

**RESPUESTA A COMENTARIOS DE LA NOTA DRCH-AC-1678-06-  
2022**

**PROYECTO:**

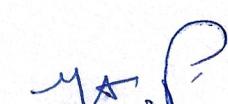
**RIEGO, UNIVERSIDAD DE PANAMÁ, FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS**

**UBICADO EN:**

**CORREGIMIENTO DE CHIRIQUÍ, DISTRITO DE DAVID,  
PROVINCIA DE CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ.**

**PROMOTOR:**

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

  
**GILBERTO SAMANIEGO**  
**CONSULTOR AMBIENTAL**

**REGISTRO IAR-073-2008 (ACT. 2021)**

**AGOSTO 2022**

A continuación, se presentan las respuestas a las interrogantes solicitadas en la nota DRCH-AC-1678-06-2022, sobre el EsIA Cat I del proyecto RIEGO, UNIVERSIDAD DE PANAMÁ, FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.

**1. PREGUNTA:** En las respuestas proporcionadas por el Promotor, se indica que el Río Chiriquí tiene el caudal suficiente, sin embargo, no indican cómo van a ingresar el volumen de agua necesario a la Quebrada La Berrona y no evidencian que la Quebrada tenga la capacidad hidráulica para conducir lo solicitado, mas lo concesionado por la Sociedad Mercedes Miro e Hijos S.A. Además el Promotor no ha sustentado con cálculos, de donde obtienen los 499 L/s caudal requerido para el riego.

Por lo antes expuesto se le solicita presentar la información antes descrita y que formaba parte de la información requerida en la pregunta #3 de la primera nota aclaratoria **DRCH-AC-1102-06-2022**.

**RESPUESTA:** En atención a lo solicitado, respondemos lo siguiente:

**a) Ingreso del volumen de agua necesario a la Quebrada La Berrona:**

R. Para dar respuesta a esta interrogante, se hizo una simulación cuyo resultado indica que hay dos maneras para ingresar el caudal solicitado, el primero corresponde al método o sistema tradicional que se hace todos los años que consiste en colocar un espigón de piedras o muro de piedras usando una pala mecánica para elevar (depende de la altura del muro) el nivel del agua del río Chiriquí en la entrada de la quebrada La Berrona usando la gravedad para la conducción. El segundo, usando una bomba para impulsar el agua a través de una tubería para descargarla en el cauce (esta última opción no se está considerando en este alcance) y la conducción sería por gravedad. En ambos casos se tramitaría una Autorización de Obra en Cauce con todos los requisitos exigidos para ello.

**b.** Evidenciar que la Quebrada tenga la capacidad hidráulica para conducir lo solicitado:

**R.** Se definió la topografía del cauce de la Quebrada en el tramo en estudio a partir de un levantamiento topográfico, para representar las secciones de la Quebrada requeridas para el modelo digital.

Para este estudio se hizo la modelación hidráulica de la Quebrada La Berrona para evaluar la capacidad hidráulica actual de transporte de 950 litros por segundo y así determinar viabilidad y recomendaciones para el uso del cauce natural de dicha Quebrada en el transporte o conducción de agua para riego en las parcelas de arroz de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, así como el usuario aguas abajo conocido como Mercedes Miro e Hijas, S.A.

Los resultados demostraron que la quebrada tiene capacidad hidráulica, por lo que se amplió el alcance de la simulación con modelajes para calcular la capacidad hidráulica hasta un caudal de  $1.27 \text{ m}^3/\text{s}$  para incluir todos los usuarios y el caudal ecológico.

Los datos sobre las secciones transversales de la Quebrada La Berrona y el caudal de simulación fueron introducidos en el software HEC-RAS, luego se procedió a computar los valores sobre los niveles que alcanzaría el caudal de simulación en cada una de las secciones, a partir de estos se estimó la lámina de crecida en cada una de las secciones. A continuación, se presenta de manera secuencial, desde la Toma en el río Chiriquí (0K+000) hasta aguas abajo (2K+485 m) en el sitio de bombeo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

**Caudal de Simulación** (o Caudal de conducción o transporte de agua proveniente del río Chiriquí más caudal propio de la microcuenca de la Quebrada La Berrona hasta el sitio de Bombeo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.)

Usuario	Caudal en l/s
Mercedes Miro e Hijas, S.A.	450
Universidad de Panamá (Proyecto Actual)	500
Usuarios Informales (Asentamiento)	100
Caudal estacional propio de la Quebrada La Berrona (*)	200
Caudal Ecológico (10%)	20
<b>Caudal de Simulación</b>	<b>1270</b>

(\*) Estimado con aforo de época lluviosa

El software de aplicación HEC-RAS (US ARMY ENGINEER CORP), tiene el objetivo de simular las crecidas máximas para diferentes períodos de ocurrencia, se utiliza la topografía de los perfiles transversales del área de influencia del proyecto, los resultados y objetivos se enfocan en la comprobación gráfica simulada de cada uno de los niveles de agua de un caudal en específico. El modelo de inundación se hizo considerando un tramo de 2,485 metros de la Quebrada La Berrona comprendido entre la estación 0K +000 en la toma en el río Chiriquí y 2K + 485 metros hasta el sitio de toma o bombeo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

El resultado del modelado hidráulico indica que La Quebrada La Berrona en el tramo analizado que serviría de conducción del caudal proveniente del río Chiriquí es viable y que para garantizar el caudal de  $1.27\text{m}^3/\text{s}$  hasta la toma de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, la simulación recomienda un trabajo de profundización del cauce en unos 30 centímetros desde la Toma en el río Chiriquí hasta unos 1500 metros en dirección aguas abajo por el cauce de la Quebrada, ya que de allí en adelante el cauce actual de la Quebrada cumple con la capacidad hidráulica de transporte del caudal analizado.

Este trabajo de profundización garantizaría el flujo de 1.27 m<sup>3</sup>/s para todos los usuarios.

Otra alternativa recomendada es que para transportar el caudal solicitado por la Facultad de Ciencias Agropecuarias, deberá entubar en la Toma y llevada hasta el sitio de bombeo actual.

En ambos casos se tramitaría la Autorización de Obra en Cauce cumpliendo con los requisitos que señala la normativa ambiental vigente.

Ver Estudio de Simulación.

**c. Sustentar con cálculos, de donde obtienen los 499 l/s caudal requerido para el riego:**

R. Se aplicó la metodología de la FAO (Allen, et al, 2006) que calcula la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>0</sub>) por medio de la ecuación Penman-Monteith, utilizando para ello el modelo CROPWAT-FAO 8.0 (Swennenhuis, 2006).

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

Donde:

ET<sub>0</sub> = evapotranspiración de referencia [mm día<sup>-1</sup>]

R<sub>n</sub> = radiación neta en la superficie del cultivo [MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>]

G = densidad del flujo de calor del suelo [MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>]

T = temperatura diaria media del aire a 2 m de altura [ C°]

u<sub>2</sub> = velocidad del viento a 2 m de altura [ m s<sup>-1</sup>]

e<sub>s</sub> = presión de vapor a saturación [ kPa]

e<sub>a</sub> = presión de vapor actual [ kPa]

e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub> = déficit de presión de saturación [ kPa]

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor

γ = constante psicométrica

Se utilizó una serie de datos meteorológicos mensuales de 28 años consecutivos de estación ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá cuyas coordenadas son 8° 23' 40" latitud N y 82° 20' 03" longitud O (CEIACHI, 2016).

Los parámetros que utiliza el programa para calcular la evapotranspiración son:

- temperaturas máxima y mínima (°C)
- velocidad del viento a 2 m de altura (m.s<sup>-1</sup>),
- humedad relativa (%),
- horas de brillo solar (Hr) y,
- lluvia (mm) (Allen, et al, 2006).

