

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**

**DEL RIO LA VILLA**

**PROYECTO**

**DEMARCAACION DE NIVELES DE INUNDACION  
AREA EN ESTUDIO, PARA EL RESIDENCIAL SANTA  
CLARA**

**CORREGIMIENTO DE CHITRE,  
DISTRITO DE CHITRE, PROVINCIA DE HERRERA**

**NOVIEMBRE DE 2018**

## I - ESTUDIO HIDROLÓGICO

## I - ESTUDIO HIDROLÓGICO

En la región de Centroamérica posiblemente, Panamá es uno de los países en que los fenómenos físicos climáticos ocurren con menor intensidad. Los huracanes que afectan el Caribe, en la mayoría de los casos, dejan sentir sus efectos en nuestro país, porque activan la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI), intensificando las lluvias. Afortunadamente, Panamá se ubica fuera de la ruta que generalmente siguen estos fenómenos meteorológicos.

## **2.2 LA PRECIPITACIÓN**

Nuestro país al igual que los países centroamericanos, de manera recurrente, se ven afectados por variaciones climáticas de carácter inter-anual, originadas tanto por condiciones locales, como por señales climáticas de alcance mundial, las cuales ejercen gran influencia en todos los aspectos de la sociedad. Son eventos naturales que generan desastres sociales por la magnitud de las transformaciones, efectuadas a la naturaleza. Estos eventos ocasionan cuantiosas pérdidas económicas y en vidas humanas.

## **A - ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS DEL ÁREA DE LA CUENCA EN ESTUDIO:**

### **A-1 EL CLIMA**

El clima del área en estudio de acuerdo con la clasificación climática Köppen, tiene un clima tropical de sabanas Aw. En las costas y tierras bajas se encuentra el bosque seco o selva tropófila, altamente intervenida y alternada con extensas sabanas. En áreas como Canajagua, El Montuoso y Cerro Hoya se presenta el clima tropical húmedo modificado por la altitud 45.



Generalmente se distinguen dos estaciones, la seca y la lluviosa. La primera de ellas se extiende desde finales de noviembre hasta inicios de mayo, y la segunda, desde mayo hasta noviembre, con menor intensidad que en el resto del país. La costa oriental de la península de Azuero es la región más seca de Panamá y suele sufrir prolongadas sequías

## **A-2 LA PRECIPITACIÓN**

Las precipitaciones en el área de estudio, El régimen de lluvias en esta región va de mayo a diciembre y con un periodo seco que va de enero a abril. La precipitación está en el orden de los 2.000 a 2.500 mm anuales.

## **A-3 TEMPERATURA**

La temperatura en el área de estudio, se caracteriza, por la poca variación estacional y mantiene una temperatura promedio, de 26°C a 27°C.

## **A-4 LOS VIENTOS**

Los registros disponibles de la velocidad del viento, en el área de estudio, indican el promedio de los vientos alisios en la estación seca, aún cuando también, se presentan los vientos Oeste Sinópticos y Oeste Ecuatoriales.

Durante la estación seca en el área en estudio, los vientos alisios, soplan en el sentido norte a una velocidad promedio de 1.4 m/s.

## B - ESTIMACIÓN DE CAUDALES

### B-1 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA EN ESTUDIO.

#### CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DEL RIO LA VILLA

La cuenca en estudio nace aproximadamente a unos 106 km., de distancia del punto de control.

Este rio, hasta el punto del control en estudio, tiene un área de drenaje de 109,400 hectáreas, una longitud de cuenca de 106 kilómetros, un desnivel de 900 mts., una pendiente promedio de 0.008 y un ancho promedio de 35 km. (Ver en anexo, copia de los mapas topográficos del I.G.N.T.G. – 4038 I, 4038 IV, 4039 I, 4039 II, 4039 III, 4138 IV, 4139 III y 4139 IV).

El área en estudio pertenece a la región o zona 5 (ver mapa en anexo donde se indican), por lo tanto el valor de (K) es de 14 (ver cuadro D en anexo).

Entonces:

$$Q \text{ prom.} = 14 (1094 \text{ Km}^2)^{0.59} = 869.04 \text{ m}^3 / \text{s}$$

El valor del factor, para período de retorno de 1:50 años es 2.37 (ver cuadro E en anexo).





**B-2** La estimación de caudales, para definir el caudal máximo de crecidas, la efectuaremos con el Método de Análisis Regional de crecidas máximas LAVALIN, que permite estimar la frecuencia de crecidas que puedan ocurrir en un sitio determinado de un río.

### **B-3 ANÁLISIS REGIONAL DE CRECIDAS MÁXIMAS:**

En octubre de 1986, la empresa Lavalin Internacional presentó en su estudio de Proyectos Hidroeléctricos de Mediana Capacidad un anexo titulado “ Análisis Regional de Crecidas Máximas”, en el mismo se establece una metodología que permite estimar la frecuencia de crecidas máximas que pueden ocurrir en un sitio determinado de un río. Su uso es adecuado especialmente para aquellas cuencas no controladas, ya que sólo se requiere conocer el área de drenaje de la cuenca, hasta el sitio en estudio (punto de control) y su ubicación en el país (región o zona). Este análisis se basó fundamentalmente en la información de 55 estaciones limnigráficas o de registro continuo de nivel, de las cuales 49 eran operadas por el entonces Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE) y 6 por la comisión del Canal de Panamá (ACP).

Para elaborar el mapa de regionalización de crecidas máximas se utilizó la siguiente metodología:

- Recopilación de la información de las crecidas máximas anuales.
- Revisión, extensión y relleno a nivel anual de la información de caudales máximos instantáneos.
- Determinación de las relaciones que definen la crecida media anual y el área de la cuenca.

- Elaboración de las curvas de frecuencia adimensional generalizada.
- Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas.
- Elaboración del mapa que muestra las distintas regiones.
- Aplicación del Método "Análisis Regional de Crecidas Máximas".

$$Q_{\text{prom.}} = K A^{0.59}$$

En donde:

$Q_{\text{prom.}}$  = caudal promedio en  $\text{m}^3 / \text{s}$ .

$K$  = Constante (depende de la región o zona).

$A$  = Área de drenaje de la cuenca en  $\text{Km}^2$ .

$Q_{\text{máx.}}$  = Factor ( $Q_{\text{prom.}}$ ).

En donde:

$Q_{\text{máx.}}$  = Caudal máximo en  $\text{m}^3 / \text{s}$ .

Factor = Constante (depende del período de retorno).

$Q_{\text{prom.}}$  = Caudal promedio en  $\text{m}^3 / \text{seg}$ .

$K = 14$  zona 5

$A = 1,094 \text{ km}^2$

$Q = 869.04 \text{ m}^3/\text{s}$



### B.3-1 PERÍODO DE RETORNO DE 1:10 AÑOS:

$Q_{\text{máx.}} = 1.68 (869.04 \text{ m}^3 / \text{s}) = 1459.98 \text{ m}^3 / \text{s}$ .

