

ANEXO 9

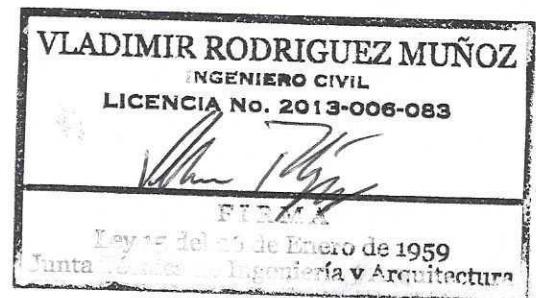
ESTUDIO HIDROLOGICO CON ANALISIS DE AGUA

345

**ANALISIS HIDROLÓGICO-HIDRAULICO
QUEBRADA 1
AFLUENTE DEL RIO MARIA HENRIQUEZ**

**PROYECTO
“NIVELACION Y ENCAJONAMIENTO”**

**SOCIEDAD URBANIZADORA
DEL CARIBE, S.A.**



Panamá, Abril de 2018

346

INTRODUCCIÓN

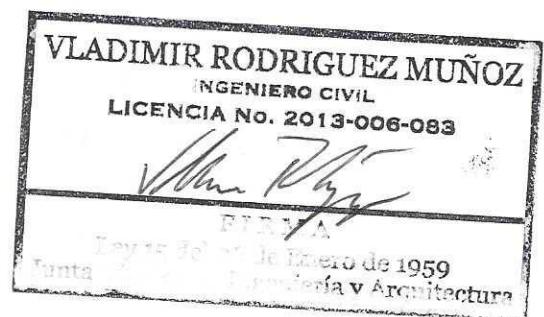
El proyecto de “Nivelación y Encajonamiento” está ubicado en Ciudad del Lago, sobre el Boulevard Ciudad del Lago. Se trata de un globo de terreno que ocupa un área de 1 hectárea más 2,711.17 m².

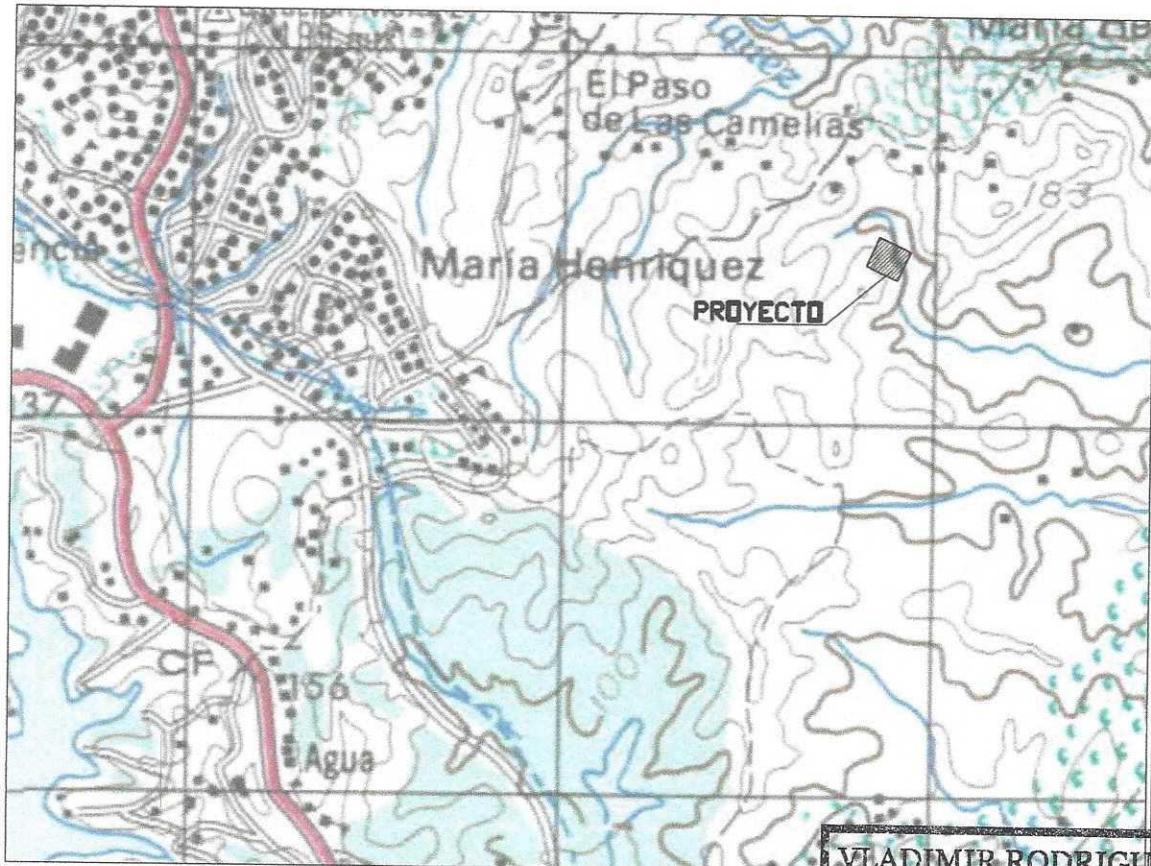
El proyecto es propiedad de Sociedad Urbanizadora del Caribe, S.A. y está ubicado sobre parte de la Finca 331441 Documento 1927065, en el Corregimiento Ernesto Córdoba Campos, Distrito de Panamá, Provincia de Panamá.

Este documento contiene los resultados del análisis hidrológico-hidráulico realizado a una quebrada sin nombre que es un afluente del río María Henríquez, y que para efectos de este estudio hemos llamado Quebrada 1, la cual atraviesa el terreno del proyecto.

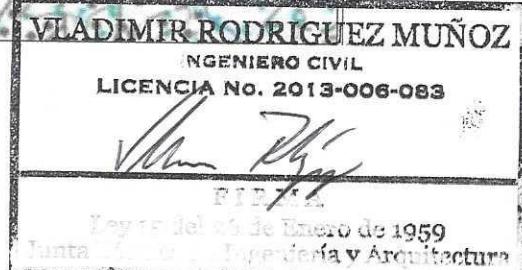
El objetivo del estudio es determinar el dimensionamiento del encajonamiento del tramo de la quebrada que atraviesa la propiedad. Este tramo es de aproximadamente 117 metros.

Adjuntamos la ubicación del proyecto sobre un mosaico de Tommy Guardia.





Localización Regional del Proyecto.