Debido a la falta de datos en algunos meses en la estación meteorológica ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se realizaron regresiones estadísticas con el objeto de obtener las ecuaciones representativas de la distribución de los datos para cada parámetro, utilizando los datos de ETESA David, por medio del programa Microsoft Excel 2016. Mediante las ecuaciones obtenidas se infirieron los datos faltantes. Por otro lado, los valores del coeficiente del cultivo (Kc) se obtuvieron del FAO 56 (Allen, et al. 2006), se tomó el valor máximo del kc y ajusto con 5% por posibles variaciones.

Se analizó además la probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones y ETo para cada mes (90%) utilizando el Programa INFOSTAT (Di Rienzo, et al. 2016).

## Precipitación Efectiva

- Se calculó la precipitación efectiva utilizando la ecuación FAO/AGLW:

$Ppte=0.6*ppt-10$  para  $Ppt \leq 70$  mm

$Ppte=0.8*ppt-24$  para  $Ppt > 70$  mm

Donde:

$Ppte$ = es la precipitación efectiva en mm

$Ppt$ =precipitación según la probabilidad en mm

	<b>Facultad de Ciencias Agropecuarias</b>	
	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Precipitación Efectiva (mm)</b>
<b>Enero</b>	20	2
<b>Febrero</b>	14	0
<b>Marzo</b>	35	11
<b>Abril</b>	64	28.4
<b>Mayo</b>	378	278.4
<b>Junio</b>	370	272
<b>Julio</b>	344	251.2
<b>Agosto</b>	379	279.2
<b>Septiembre</b>	384	283.2
<b>Octubre</b>	440	328
<b>Noviembre</b>	278	198.4
<b>Diciembre</b>	56	23.6
<b>AÑO</b>	2762	1955.4

Los valores del kc del cultivo utilizados se obtuvieron del archivo del CROPWAT 8.0 (Swennenhuis, 2006) y

Horas de Riego= 12 horas.

Eficiencia de Riego= 40%.

ETc= ET<sub>0</sub> x Kc=

$$ETc = 5.7 \text{ mm/día} \times 1.3 = 7.4 \text{ mm/día}^{-1}$$

Demanda Mensual= ETc x días mes – pppe

$$\text{Demanda Mensual} = 7.4 \text{ mm/día}^{-1} \times 28 \text{ días} - 0 = 207.5 \text{ mm}$$

$$\text{Modulo de riego} = \frac{ETC \text{ mm dia}^{-1}}{Efi} \frac{10000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} \frac{\text{dia}}{86400 \text{ s}} \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \times \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3} =$$

$$\text{Módulo de riego} = \frac{7.4 \text{ mm dia}^{-1}}{0.40} \frac{10000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} \frac{\text{dia}}{86400 \text{ s}} \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \times \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3} = 2.144 \text{ l/s. ha}$$

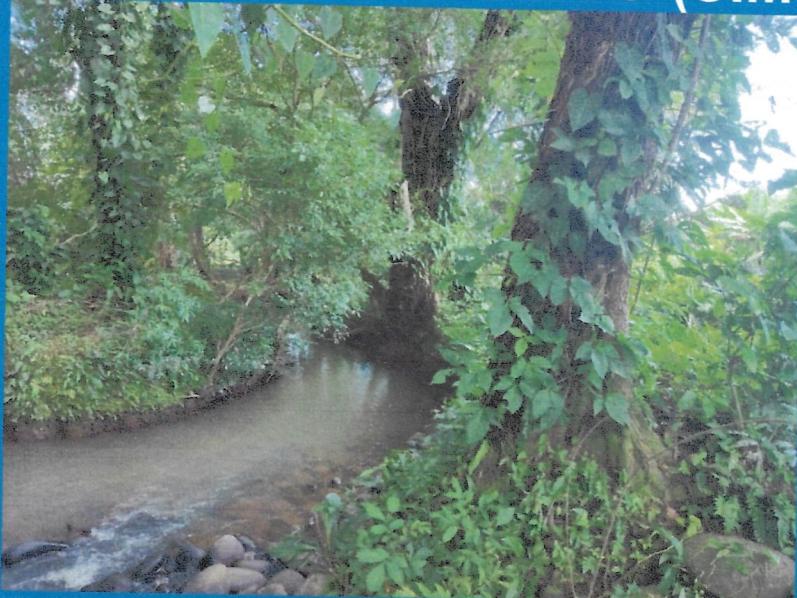
$$\text{Demanda de riego} = \text{modulo} \times \text{área} \times \frac{24}{Hr} = 2.144 \text{ l/s ha} \times 116.37 \text{ ha} \times \frac{24 \text{ horas}}{12 \text{ horas}} = 499.0 \text{ l/s}$$

## ANEXO

### 1. ESTUDIO HIDRÁULICO (SIMULACIÓN).

## **1. ESTUDIO HIDRÁULICO (SIMULACIÓN).**

# ESTUDIO HIDRÁULICO (SIMULACION)



**SIMULACIÓN HIDRÁULICA: DE LA QUEBRADA LA BERRONA – TRAMO DE LA TOMA EN EL RÍO CHIRIQUI HASTA PUNTO DE BOMBEO**

**PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE PANAMA**

**Lugar:**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS (F.C.A.), CORREG. DE DAVID  
DISTRITO DE DAVID, PROVINCIA DE CHIRIQUI EN LA REPÚBLICA DE PANAMÁ.**

**ELABORADO POR: ING. ALPIDIO FRANCO**

**IDONEIDAD #: 5,438-06**

**AGOSTO 2022**



## **SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LA QUEBRADA LA BERRONA**

Las modelaciones Hidrológicas-Hidráulicas tienen la finalidad de analizar el comportamiento de los cauces ya sean naturales o artificiales, estas modelaciones en muchos de los casos están sujetas a factores variables como los son las precipitaciones y los caudales registrados en los canales naturales o artificiales.

Para este estudio se realizó la modelación Hidráulica de la Quebrada La Berrona para evaluar la capacidad hidráulica actual de transporte de 950 Litros por segundo y así determinar viabilidad y recomendaciones para el uso del cauce natural de dicha Quebrada en el transporte o conducción de agua para riego en las parcelas de arroz de la Facultad de Agronomía, así como el usuario aguas abajo conocido como Mercedes Miro e Hijas, S.A.

Para esta labor se utiliza el software de aplicación HEC-RAS, creado por el cuerpo de Ingeniería de la Armada de Estados Unidos de América (US ARMY ENGINEER CORP), Este cuerpo de ingeniería desarrollo este software con el objetivo de simular las crecidas máximas para diferentes periodos de ocurrencia, al cual se utiliza la topografía de los perfiles transversales del área de influencia del proyecto, Los resultados y objetivos, se enfocan en la comprobación grafica simulada de cada uno de los niveles de agua de un caudal en específico.

### **Objetivo General**

Generar un modelo de inundación a partir de un programa de computadora del tramo de unos 2485 metros de la Quebrada La Berrona comprendido entre la estación 0K +000 en la toma en el río Chiriquí y 2K + 485 metros longitud hasta el sitio de toma o bombeo de la Facultad de Agronomía.

### **Objetivos Específicos**

- Definir la topografía del cauce de la Quebrada en el tramo en estudio a partir de un levantamiento topográfico, para representar las secciones de la Quebrada requeridas para el modelo digital.
- Realizar el análisis hidráulico del tramo de la Quebrada Berrona en estudio utilizando el programa de modelación por computadora HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System).

- A partir de los resultados obtenidos con el programa de computadora, generar conclusiones que permitan proponer y recomendar el uso de la Quebrada para la conducción de caudal proveniente del río Chiriquí

## Alcances

***El trabajo de investigación consiste en modelar el comportamiento hidráulico de un tramo de la Quebrada La Berrona, el cual recoge las aguas lluvias de un área determinada como Área de la Micro Cuenca.***

Para realizar el análisis hidráulico de la Quebrada La Berrona, se necesitó de un levantamiento topográfico de la misma, recopilar datos de caudales en uso actual y datos topográficos del cauce de la misma; así como determinar el método de análisis a utilizar para el cálculo del caudal que se genera. Con estos datos se procede al análisis por computadora, el cual proporciona los resultados acerca del comportamiento y capacidad hidráulica del tramo de la Quebrada en estudio y se propone entonces, las soluciones que permitan el uso de la misma en la conducción de agua para riego.