$Q = 1459.98 \text{ m}^3 / \text{seg}$ .



### B.3-2 PERÍODO DE RETORNO DE 1:50 AÑOS:

$$Q_{\text{máx.}} = 2.37 (869.04 \text{ m}^3 / \text{s}) = 2059.62 \text{ m}^3 / \text{s}.$$

$$Q = 2059.62 \text{ m}^3 / \text{seg}.$$

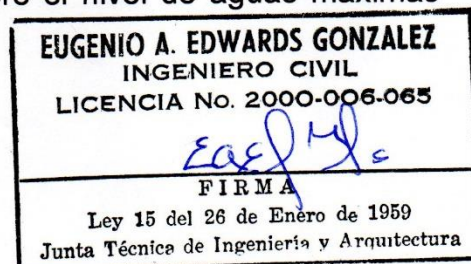
### Cuadro B.4-1: Resumen de caudales por el método de Análisis Regional de Crecidas Máximas.

P.R (Años)	ANÁLISIS REGIONAL DE Crecidas Máximas (m <sup>3</sup> /s)
1:10	1459.98
1:50	2059.62

Usaremos un Caudal de  $1760 \text{ m}^3 / \text{s}$ , el cual será un promedio para los periodos de retorno de 1:10 y 1:50 que según el manual del MOP los resultados de estas formulas para la Península de Azuero en donde las lluvias en realidad son menores, de mantener los resultados para un periodo de retorno de 1:50 años, nos darían diseños exagerados.

#### Nota:

- El caudal obtenido, permitirá obtener los niveles de agua en el canal o sistema proyectado, con el propósito que sirvan de referencia para establecer los niveles mínimos de terracería de las áreas alrededor del punto de estudio del Rio La Villa.
- El nivel de terracería propuesto, será en base a  $Y / H \leq 0.80$  (AASHTO) o 1.50 m. mínimo sobre el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME).





## **II. CÁLCULOS HIDRÁULICOS**

## **METODO DE CÁLCULO: (MANNING).**

Para el cálculo de la profundidad de flujo normal utilizaremos la ecuación de Manning para canales abiertos.

$$Q = c/n R H^{2/3} S^{1/2} A$$

En Donde:

Q = caudal en m<sup>3</sup>/s

c = Coeficiente (depende del sistema de unidades)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (depende del tipo de superficie en contacto con el Agua).

RH= Radio Hidráulico en metros.

S = Pendiente longitudinal del cauce en m/m

A = área de la sección transversal en m<sup>2</sup>.

c= 1.00 (sistema métrico)

RH= Área /Perímetro mojado.

Coeficiente de rugosidad de Manning, se define dependiendo del tipo de superficie en contacto con el agua, utilizaremos un coeficiente de 0.025, por tratarse de canales de tierra, con vegetación normal sin revestir.

### **Cálculo del nivel de terracería mínimo para el proyecto**

$Y / H \leq 0.80$  (AASHTO) "En Donde"

H = Altura máxima del agua en el canal proyectado.

Ht = Altura desde el fondo del canal proyectado, hasta la parte superior del nivel del relleno mínimo propuesto.

NAME = Elevación de fondo proyectado + Y.

Para este caso se utilizará el programa HEC-RAS, para determinar los niveles de inundabilidad del proyecto, teniendo en cuenta los diferentes aspectos del río y que serán añadidos al modelo para su análisis.

Hemos realizado nuestro análisis con la ayuda del Programa de simulación de Inundación de ríos, denominado HEC RAS, el cual presentamos a continuación los resultados en forma tabular para la "Quebrada 1".

**HEC RAS**, Software de Modulación hidráulica unidimensional que facilita la entrada de datos y permite visualizar gráficamente los resultados y exportarlos en forma de Tablas, para facilitar su interpretación.

Este programa nos permite simular flujos en cauces naturales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables.

CUADRO CON RESULTADOS DEL MODELO PARA EL RÍO

Profile Output Table - Standard Table 1												
File Options Std. Tables Locations Help												
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Rio La Villa Reach: Rio Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /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 (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Ch
Rio	14	PF 1	1759.80	1.86	8.52	8.52	9.46	0.006153	4.32	422.21	241.02	0.93
Rio	13	PF 1	1759.80	1.85	8.43	8.46	9.39	0.006358	4.37	417.17	240.88	0.94
Rio	12	PF 1	1759.80	1.85	8.21	8.34	9.24	0.007272	4.53	400.12	241.02	1.00
Rio	11	PF 1	1759.80	1.84	7.95	8.14	9.08	0.009001	4.71	380.74	254.09	1.10
Rio	10	PF 1	1759.80	1.84	7.91	7.99	8.87	0.007395	4.38	415.15	253.97	1.00
Rio	9	PF 1	1759.80	1.83	7.98	7.98	8.86	0.006405	4.20	435.96	253.01	0.94
Rio	8	PF 1	1759.80	1.83	7.96	7.96	8.84	0.006530	4.22	435.43	251.92	0.95
Rio	7	PF 1	1759.80	1.82	7.91	7.91	8.78	0.006528	4.21	438.60	253.08	0.95
Rio	6	PF 1	1759.80	1.81	7.86	7.86	8.75	0.006587	4.24	434.29	250.66	0.95
Rio	5	PF 1	1759.80	1.80	7.81	7.81	8.68	0.006359	4.19	438.24	250.22	0.94
Rio	4	PF 1	1759.80	1.78	7.82	7.82	8.70	0.006390	4.22	436.31	249.62	0.94
Rio	3	PF 1	1759.80	1.78	7.89	7.89	8.76	0.006348	4.19	437.95	249.10	0.94
Rio	2	PF 1	1759.80	1.79	8.00	8.00	8.89	0.006334	4.25	432.58	241.88	0.94
Rio	1	PF 1	1759.80	1.80	8.04	8.04	8.96	0.006526	4.33	425.17	235.79	0.95
Total flow in cross section.												

**EUGENIO A. EDWARDS GONZALEZ**  
INGENIERO CIVIL  
LICENCIA No. 2000-006-065

FIRMA

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



Para este caso se utilizará el programa HEC-RAS, para determinar los niveles de inundabilidad del proyecto, teniendo en cuenta los diferentes aspectos del río y que serán añadidos al modelo para su análisis.

Hemos realizado nuestro análisis con la ayuda del Programa de simulación de Inundación de ríos, denominado HEC RAS, el cual presentamos a continuación los resultados en forma tabular para la "Quebrada 1".

**HEC RAS**, Software de Modulación hidráulica unidimensional que facilita la entrada de datos y permite visualizar gráficamente los resultados y exportarlos en forma de Tablas, para facilitar su interpretación.

Este programa nos permite simular flujos en cauces naturales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables.

