

PROPIETARIO - OWNER

PROPRIETARIO - OWNER

ALTO MAIPO SpA

ALTO MAIPO HYDROPOWER PROJECT

DETAILED DESIGN

6395-CI-MCA-7001-M04

MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO

BOCATOMA MANZANO

REV	PREPARATION PÖYRY		REVIEW PÖYRY		PÖYRY APPROVAL			STRABAG REVIEW		STRABAG APPROVAL	
	NAME	SIGN.	NAME	SIGN.	NAME	SIGN.	DATE	NAME	SIGN.	NAME	SIGN.
A00	J Barrios		L Aburto		P. Furrer		02-01-2019				
B00	J Barrios		L Aburto		P. Furrer		20-02-2019				
C00	J Barrios		L Aburto		P. Furrer		04-03-2019				
D00	J Barrios		L Aburto		P. Furrer		19-03-2019				
E00	J Barrios		L Aburto		P. Furrer		10-04-2019				
F00	J Barrios		G Bravo		P. Furrer		29-07-2019				
G00	J Barrios		G Bravo		P. Furrer		23-08-2019				
H00	J Barrios		G Bravo		P. Furrer		26-08-2019				
I00	J Barrios		G Bravo		P. Furrer		30-08-2019				
J00	J Alarcón		G Bravo		P. Furrer		09-09-2019				
K00	J Alarcón		G Bravo		P. Furrer		10-12-2019				
L00	P. Muñoz		G. Bravo		P. Furrer		14-08-2020				
M01	P. Muñoz		G. Bravo		P. Furrer		22-10-2020				
M02	G.Bravo		G. Bravo		P. Furrer		30-03-2021				
M03	G.Bravo		G. Bravo		P. Furrer		06-05-2021				
M04	G.Bravo		G. Bravo		P. Furrer		11-05-2021				

AES GENER APPROVAL	NAME		SIGNATURE		DATE	
Modifications:						

El Grupo ÅF de Estocolmo, Suecia y los Grupos Pöyry de Helsinki, Finlandia, han concluido su fusión en una sola entidad en febrero de 2019. El nuevo Grupo AF-Pöyry fue rebautizado como Grupo AFRY. La nueva marca AFRY es una combinación de las letras de ÅF y Pöyry: AF+RY.

CONTENIDO

1. OBJETIVO Y ALCANCE	7
2. METODOLOGÍA	8
3. INFORMACIÓN EMPLEADA	9
3.1. Topobatimetría	9
3.2. Rugosidad de Manning.....	10
4. HIDROLOGÍA	13
4.1. Caudal Mínimo	13
4.2. Caudal Maximo	16
5. SIMULACION HIDRÁULICA	27
5.1. Modelo HEC-RAS.....	27
5.1.1. Perfiles Topobatimétricos	27
5.1.2. Rugosidad de Manning.....	28
5.1.3. Condiciones de borde.....	29
5.2. Resultados	30
5.2.1. Caudal mínimo	30
5.2.2. Caudal máximo	34
5.2.3. Análisis de flujo detrítico.....	40
5.2.4. Ubicación de la nueva toma	41
6. DISEÑO HIDRÁULICO BOCATOMA EL MANZANO.....	43
6.1. Nivel máximo de funcionamiento del flujo por gravedad	43
6.2. Obra de Captación	43
6.2.1. Pérdida de carga en la entrada de la captación	44
6.3. Tubería 1,2 m de Diámetro.....	46
6.3.1. No Flotabilidad	46
6.3.2. Aplastamiento en Tubería.....	48
6.3.3. Presión Máxima en Tubería	49
6.3.4. Radio Mínimo de Curvatura en la Tubería.....	49
6.4. Canal de Empalme a Canal Existente y Vertedero Lateral.....	50
6.4.1. Canal de Empalme	50
6.4.2. Vertedero Lateral de Excedencias.....	52
6.4.3. Compuertas.....	53
6.5. Eje Hidráulico Captación	56

6.6.	Operación de la Obra de Captación	57
6.7.	Enrocado de protección.....	60
6.7.1.	California Highway Division 1	61
6.7.2.	Lopardo-Estellé	62
6.7.3.	California Highway Division 2	63
6.8.	Profundidad de socavación	64
6.8.1.	Socavación General	64
6.8.2.	Socavación Local	70
6.9.	Transporte de sólidos	76
7.	Consideraciones constructivas	81
7.1.	Estructura de protección.....	81
7.2.	Clasificación de rellenos en tubería.....	82
7.3.	Acceso a mantenimiento Cámaras de acceso	83
8.	CONCLUSIONES	85

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3-1 – COEFICIENTE DE MANNING MEDIANTE EL MÉTODO DE COWAN	12
TABLA 3-2 – COEFICIENTE DE MANNING CAUCE PRINCIPAL Y RIBERAS RÍO COLORADO EN LA ZONA DE DESCARGA	12
TABLA 4-1 - PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA RIO COLORADO EN BOCATOMA MANZANO, ESCENARIO BASE, SIN LA OPERACIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ALTO MAIPO	16
TABLA 4-2 - SERIE DE CAUDALES MÁXIMOS ANUALES EN LA ESTACIÓN RÍO COLORADO ANTES JUNTA RÍO MAIPO	17
TABLA 4-3 – PARÁMETROS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS DIFERENTES FUNCIONES DE PROBABILIDAD	19
TABLA 4-4 – CAUDALES DE LAS DIFERENTES FUNCIONES DE PROBABILIDAD SEGÚN PERÍODOS DE RETORNO	19
TABLA 4-5 - SERIE DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ANUALES DE ORIGEN NIVAL UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE FRECUENCIA	20
TABLA 4-6 - PARÁMETROS DE LAS DIFERENTES DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD AJUSTADAS A LA SERIE DE MÁXIMOS ANUALES DE ORIGEN NIVAL	23
TABLA 4-7 - CAUDALES PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO ESTIMADOS A PARTIR DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD AJUSTADAS A LA SERIE DE CAUDALES MÁXIMOS ANUALES DE ORIGEN NIVAL	23
TABLA 4-8 - SERIE DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ANUALES DE ORIGEN PLUVIAL UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE FRECUENCIA	23
TABLA 4-9 - PARÁMETROS DE LAS DIFERENTES DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD AJUSTADAS A LA SERIE DE MÁXIMOS ANUALES DE ORIGEN PLUVIAL	26
TABLA 4-10 - CAUDALES PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO ESTIMADOS A PARTIR DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD AJUSTADAS A LA SERIE DE CAUDALES MÁXIMOS ANUALES DE ORIGEN PLUVIAL	26
TABLA 4-11 – RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DOS ANÁLISIS REALIZADOS	27
TABLA 6-1 – VERIFICACIÓN DE FLOTABILIDAD PARA DISTINTOS ESPESORES DE RELLENO EN TUBERÍA	48
TABLA 6-2 – RADIO DE CURVATURA MÍNIMOS	49
TABLA 6-3 – COEFICIENTES DE CONTRACCIÓN	54
TABLA 6-4. DIÁMETRO NOMINAL DE LOS ELEMENTOS DEL ENROCADO PARA UN TALUD 1:1	63
TABLA 6-5. DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA PARA ENROCADO DE PROTECCIÓN	64
TABLA 6-6 – VALORES DE SOCAVACIÓN DEL LECHO DEL RÍO	65
TABLA 6-7 – GRANULOMETRÍA RÍO COLORADO	66
TABLA 6-8 – RESULTADOS DEL CÁLCULO DE SOCAVACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DE C.R. NEIL	68