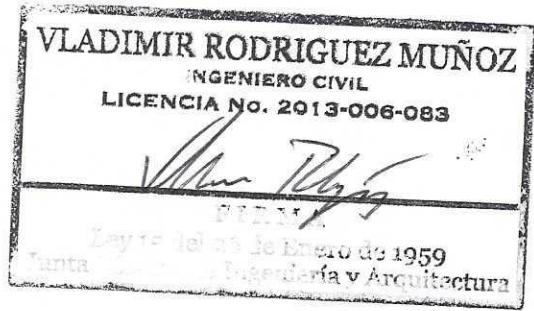


GENERALIDADES DE LAS CUENCAS EN ESTUDIO

La República de Panamá, al igual que los países centroamericanos, se ve afectada por anomalías 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 humanas realizadas a la naturaleza. Estos eventos ocasionan, en algunos casos, cuantiosas pérdidas tanto económicas como de vidas humanas.

La Quebrada 1 es un pequeño curso de agua que desemboca al Río María Henríquez, el cual a su vez desemboca al Río Las Lajas y este último en el Río Juan Diaz (Cuenca 144). Ver cuenca del Río Juan Diaz y del Río Las Lajas en Figura 1.

348



1. Climatología del Área de la Cuenca en Estudio.

1.1. El Clima.

El clima tropical marítimo húmedo del Istmo de Panamá está determinado, principalmente, por la cercanía del Ecuador, la presencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI) y por la masa oceánica que lo rodea. El desplazamiento de la ZCI genera la estación seca (de diciembre a abril), cuando ésta se desplaza hacia el sur y cuando la misma se desplaza hacia el norte se genera la estación lluviosa (de abril a noviembre). Los océanos que rodean la región atenúan las amplitudes de temperatura y aumentan la humedad en el medio ambiente.

1.2. Precipitación.

El régimen de precipitación del área estudiada forma parte de la vertiente del Pacífico, caracterizándose por precipitaciones de abril a noviembre. La precipitación pluvial es muy variable de un año a otro. Los promedios de precipitación que se presentan fueron obtenidos del producto de mediciones realizadas entre los años 1977 y 2010 de la Estación Meteorológica de Tocumen (144-002) ubicada a $9^{\circ}03'56''$ de Latitud y $79^{\circ}23'31''$ de Longitud. La precipitación anual promedio es de 1917 mm y un máximo mensual de 330 mm. La baja precipitación entre diciembre y abril coincide con el predominio de los vientos N y NE. Las precipitaciones que se dan en la estación seca se deben a los alisios NE que provienen del Atlántico.

La estación lluviosa está marcada por días de un intenso calor y un grado de humedad del aire bastante alto, lo que provoca condiciones climáticas muy inconfortables. Las lluvias de este período son generalmente de tipo convectivo y de corta duración (de 2 a 5 horas) que se distinguen por una fuerte cantidad de agua.

1.3 Temperatura

La temperatura media anual de la ciudad de Panamá es de 27.3° C. La temperatura a lo largo del año oscila entre 20.8° C y 33.9° C, de acuerdo a la Estación Meteorológica de Tocumen.

1.4 Viento.

La ciudad de Panamá está influenciada por la brisa del mar y los vientos alisios, estos últimos están condicionados por el movimiento de la ZCI. La frecuencia de ocurrencia de las brisas de mar es de 5% en la estación seca y de 20% durante la estación lluviosa. Las velocidades medias de los vientos se sitúan entre 1.5 m/seg y 2.4 m/seg, de acuerdo a la Estación Meteorológica de Tocumen. Estas velocidades representan el 80% y el 95% de las frecuencias anuales de las direcciones N, NE y NO. La frecuencia de los períodos calmos es de 20% a 25% de la frecuencia de los vientos mensuales.

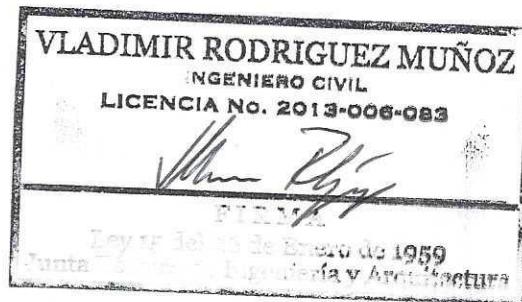
2. Areas de Drenaje.

La Quebrada 1 forma parte de la cuenca del Río María Henríquez que está dentro de la cuenca del Río Las Lajas. Este río a su vez pertenece a la cuenca del Río Juan Díaz (Cuenca 144), que finalmente desemboca en la Bahía de Panamá.

La totalidad de la cuenca del Río María Henríquez se encuentra entre las coordenadas 610 km y 670 km Este y 1005 km y 1009 km Norte (coordenadas UTM) y corre mayormente de Oeste a Este.

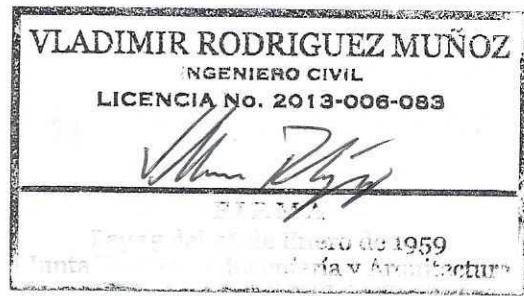
El área de la cuenca en estudio es una pequeña parte de la cuenca de la Quebrada 1 ya que el proyecto se encuentra muy cerca al inicio de la misma.

Esta Quebrada 1 nace a una elevación de 115 metros sobre el nivel del mar aproximadamente. El recorrido de la cuenca al punto de análisis es de aproximadamente 430 metros. Se trata de un área de drenaje de 12.7 hectáreas, ver cuenca de drenaje en Figura 2 adjunta.



ESTUDIO HIDROLÓGICO

CUENCA EN ESTUDIO



El área de drenaje de la Quebrada 1 es de 12.7 hectáreas. La cuenca total en estudio tiene unas dimensiones aproximadas de 500 mts. por 250 mts., un desnivel total de 19 m y una pendiente promedio de 4.44%. Estos datos fueron obtenidos a través del levantamiento topográfico realizado al área. Ver Figura 2

CALCULOS HIDROLÓGICOS

Para el cálculo del caudal utilizaremos el método racional:

$$Q = C * i * A / 360$$

donde Q = es caudal ($m^3/seg.$), C = es el coeficiente de escorrentía, i = intensidad de la precipitación ($mm./Hr.$), y A = es el área de drenaje de la cuenca ($ha.$). El uso de la formula es válido ya que el área es menor a 250 ha.

Consideramos para el valor del coeficiente de escorrentía el valor de $C = 0.90$ por ser un área en vías de desarrollo urbano (lo cual evita problemas en un futuro por impermeabilización del terreno).

El tiempo de concentración fue calculado usando el método desarrollado por el FAA (Federal Aviation Administration-1970), donde se calcula usando la siguiente expresión:

$$Tc = 1.8 * (1.1 - c) * \frac{L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

donde C es el coeficiente de escorrentía del Método Racional, L es la longitud del flujo superficial en pies, y S es la pendiente de la trayectoria del flujo en porcentaje.

