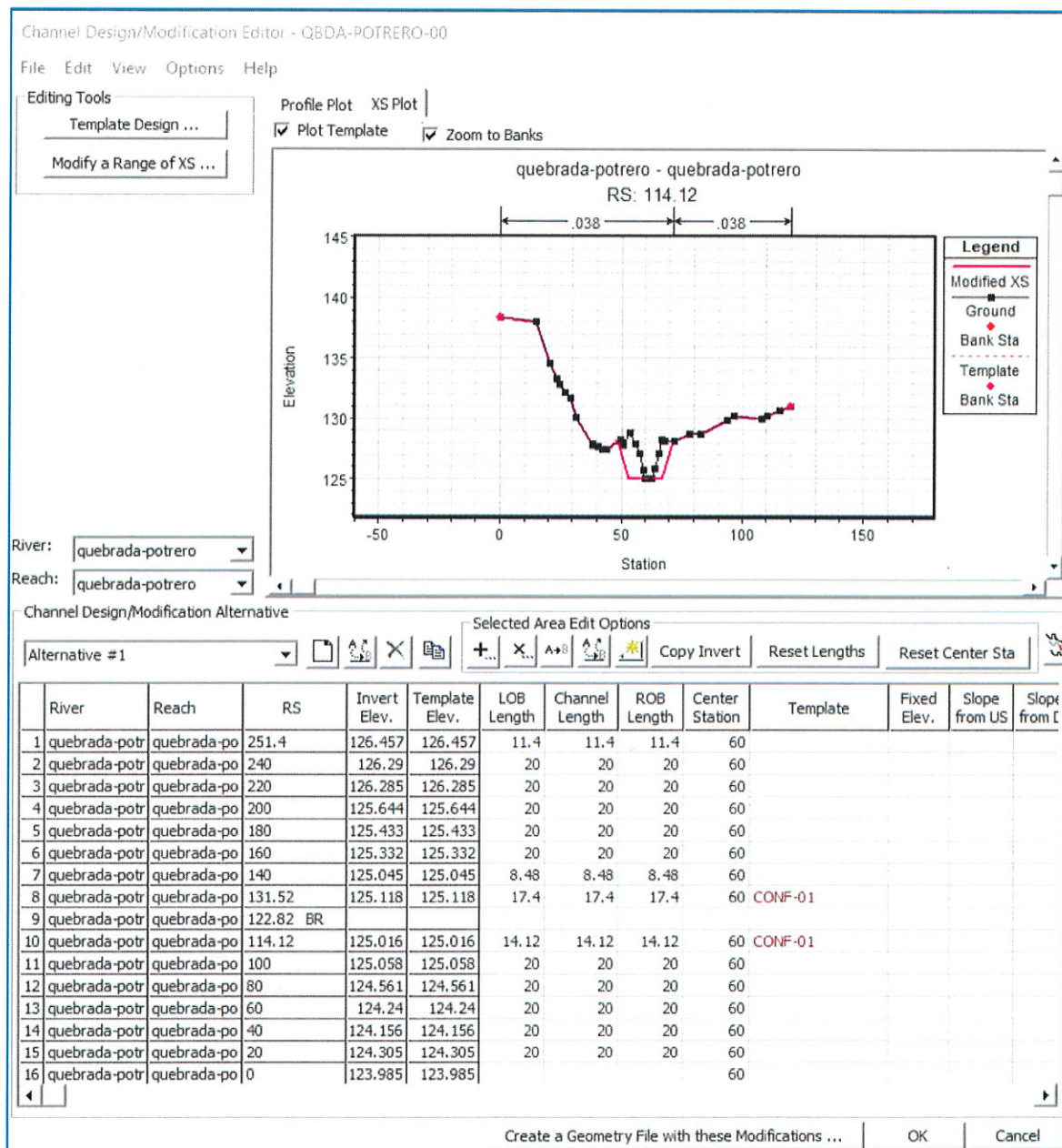
OK Cancel

VLADIMIR F. FONG B.
 INGENIERO CIVIL
 LICENCIA N°99-006-123


 Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.1. 6 – Modificación de cauce en puente (taludes de protección)



VLADIMIR F. FONG B.