## Trabajo de cálculo

- Revisión de levantamiento topográfico.
- Análisis y determinación del tramo del cauce a modelar en el programa por computadora.
- Modelación de la capacidad hidráulica del tramo de la Quebrada La Berrona, mediante el programa HEC-RAS
- Análisis de los resultados de la modelación.
- Análisis comparativo entre el comportamiento hidráulico de la quebrada con su cauce natural actual
- Planteamiento de propuesta de solución.

**Caudal de Simulación (o Caudal de conducción o transporte de agua proveniente del río Chiriquí más caudal propio de la microcuenca de la Quebrada La Berrona hasta el sitio de Bombeo de la Facultad de Agronomía.)**

Usuario	Caudal en L/Seg
Mercedes Miro e Hijas, S.A.	450
Universidad de Panamá (Proyecto Actual)	500
Usuarios Informales (Asentamiento)	100
Caudal estacional propio de la Quebrada La Berrona (*)	200
Caudal Ecológico (10%)	20
<b>Caudal de Simulación</b>	<b>1270</b>

(\*) Estimado con aforo de época lluviosa

Las secciones transversales de la Quebrada La Berrona y el caudal de simulación según fueron introducidos en el software de HEC-RAS, una vez realizado este procedimiento se procedió a computar los valores sobre los niveles que alcanzaría el caudal de simulación en cada una de las secciones, a partir de estos datos computados se procedió a estimar las lamas de crecida en cada una de las secciones, las cuales se presentaran a continuación en secuencia de Toma en el río Chiriquí (0K+000) hacia aguas abajo (2K+485.000m) en el sitio de bombeo de la Facultad de Agronomía.