CUADRO CON RESULTADOS DEL MODELO PARA EL RÍO

Profile Output Table - Standard Table 1												
File Options Std. Tables Locations Help												
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Rio La Villa Reach: Rio Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /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 (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Ch
Rio	14	PF 1	1759.80	1.86	8.52	8.52	9.46	0.006153	4.32	422.21	241.02	0.93
Rio	13	PF 1	1759.80	1.85	8.43	8.46	9.39	0.006358	4.37	417.17	240.88	0.94
Rio	12	PF 1	1759.80	1.85	8.21	8.34	9.24	0.007272	4.53	400.12	241.02	1.00
Rio	11	PF 1	1759.80	1.84	7.95	8.14	9.08	0.009001	4.71	380.74	254.09	1.10
Rio	10	PF 1	1759.80	1.84	7.91	7.99	8.87	0.007395	4.38	415.15	253.97	1.00
Rio	9	PF 1	1759.80	1.83	7.98	7.98	8.86	0.006405	4.20	435.96	253.01	0.94
Rio	8	PF 1	1759.80	1.83	7.96	7.96	8.84	0.006530	4.22	435.43	251.92	0.95
Rio	7	PF 1	1759.80	1.82	7.91	7.91	8.78	0.006528	4.21	438.60	253.08	0.95
Rio	6	PF 1	1759.80	1.81	7.86	7.86	8.75	0.006587	4.24	434.29	250.66	0.95
Rio	5	PF 1	1759.80	1.80	7.81	7.81	8.68	0.006359	4.19	438.24	250.22	0.94
Rio	4	PF 1	1759.80	1.78	7.82	7.82	8.70	0.006390	4.22	436.31	249.62	0.94
Rio	3	PF 1	1759.80	1.78	7.89	7.89	8.76	0.006348	4.19	437.95	249.10	0.94
Rio	2	PF 1	1759.80	1.79	8.00	8.00	8.89	0.006334	4.25	432.58	241.88	0.94
Rio	1	PF 1	1759.80	1.80	8.04	8.04	8.96	0.006526	4.33	425.17	235.79	0.95
Total flow in cross section.												

**EUGENIO A. EDWARDS GONZALEZ**  
INGENIERO CIVIL  
LICENCIA No. 2000-006-065

FIRMA

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

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

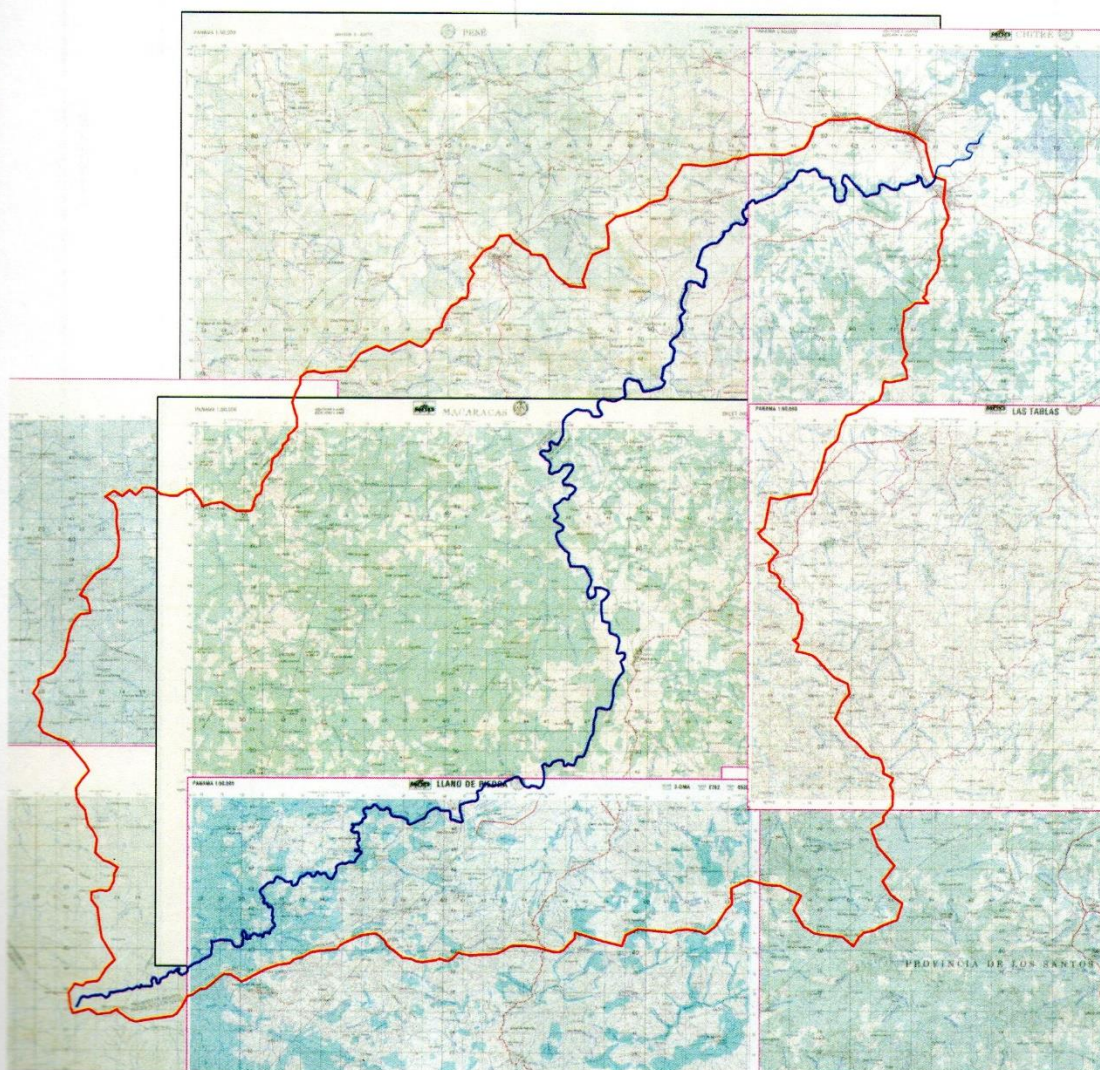
- Para contemplar los niveles seguros de inundación se realizó el análisis con el uso del programa HEC RAS.
- Los niveles presentados en este estudio son referenciados con BM auxiliares, establecidos en Campo con equipo Geodésico.
- El nivel de terracería propuesto, nos representa un factor de seguridad, de 1.50 mts., mínimo sobre el nivel de aguas máximas extraordinarias.

## ANEXO



## **CONTENIDO DEL ANEXO**

- Copia de los mapas topográficos Serie E962, Hojas, donde se indica la cuenca en estudio.
- Mapa de la República de Panamá, donde se indican las 7 regiones o zonas hidrológicamente homogéneas / Lavalin Internacional.
- Copia de los Cuadros D y E, donde se indican los factores para cada período de retorno / Lavalin Internacional.