Para el cálculo de la intensidad de la lluvia tomaremos un período de retorno de 1:50 años. Utilizando las formulas recomendadas para este cálculo en el manual de normas del MOP tenemos la siguiente expresión:

$$i = \frac{370}{33 + Tc}$$

donde "Tc" es tiempo de concentración en minutos e "i" es la intensidad de la lluvia en plg/ hrs

Tiempo de concentración:

$$Tc = 1.8 * (1.1 - c) * \frac{L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

C=0.90

L= 428 m (1,403.8 pies)

Diferencia de elevación 114 - 95 = 19

Pendiente S= 19/428 = 0.0444 = 4.44%

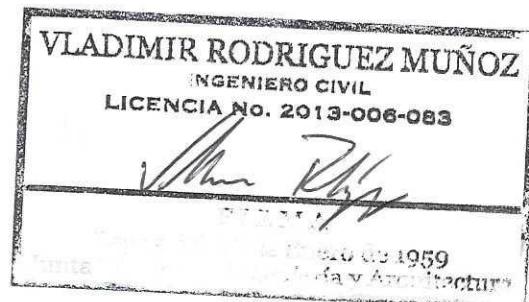
$$Tc = 1.8 * (1.1 - 0.90) * \frac{(1403.8)^{0.50}}{(4.44)^{0.333}}$$

Tc = 8.21 min.

Usaremos **Tc = 8.2 min.**

Intensidad de la lluvia:

$$i = \frac{370}{33 + 8} * 25.4 = 228.11 \text{ mm/hr}$$



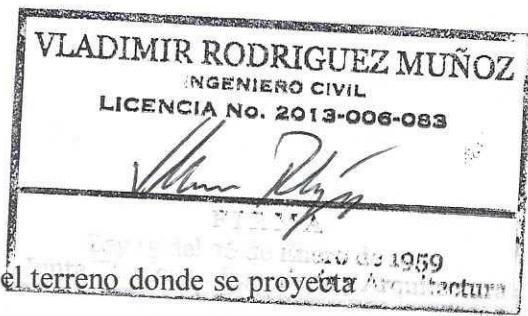
Caudal a utilizar:

Con estos datos podemos obtener el caudal utilizando área de drenaje A= 12.7 Ha.

$$Q = \frac{C * i * A}{360} = \frac{0.9 * 228.11 * 12.7}{360} = 7.24 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Q = 7.24 m³/seg será el caudal que se utilizará.

DISEÑO DE CAJÓN PLUVIAL



Parte del recorrido de la Quebrada 1 se encuentra atravesando el terreno donde se proyecta construir el proyecto. Se trata de una distancia aproximada de 117 metros. Cabe destacar que luego de atravesar el terreno del proyecto este curso de agua ingresa en un cajón rectangular existente para pasar por debajo del Boulevard Ciudad del Lago.

Consideraciones Generales para el Diseño del Cajón.

El cajón será diseñado para un caudal con un tiempo de retorno de 1 en 50 años. El caudal que transitará por el cajón es de $7.24 \text{ m}^3/\text{seg}$ (la altura del nivel del agua no debe ser mayor que el 80% de la altura total del cajón).

Al considerarse la elevación del proyecto y los taludes que se generan, además de la ubicación del cajón existente, este nuevo cajón tendrá una longitud aproximada a los 117 metros.

La pendiente se estableció tomando en cuenta los niveles del curso natural de la Quebrada 1 donde iniciaría el cajón y donde se encuentra el inicio del cajón existente, y la distancia del mismo, obteniendo una pendiente de $S=0.021\text{m/m}$

Para verificar que la sección rectangular del cajón propuesta cumpla con los requerimientos del MOP se utilizará la fórmula de Manning, la cual es:

$$Q = (1/n) * (R^{2/3}) * (S^{1/2}) * A \text{ en } (\text{m}^3 / \text{seg.})$$

Cálculos Hidráulicos

Utilizando la geometría del canal, determinaremos el tirante usando la siguiente expresión:

$$Q = \frac{1}{n} S^{1/2} R^{2/3} A \Rightarrow 20.982 = \frac{1}{0.013} (0.0086)^{1/2} \times \left[\frac{bY}{b+2Y} \right]^{2/3} \times [bY]$$

Sección del Cajón

Usando métodos numéricos y asumiendo una $b = 2.44$ m (Base del Cajón), determinamos que la "Y", para la pendiente de $P = 0.021$, es de:

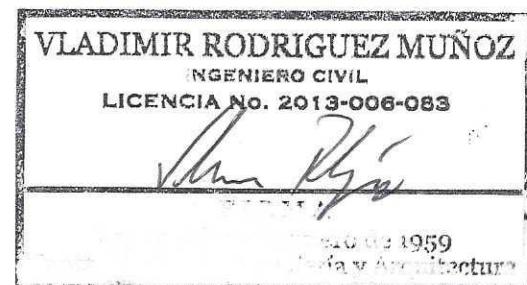
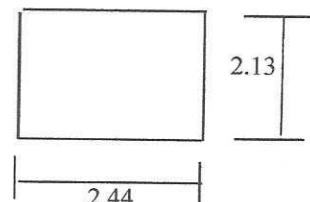
$$Y = 0.75m$$

Se estableció luego la altura total del cajón, la cual consideramos como $H = 2.13$ m.

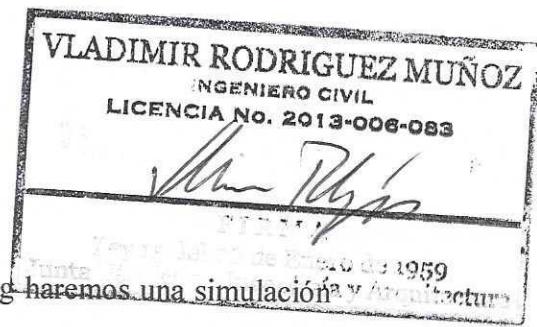
Por lo que el Cajón queda establecido como:

Base del Cajón de Concreto = $b = 2.44$ m, Altura del Cajón = $H = 2.13$ m, Longitud del Cajón = $L = 118$ m, pendiente = $S_0 = 0.021$ m/m.

Los detalles constructivos serán tomados de la Tabla 3 de la hoja Cajón rectangular de concreto Tipo 1008 del MOP.



SIMULACION HIDRAULICA CON HEC-RAS



Adicionalmente al análisis realizado con la Ecuación de Manning haremos una simulación del cajón y la quebrada usando el modelo HEC-RAS.

Con la información topográfica y el caudal de la quebrada calculado para un período de retorno de 1 en 50 años se procedió a simular los niveles de la superficie del agua en cada sección transversal a lo largo del tramo en estudio.