TABLA 6-9 – FACTOR DE FORMA DE SECCIÓN TRANSVERSAL (KS)	71
TABLA 6-10 – FACTOR PARA UN GRUPO DE PILAS (KGR)	73
TABLA 6-11 – FACTOR EFECTO DE LA BASE DE FUNDACIÓN PARA PILAS DE SECCIÓN CIRCULAR (KR)	73
TABLA 6-12 – FACTOR DE FORMA DEL SEDIMENTO	74
TABLA 6-13 – RESULTADOS SOCAVACIÓN LOCAL	74
TABLA 7-1 – UBICACIÓN EXACTA DE LAS CÁMARAS DE ACCESO A MANTENIMIENTO.	84

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3-1 – NUBE DE PUNTOS OBTENIDA DEL LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO	9
FIGURA 3-2 – SECTOR EL MANZANO, DEL RÍO COLORADO.	9
FIGURA 3-3 – ALINEAMIENTO DEL RÍO EN EL SECTOR EL MANZANO, QUE ABARCA ENTRE LA BOCATOMA ORIGINAL Y FUTURA	10
FIGURA 3-4 – SECCIÓN TRANSVERSAL DEL RÍO ESTÁNDAR PARA MODELAMIENTO	11
FIGURA 3-5 – FOTOGRAFÍAS DEL SECTOR BOCATOMA MANZANO	12
FIGURA 4-1 – UBICACIÓN PUNTOS DE CONTROL EN CUENCA COLORADO	13
FIGURA 4-2 – CUENCAS DE LA DESCARGA DE LA CENTRAL MAITENES Y DEL BOCATOMA MANZANO	14
FIGURA 4-3 – CURVAS DE VARIACIÓN ESTACIONAL P6: RIO COLORADO EN DESCARGA MAITENES (ADENDA 1, ANEXO 13)	15
FIGURA 4-4 - CURVAS DE VARIACIÓN ESTACIONAL RIO COLORADO EN DESCARGA BOCATOMA MANZANO	15
FIGURA 4-5– CAUDAL MÁXIMO ANUAL SEGÚN PERÍODO DE RETORNO	18
FIGURA 4-6 – PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA SEGÚN CAUDAL	19
FIGURA 4-7 – CAUDAL MÁXIMO ANUAL SEGÚN PERIODO DE RETORNO PARA LA SERIE DE CAUDALES MÁXIMOS DE ORIGEN NIVAL, JUNTO CON LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD AJUSTADAS	22
FIGURA 4-8 – PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA SEGÚN CAUDAL PARA LA SERIE DE CAUDALES MÁXIMOS ANUALES DE ORIGEN NIVAL	22
FIGURA 4-9 - CAUDAL MÁXIMO ANUAL SEGÚN PERIODO DE RETORNO PARA LA SERIE DE CAUDALES MÁXIMOS DE ORIGEN PLUVIAL, JUNTO CON LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD AJUSTADAS	25
FIGURA 4-10 - PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA SEGÚN CAUDAL PARA LA SERIE DE CAUDALES MÁXIMOS ANUALES DE ORIGEN PLUVIAL	25
FIGURA 5-1 - ALINEAMIENTO Y PERFILES HEC RAS RÍO COLORADO, SECTOR MANZANO	28
FIGURA 5-2 – SECCIÓN TRANSVERSAL, EN EL RIVER STATION 550 (0+000).	29
FIGURA 5-3 - EJE HIDRÁULICO CAUDAL MÍNIMO DE DISEÑO (2,5 M ³ /S)	30
FIGURA 5-4 – ISOMÉTRICO CAUDAL MÍNIMO DE DISEÑO (2,5 M ³ /S)	31
FIGURA 5-5 - VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO CAUDAL MÍNIMO DE DISEÑO (2,5 M ³ /S)	31
FIGURA 5-6 - EJE HIDRÁULICO CAUDAL MÍNIMO DE DISEÑO (2,5 M ³ /S) PARA SITUACIÓN CON PROYECTO	32
FIGURA 5-7 – COMPARACIÓN EJE HIDRÁULICO PARA EL CAUDAL MÍNIMO PARA SITUACIÓN SIN Y CON PROYECTO	32
FIGURA 5-8 - ISOMÉTRICO CAUDAL MÍNIMO DE DISEÑO (2,5 M ³ /S) PARA LA SITUACIÓN CON PROYECTO	33
FIGURA 5-9 - VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO CAUDAL MÍNIMO DE DISEÑO (2,5 M ³ /S) PARA LA SITUACIÓN CON PROYECTO	33
FIGURA 5-10 – SECCIÓN TRANSVERSAL DEL INICIO DE LA BOCATOMA PARA SITUACIÓN CON PROYECTO Y SIN PROYECTO	34
FIGURA 5-11 - EJE HIDRÁULICO PARA EL CAUDAL DE DISEÑO (242,9 M ³ /S) Y VERIFICACIÓN (257 M ³ /S) PARA SITUACIÓN SIN PROYECTO	34
FIGURA 5-12 - ISOMÉTRICO DEL EJE HIDRÁULICO PARA LA SITUACIÓN SIN PROYECTO CON LOS CAUDALES DE PERIODO DE RETORNO 100 Y 150 AÑOS	35
FIGURA 5-13 - VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO PARA EL CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO (242,9 M ³ /S) Y VERIFICACIÓN (257 M ³ /S) DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO	36
FIGURA 5-14 - EJE HIDRÁULICO CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO O CRECIDA (242,9 M ³ /S) Y DE VERIFICACIÓN (257.0 M ³ /S)	36
FIGURA 5-15 - VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO PARA EL CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO (242,9 M ³ /S) Y VERIFICACIÓN (257 M ³ /S) DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO	37