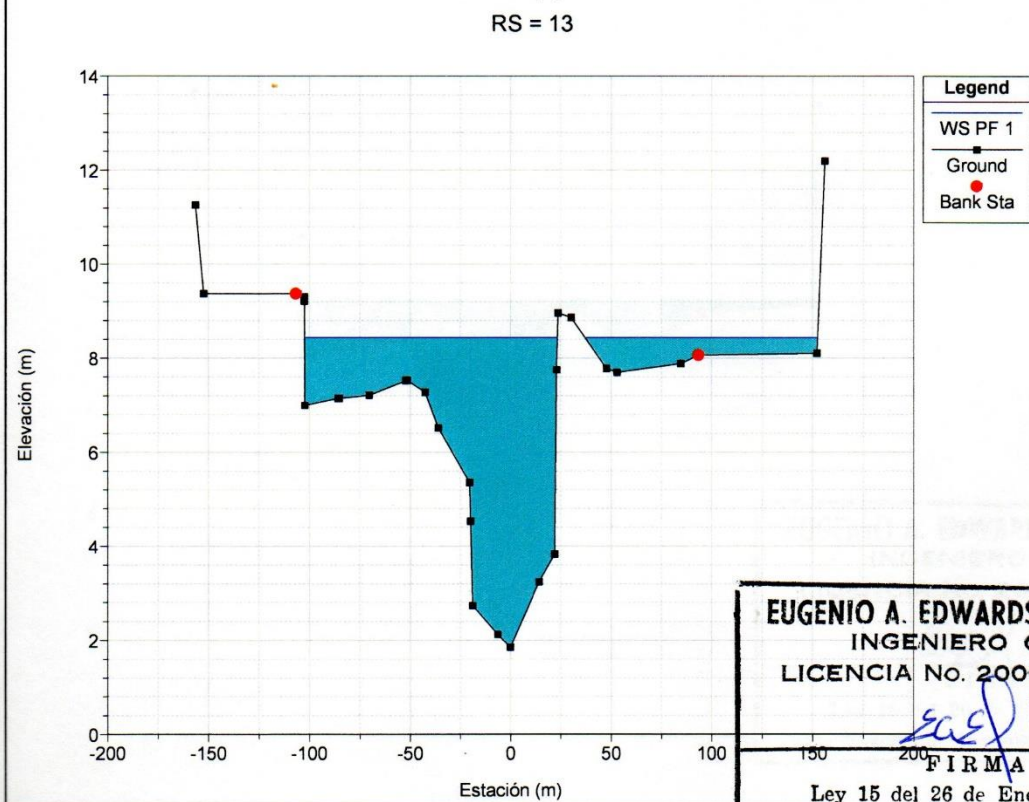
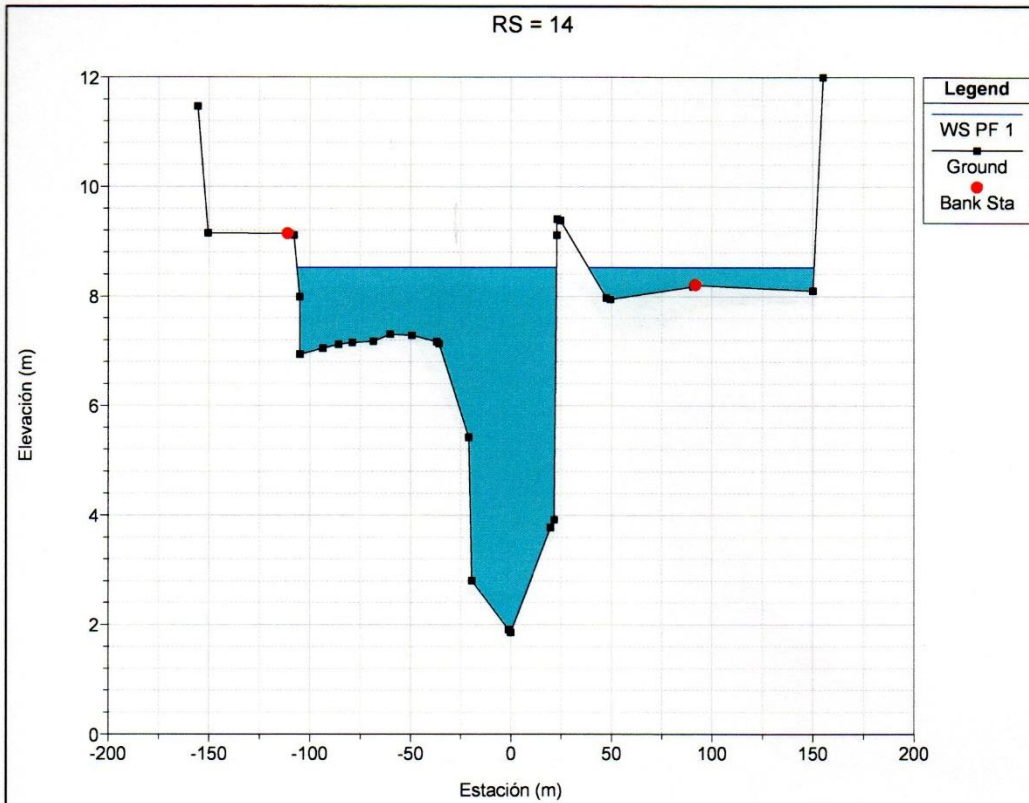