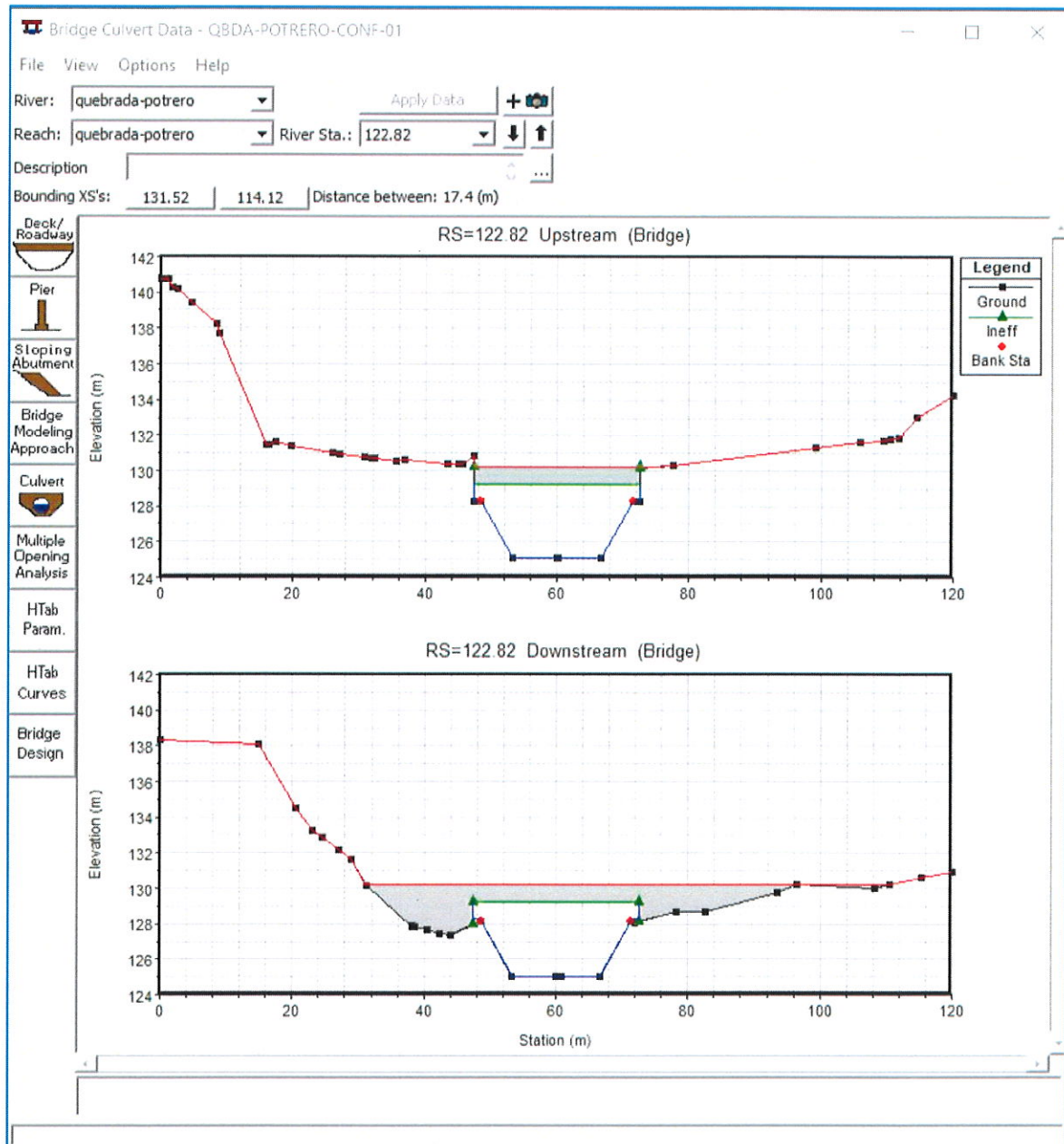
INGENIERO CIVIL

LICENCIAN°99-006-123

Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.1. 7 – Modelación de puente



VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123

Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.1. 8 – Modelación de taludes en estribos, para simulación de taludes de protección (zampeados)

Sloping Abutment Data Editor

Add Copy Delete Abutment # 1

Del Row Ins Row

	Upstream		Downstream	
	Station	Elevation	Station	Elevation
1	47.5	128.32	47.5	128.32
2	48.5	128.32	48.5	128.32
3	53.3	125.12	53.3	125.12
4				
5				
6				
7				

OK Cancel Help Copy Up to Down

Select Abutment to Edit

Sloping Abutment Data Editor

Add Copy Delete Abutment # 2

Del Row Ins Row

	Upstream		Downstream	
	Station	Elevation	Station	Elevation
1	66.7	125.12	66.7	125.12
2	71.5	128.32	71.5	128.32
3	72.5	128.32	72.5	128.32
4				
5				
6				
7				

OK Cancel Help Copy Up to Down

Enter to move to previous Abutment

Imagen 5.1. 9 – Modelación de tablero de puente y taludes de protección complementarios (zampeados)

Deck/Roadway Data Editor

Distance	Width	Weir Coef
3.8	9.8	1.4

Clear Del Row Ins Row Copy US to DS

	Upstream			Downstream		
	Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1	0	130.2	125.118	0	130.2	125.016
2	47.5	130.2	125.118	47.5	130.2	125.016
3	47.5	130.2	129.2	47.5	130.2	129.2
4	72.5	130.2	129.2	72.5	130.2	129.2
5	72.5	130.2	125.118	72.5	130.2	125.016
6	120	130.2	125.118	120	130.2	125.016
7						
8						

U.S Embankment SS 1.5 D.S Embankment SS 1.5

Weir Data

Max Submergence: 0.98 Min Weir Flow El:

Weir Crest Shape

☒ Broad Crested

☐ Ogee

OK Cancel

Enter distance between upstream cross section and deck/roadway. (m)

VLADIMIR F. FONG B.
 INGENIERO CIVIL
 LICENCIA N°99-006-123

Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.1. 10 – Coeficientes de contracción y expansión del modelo

Edit Contraction/Expansion Coefficients (Steady Flow)

River:    ☒ Edit Interpolated XS's

Reach:

Selected Area Edit Options

	River Station	Contraction	Expansion
1	251.4	0.1	0.3
2	240	0.1	0.3
3	220	0.1	0.3
4	200	0.1	0.3
5	180	0.1	0.3
6	160	0.1	0.3
7	140	0.3	0.5
8	131.52	0.3	0.5
9	122.82	Bridge	
10	114.12	0.3	0.5
11	100	0.3	0.5
12	80	0.3	0.5
13	60	0.1	0.3
14	40	0.1	0.3
15	20	0.1	0.3
16	0	0.1	0.3

VLADIMIR F. FONG B.
 INGENIERO CIVIL
 LICENCIA N°99-006-123


 Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.1. 11 – Configuración caudal de diseño y condiciones de frontera del modelo en HEC-RAS

Steady Flow Data - QBDA-POTRERO-00

File Options Help

Description :

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max):

Locations of Flow Data Changes

River:

Reach: River Sta.:

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates	
River	Reach	RS	F100	TR100
1 quebrada-potrero	quebrada-potrero	251.4	20.2	36.67

Imagen 5.1. 12 – Configuración de condiciones de frontera del modelo HEC-RAS

Steady Flow Boundary Conditions

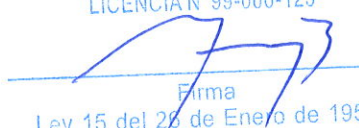
☒ Set boundary for all profiles ☐ Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condition Types

Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
quebrada-potrero	quebrada-potrero	all	Normal Depth S = 0.014	Normal Depth S = 0.0015

VLADIMIR F. FONG B.
 INGENIERO CIVIL
 LICENCIA N°99-006-123


 Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.1. 13 – Configuración del escenario de análisis y régimen de flujo del modelo en HEC-RAS

Steady Flow Analysis

File Options Help

Plan : POT-CONF-01 Short ID POT-CONF-01

Geometry File : QBDA-POTRERO-CONF-01

Steady Flow File : QBDA-POTRERO-00

Flow Regime

☐ Subcritical

☐ Supercritical

☒ Mixed

Optional Programs

☐ Floodplain Mapping

Plan Description :

Compute

Enter/Edit short identifier for plan (used in plan comparisons)