FIGURA 5-16 – CRECIDA DE 150 AÑOS. VISTA 3D HEC RAS	38
FIGURA 5-17 - COMPARACIÓN EJE HIDRÁULICO PARA EL CAUDAL MÍNIMO PARA SITUACIÓN SIN Y CON PROYECTO	39
FIGURA 5-18 - SECCIÓN TRANSVERSAL EN DONDE SE ALCANZA LA MAYOR PROFUNDIDAD DE ESCURRIMIENTO PARA LA SITUACIÓN SIN Y CON PROYECTO	39
FIGURA 5-19 - SECCIÓN TRANSVERSAL EN DONDE SE ALCANZA LA MAYOR VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO PARA LA SITUACIÓN SIN Y CON PROYECTO	40
FIGURA 5-20 – SECCIÓN TRANSVERSAL CON LA PROFUNDIDAD MÁXIMA PARA LA SITUACIÓN CON PROYECTO Y SIN PROYECTO	41
FIGURA 5-21 – EJE HIDRÁULICO DE LA SITUACIÓN CON Y SIN PROYECTO	41
FIGURA 5-22 - UBICACIÓN BOCATOMA ORIGINAL Y FUTURA. VISTA EN PERFIL LONGITUDINAL ALINEAMIENTO DE DETALLE	42
FIGURA 5-23 – ISOMÉTRICO MODELAMIENTO HECRAS CANAL MANZANO. CON OBRA Y CAUDAL DE SEQUÍA	42
FIGURA 6-1 – CAPTACIÓN PROYECTADA	44
FIGURA 6-2 – PARÁMETROS PARA PÉRDIDA DE CARGA EN REJA HIDRÁULICA	45
FIGURA 6-3 – COEFICIENTE DE PÉRDIDA DE CARGA PARA VÁLVULA MARIPOSA	46
FIGURA 6-4 – SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CANAL EMPALME Y VERTEDERO	50
FIGURA 6-5 – VISTA 3D DEL CANAL DE EMPALME Y VERTEDERO LATERAL	51
FIGURA 6-6 – ESQUEMA DE LAS COMPUERTAS Y PLATAFORMA DE OPERACIÓN DEL CANAL	52
FIGURA 6-7 – CURVA DE DESCARGA VERTEDERO LATERAL CON COMPUERTAS CERRADAS	53
FIGURA 6-8 – COMPUERTA DE DESCARGA PLANA	54
FIGURA 6-9 – CURVA DE DESCARGA COMPUERTA DE ENTREGA AL CANAL EXISTENTE DE 1,0 M DE ANCHO Y ABERTURA MÁXIMA DE 0,34 M	55
FIGURA 6-10 – CURVA DE DESCARGA COMPUERTA LATERAL DE ENTREGA AL RÍO COLORADO DE ANCHO 0,7 M Y 1,47 M DE ALTO, CON UNA ABERTURA DE 0,7 M ³ /S	55
FIGURA 6-11 – EJE HIDRÁULICO PARA CAUDAL DE OPERACIÓN DE 0,4 M ³ /S	56
FIGURA 6-12 – CAUDAL DEL RÍO COLORADO V/S ALTURA DE AGUA SOBRE EL FONDO DE LA TUBERÍA	58
FIGURA 6-13 – CAUDAL CAPTADO POR LA BOCATOMA MANZANO V/S ALTURA DE AGUA SOBRE LA COTA DE FONDO DE LA TUBERÍA	58
FIGURA 6-14 – OPERACIÓN SIMULTÁNEA DE COMPUERTA DE ENTREGA AL CANAL EXISTENTE Y VERTEDERO LATERAL DE EXCEDENCIAS PARA DISTINTOS CAUDALES DE OPERACIÓN DE LA CAPTACIÓN MANZANO.	59
FIGURA 6-15 – ABERTURA DE COMPUERTA DE ENTREGA PROYECTADA PARA DISTINTOS NIVELES DE OPERACIÓN DEL CANAL	60
FIGURA 6-16 – CURVA GRANULOMETRÍA RÍO COLORADO	66
FIGURA 6-17 – PROFUNDIDAD DEBIDA A LA SOCAVACIÓN GENERAL LUEGO DE UNA CRECIDA DE 150 AÑOS.	67
FIGURA 6-18 – SECCIÓN TRANSVERSAL PARA LA QUE SE CALCULÓ LA SOCAVACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DE C.R. NEILL Y FRANJAS EN QUE SE DIVIDIÓ	68
FIGURA 6-19 – SECCIÓN TÍPICA DEL TRAMO EN TUBERÍA DE LA CAPTACIÓN MANZANO	69
FIGURA 6-20 – SECCIÓN TÍPICA DEL TRAMO EN TUBERÍA DE LA CAPTACIÓN MANZANO	69
FIGURA 6-21 – FACTOR DE ALINEAMIENTO DE PILAS DE SECCIÓN RECTANGULAR CON LA CORRIENTE (KW)	71
FIGURA 6-22 – ANGULO FORMADO POR EL EJE DEL CAUCE Y EL EJE PRINCIPAL DE LA ESTRUCTURA	72
FIGURA 6-23 – ESQUEMA DE PROTECCIÓN PARA PILAS DE PUENTES	75
FIGURA 6-24 – ENROCADO DE PROTECCIÓN CONSOLIDADO PARA SOCAVACIÓN LOCAL	75
FIGURA 6-25: PARÁMETRO DE ESTABILIDAD DE SHIELDS EN LA SECCIÓN RS= 265 0+285 (AGUAS ARRIBA DE LA BOCATOMA) PARA LA SITUACIÓN SIN OBRA (N) Y CON OBRA (P), Y PARA CAUDALES MEDIOS MENSUALES CON PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA 85%, 50% Y 5%	78
FIGURA 6-26: PARÁMETRO DE ESTABILIDAD DE SHIELD EN LA SECCIÓN RS= 240 0+310 (EN MEDIO DE LA BOCATOMA) PARA LA SITUACIÓN SIN OBRA (N) Y CON OBRA (P), Y PARA CAUDALES MEDIOS MENSUALES CON PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA 85%, 50% Y 5%	78
FIGURA 6-27: PARÁMETRO DE ESTABILIDAD DE SHIELD EN LA SECCIÓN RS= 130 0+420 (AGUAS DEBAJO DE LA BOCATOMA) PARA LA SITUACIÓN SIN OBRA (N) Y CON OBRA (P), Y PARA CAUDALES MEDIOS MENSUALES CON PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA 85%, 50% Y 5%	79
FIGURA 6-28: GASTO SÓLIDO DE FONDO EN LA SECCIÓN RS= 265 0+285 (AGUAS ARRIBA DE LA BOCATOMA) PARA LA SITUACIÓN SIN OBRA (N) Y CON OBRA (P), Y PARA CAUDALES MEDIOS MENSUALES CON PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA 85%, 50% Y 5%	80

FIGURA 6-29: GASTO SÓLIDO DE FONDO EN LA SECCIÓN RS= 240 0+310 (EN MEDIO DE LA BOCATOMA) PARA LA SITUACIÓN SIN OBRA (N) Y CON OBRA (P), Y PARA CAUDALES MEDIOS MENSUALES CON PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA 85%, 50% Y 5%	80
FIGURA 6-30: GASTO SÓLIDO DE FONDO EN LA SECCIÓN RS= 130 0+420 (AGUAS DE LA BOCATOMA) PARA LA SITUACIÓN SIN OBRA (N) Y CON OBRA (P), Y PARA CAUDALES MEDIOS MENSUALES CON PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA 85%, 50% Y 5%	81
FIGURA 7-1 – MATERIALES DE RELLENO PARA TRAMO EN TUBERÍA	82
FIGURA 7-2 – UBICACIÓN EN PLANTA DE LAS CÁMARAS DE ACCESO	84
FIGURA 7-3 – SECCIÓN TÍPICA DE LA BOCA DE ACCESO PARA MANTENIMIENTO.	84

1. OBJETIVO Y ALCANCE

En este documento se detalla el estudio hidráulico sobre la zona del río Colorado y el diseño de la bocatoma El Manzano, para reubicar, modificar o mejorar la bocatoma destinada a los regantes del sector de la asociación El Manzano, asegurando la captación de las aguas en periodos de caudales bajos.

Se considera en el diseño lo siguiente:

- Tubería HDPE de diámetro 1,2 m, protegida con enrocado de 1.00 m de espesor.
- Válvula para cerrar la toma de agua para mantención, esta considera una cámara de acceso para inspección y control, el nivel superior de esta cámara se encuentra sobre el nivel de agua para la crecida de T = 100 años.
- 3 cámaras de acceso a lo largo del enrocado para acceder a inspección y limpieza de la tubería.
- Un canal de empalme al canal existente con un vertedero lateral de excedencias de 19,8 m de largo, una compuerta de entrega al canal existente de 1m de ancho y 0,9 m de alto con una abertura máxima de 0,34 m y una compuerta de 0,7 m de ancho y 1,47 m de alto que permite evacuar el caudal al río colorado para mantención.

2. METODOLOGÍA

Para la apropiada representación del comportamiento del río, se dispone de la topobatimetría de la zona, de la rugosidad del río mediante estimaciones del coeficiente de Manning, tanto del lecho del río como de sus riberas, las condiciones de borde en los extremos, además del caudal proveniente del estudio hidrológico realizado a través de las estaciones cercanas al tramo en observación, con la estadística de caudales instantáneos.

El levantamiento topobatimétrico sobre el sector de la bocatoma del canal Manzano, brinda planos del sector mediante su vista en planta exponiendo las curvas de nivel que indican las cotas de los sectores terrestres y acuáticos. Estos datos fueron medidos con GPS RTK (Spectra Precision modelo EPOCH 50), y dron (línea Enterprise de DJI, modelo Matrice 210 con cámara fotográfica modelo X4S, 20 MP de resolución), enlazados con coordenadas locales por medio de puntos de control. Además de registrar profundidad mediante vadeos de sectores someros del río y a bordo de bote zodiac.