**EUGENIO A. EDWARDS GONZALEZ**  
INGENIERO CIVIL  
LICENCIA No. 2000-006-065

*EAS*

FIRMA

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

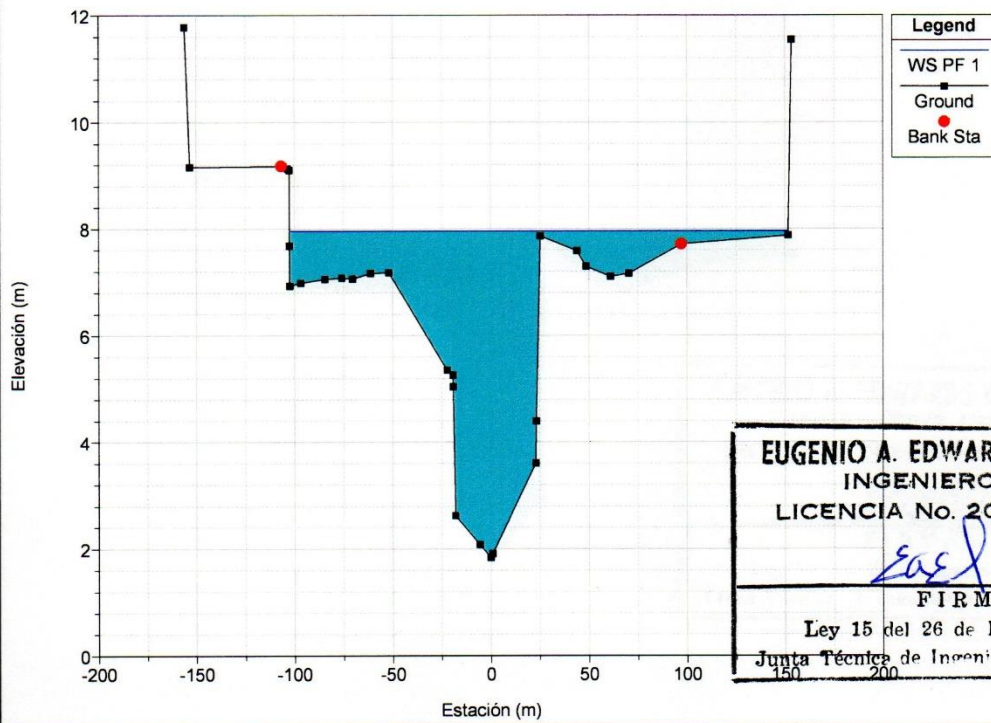
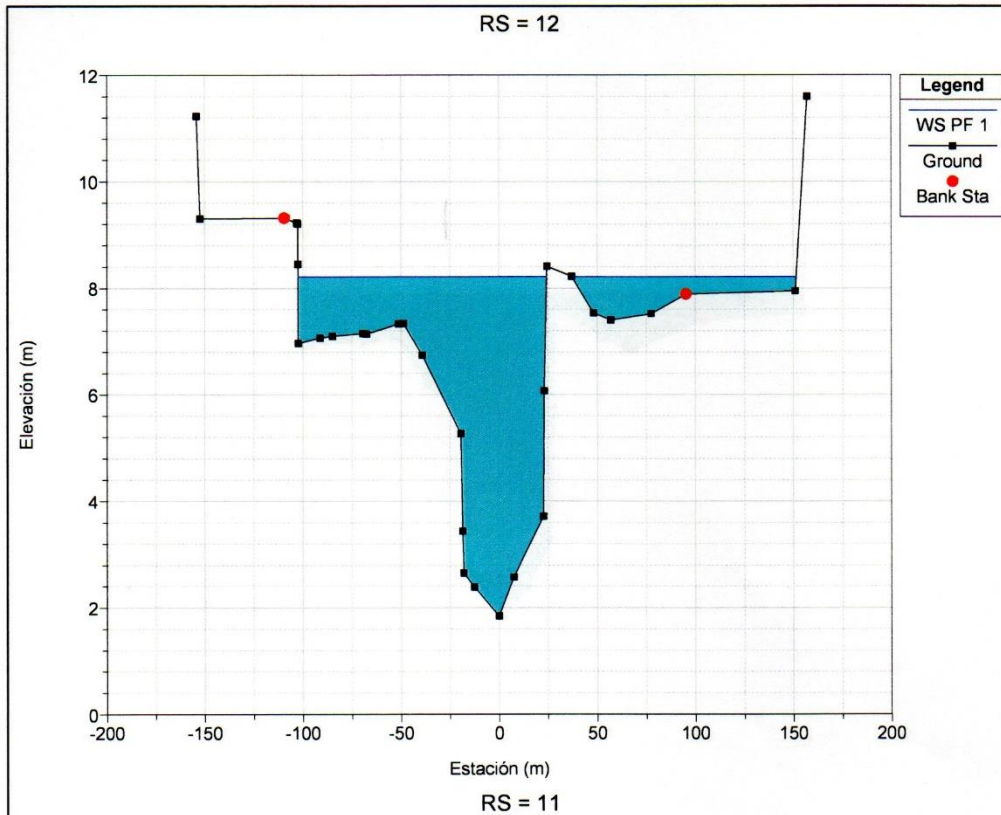


**EUGENIO A. EDWARDS GONZALEZ**  
**INGENIERO CIVIL**  
**LICENCIA No. 2000-006-065**

FIRMA

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





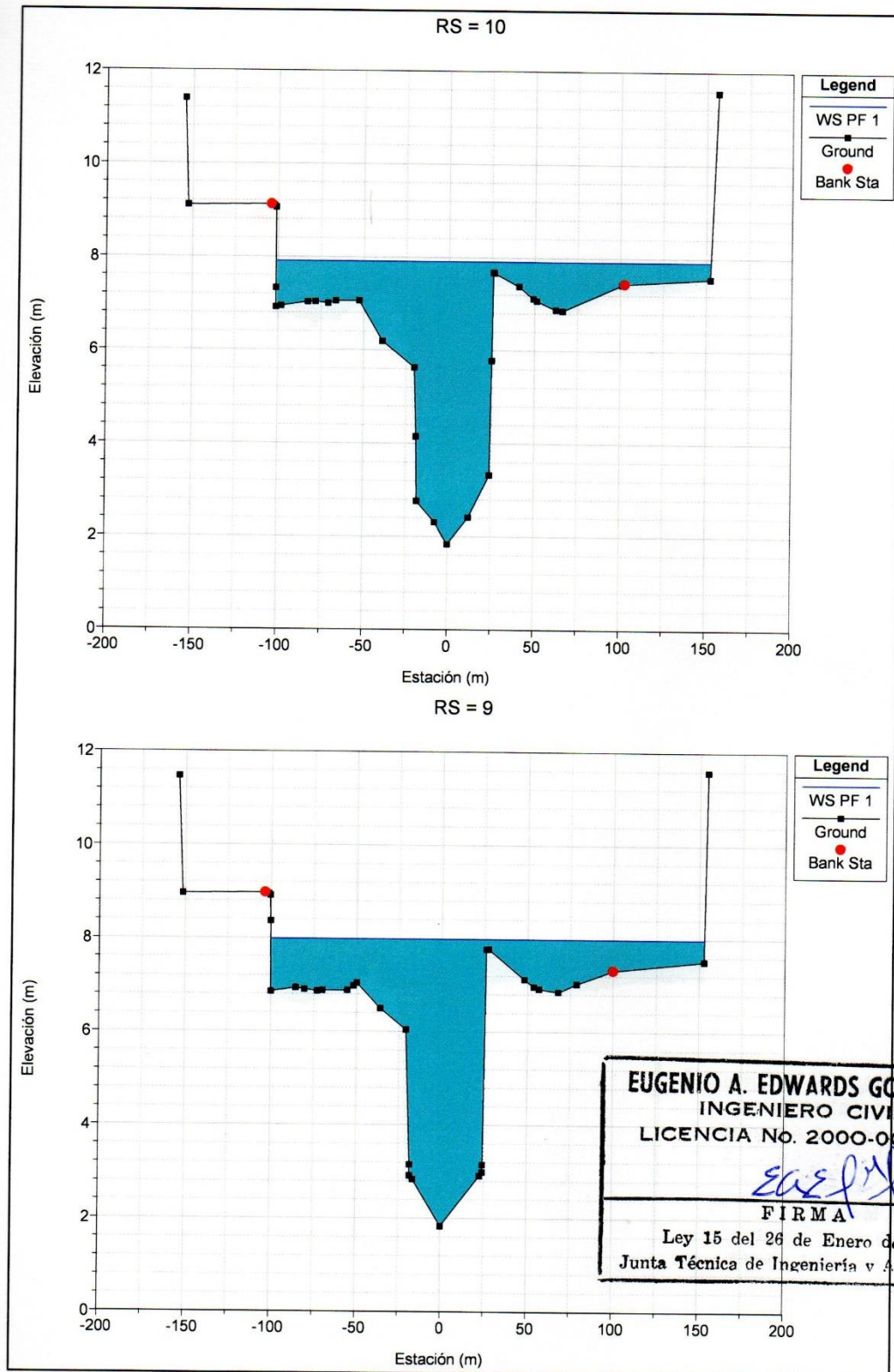
**EUGENIO A. EDWARDS GONZALEZ**  
**INGENIERO CIVIL**  
 LICENCIA No. 2000-006-065