Para la modelación se utilizó el caudal de 1.27 m<sup>3</sup>/s

## Definición de Abreviaturas: (Interpretación)

EG: Altura de energía

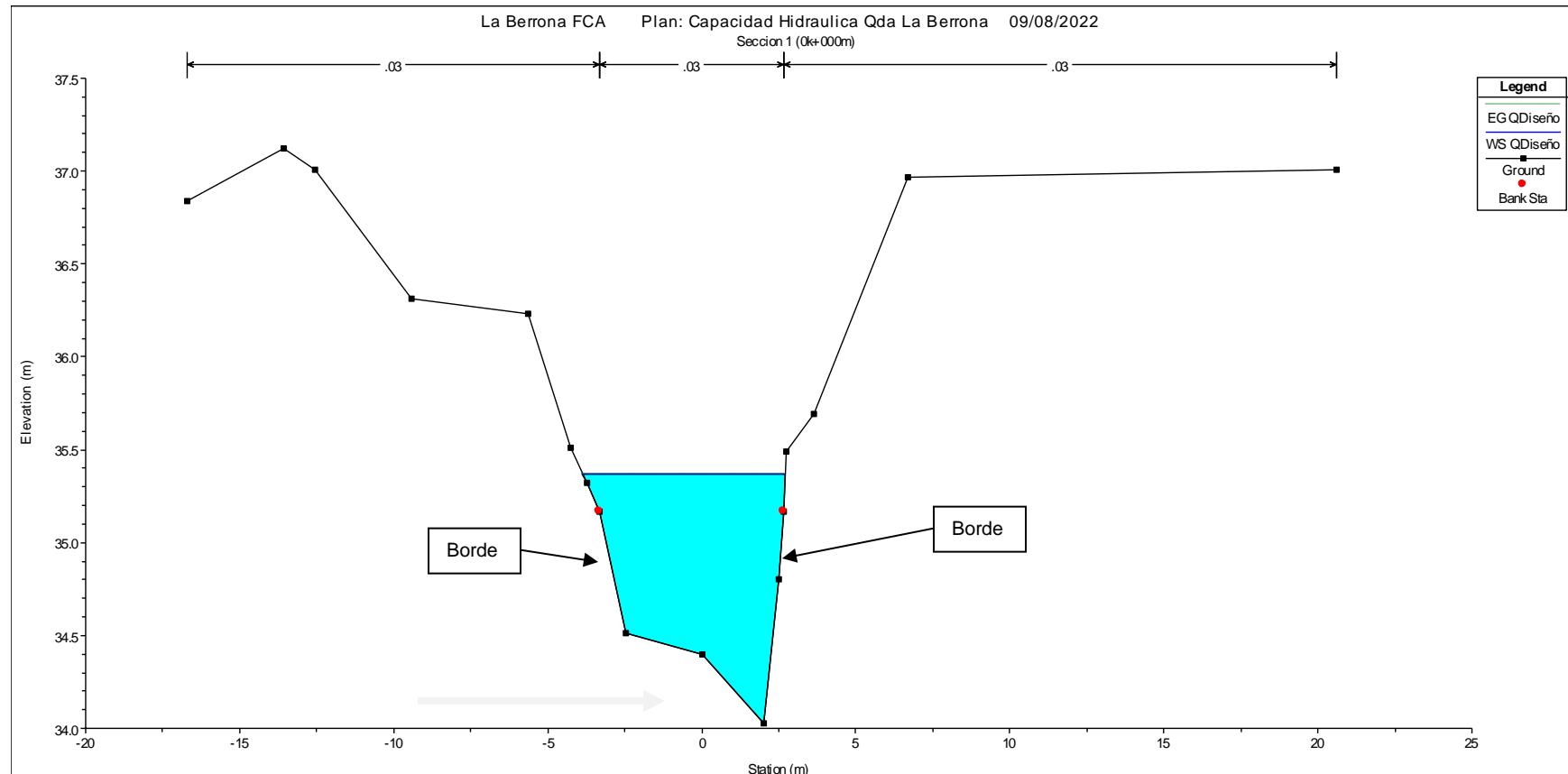
WS: Altura de la lámina de agua

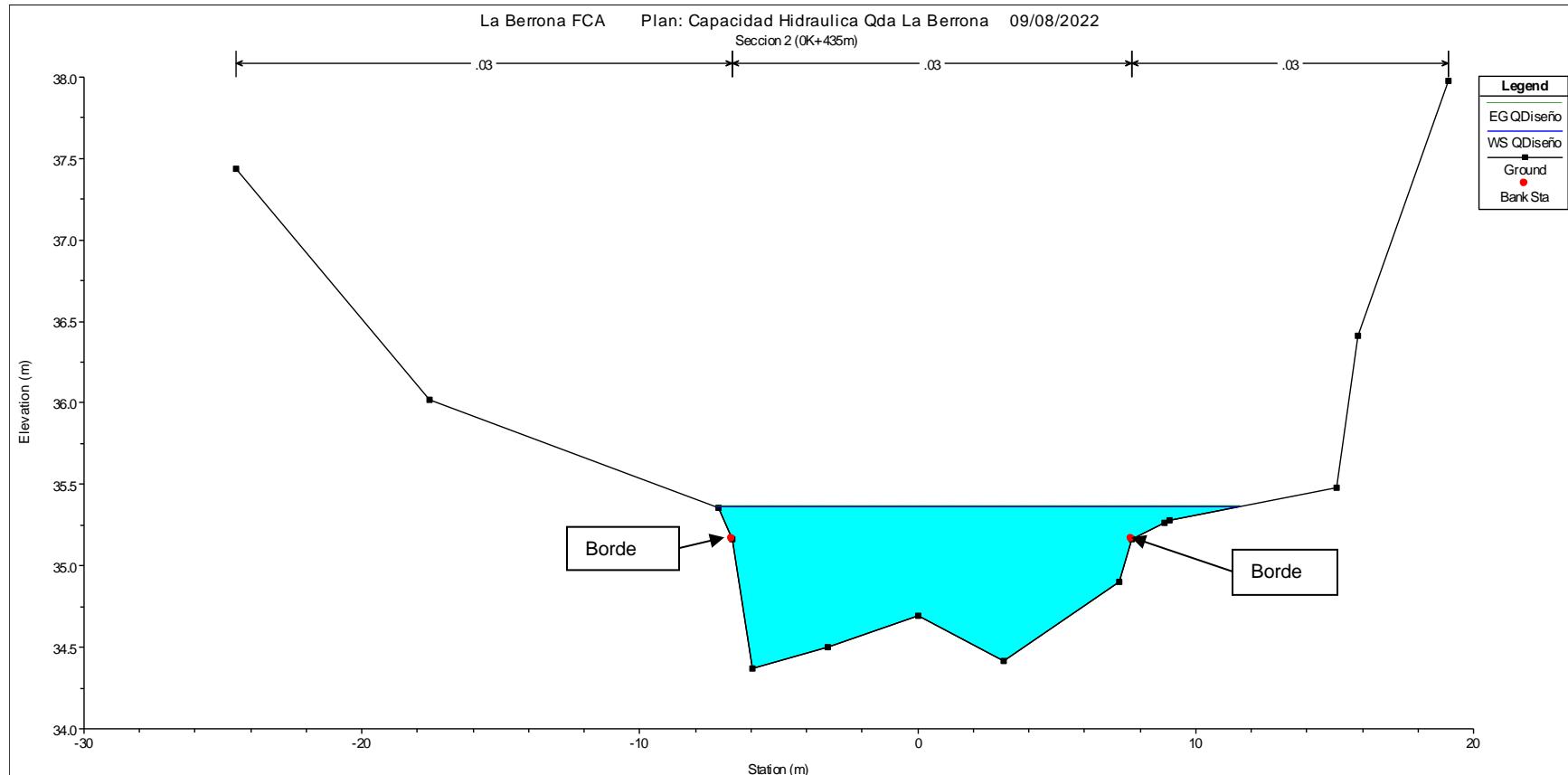