INTRODUCCIÓN AL MODELO HEC-2

El modelo HEC-2 fue desarrollado en los años 70 por el Hydrologic Engineering Center en los Estados Unidos (Hoggan, 1997). El programa se diseña para calcular perfiles superficiales del agua para flujo permanente, gradualmente variado en canales naturales (ríos) o artificiales. El proceso computacional se basa en la solución de ecuaciones unidimensionales de energía, utilizando el método estándar del paso. Entre sus usos, el programa se puede utilizar para delinear zonas de alto riesgo de inundaciones. También se usa para evaluar efectos sobre perfiles de la superficie del agua como resultado de mejoras y construcción de diques en canales. Además, es útil para simular estructuras como puentes.

EL MODELO HIDRÁULICO HEC-RAS

Siguiendo los conceptos del modelo HEC-2 para la determinación de perfiles de la superficie de agua, el USACE (Army Corps of Engineers of the United States) desarrolló un sistema de análisis de ríos, conocido como el HEC-RAS, (1995, 2000). El modelo HEC-RAS es muy idéntico al modelo HEC-2, con unos pocos cambios menores. Los objetivos, metas y resultados de los programas son los mismos. La gran mejora es la adición del poder gráfico al usuario (GUI). El GUI es un sistema de Windows que permite al usuario entrar, editar, y desplegar datos y gráficas en un formato de lectura fácil. Esta

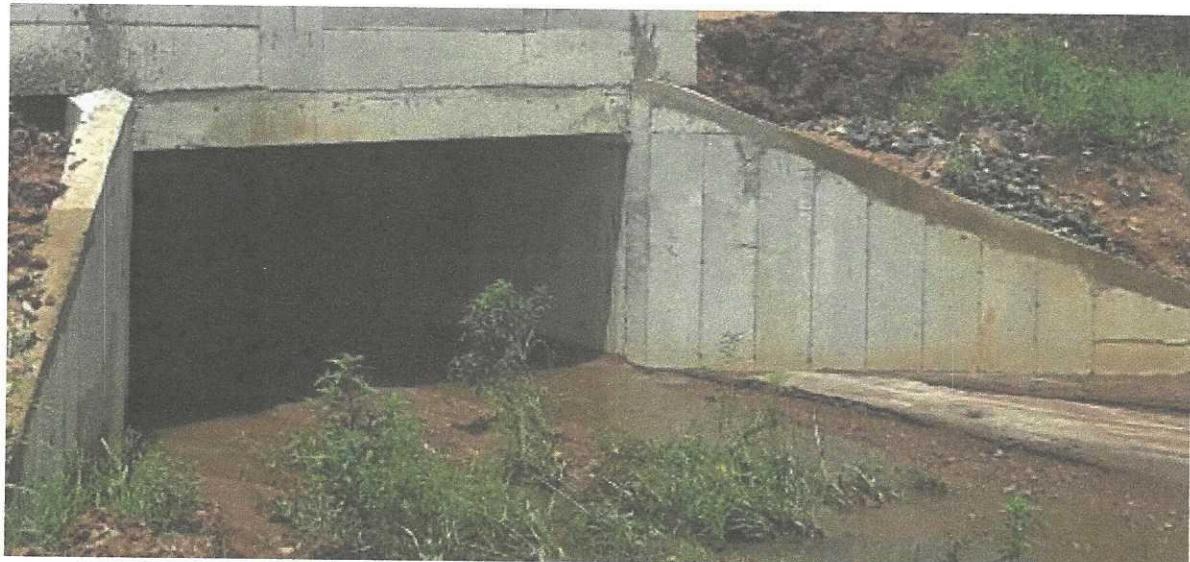
355

capacidad facilita al modelador una mejor visualización del río y su condición. Hasta permite imprimir la geometría del río en tres dimensiones.

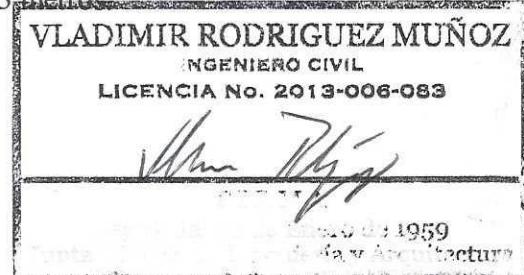
Para el análisis con HEC-RAS además de la información del cajón se está utilizando información sobre la topografía del cauce 190 metros aguas arriba de lo que se proyecta como final del cajón del proyecto y 230 metros aguas debajo de la salida del cajón existente, teniendo una longitud total de análisis de aproximadamente 625 metros.

Desde la estación 0K+313.70 a 0K+430.50 se proyecta construir el cajón pluvial, el cual es una continuación del cajón pluvial existente que pasa debajo del Boulevard Ciudad del Lago; la dimensión proyectada sería de 117 m de largo, 2.44m de base y 2.13m de altura; mismas dimensiones de base y altura del cajón existente.

Adjuntamos una foto de un cajón rectangular similar al propuesto para este proyecto.

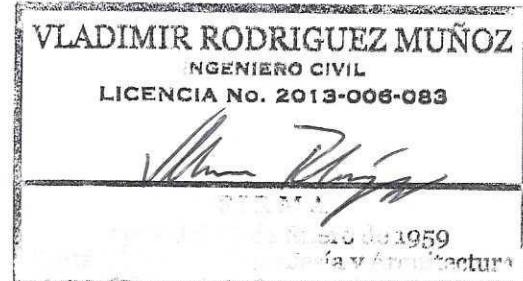


Procederemos a analizar las secciones naturales existentes y el cajón con Hec-Ras, para mostrar los niveles que alcanza el agua para un periodo de retorno de 1 en 50 años en dichas secciones. El cajón utilizado en el análisis es la suma del cajón existente con el nuevo cajón para el proyecto, es decir, aproximadamente 203 metros.