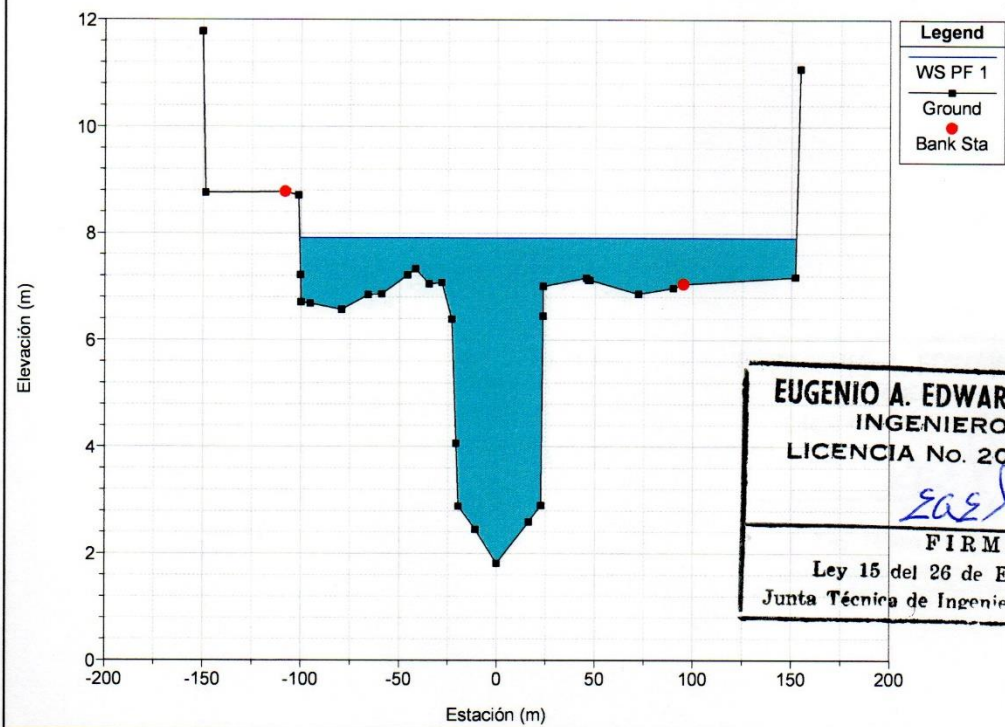
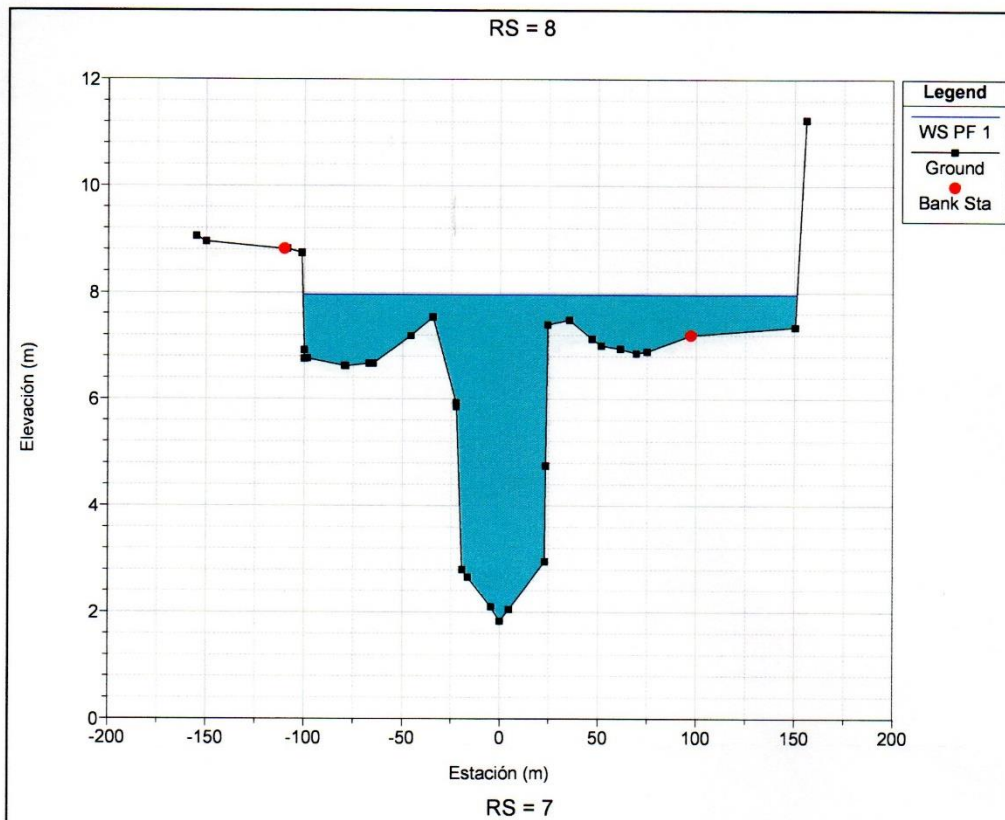
*EAS*