El sistema de coordenadas (Datum) utilizadas para el cálculo y proyección de las obras es el UTM WGS84, Huso 19.

El modelamiento del río es realizado mediante el software HEC RAS 5.0.0 de modelación hidráulica unidimensional, importando el alineamiento del eje del río y sus secciones transversales.

Los datos de caudales de sequía fueron extraídos de la Evaluación de impacto ambiental, en particular la información de la Adenda 1, Anexo 13, Estudios Hidrológicos donde se presenta la información en el punto 6 (P6) Río Colorado en Descarga Maitenes, y los caudales de crecida fueron extraídos de la plataforma de información en línea de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas del gobierno de Chile, medidos en las estaciones fluviométricas en el río Colorado. La estadística de caudales instantáneos predice el caudal mínimo para los períodos de sequía que requiere el estudio.

El modelo generado es una representación del eje hidráulico en el caso de una sequía. Es posible extraer los valores de altura que alcanza el río en las secciones ingresadas, conociendo su altura normal, crítica, eje hidráulico, y la velocidad media alcanzada.

Una vez conocida la altura que alcanzará el río, se realiza un estudio de captura del caudal requerido por los regantes, que corresponde a 400 litros por segundo, de este modo se calcula la nueva ubicación que debe tener la boca de acceso para la captura de este nivel de caudal, según el mínimo que recorre el río en ese instante.

3. INFORMACIÓN EMPLEADA

3.1. Topobatismetría

Se realizó por solicitud de Pöyry a la empresa Aquaflow, un levantamiento topográfico en el sector donde se emplaza la bocatoma actual y la bocatoma futura.

Estos datos fueron medidos con GPS RTK (Spectra Precision modelo EPOCH 50), y dron (línea Enterprise de DJI, modelo Matrice 210 con cámara fotográfica modelo X4S, 20 MP de resolución), enlazados con coordenadas locales por medio de puntos de control. Además de registrar profundidad mediante vadeos de sectores someros del río y a bordo de bote zodiac.



Figura 3-1 – Nube de puntos obtenida del levantamiento topobatimétrico

Procesada la información, se procede a su representación mediante software AutoCAD Civil 3D, generando una vista en planta con sus curvas de nivel, su alineamiento y las respectivas secciones transversales. La Figura 3-2 muestra la topobatismetría del sector en estudio en su condición actual. El cuadro destacado corresponde al sector que encierra la bocatoma original y futura.

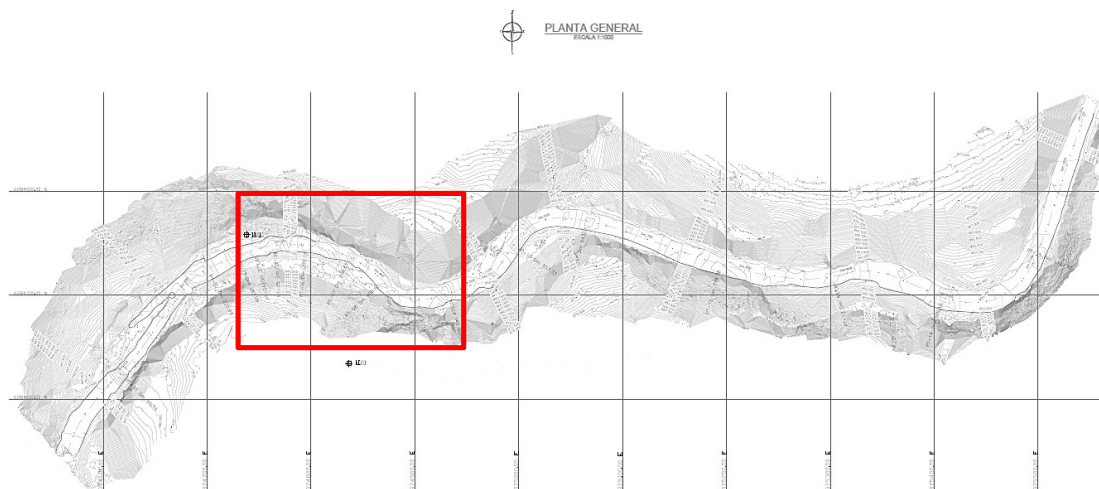


Figura 3-2 – Sector El Manzano, del río Colorado.

El levantamiento de detalle abarca una longitud de 575 metros del lecho del río (a diferencia del primer levantamiento que involucraba una extensión de 1000 metros), de los cuales 550 metros corresponden a alineamiento, 209 secciones transversales de 70 metros de ancho, enumeradas desde (Dm.) 0,00 hasta 550,00, desde abajo hacia arriba (de izquierda a derecha en la Figura 3-3), en contra del sentido de escurrimiento del río (de derecha a izquierda).

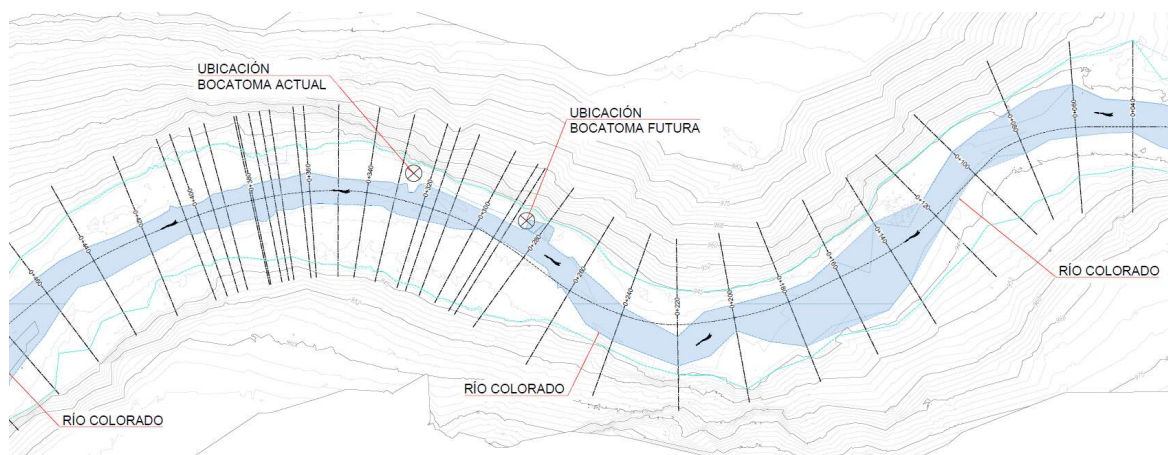


Figura 3-3 – Alineamiento del río en el sector El Manzano, que abarca entre la bocatoma original y futura

El punto más bajo de la sección más alta (aguas arriba a la derecha arriba en la Figura 3-2) se ubica en la cota 944,16 msnm y el punto más bajo de la primera sección (aguas abajo a la izquierda en la Figura 3-2) se ubica en la cota 936,86 msnm. Existe por lo tanto una pendiente media de 1.33 %.

Se dispone de las cotas de los sectores que están bajo el agua como los que no lo están. Además, se conoce la ubicación de la bocatoma original, y por consiguiente se estima la ubicación de la toma futura que permite capturar los 400 L/s incluso en condición de sequía.

Se levantaron un total de 209 perfiles desde la topobatimetría utilizando AutoCAD Civil 3D. En la zona donde se ubica la obra se levantaron 121 perfiles con una separación de 1 m, en el resto del tramo del río Colorado se levantaron 88 perfiles transversales con un espaciamiento de 10 m. Los perfiles transversales o Cross Sections se pueden ver en la Figura 4 1.