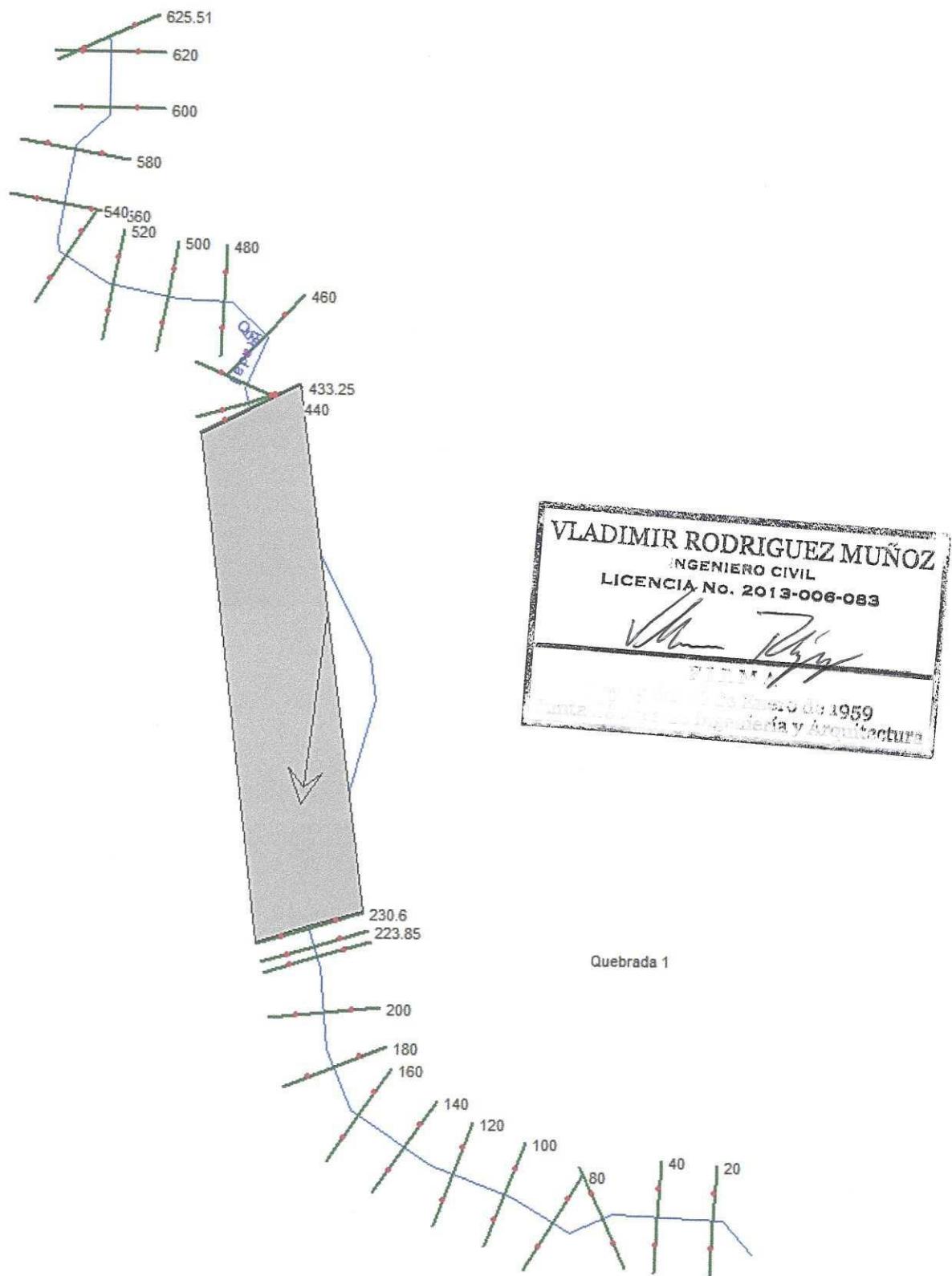
A continuación, se muestra la tabla de datos con los resultados más importantes para nuestro estudio.