**FIRMA**

Ley 15 del 26 de Enero de 1959

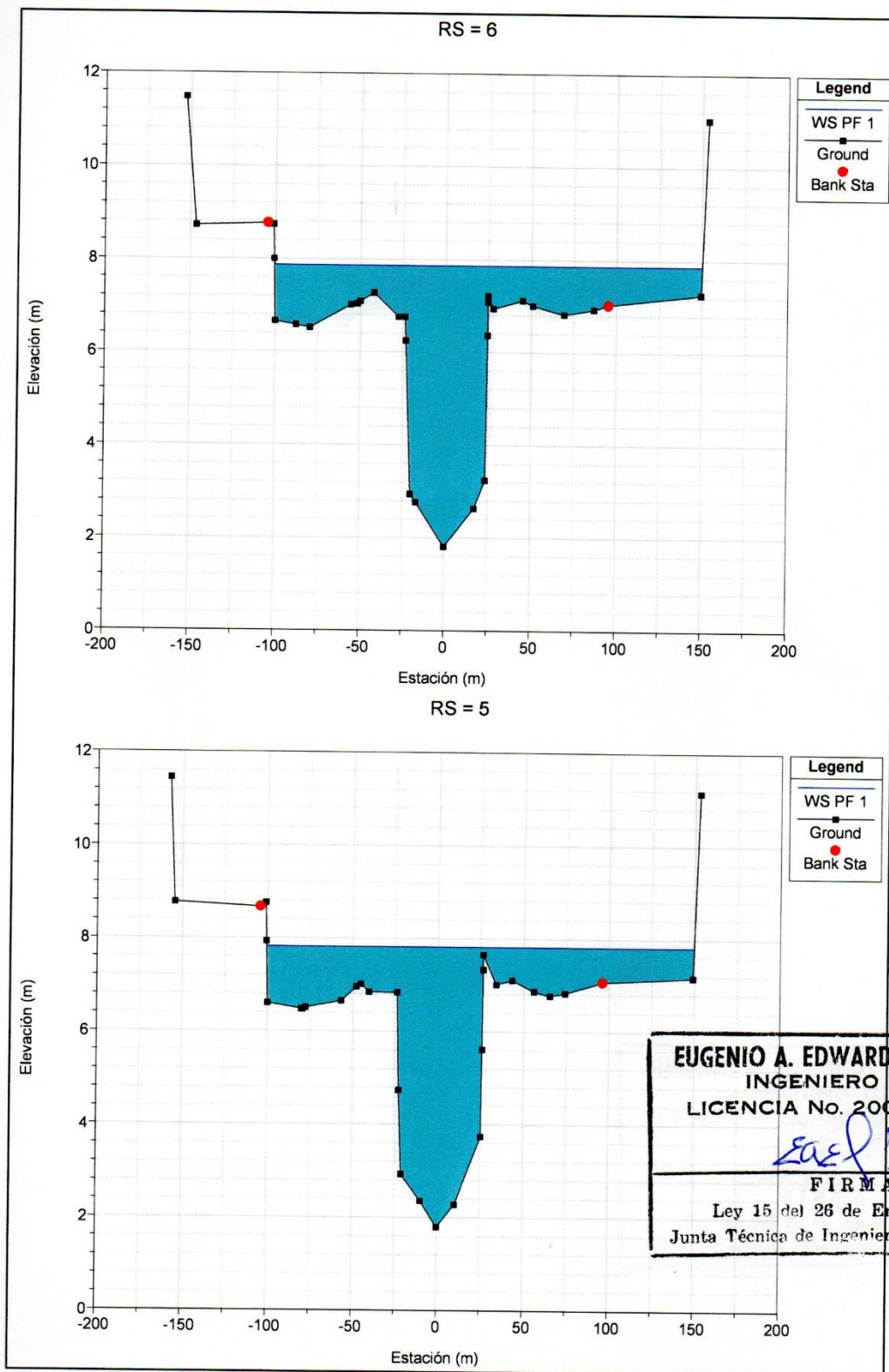
Junta Técnica de Ingenieros y Arquitectos

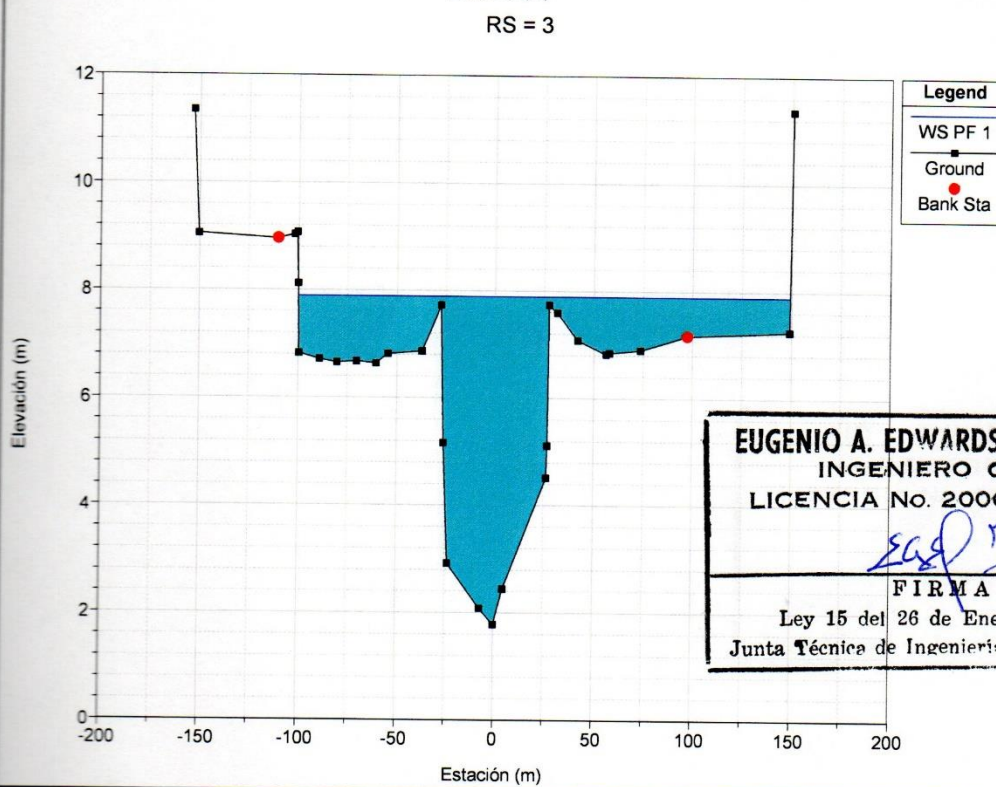
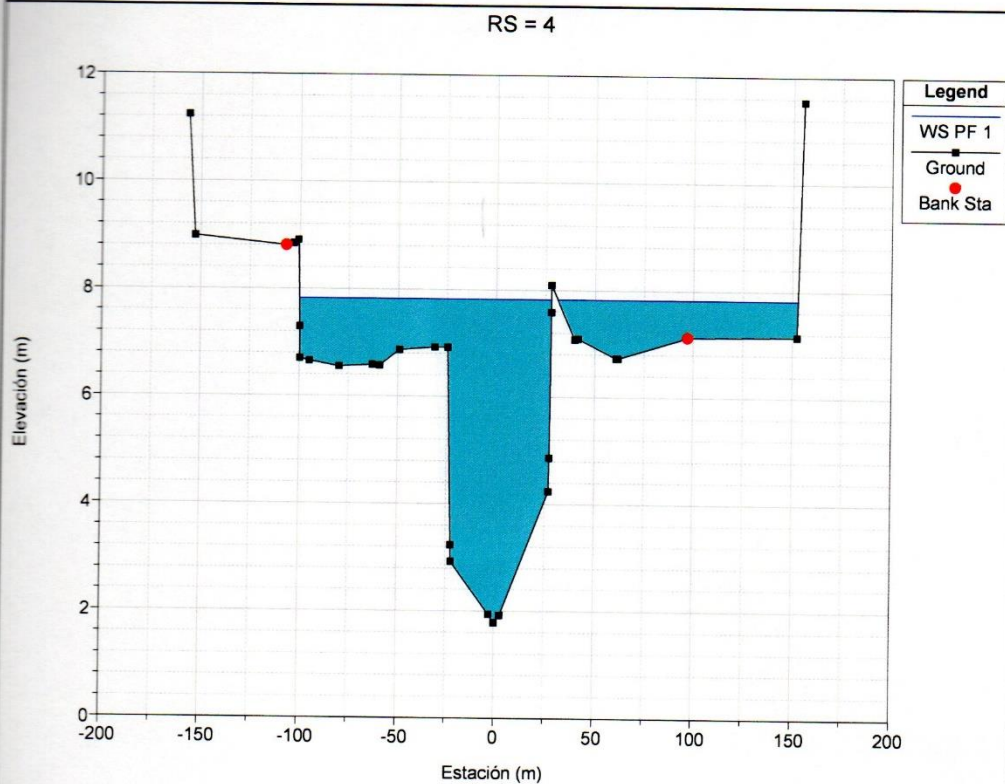