Crit: Altura crítica de lámina de agua

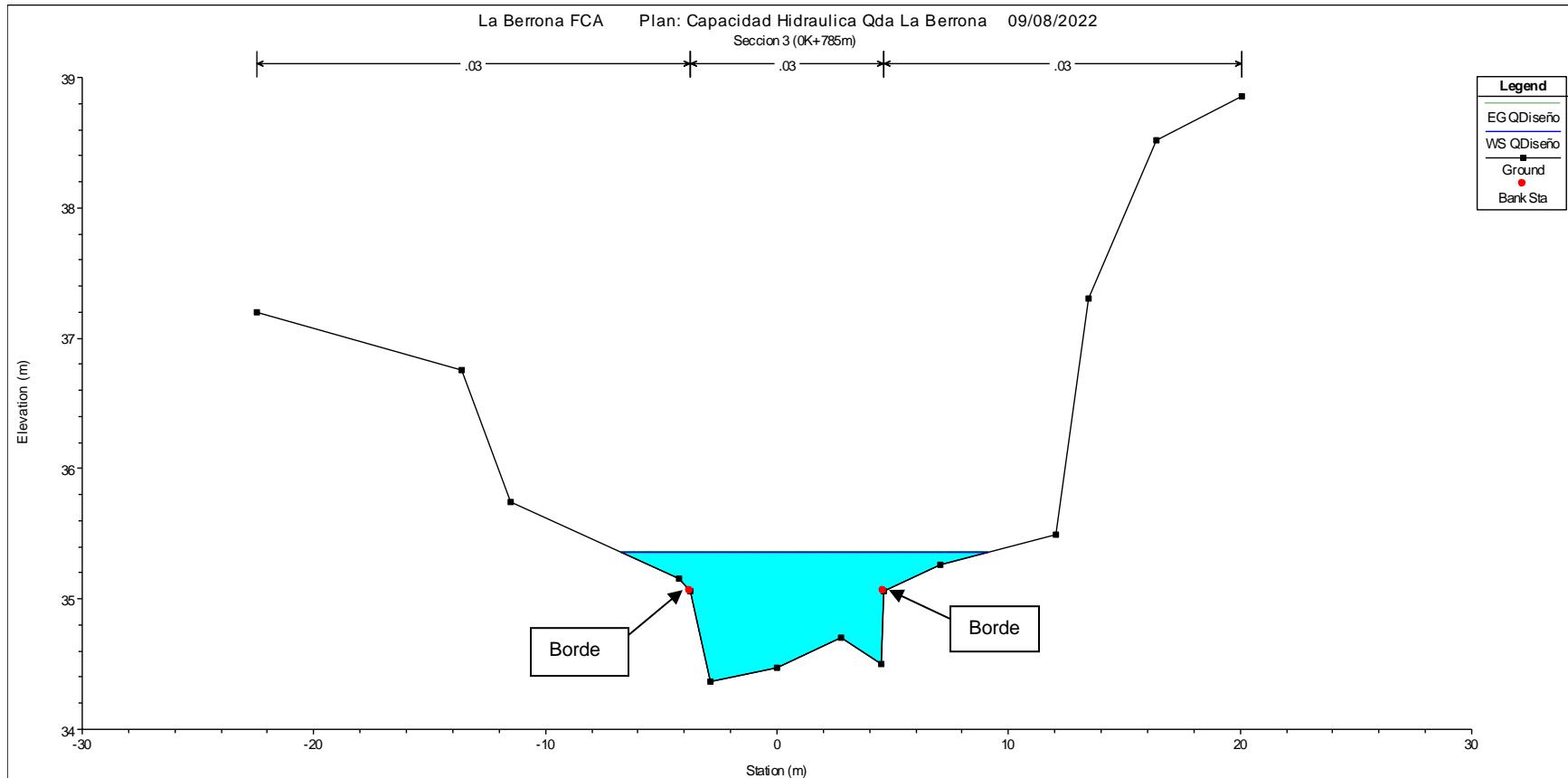
Ground: sección transversal en terreno

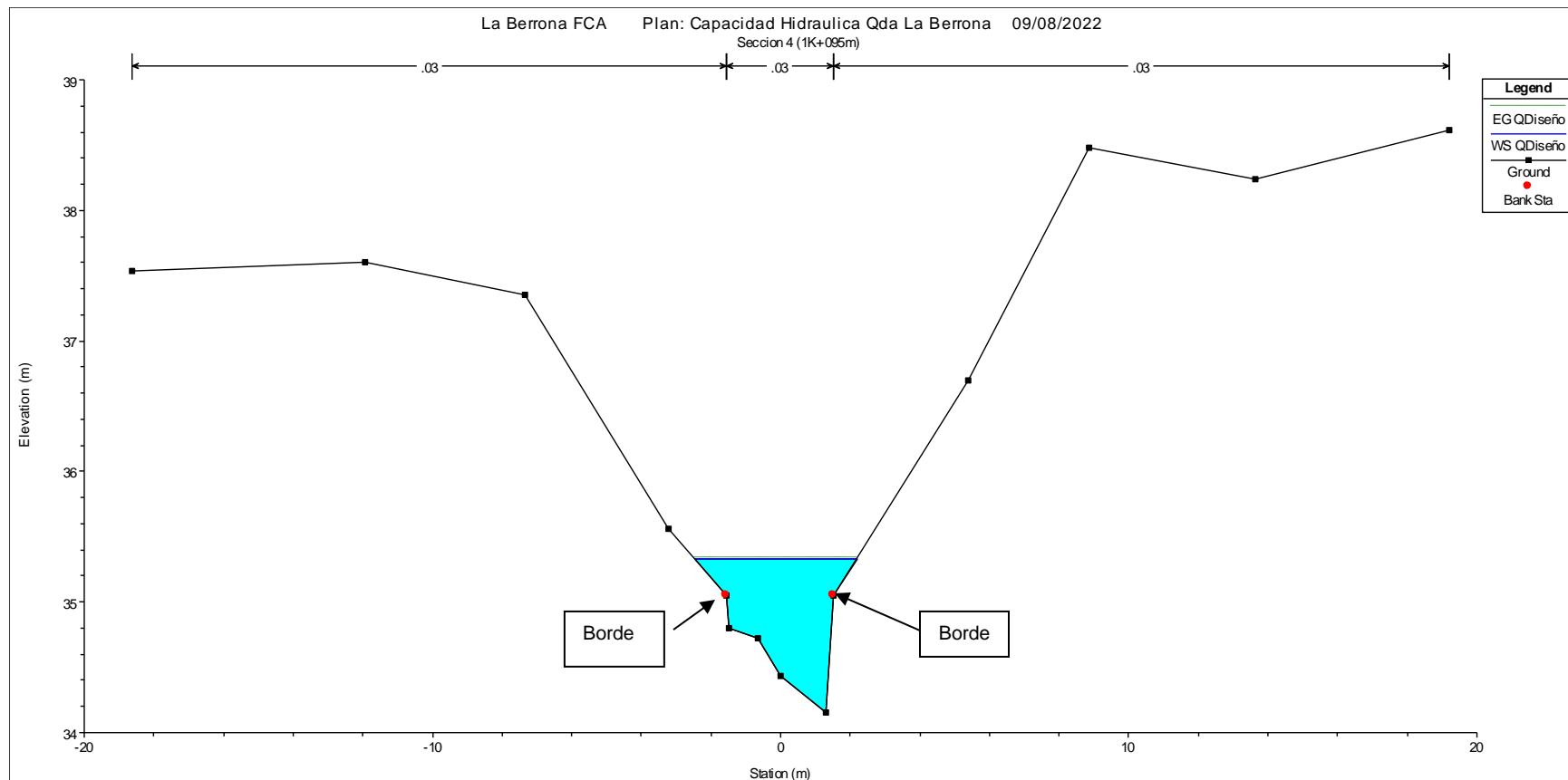
Bank Sta: Bordes de la Quebrada La Berrona (Puntos Rojos)