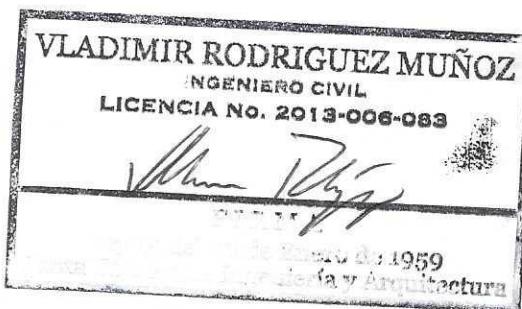
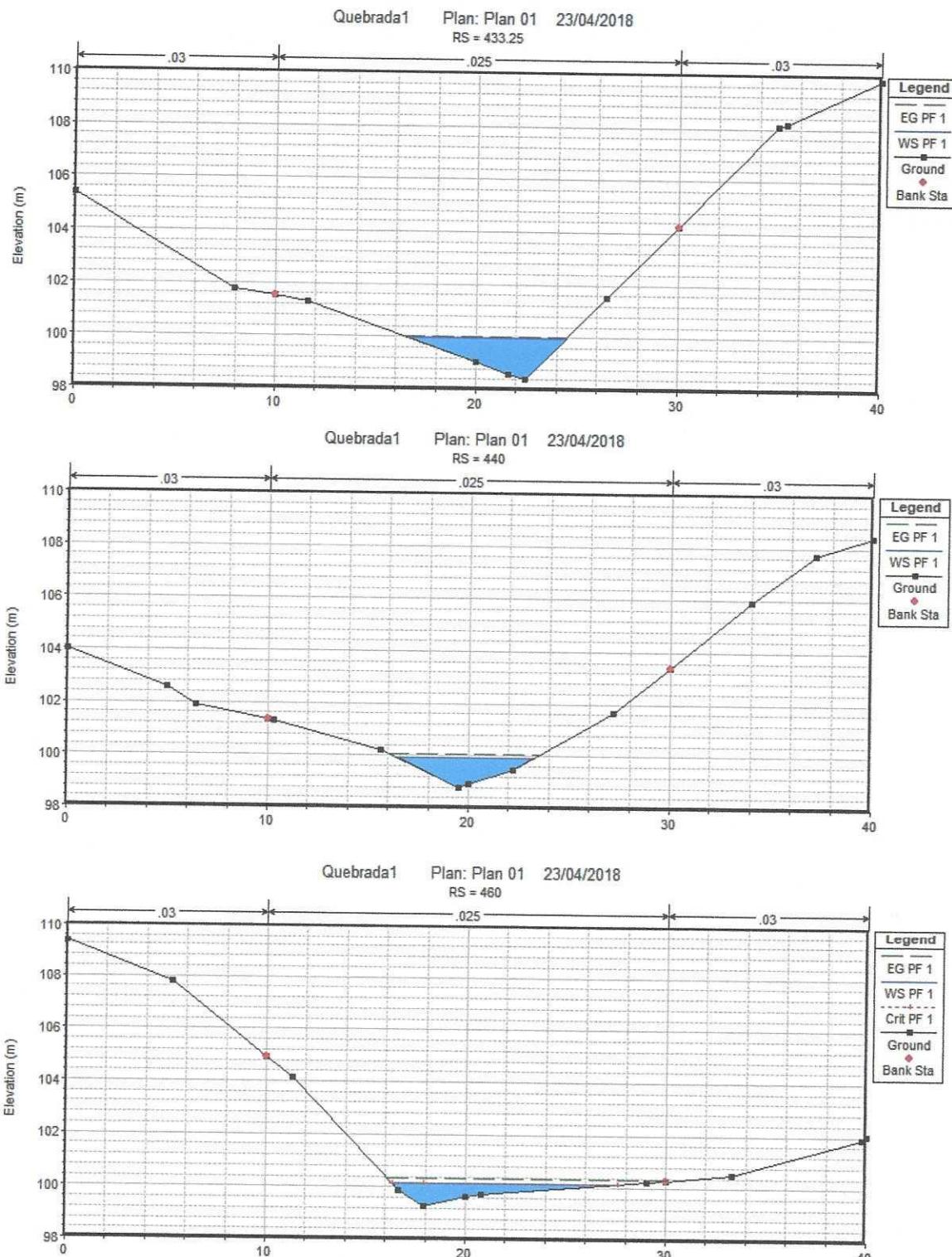
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Quebrada 1	625.51	PF 1	7.24	106.25	106.90	106.90	107.09	0.008234	2.04	3.96	10.93	1.00
Quebrada 1	620	PF 1	7.24	106.09	106.72	106.72	106.88	0.008363	1.82	4.17	13.28	0.98
Quebrada 1	600	PF 1	7.24	104.60	105.43	105.43	105.66	0.008406	2.09	3.47	7.84	1.00
Quebrada 1	580	PF 1	7.24	103.11	104.29	104.29	104.59	0.008358	2.44	2.97	4.92	1.00
Quebrada 1	560	PF 1	7.24	102.24	103.03	103.03	103.23	0.008948	1.97	3.67	9.48	1.01
Quebrada 1	540	PF 1	7.24	101.40	102.24	102.24	102.45	0.008398	2.04	3.56	8.42	1.00
Quebrada 1	520	PF 1	7.24	100.74	101.62	101.62	101.89	0.008479	2.27	3.20	6.18	1.01
Quebrada 1	500	PF 1	7.24	100.10	100.89	100.89	101.09	0.008822	2.01	3.60	8.77	1.00
Quebrada 1	480	PF 1	7.24	99.64	100.53	100.53	100.74	0.008595	2.07	3.50	8.08	1.01
Quebrada 1	460	PF 1	7.24	99.29	100.16	100.16	100.33	0.009046	1.85	3.92	11.30	1.00
Quebrada 1	440	PF 1	7.24	98.80	99.91		100.08	0.004441	1.81	3.99	6.75	0.75
Quebrada 1	433.25	PF 1	7.24	98.39	99.96		100.03	0.001384	1.19	6.10	7.81	0.43
Quebrada 1	431	PF 1	7.24	98.38	99.95	99.51	100.03	0.001465	1.22	5.92	7.55	0.44
Quebrada 1	330.75		Culvert									
Quebrada 1	230.6	PF 1	7.24	94.22	94.91	94.91	95.19	0.009394	2.37	3.05	5.37	1.01
Quebrada 1	223.85	PF 1	7.24	94.10	94.85	94.85	95.03	0.008899	1.85	3.92	11.29	1.00
Quebrada 1	220	PF 1	7.24	93.84	94.69	94.69	94.88	0.008950	1.96	3.70	9.76	1.01
Quebrada 1	200	PF 1	7.24	93.45	94.35	94.35	94.66	0.008343	2.46	2.94	4.82	1.01
Quebrada 1	180	PF 1	7.24	92.70	94.01		94.07	0.001192	1.11	6.52	8.47	0.40
Quebrada 1	160	PF 1	7.24	92.47	93.87		94.02	0.003525	1.73	4.19	6.07	0.66
Quebrada 1	140	PF 1	7.24	92.61	93.70	93.70	93.91	0.009361	2.05	3.54	8.34	1.00
Quebrada 1	120	PF 1	7.24	92.04	92.95	92.95	93.19	0.008579	2.19	3.31	6.78	1.00
Quebrada 1	100	PF 1	7.24	91.57	92.64	92.64	92.92	0.008673	2.35	3.09	5.67	1.01
Quebrada 1	80	PF 1	7.24	91.60	92.23	92.23	92.43	0.009238	1.98	3.66	9.42	1.01
Quebrada 1	60	PF 1	7.24	90.99	91.87	91.87	92.04	0.009611	1.83	3.96	11.79	1.01
Quebrada 1	40	PF 1	7.24	90.70	91.47	91.47	91.60	0.011051	1.59	4.56	19.36	1.04
Quebrada 1	20	PF 1	7.24	89.87	90.74	90.74	90.88	0.008905	1.72	4.36	14.88	0.96