La bocatoma proyectada se encuentra a una distancia aproximada de 6 m con la sección aguas arriba (0+280) y a una distancia de 14 m aproximadamente de la sección de aguas debajo de la captación (0+300).

3.2. Rugosidad de Manning

Uno de los datos necesarios corresponde a la rugosidad del río mediante la estimación del coeficiente de Manning, utilizado en la ecuación de Manning que es empleada en los cálculos del eje hidráulico en HEC RAS y en pérdidas de carga.

En términos de modelamiento computacional del cauce del río, cada sección transversal se divide en 3 subsecciones, ribera derecha, ribera izquierda y cauce principal, y en cada una de estas subsecciones se debe evaluar el coeficiente de Manning.

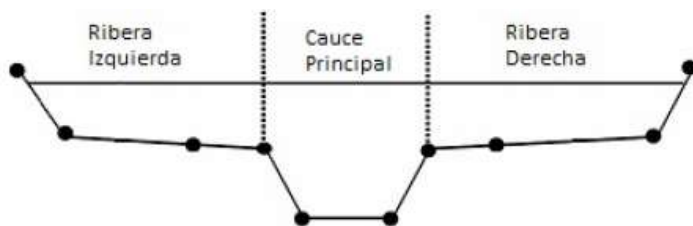


Figura 3-4 – Sección transversal del río estándar para modelamiento

Este valor fue estimado a partir de 2 alternativas. Inicialmente se cuenta con la relación propuesta por Cowan, (*Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains*, 1956), (Ecuación (1)) que desarrolló una expresión que permite determinar el valor de la rugosidad de Manning a través de la interacción de diferentes parámetros que permiten describir o valorar características concretas de un cauce.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot n_5 \quad (1)$$

Donde:

- n_0 = Valor base de n para un cauce recto, uniforme y liso en función del material del fondo.
- n_1 = Factor de corrección para implementar el efecto de las irregularidades superficiales.
- n_2 = Valor que añade las variaciones de forma y tamaño de la sección del cauce
- n_3 = Valor que implementa el efecto de obstrucciones.
- n_4 = Valor que incorpora el efecto de presencia de vegetación.
- n_5 = Factor corrector que implementa la sinuosidad del cauce.

Así, con este método, partiendo de un canal teórico recto, uniforme y liso de un material dado al cual le corresponde un valor de coeficiente de rugosidad de Manning determinado, a éste se le van añadiendo valores que representan la presencia de elementos y características que condicionan el paso del flujo.

De acuerdo con los antecedentes disponibles e inspecciones visuales realizadas por los profesionales involucrados en el estudio referenciado, el cauce en la zona del Manzano presenta un lecho granular, grueso y extendido, con un cauce principal bien definido y con poca vegetación en las riberas.

Si se aplican las observaciones y se valorizan según el método de Cowan, la obtención del coeficiente de Manning quedaría como muestra la tabla siguiente:

Tabla 3-1 – Coeficiente de Manning mediante el método de Cowan

			Ribera izquierda	Cauce principal	Ribera Derecha
Material	Grava Gruesa	n_0	0,028	0,028	0,028
Grado de irregularidad	Menor	n_1	0,005	0,005	0,005
Variaciones en la sección transversal del canal	Ocasional	n_2	0,005	0,005	0,005
Efecto relativo de los obstáculos	Menor	n_3	-	0,010	-
	Apreciable	n_3	0,030	-	0,020
Vegetación	Baja	n_4	-	0,005	-
	Media	n_4	0,010	-	0,010
Grado de sinuosidad	Menor	n_5	1,000	1,000	1,000
Coeficiente de Manning		n	0,08	0,05	0,07

Finalmente, los coeficientes de Manning adoptados para cada sección de estudio del río Colorado en la zona de la bocatoma del Canal Manzano fueron los siguientes (siendo derecha mirando hacia aguas arriba), considerando la fórmula de Cowan:

Tabla 3-2 – Coeficiente de Manning cauce principal y riberas río Colorado en la zona de descarga

Coeficiente de Manning	Ribera izquierda	Cauce Principal	Ribera Derecha
n	0,08	0,05	0,07

A continuación, se adjunta fotografías del sector que dan cuenta del valor de Manning adoptado para la modelación



Figura 3-5 – Fotografías del sector Bocatoma Manzano

4. HIDROLOGÍA

A continuación, se presenta la hidrología correspondiente al proyecto. En donde se realizaron dos análisis. En primer lugar, para la obtención de caudales mínimos en el río Colorado, se analizó el caso más desfavorable que permita captar los 0,4 m³/s en la bocatoma proyectada Manzano. Eso es, tomando en cuenta la entrada en operación del proyecto Alto Maipo, y considerando una situación extrema, el caudal mínimo quedaría determinado por el caudal ecológico de la bocatoma Maitenes de 2,51 m³/s, sin considerar aportes intermedios, pese a que dicha bocatoma está ubicada aproximadamente 18 km aguas arriba de la ubicación de la obra proyectada el Manzano; y luego se analizó su suficiencia mediante la curva de variación estacional para caudales medios mensuales a fin de verificar el caudal mínimo en el río Colorado requerido para la obra. Por otro lado, se procedió a la obtención de caudales máximos mediante análisis de máxima frecuencia con los datos obtenidos de la DGA.

A partir de estos datos se puede realizar los análisis hidráulicos presentados en el informe.

4.1. Caudal Mínimo

Para determinar el caudal mínimo en el río Colorado requerido para la obra proyectada, se ha utilizado la información disponible en la Evaluación de impacto ambiental, en particular la información de la Adenda 1, Anexo 13, Estudios Hidrológicos. Se toma como base la información presente en el punto 6 (P6) Río Colorado en Descarga Maitenes para luego mediante transposición de caudales obtener el caudal correspondiente al punto en la bocatoma Manzano.

A continuación, se presenta un esquema de los puntos de control utilizados en el análisis.