<b>EUGENIO A. EDWARDS GONZALEZ</b> INGENIERO CIVIL LICENCIA No. 2000-006-065	
<i>EAG</i>	FIRMA
Ley 15 del 26 de Enero de 1959 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura	



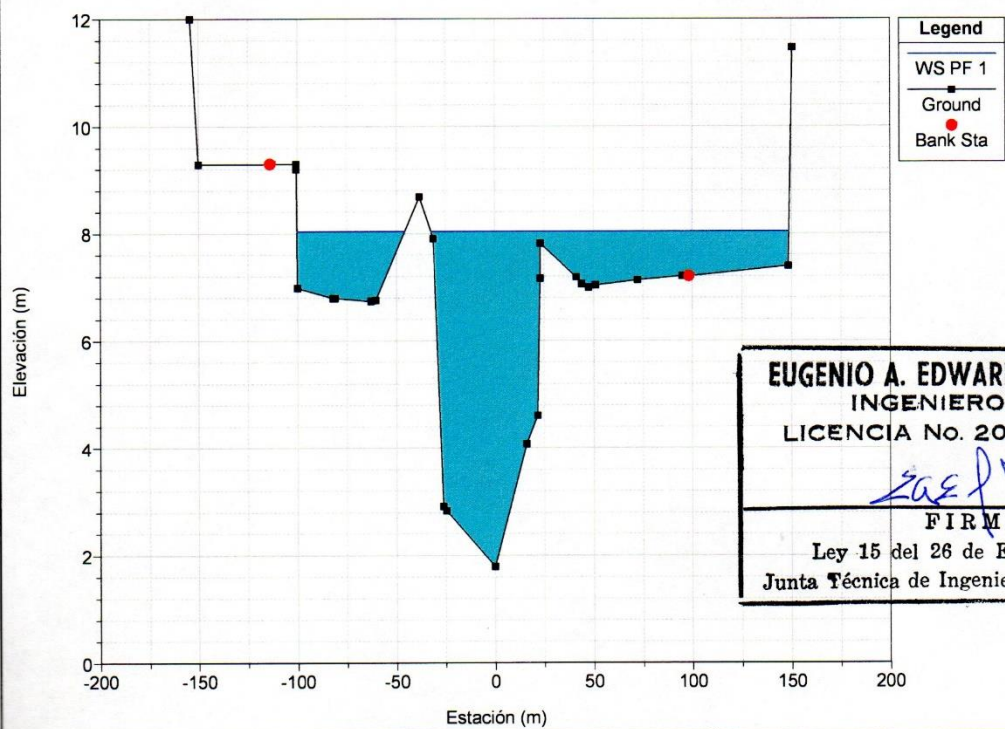
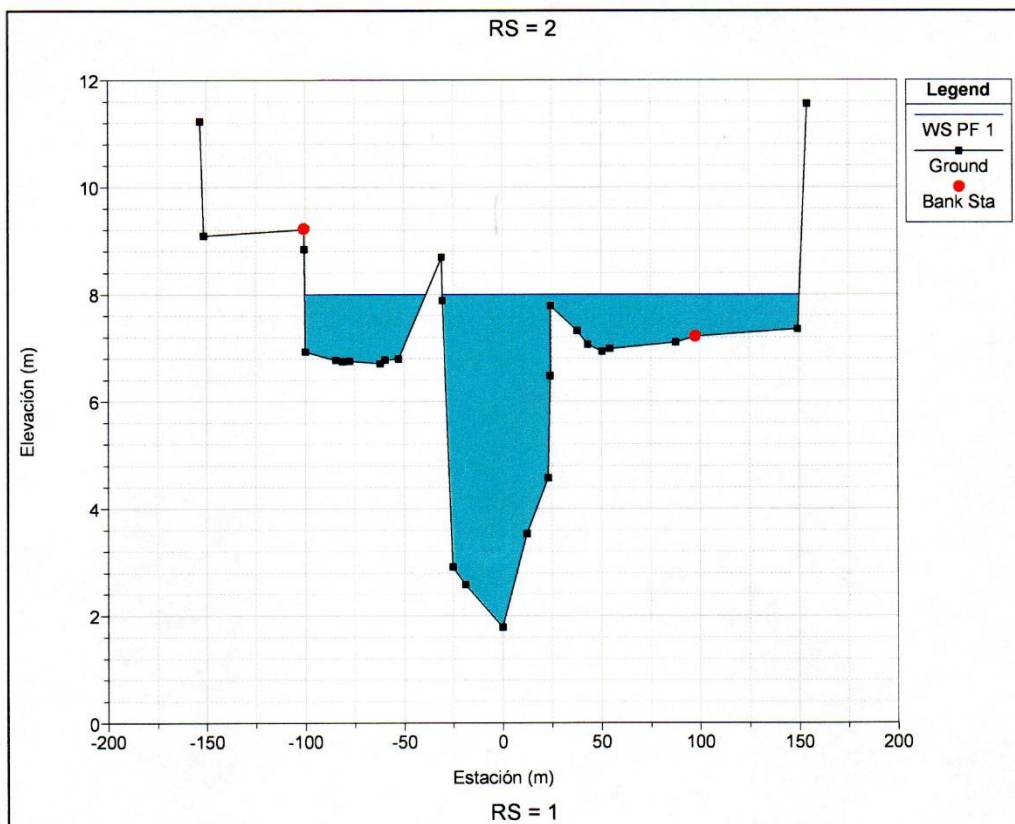




**EUGENIO A. EDWARDS GONZALEZ**  
**INGENIERO CIVIL**  
**LICENCIA No. 2000-006-065**

**FIRMA**

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



**EUGENIO A. EDWARDS GONZALEZ**  
**INGENIERO CIVIL**  
**LICENCIA No. 2000-006-065**

*E.A. Edwards*

**FIRMA**

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