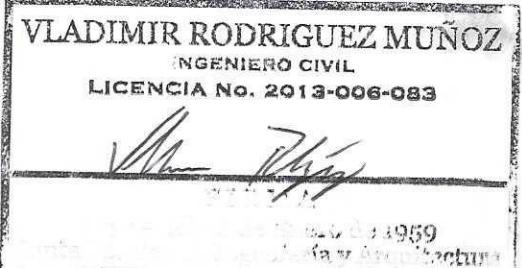
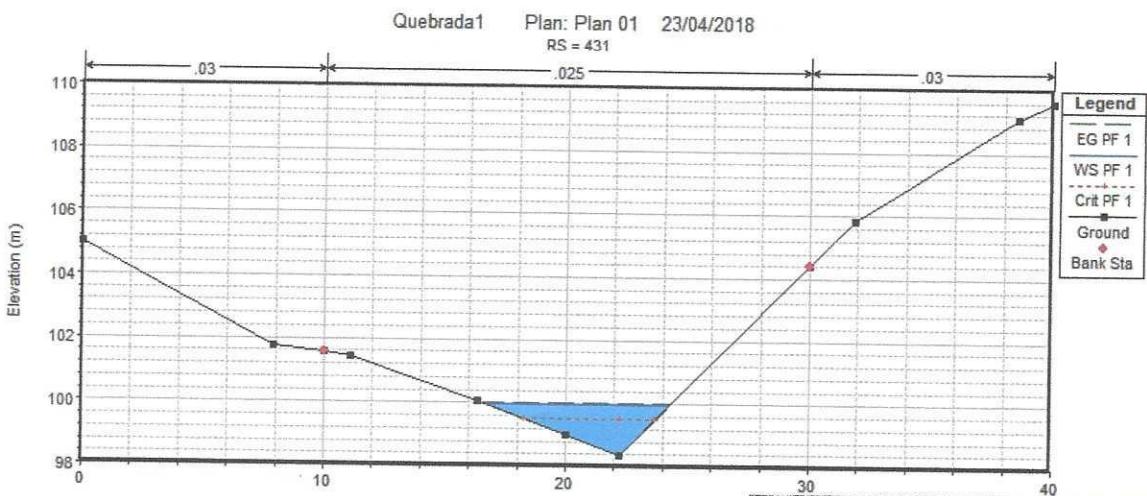
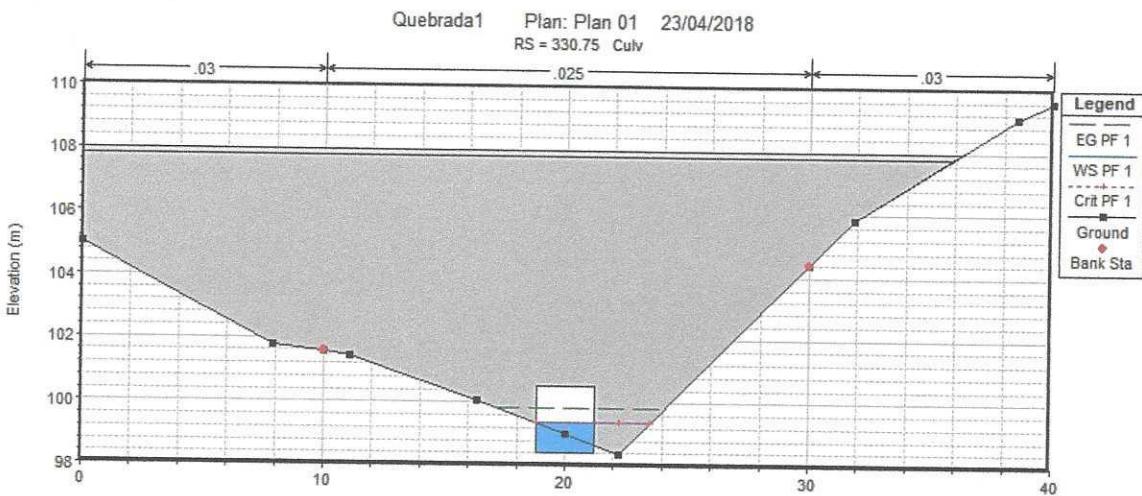
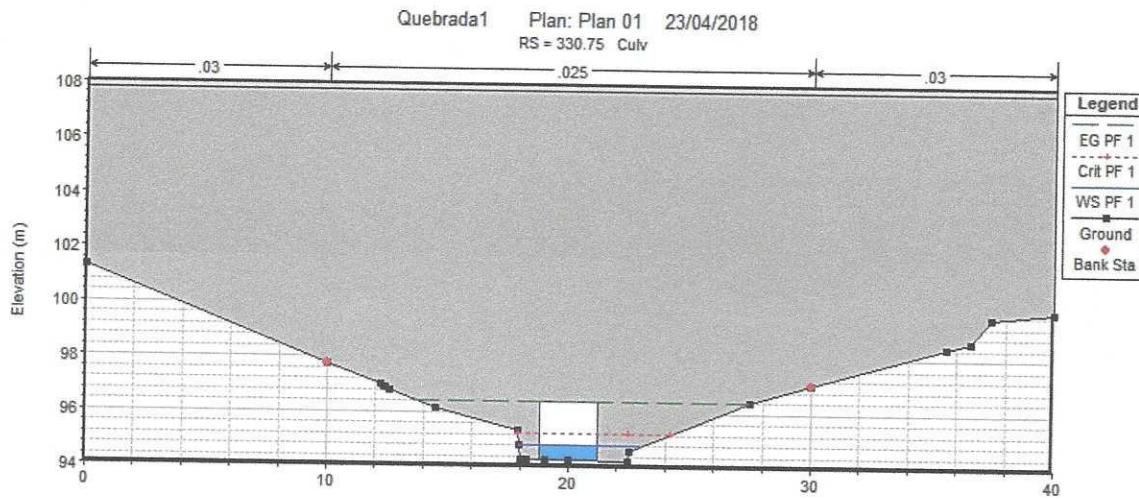


357

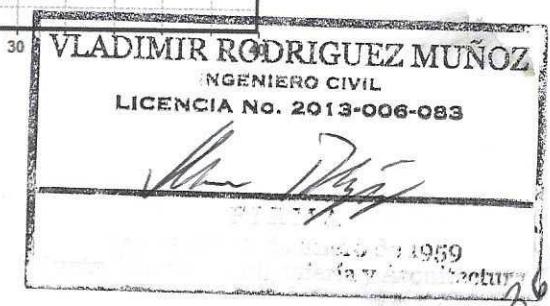
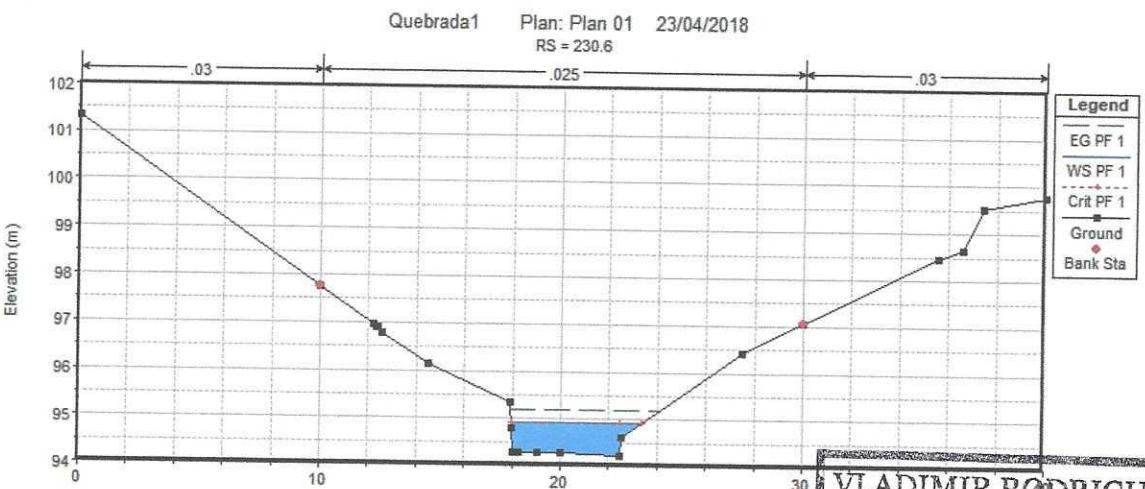
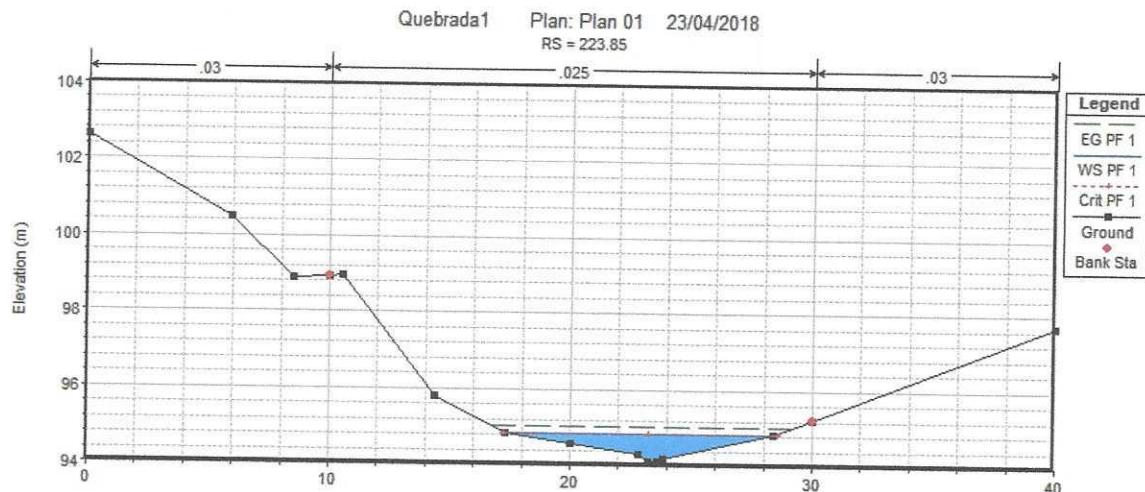
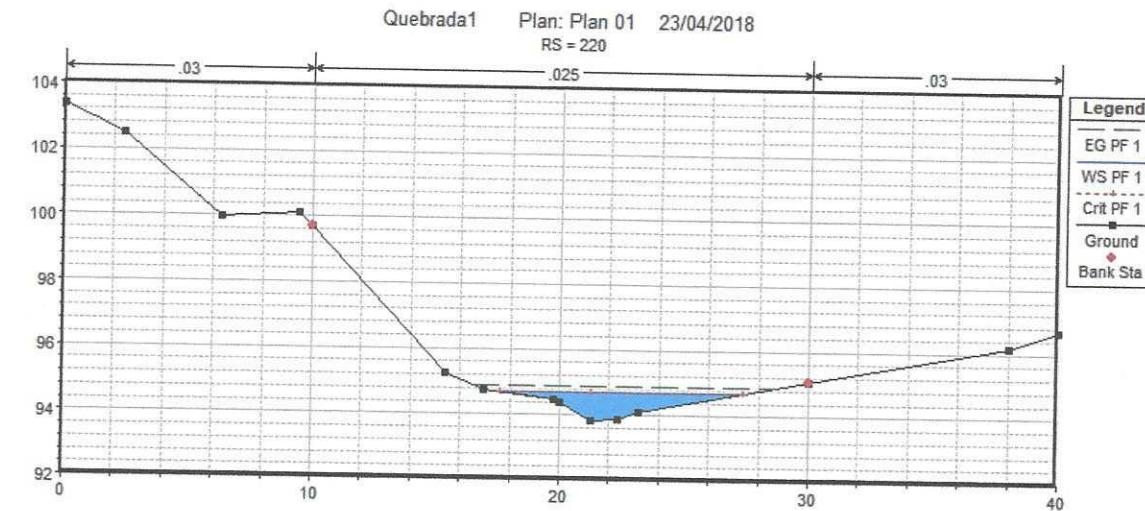
VISTA DE PLANTA DE LAS SECCIONES UTILIZADAS EN HEC-RAS