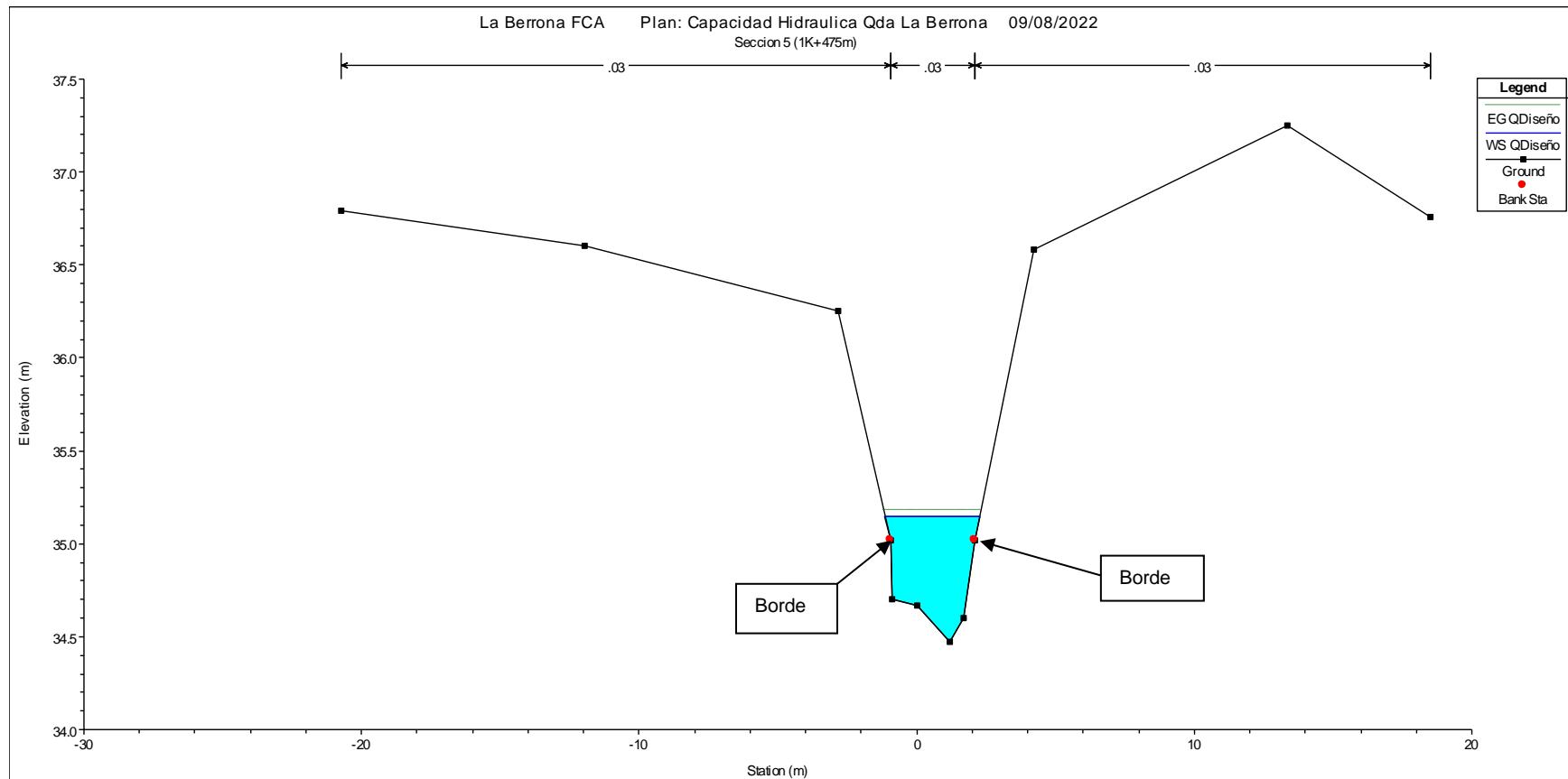
Q de simulación: 1.27 m<sup>3</sup>/s

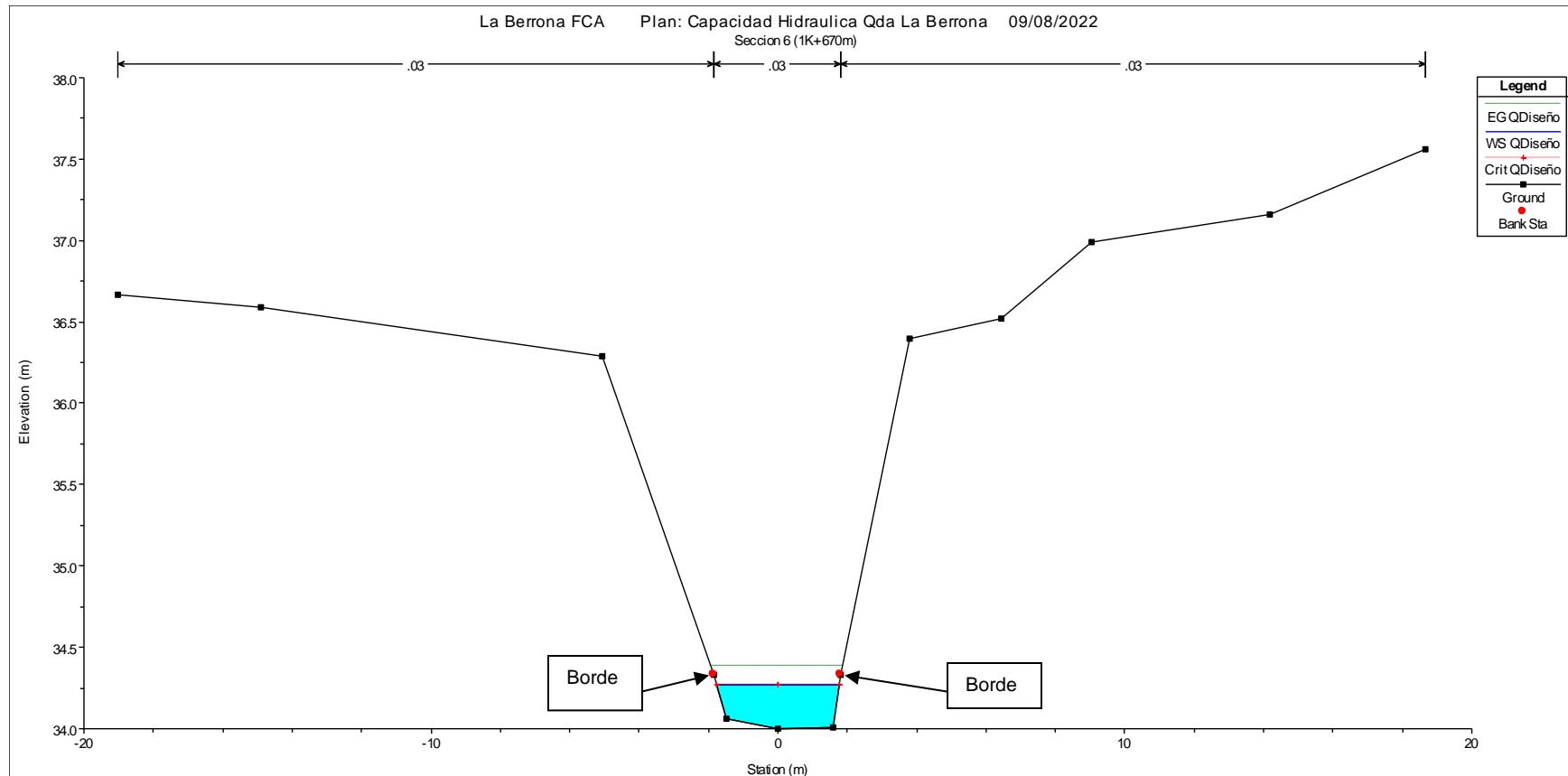


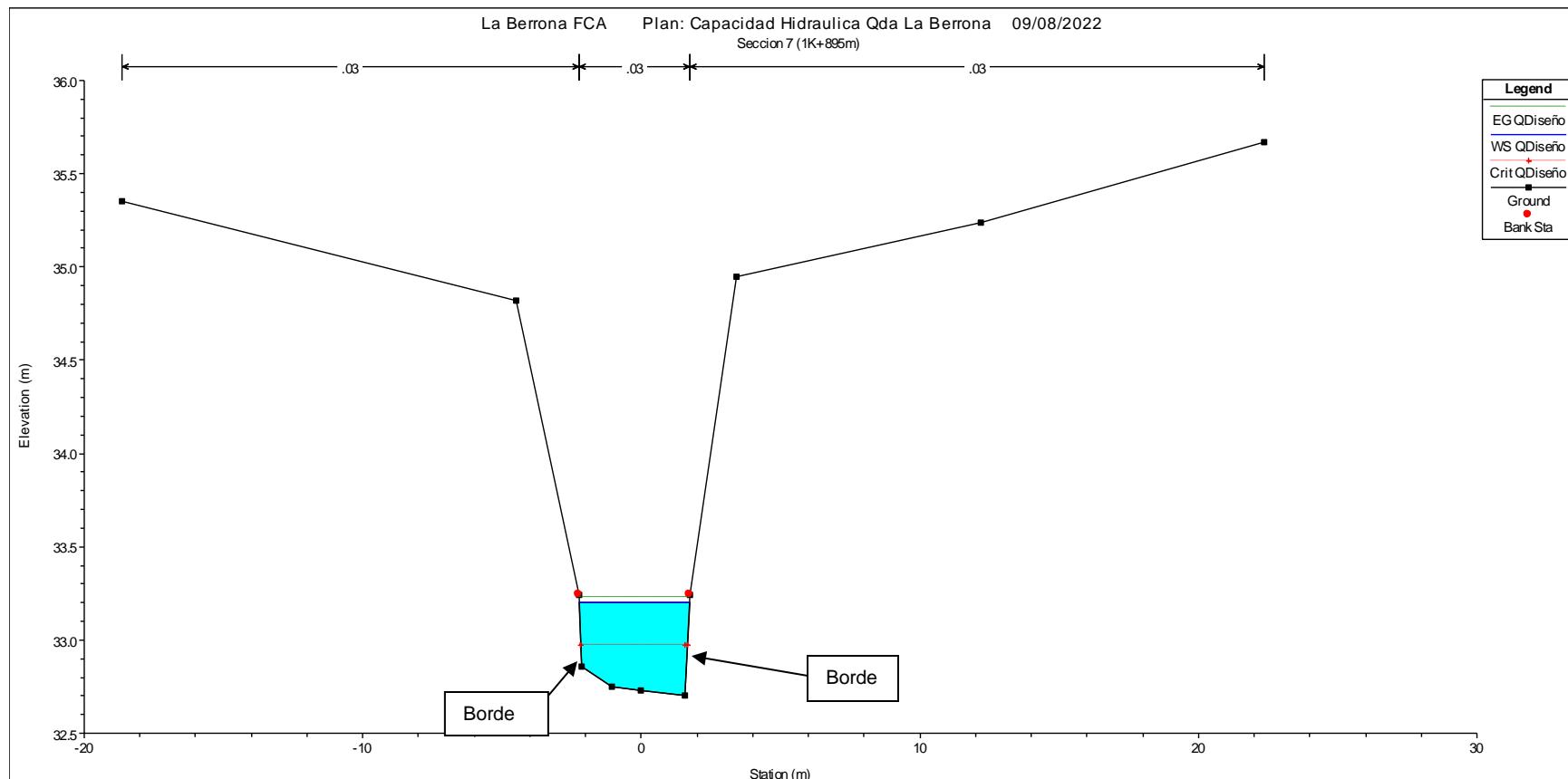


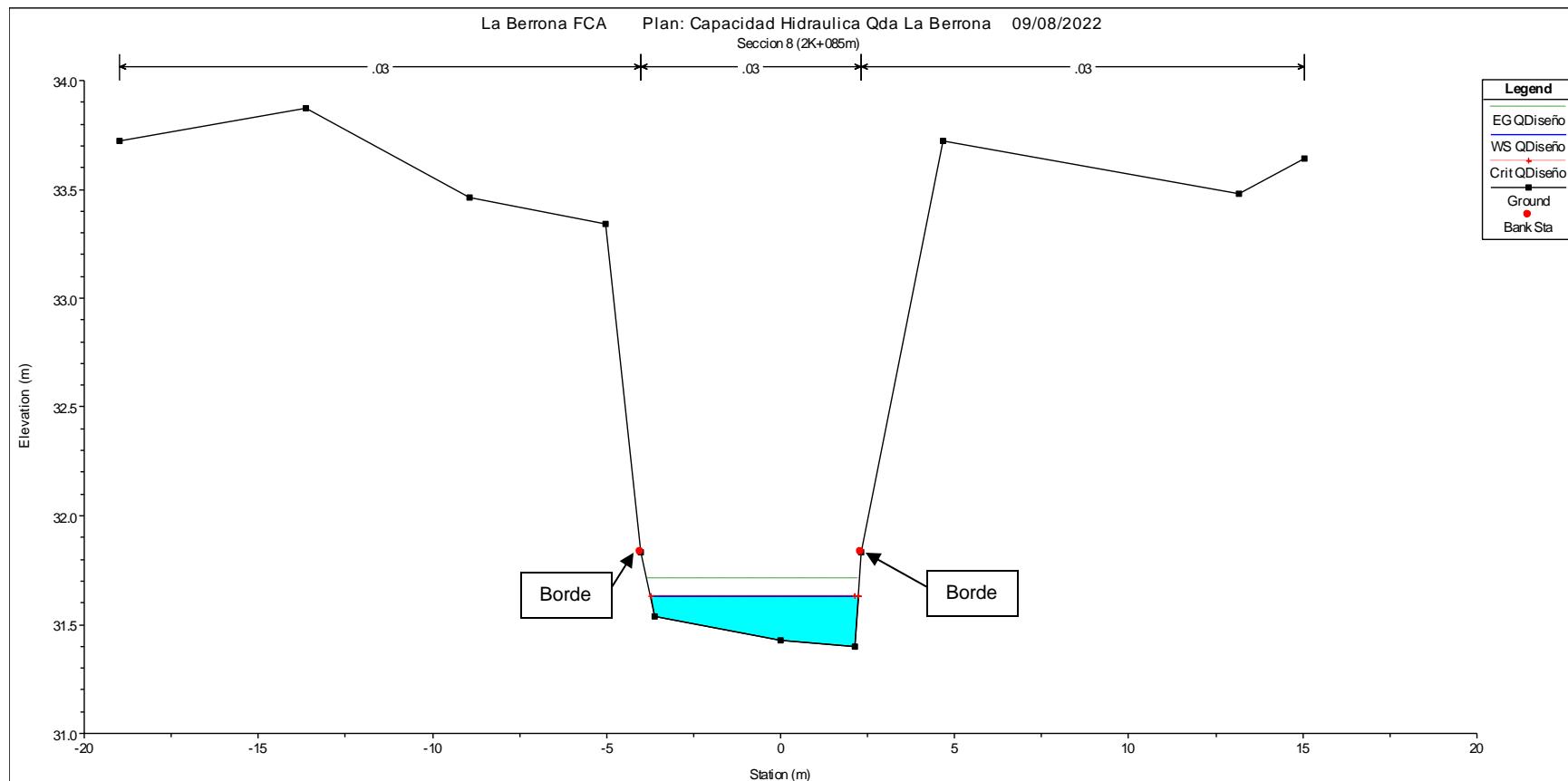


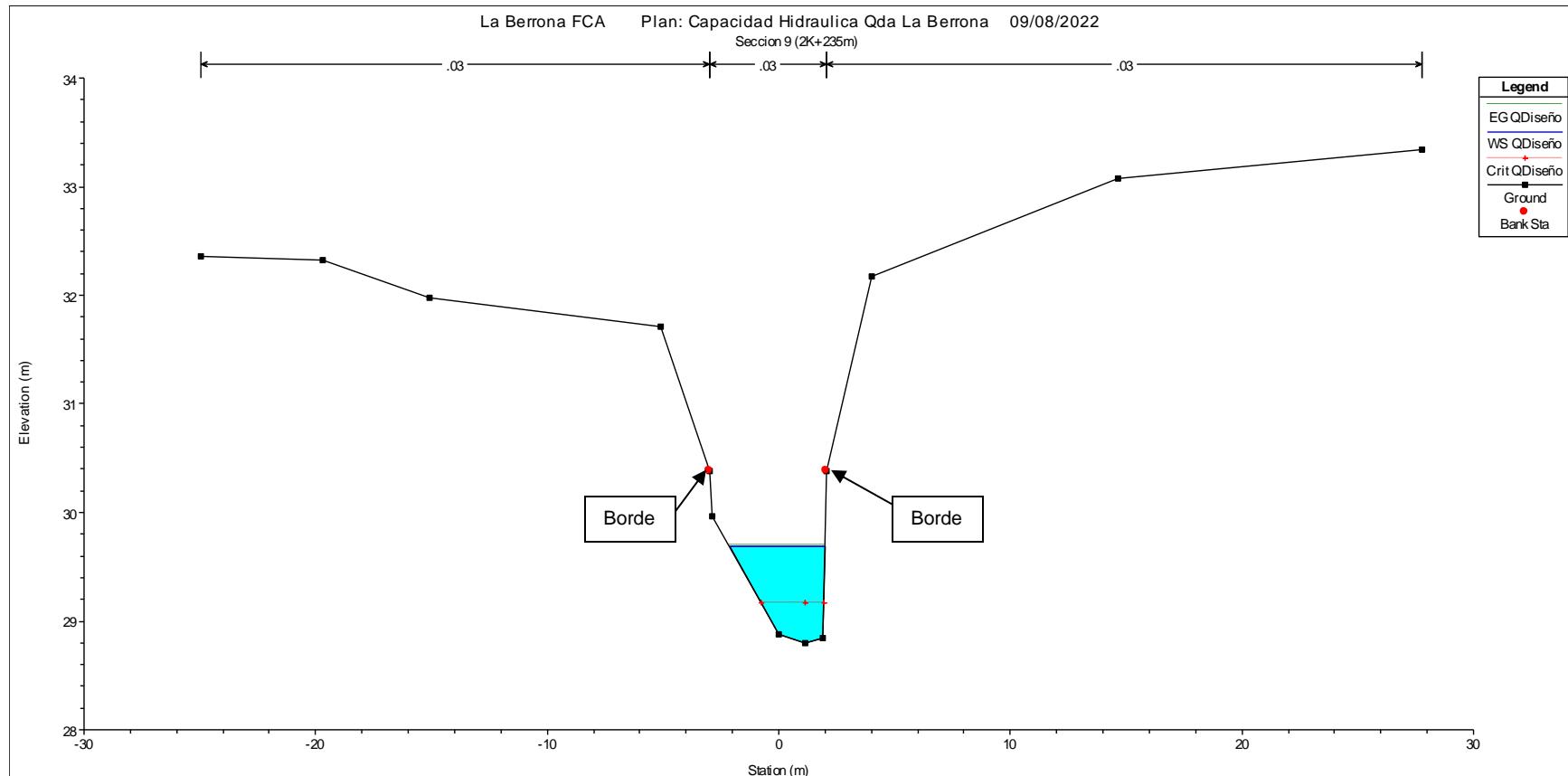


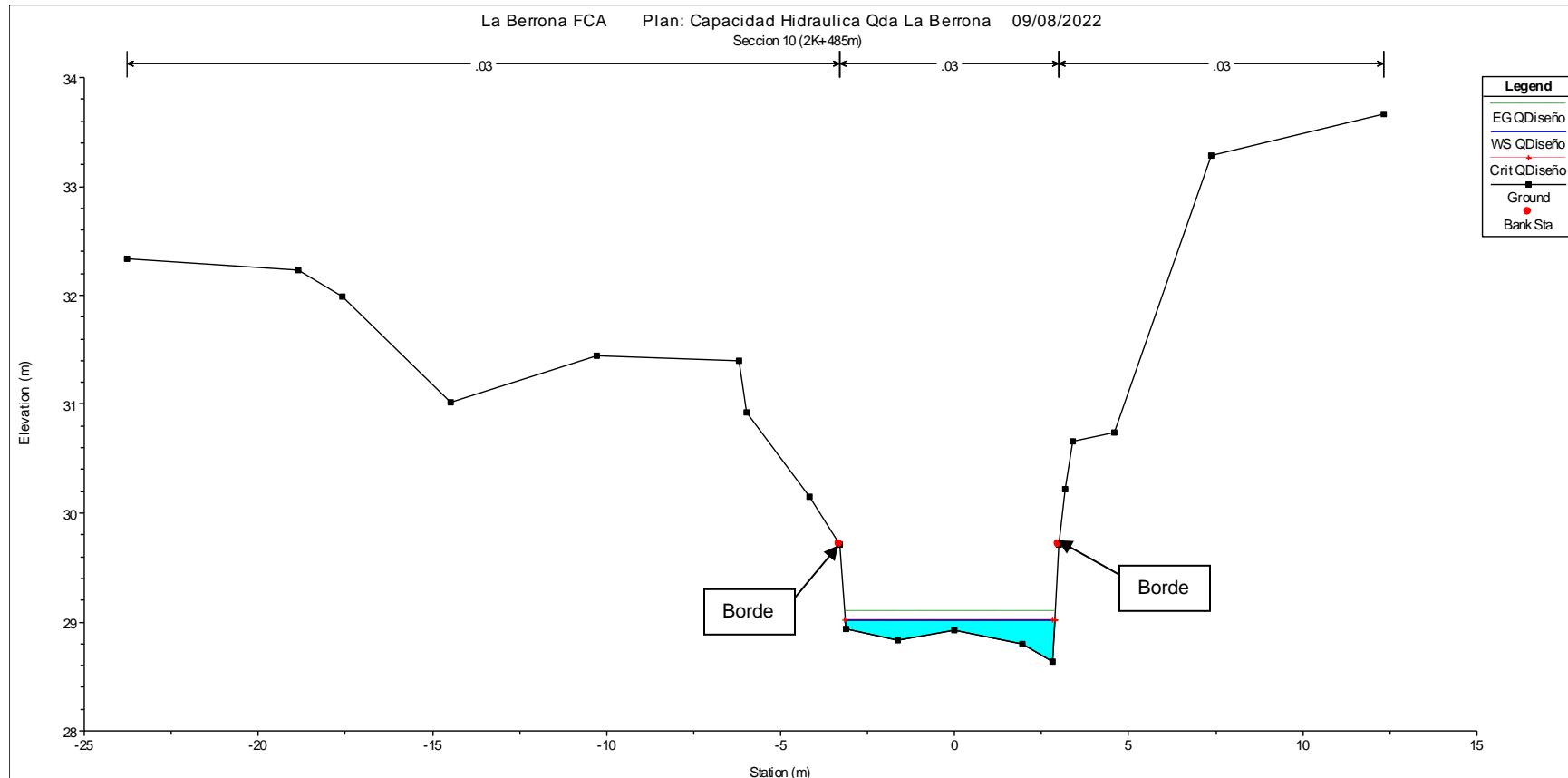












## Resumen de Resultados de las simulaciones de cada sección de la Quebrada La Berrona

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 # Chl
Toma a Bomba FCA	1	QDiseño	1.27	34.03	35.37		35.37	0.000063	0.23	5.60	6.60	0.08
Toma a Bomba FCA	2	QDiseño	1.27	34.37	35.36		35.36	0.000018	0.11	11.37	18.85	0.04
Toma a Bomba FCA	3	QDiseño	1.27	34.37	35.36		35.36	0.000043	0.18	7.71	15.84	0.06
Toma a Bomba FCA	4	QDiseño	1.27	34.15	35.33		35.34	0.000408	0.49	2.74	4.66	0.17
Toma a Bomba FCA	5	QDiseño	1.27	34.47	35.15		35.18	0.001743	0.81	1.59	3.42	0.36
Toma a Bomba FCA	6	QDiseño	1.27	34.00	34.27	34.27	34.39	0.015650	1.53	0.83	3.55	1.01
Toma a Bomba FCA	7	QDiseño	1.27	32.70	33.20	32.97	33.23	0.001725	0.73	1.75	3.97	0.35
Toma a Bomba FCA	8	QDiseño	1.27	31.40	31.63	31.63	31.71	0.017122	1.29	0.99	5.96	1.01
Toma a Bomba FCA	9	QDiseño	1.27	28.80	29.68	29.17	29.70	0.000584	0.51	2.50	4.10	0.21
Toma a Bomba FCA	10	QDiseño	1.27	28.64	29.01	29.01	29.10	0.018813	1.30	0.98	6.03	1.03

### Análisis de las secciones transversales de la Quebrada La Berrona:

El nivel de máximo de agua para cada sección transversal del tramo de 2485 metros de la Quebrada La Berrona

Sección Transversal	Distancia/Elevación (m) / (m.s.n.m.) del cauce actual				Nivel Máximo de Elevación del Caudal a transportar (1.27 m <sup>3</sup> /seg) (m.s.n.m.)		
	Borde izquierdo		Borde derecho				