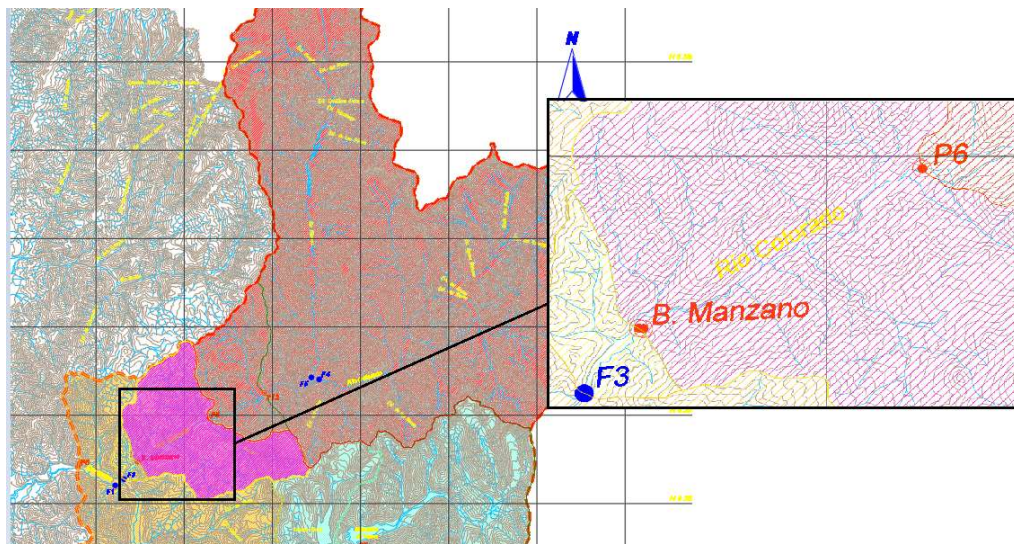


Figura 4-1 – Ubicación puntos de control en cuenca colorado

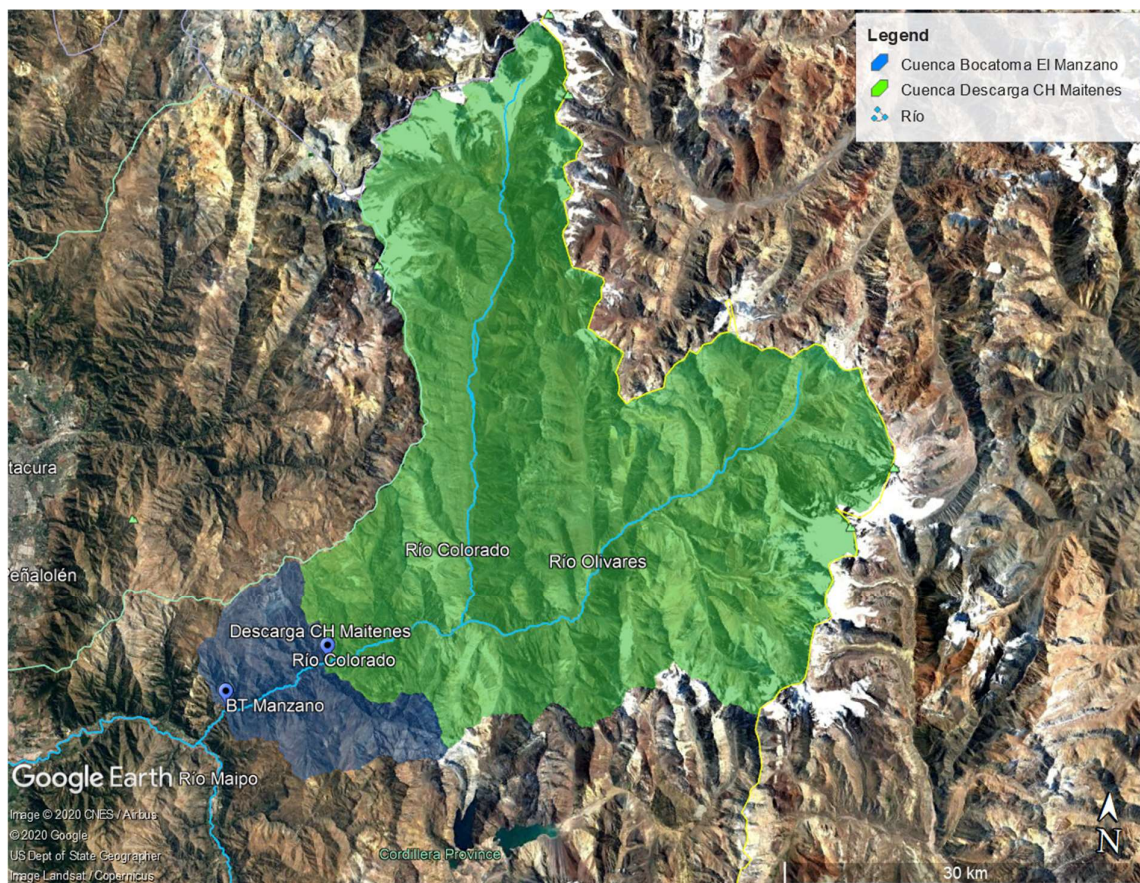


Figura 4-2 – Cuencas de la descarga de la Central Maitenes y del Bocatoma Manzano

En la figura anterior se muestra en color verde el área de la cuenca correspondiente al punto de descarga Maitenes, además el área de la cuenca del punto en bocatoma Manzano corresponde a la suma de la cuenca de maitenes (color verde) y el área de color azul.

La curva de variación estacional en punto de control río colorado en descarga maitenes según la Adenda 1, Anexo 13, Estudios Hidrológicos del estudio de impacto ambiental es siguiente:

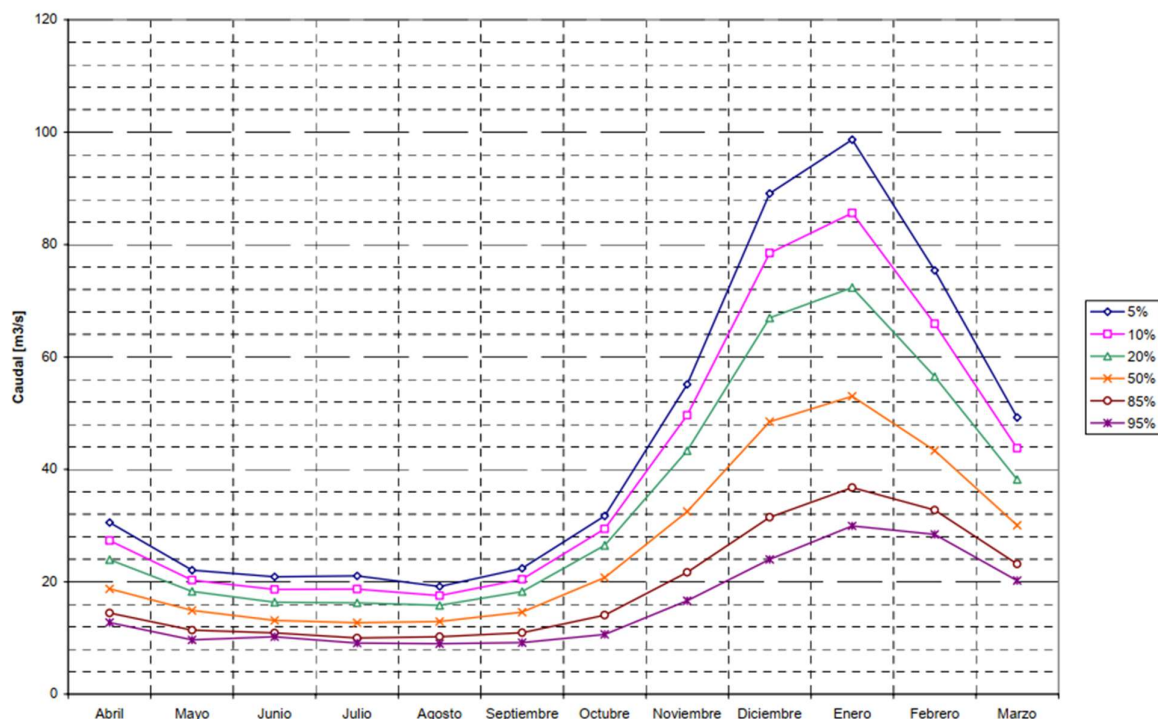


Figura 4-3 - Curvas de variación estacional P6: Río Colorado en Descarga Maitenes (Adenda 1, Anexo 13)

El área de la cuenca correspondiente al Río Colorado en descarga Maitenes es de aproximadamente 1.465 km², y el área correspondiente a al río Colorado en la bocatoma manzano es de 1.644 km². A partir de esta información se estima la curva de variación estacional en bocatoma manzano, la cual se muestra a continuación.