5.2. NIVEL DE AGUAS MÁXIMO CALCULADO

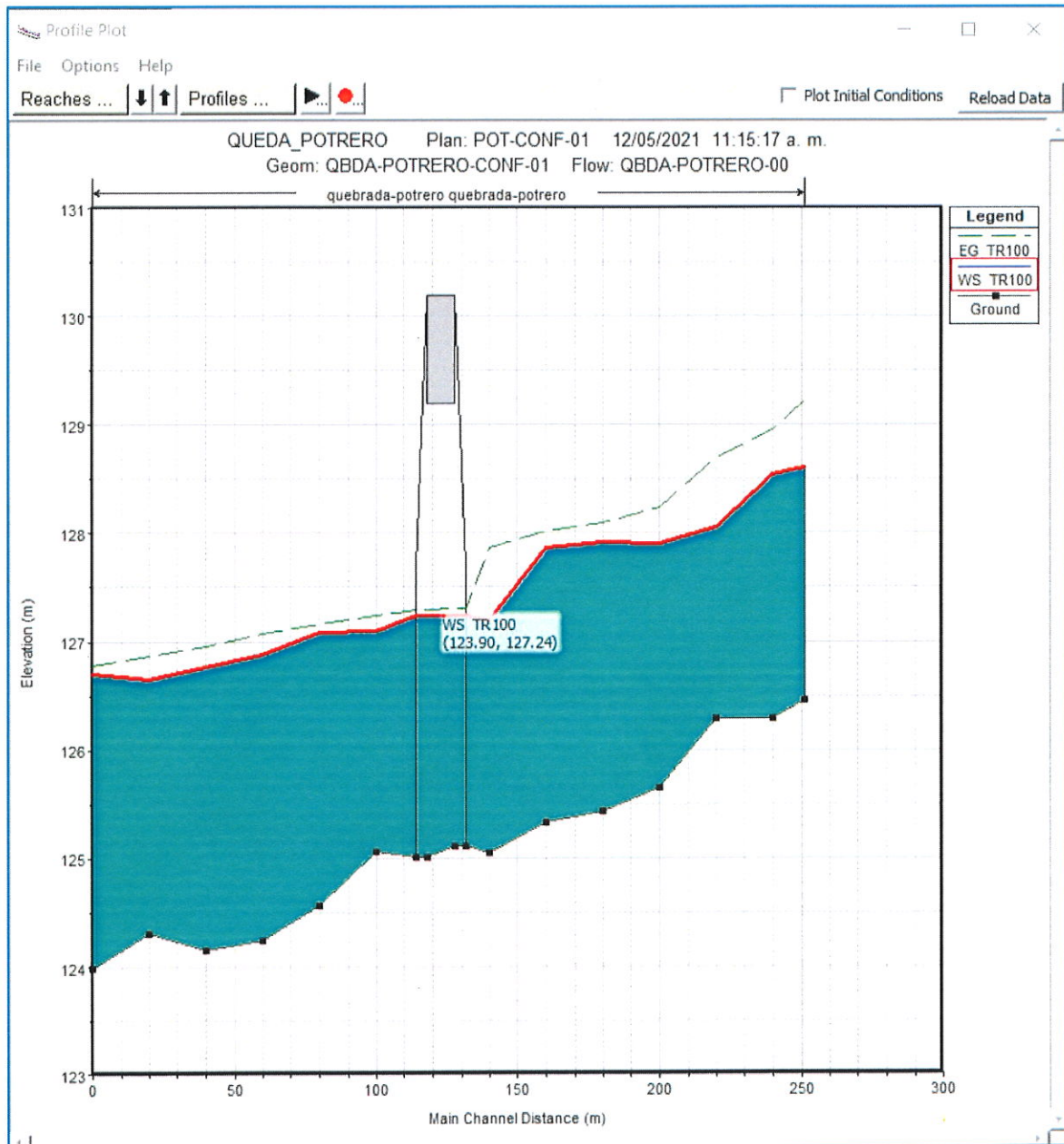
Los resultados obtenidos del modelo analizado se muestran en las siguientes capturas de pantalla, en donde puede observarse que el nivel de aguas máximas extraordinarias obtenido (N.A.M.E.) es de 107.94m respecto al datum del proyecto.

VLADIMIR F. FONG B.
INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123


Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.2. 1 – Perfil hidráulico del cauce



VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL

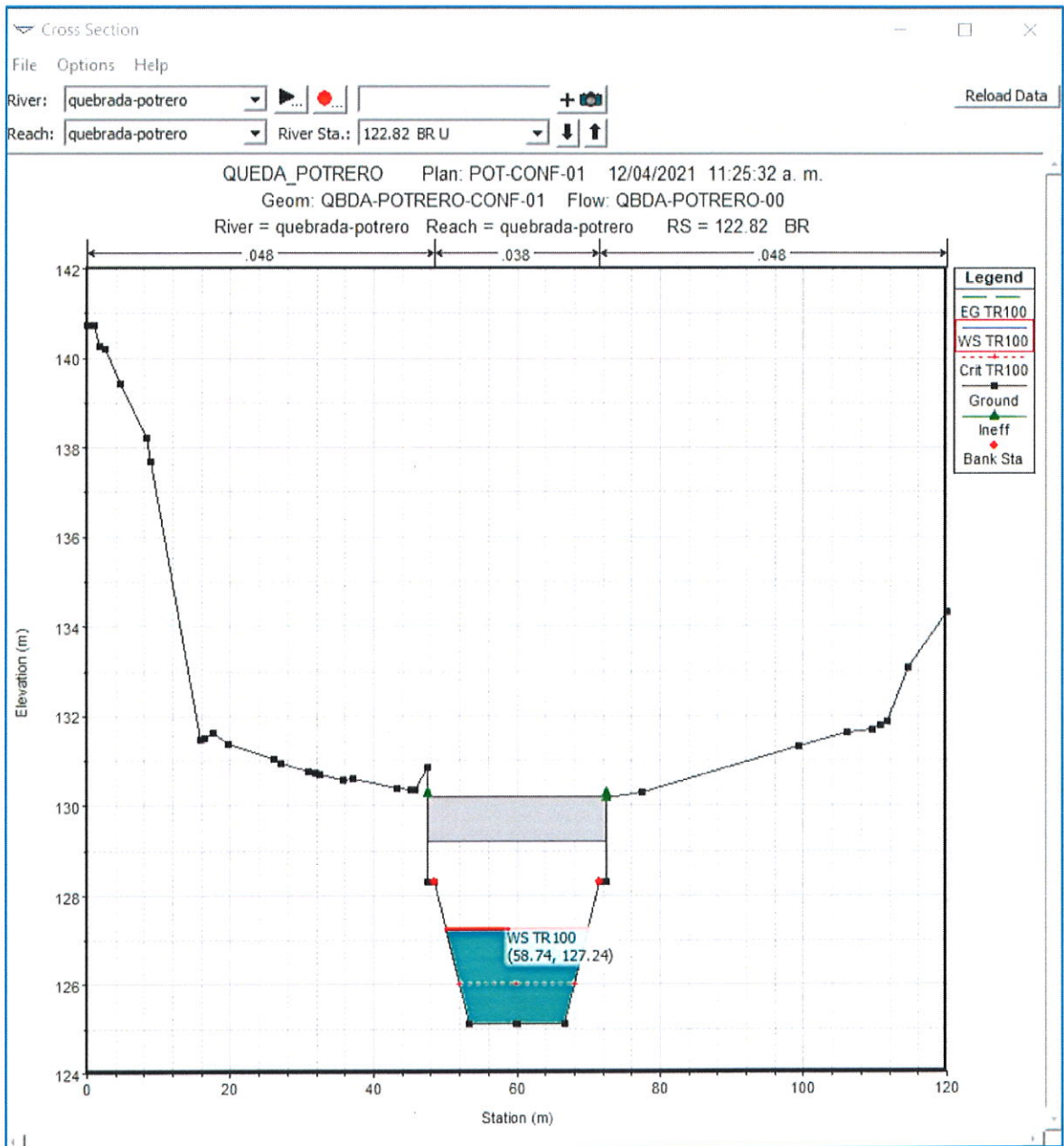
LICENCIA N°99-006-123

[Signature]

Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.2. 2 – Sección hidráulica de puente, ubicación aguas arriba



VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123

Firma
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.2. 4 – Nivel de aguas máxima esperado (N.A.M.E.) del anteproyecto del puente sobre la quebrada Potrero

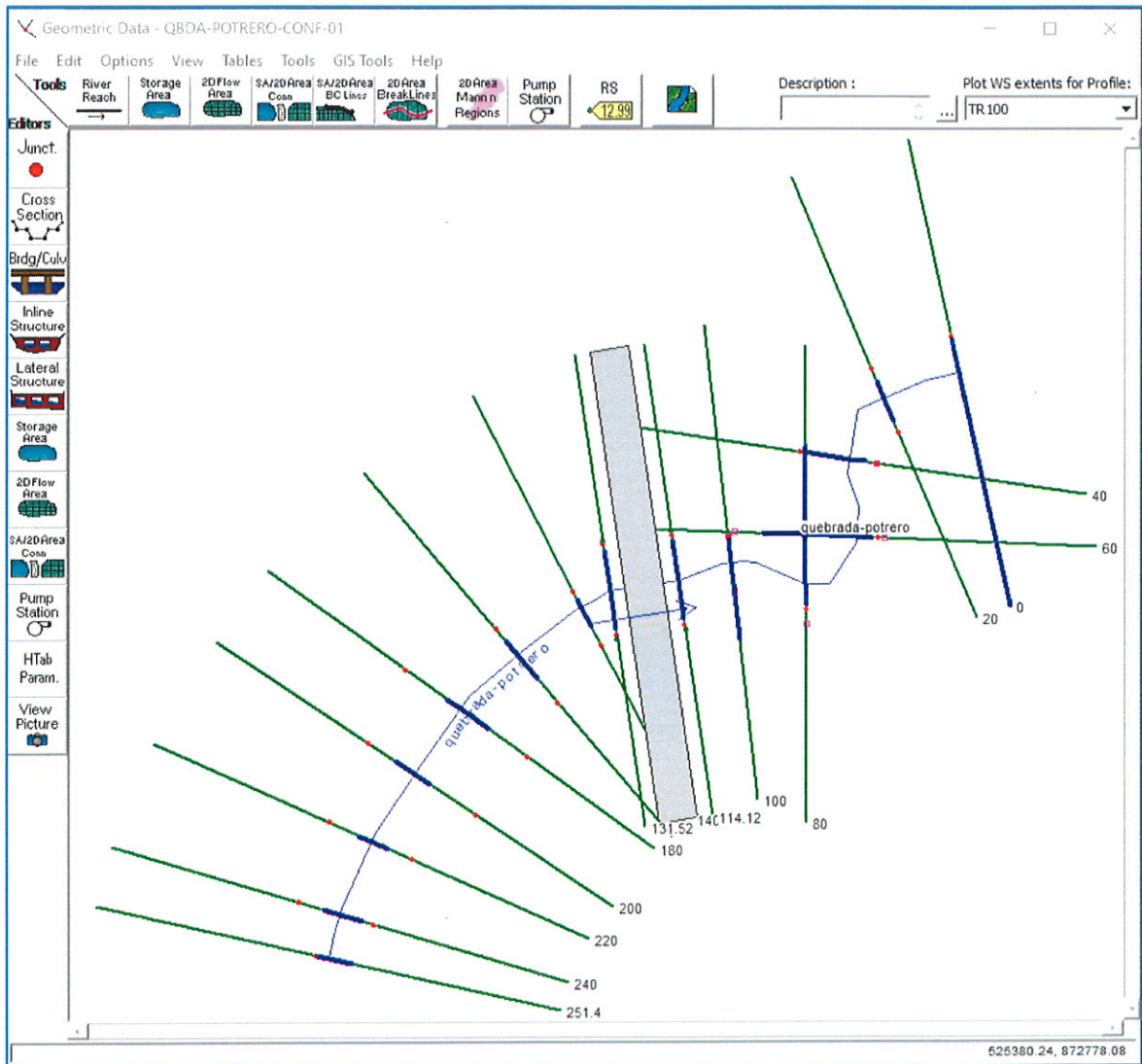
Plan: POT-CONF-01 quebrada-potrero quebrada-potrero RS: 122.82 Profile: TR 100				
E.G. US. (m)	127.30	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	127.24	E.G. Elev (m)	127.29	127.28
Q Total (m3/s)	36.67	W.S. Elev (m)	127.24	127.23
Q Bridge (m3/s)	36.67	Crit W.S. (m)	126.00	125.90
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	2.12	2.22
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	1.04	0.99
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	35.17	37.12
Weir Submerg		Froude # Chl	0.25	0.23
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	38.82	42.15
Min El Weir Flow (m)	130.20	Hydr Depth (m)	1.78	1.85
Min El Prs (m)	129.20	W.P. Total (m)	21.05	21.40
Delta EG (m)	0.02	Conv. Total (m3/s)	1303.4	1410.2
Delta WS (m)	0.01	Top Width (m)	19.76	20.06
BR Open Area (m2)	80.29	Frctn Loss (m)	0.01	0.00
BR Open Vel (m/s)	1.04	C & E Loss (m)	0.00	0.00
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	12.97	11.50
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	13.52	11.36

VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123


Firma
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.2. 5 – Huella hidráulica para período de retorno 100 años



VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL

LICENCIA N°99-006-123

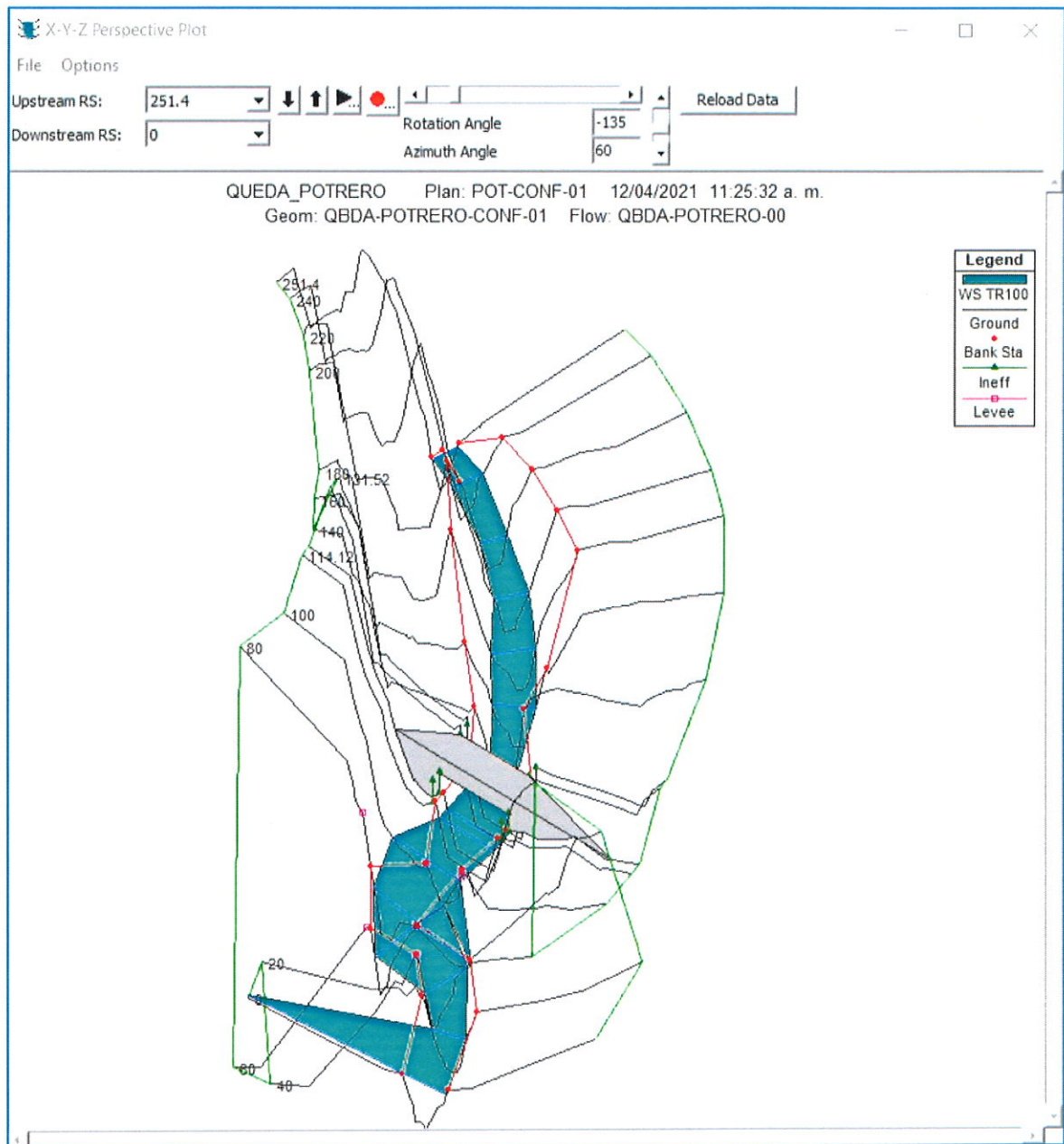
[Handwritten Signature]

Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959

Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen 5.2. 6 – Modelo geométrico e hidráulico en perspectiva del cauce en HEC-RAS



VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123

[Firma]

Firma
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 6.1. El área de la cuenca del anteproyecto de puente sobre la quebrada Protero, determinada de los mosaicos cartográficos Tommy Guardia escala 1:25,000, fue de 816,248.10m² equivalente a 0.8162 Km²
- 6.2. El caudal de la cuenca del proyecto del puente sobre el río Señales calculado, por medio del método regional de crecidas máximas de ETESA y para un período de retorno de 100 años fue de 20.20 m³/s. Como el área es menor que 250 hectáreas también se calculó el caudal de la cuenca por medio del método racional obteniéndose un caudal de 36.67 m³/s.
- 6.3. El nivel de aguas máximas calculado con un caudal de 36.67 m³/s (período de retorno de 100 años) fue de 127.24 m respecto al datum del proyecto.
- 6.4. El comportamiento del flujo la quebrada Potrero para el caudal de diseño utilizado fue sub crítico, obteniéndose números de Froude en la mayoría de secciones transversales de menores que 1.00.
- 6.5. Las velocidades de flujo calculadas en el Río señales, en todas las secciones transversales resultaron menores de 3.50 m/s, la cual es una velocidad favorable la cual puede ser manejable con detalles típicos de protección de taludes zampeados, rodeando los estribos del puente con inclinaciones de 1.50H:1.00V como se indica en planos, para así reducir riesgos de socavación.