Sección 1 (0K+000 m)	3.31	35.17	2.66	35.17	35.37	20 cm por encima del borde actual	
Sección 2 (0K+435 m)	6.67	35.16	7.70	35.16	35.36	20 cm por encima del borde actual	
Sección 3 (0K+785 m)	3.76	35.06	4.60	35.06	35.36	20 cm por encima del borde actual	
Sección 4 (1K+095 m)	1.56	35.05	1.53	35.05	35.34	29 cm por encima del borde actual	
Sección 5 (1K+475 m)	0.95	35.02	2.10	35.02	35.15	13 cm por encima del borde actual	
Sección 6 (1K+670 m)	1.85	34.33	1.82	34.33	34.27	6 cm por debajo del borde actual	
Sección 7 (1K+895 m)	2.25	33.13	1.74	33.13	33.20	7 cm por debajo del borde actual	
Sección 8 (2K+085 m)	4.01	31.83	2.30	31.83	31.63	20 cm por debajo del borde actual	
Sección 9 (2K+235 m)	2.99	30.38	2.07	30.38	29.70	68 cm por debajo del borde actual	
Sección 10 (2K+485 m)	3.30	29.71	3.01	29.71	29.01	70 cm por debajo del borde actual	

### Resultados y Recomendaciones

- La Quebrada La Berrona en el tramo analizado y que serviría de conducción del caudal proveniente del río Chiriquí es viable toda vez se haga un trabajo de profundización del cauce en unos 30 centímetros desde la Toma en el río Chiriquí hasta unos 1500 metros en dirección aguas abajo por el cauce de la Quebrada, ya que de allí en adelante el cauce actual de la Quebrada cumple con la capacidad hidráulica de transporte del caudal analizado.
- Este trabajo de dragado garantizaría el flujo de 1.27 m<sup>3</sup>/s que es la cantidad de agua a transportar detallada en la página 4 de este documento.
- Se deberá contemplar como solución alternativa en caso de no hacer el dragado recomendado, que para transportar el caudal solicitado por la Facultad de Agronomía, la misma deberá entubarlo en la Toma y llevada hasta el sitio de bombeo actual.