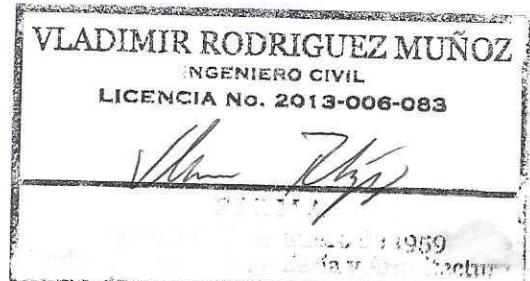


SECCIONES NATURALES



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El cajón propuesto es capaz de desalojar el caudal de la Quebrada 1 para un tiempo de retorno de 1 en 50 años.
- El análisis hecho por la Ecuación de Manning y por el modelo HEC-RAS muestran la capacidad hidráulica del cajón para el caudal de diseño.
- Es recomendable mantener un programa de limpieza del cauce en los meses de verano para evitar la obstrucción del flujo y evitar algún riesgo de inundación durante la época lluviosa.



V. RESULTADOS

855-18: Qda. Sin Nombre.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Aceites y Grasas	AyG	mg/L	SM 5520 B	<10,0	±1,0	10,0	<10,0
Coliformes Totales	C.T.	NMP/100 mL	SM 9223 B	9800,00	±0,40	1,0	N.A.
Conductividad Eléctrica	C.E.	µS/cm	SM 2510 B	550,0	±0,9	0,0	N.A.
Nitratos	NO ₃	mg/L	HACH10206	2,70	±0,32	1,0	<10,0
***Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/L	SM 4500 O	7,83	(*)	2,0	>7,0
***Potencial de Hidrógeno	pH	---	SM 4500 H	7,61	±0,02	-2,0	6,5-8,5
Sólidos Disueltos	S.D.	mg/L	SM 2540 C	381,0	±5,4	25,0	<500,0
Sólidos Sedimentables	S.Sed.	mL/L	SM 2540 F	<0,500	±0,1	0,500	N.A.
Sólidos Suspensidos	S.S.	mg/L	SM 2540 D	<5,0	±3,0	5,0	<50,0
Sólidos Totales	S.T.	mg/L	SM 2540 B	388,0	±5,4	2,5	N.A.
***Temperatura	T	°C	SM 2550 B	20,30	±0,16	-20,0	±3°C
Turbiedad	NTU	NTU	SM 2130 B	0,74	±0,03	0,02	<50,0

Notas:

1. Los parámetros que están dentro del alcance de la acreditación para los análisis de aguas son los siguientes: Aceites y Grasas, Cloruros, Potencial de Hidrógeno, Conductividad Eléctrica, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspensidos, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales, Cianuro, Compuestos fenólicos, Detergentes, Demanda Química de Oxígeno, Fósforo, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno total, poder espumante, sulfatos, temperatura y Turbidez. En suelo están acreditados Materia orgánica y Potencial de hidrógeno.
2. La incertidumbre reportada corresponde a un nivel de confianza del 95% (K=2).
3. L.M.C.: Límite mínimo de cuantificación.
4. N.A.: No Aplica.
5. (*) Incertidumbre no calculada.
6. (**) Decreto Ejecutivo N° 75 del 4 de junio de 2008. "Calidad ambiental y niveles de calidad de las aguas continentales para uso recreativo con y sin contacto directo".
7. (***): Parámetros medidos en el Laboratorio.
8. La(s) muestra(s) se mantendrá(n) en custodia por diez (10) días calendario luego de la recepción por parte del cliente de este reporte. Concluido este período se desechará(n).
9. Los resultados presentados en este documento solo corresponden a la(s) muestra(s) analizada(s).