ANEXO – 01: RESULTADOS ADICIONALES

VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL

LICENCIA N°99-006-123


Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen A. 1 – Resumen de resultados hidráulicos en secciones transversales del cauce. Estaciones 0+000 a 0+251.14

Profile Output Table - Standard Table 1												
File Options Std. Tables Locations Help												
HEC-RAS Plan: POT-CONF-01 River: quebrada-potrero Reach: quebrada-potrero Profile: TR100												Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
quebrada-potrero	251.4	TR100	36.67	126.46	128.61	128.61	129.22	0.015982	3.47	10.57	8.74	1.01
quebrada-potrero	240	TR100	36.67	126.29	128.55	128.24	128.96	0.009569	2.82	12.99	9.90	0.79
quebrada-potrero	220	TR100	36.67	126.29	128.06	128.06	128.69	0.015814	3.52	10.41	8.24	1.00
quebrada-potrero	200	TR100	36.67	125.64	127.90	127.54	128.23	0.007323	2.55	14.38	10.70	0.70
quebrada-potrero	180	TR100	36.67	125.43	127.91		128.09	0.003394	1.88	19.56	13.05	0.49
quebrada-potrero	160	TR100	36.67	125.33	127.87		128.02	0.002731	1.76	20.80	12.81	0.44
quebrada-potrero	140	TR100	36.67	125.05	127.20	127.20	127.86	0.017228	3.59	10.21	7.76	1.00
quebrada-potrero	131.52	TR100	36.67	125.12	127.24	126.00	127.30	0.000787	1.04	35.24	19.77	0.25
quebrada-potrero	122.82		Bridge									
quebrada-potrero	114.12	TR100	36.67	125.02	127.23	125.90	127.28	0.000679	0.99	37.06	20.05	0.23
quebrada-potrero	100	TR100	36.67	125.06	127.10	126.56	127.24	0.003086	1.76	24.48	25.27	0.47
quebrada-potrero	80	TR100	36.67	124.56	127.09	126.24	127.16	0.001673	1.25	35.94	39.85	0.34
quebrada-potrero	60	TR100	36.67	124.24	126.88	126.35	127.06	0.005246	1.93	19.45	26.87	0.58
quebrada-potrero	40	TR100	36.67	124.16	126.76	126.09	126.96	0.004999	1.97	18.58	15.44	0.57
quebrada-potrero	20	TR100	36.67	124.31	126.64		126.87	0.003998	2.10	17.48	10.85	0.53
quebrada-potrero	0	TR100	36.67	123.99	126.70	125.75	126.78	0.001502	1.31	38.85	68.57	0.33
Total flow in cross section.												

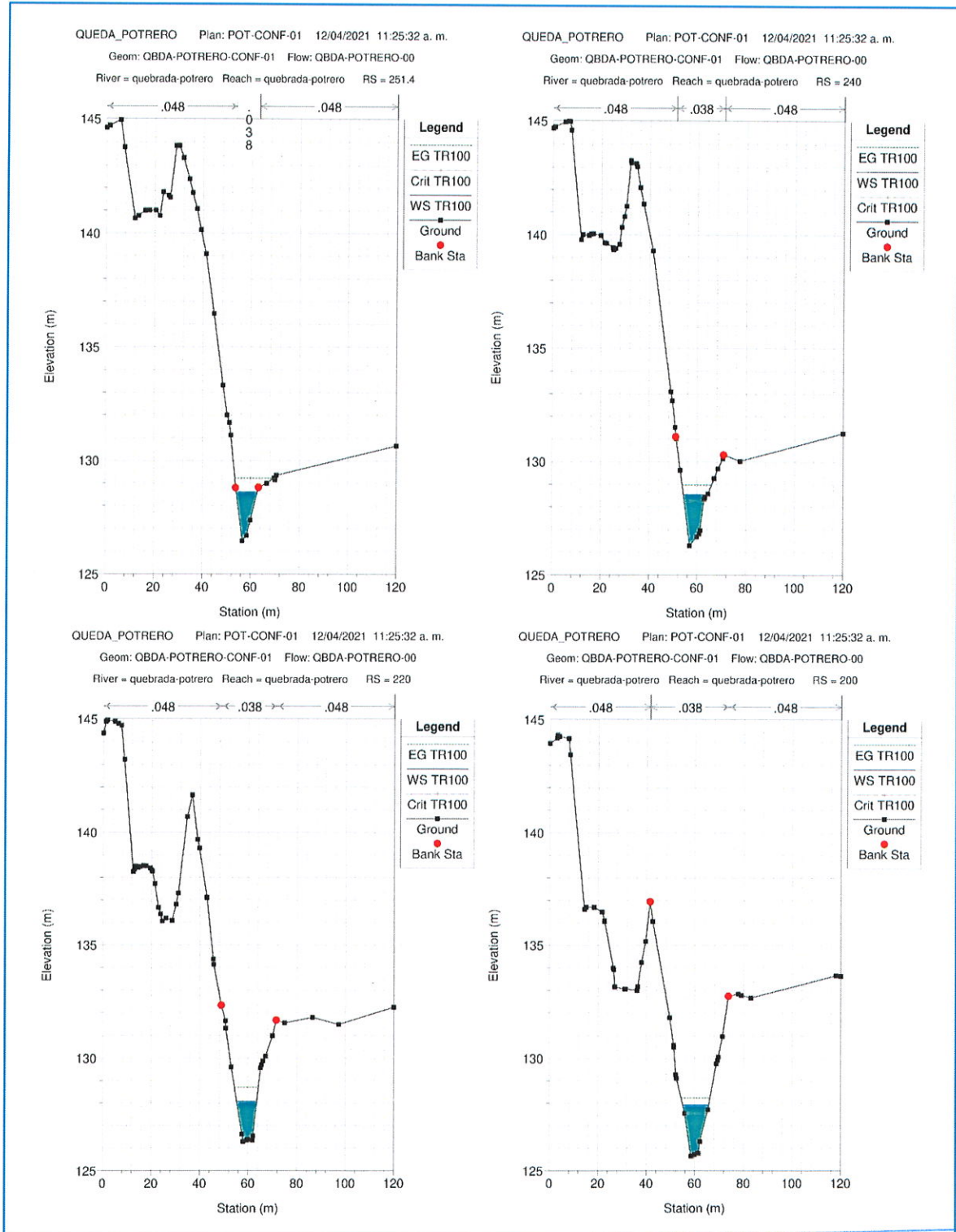
VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123


Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen A. 2 – Secciones hidráulicas de cauce. Estaciones 0+251.40 a 0+200.00

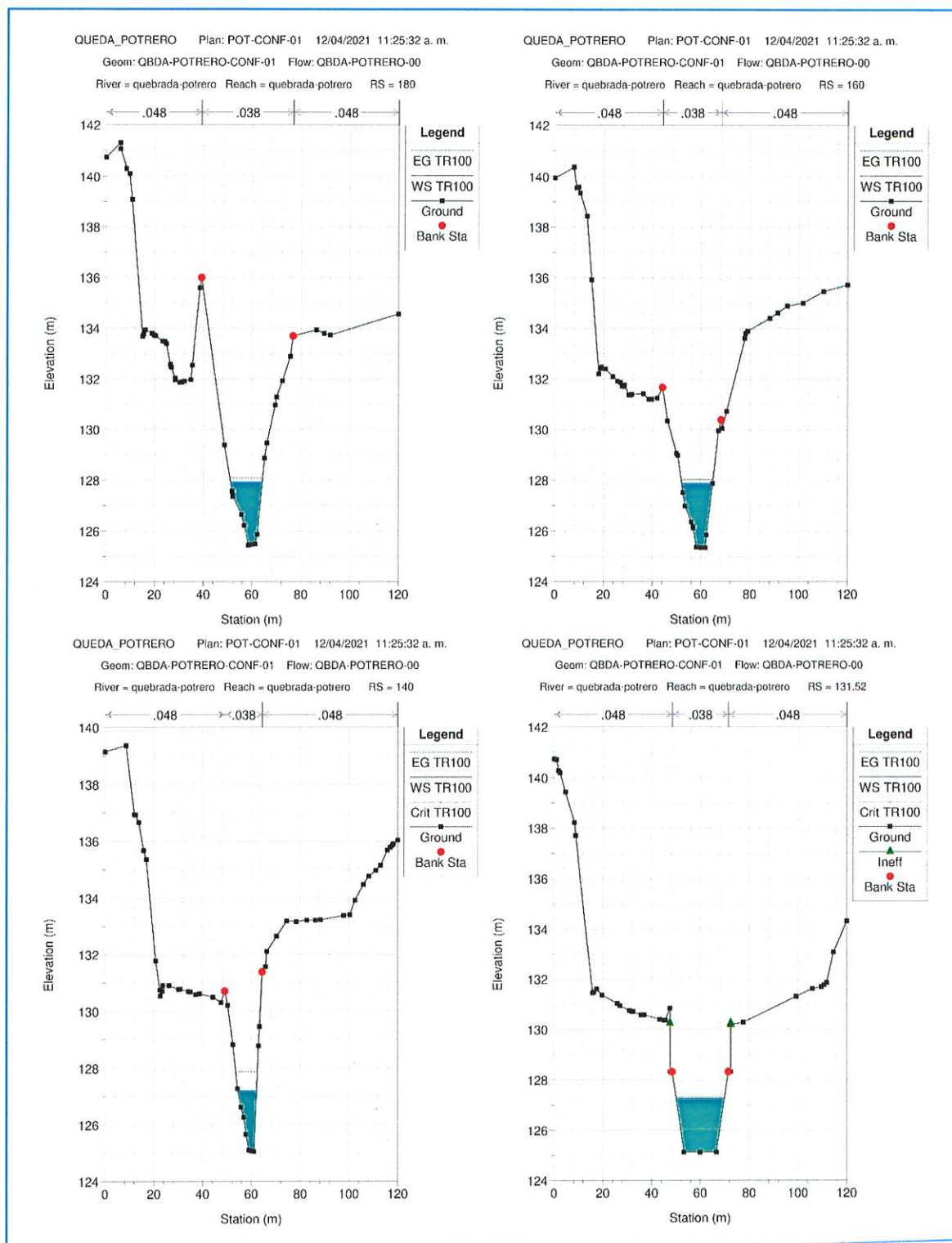


VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123

Firma
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen A. 3 – Secciones hidráulicas de cauce. Estaciones 0+180.00 a 0+131.52



VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL

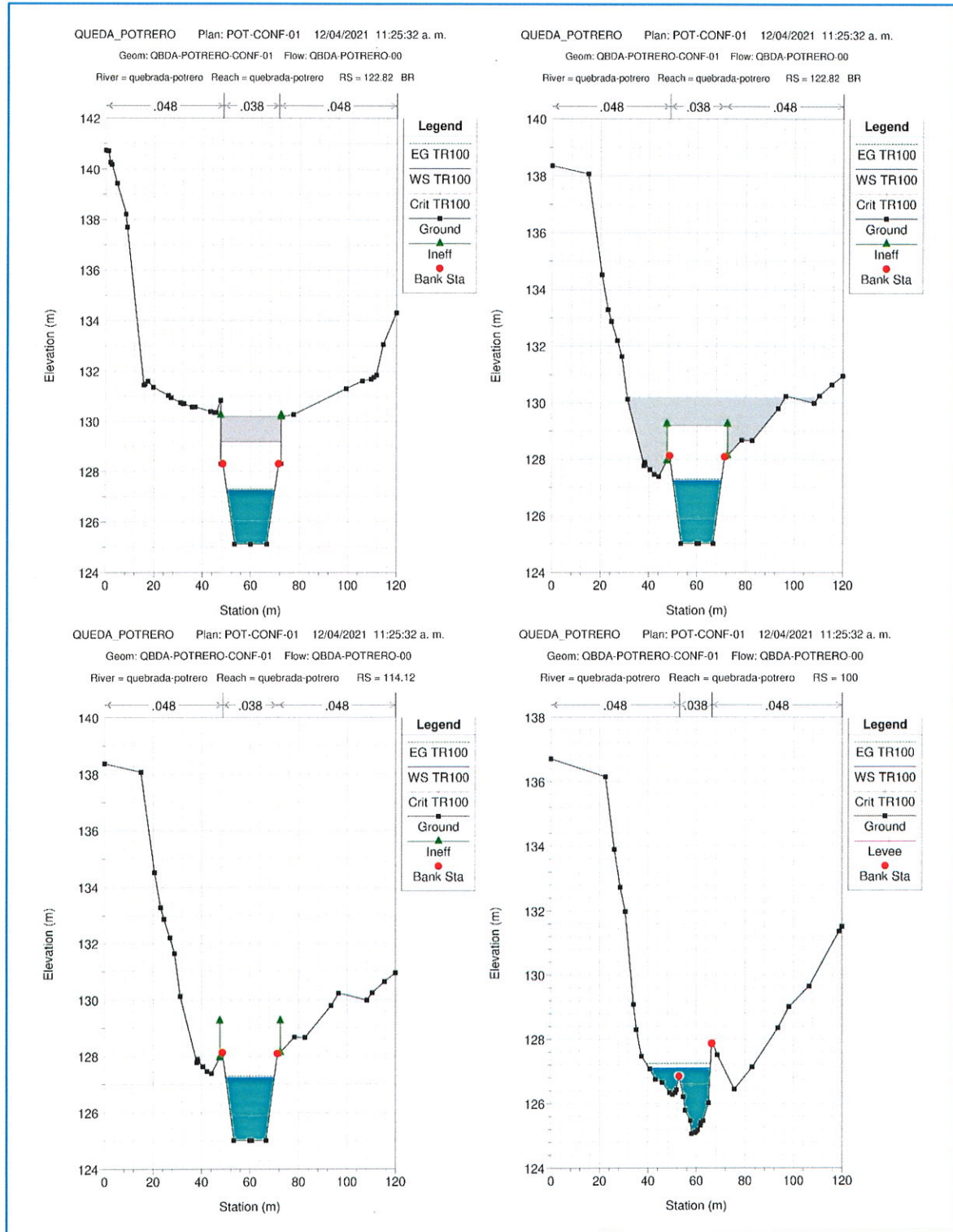
LICENCIA N°99-006-123

Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959

Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen A. 4 – Secciones hidráulicas de cauce. Estaciones 0+182.82 a 0+100.00

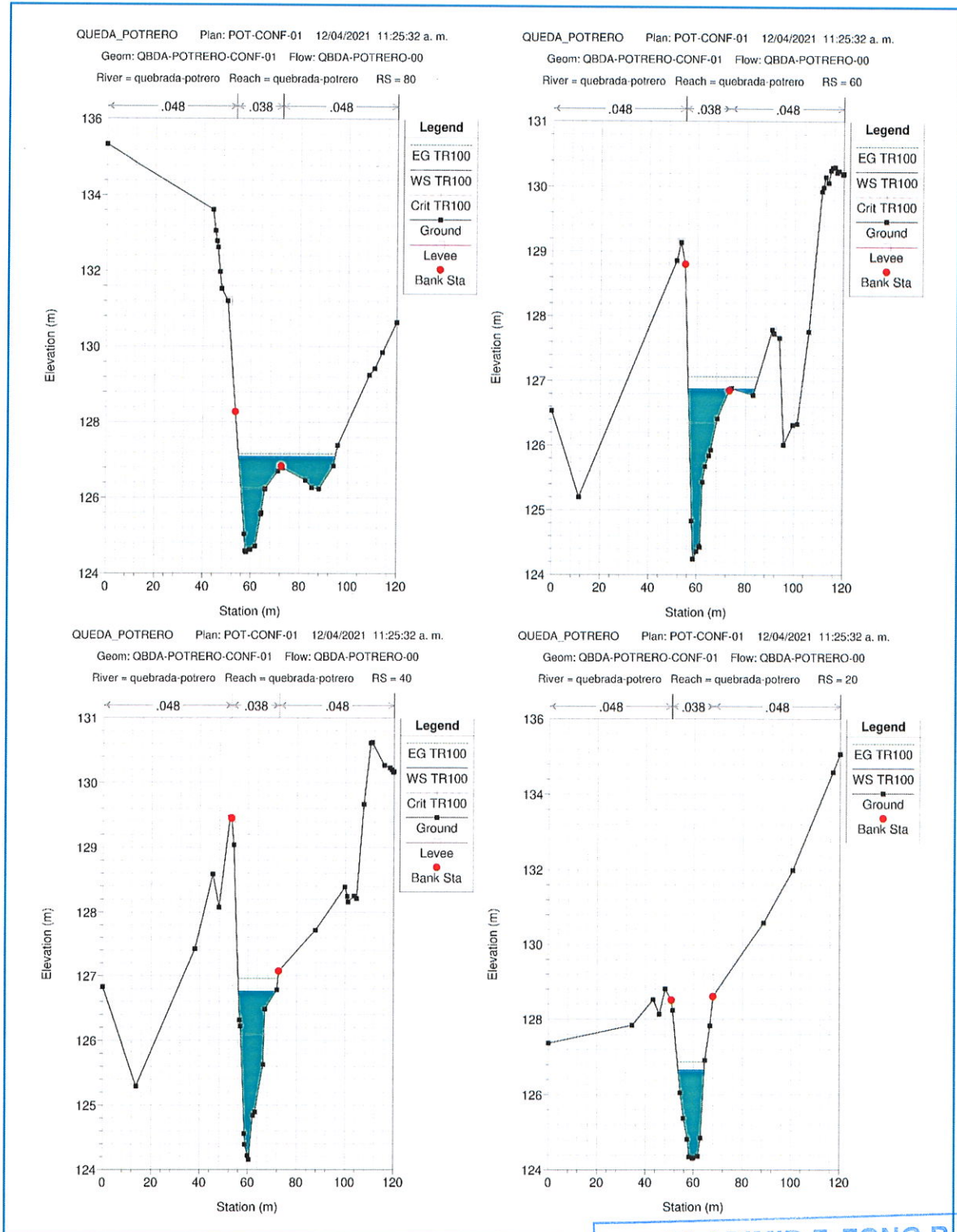


VLADIMIR F. FONG B.
INGENIERO CIVIL

LICENCIA N°99-006-123

Firma
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen A. 5 – Secciones hidráulicas de cauce. Estaciones 0+020.00 a 0+080.00



VLADIMIR F. FONG B.

INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°99-006-123

Firma
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Imagen A. 6 – Secciones hidráulicas de cauce. Estacion 0+000.00