## **AFORO DE REFERENCIA**

Empresa:	Universidad de Panama	Fuente Hidrica:	Qda. La Berrona						
Coordenadas de Localización:	353260 mE 928958 mN (WGS84)	Elev.:	30 msnm						
Fecha de Aforo:	28-jul-22	Molinete Tipo:	Price						
Ancho de la sección de aforo:	4.40 m	Lámina Máx. de Agua:	0.50 m.						
Lugar: Asentamiento, Qda La Berrona									
Distancia (m)	Velocidad (m/s)					Profundidad (m)		Área	Caudal
	1	2	3	4	Prom.	Lámina	Obs.	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.30	0.12	0.03	0.002
0.40	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.40	0.16	0.16	0.013
0.80	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.48	0.19	0.19	0.015
1.20	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.40	0.16	0.16	0.013
1.60	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.44	0.18	0.18	0.014
2.00	0.08	0.17	0.17	0.08	0.13	0.48	0.19	0.19	0.024
2.40	0.08	0.17	0.17	0.17	0.15	0.44	0.18	0.18	0.026
2.80	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.50	0.20	0.20	0.034
3.20	0.08	0.17	0.08	0.17	0.13	0.48	0.19	0.19	0.024
3.60	0.08	0.08	0.17	0.17	0.13	0.42	0.17	0.17	0.021
4.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.40	0.16	0.16	0.013
4.40	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.32	0.13	0.03	0.002
Promedio:					0.10	0.42	Área Total:	1.84	0.20
								202	m <sup>3</sup> /s
								202	L/s

Observación: Hora de Aforo: Inicio 8:30 a.m. - Final 9:00 a.m.

Aforador: Alpidio Franco Calculado por: Alpidio Franco

(\*) corresponde a la sumatoria de las secciones parciales de aforo (área x velocidad parcial de cada sección)