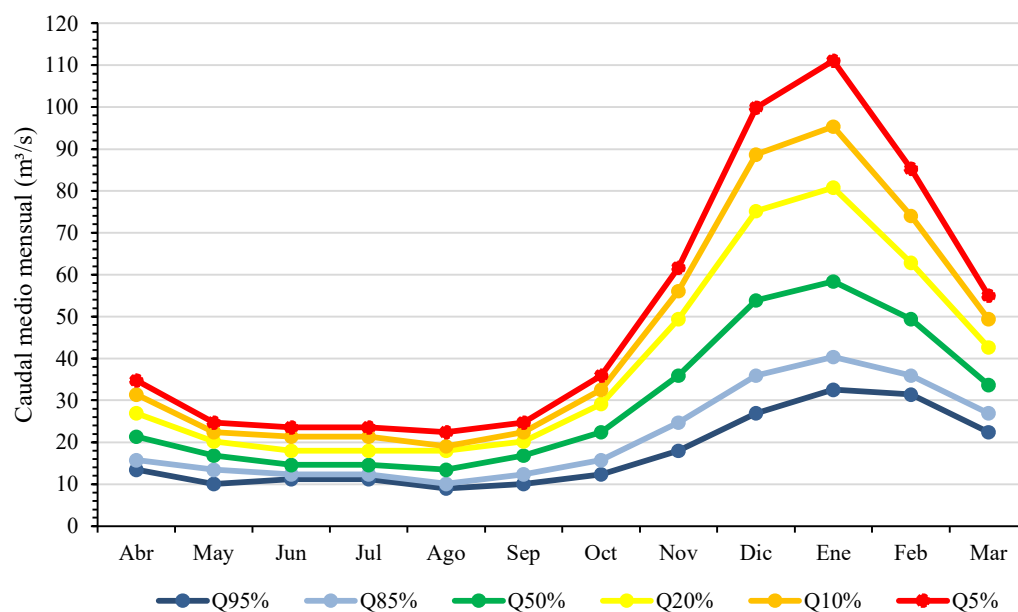


Figura 4-4 - Curvas de variación estacional Río Colorado en Descarga Bocatoma Manzano

A continuación, se muestra la tabla con el detalle de los caudales correspondientes a cada una de las probabilidades de excedencia, con la que fue construido el gráfico anterior:

Tabla 4-1 - Probabilidad de excedencia Río Colorado en Bocatoma Manzano, escenario Base, sin la operación del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo

	Q5%	Q10%	Q20%	Q50%	Q85%	Q95%
Abr	34.8	31.4	26.9	21.3	15.7	13.5
May	24.7	22.4	20.2	16.8	13.5	10.1
Jun	23.6	21.3	18.0	14.6	12.3	11.2
Jul	23.6	21.3	18.0	14.6	12.3	11.2
Ago	22.4	19.1	18.0	13.5	10.1	9.0
Sep	24.7	22.4	20.2	16.8	12.3	10.1
Oct	35.9	32.5	29.2	22.4	15.7	12.3
Nov	61.7	56.1	49.4	35.9	24.7	18.0
Dic	99.9	88.7	75.2	53.9	35.9	26.9
Ene	111.1	95.4	80.8	58.4	40.4	32.5
Feb	85.3	74.1	62.8	49.4	35.9	31.4
Mar	55.0	49.4	42.6	33.7	26.9	22.4

De la tabla anterior se puede observar que el caudal ecológico de la captación Maitenes (2,51 m³/s) está presente durante todo el año. Por lo que, una vez iniciada la operación del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, el caudal mínimo de 2,51 m³/s considerado en el diseño constituye un caso en extremo desfavorable en el río Colorado y que asegura que el caudal de 400 l/s correspondiente al canal Manzano, siempre esté disponible para su captación mediante la obra proyectada.

De esta forma, se considera el caudal ecológico de la bocatoma Maitenes de 2,51 m³/s, asociado a la operación del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, para efectos de definir el caudal mínimo en el río Colorado a tener en cuenta para el proyecto de bocatoma El Manzano en cuestión.

4.2. Caudal Maximo

Para el modelamiento hidráulico se ha utilizado el caudal de 100 años de período de retorno, con respecto a la base de datos que brinda el ministerio de obras públicas a través de la Dirección General de Aguas, y la estadística hidrológica en línea con la que cuenta la red de estaciones Hidrométrica. Más en particular a través de la estación cercana al lugar de estudio, es decir, la estación Río Colorado Antes Junta Río Maipo (Código BNA 05707002-1), que se encuentra a solo 3 km aguas abajo de la ubicación de la bocatoma y cuenta con datos de caudales instantáneos desde julio de 1940, suficiente para una estimación representativa del comportamiento del río en crecidas para 100 años de período de retorno.

El análisis estadístico se formuló a través del software TERESA, que permite realizar un ajuste a diferentes distribuciones de probabilidad estadística.

Se extrae la serie de caudales máximos diarios instantáneos y se filtran los máximos anuales. Luego, se hicieron dos análisis: en uno se consideraron todas las crecidas, independiente de su origen, y en el otro se separaron por su origen, nival o pluvial, para luego estimar una distribución de probabilidad combinada. A continuación, se muestra se muestra el primer análisis. La Tabla 4-2 muestra la serie de caudales máximos instantáneos que se utilizaron en el análisis de frecuencia.

Tabla 4-2 - Serie de caudales máximos anuales en la estación Río Colorado antes junta Río Maipo

Fecha	Q (m³/s)	Fecha	Q (m³/s)
1993-05-03	329,8	1942-02-01	110,0
1991-05-28	193,3	1957-12-27	109,3
1980-04-10	183,8	2012-05-27	107,8
1952-01-18	173,5	1953-01-28	107,7
1961-01-26	173,1	1974-01-31	106,6
1963-12-24	171,9	1969-12-31	106,1
2008-06-04	168,6	1970-02-18	105,7
2005-08-27	165,2	1984-02-21	105,4
2001-12-17	163,9	1971-12-27	104,8
1986-06-16	160,3	1956-01-10	104,6
2006-07-12	154,6	1944-12-19	104,0
1987-07-14	153,9	1976-01-22	103,3
1964-01-23	153,5	1967-01-30	102,5
1960-12-06	152,2	2007-01-03	102,3
1979-01-08	151,7	1943-01-06	101,9
1951-12-13	151,3	1966-01-26	101,2
1982-06-27	147,6	1981-02-06	101,0
1978-12-26	146,0	1995-12-24	99,3
2003-01-03	142,0	1999-01-02	96,4
1983-01-06	141,4	1962-02-06	95,5
2000-12-18	141,1	1988-12-31	94,7
1989-08-24	140,4	1950-01-13	94,7
1972-08-13	139,9	2004-01-09	93,3
2002-12-31	139,6	2017-01-29	93,2
1998-01-19	137,8	1949-01-03	92,0
1973-01-20	135,2	1985-03-05	89,5
1975-01-31	134,2	1948-12-13	88,1
2015-08-06	133,6	1954-12-21	87,7
2016-04-17	129,5	1996-01-07	83,8
1977-07-22	127,1	1968-01-31	81,4
1997-12-17	124,6	2010-01-28	81,2
1958-01-09	124,5	1947-12-07	79,0
1965-08-11	119,4	1955-11-26	77,3
2009-09-06	117,5	2014-01-14	75,4

Fecha	Q (m³/s)	Fecha	Q (m³/s)
1941-11-27	114,8	2013-01-16	73,0
2011-12-29	114,5	1940-12-31	72,1
1959-12-25	113,1	1945-01-17	69,5
1994-12-23	112,4	2018-02-17	62,8
1992-12-28	111,8	1946-12-31	62,7
1990-01-07	111,2	2019-12-31	61,5

A la serie de caudales máximos anuales se le ajustan 6 distribuciones de probabilidad: Normal, LogNormal, GEV, Gumbel, PearsonIII y LogPearsonIII. Los resultados se muestran a continuación:

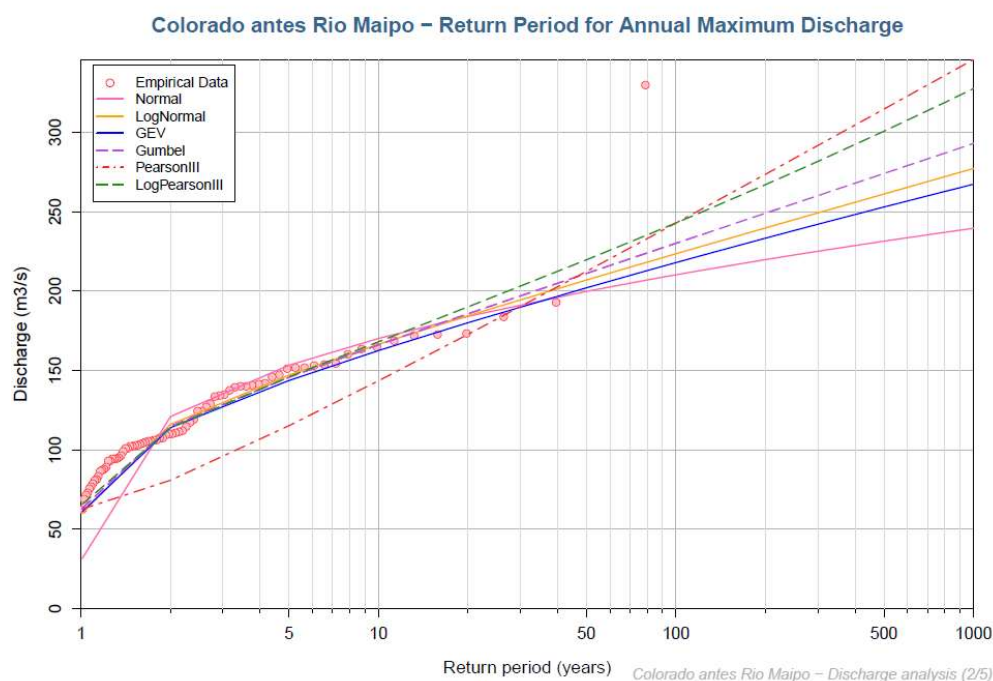


Figura 4-5– Caudal máximo anual según período de retorno

Estas funciones de probabilidad que representan un valor de caudal están asociadas a un cierto período de retorno, y la que mejor se ajusta a la serie de datos de caudales máximos es la que se utiliza para estimar el caudal máximo de diseño.

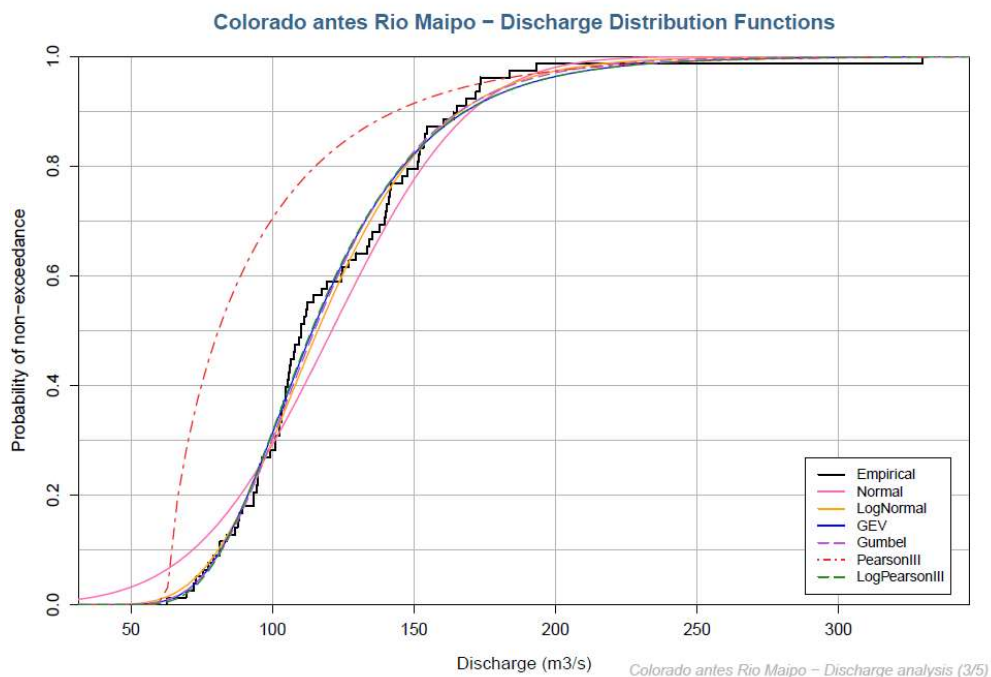


Figura 4-6 – Probabilidad de no excedencia según caudal

Tabla 4-3 – Parámetros de distribución de las diferentes funciones de probabilidad

	Normal	LogNormal	GEV	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III
	$\mu=120,978$	$\mu=4,75373$	$\xi=0,0420084$	$\mu=104,844$	$\xi=0,674705$	$\xi=23,1416$
	$s=38,3623$	$s=0,281794$	$\mu=104,095$	$\beta=27,2233$	$\mu=62,7198$	$\mu=3,40057$
			$\beta=27,2109$		$\beta=47,281$	$\beta=0,0584728$
(1) MSPE=	5350	4670	4480	4610	5300	4740
(2) KS=	0,141	0,1026	0,07692	0,07692	0,4744	0,07692
(3) p-value [KS]=	0,41992	0,80655	0,97513	0,97513	4,77E-08	0,97513

(1) MSPE: Mean Square Prediction Error

(2) KS: Kolmogorov-Smirnov statistic. Lower values -> better fitting

(3) p-value (KS): p-value of the Kolmogorov-Smirnov goodness-of-fit test

Tabla 4-4 – Caudales de las diferentes funciones de probabilidad según períodos de retorno

T (años)	Q [Normal]	Q [LogNormal]	Q [GEV]	Q [Gumbel]	Q [PearsonIII]	Q [LogPearsonIII]
5	153,3	147,1	143,7	145,7	115,2	145,9
10	170,1	166,5	162,5	166,1	143,5	168,1
25	188,1	190,0	185,5	191,9	182,3	197,2
50	199,8	206,9	202,0	211,1	212,4	219,6

T (años)	Q [Normal]	Q [LogNormal]	Q [GEV]	Q [Gumbel]	Q [PearsonIII]	Q [LogPearsonIII]
100	210,2	223,5	217,9	230,1	242,8	242,9
150	215,8	233,0	226,9	241,2	260,8	257,0
200	219,8	239,7	233,3	249,0	273,6	267,0
250	222,7	245,0	238,1	255,1	283,5	275,0
500	231,4	261,1	252,9	274,0	314,6	300,6
1000	239,5	277,1	267,2	292,9	345,8	327,5

La estimación del caudal de diseño para la crecida del río Colorado, que sufrirá el sector el Manzano, es aquella modelada por la distribución Log Pearson III, ya que brinda el mayor caudal de todas las distribuciones y tiene de los mejores ajustes (bajo estadístico de Kolmogorov-Smirnov). Por lo tanto, la crecida con un periodo de retorno de 100 años, utilizando todos los caudales sin separarlos por origen, tiene un caudal máximo instantáneo de 242,9 m³/s y la de 150 años 257 m³/s.

Para el segundo análisis, se procedió de manera similar solo que se generaron dos series de caudales de máximos anuales distintas y a cada serie se le ajustó una distribución de probabilidad. Luego de elegir la distribución que mejor se ajusta a cada serie se estima la distribución de probabilidad combinada¹, como se muestra en la siguiente ecuación (1).

$$P_C = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 \quad (1)$$

Donde P_C es la probabilidad de excedencia de la distribución de probabilidad combinada para un caudal Q , P_1 es la probabilidad de excedencia asociada a la primera distribución de probabilidad para un caudal Q y P_2 es la probabilidad de excedencia de la segunda distribución de probabilidad para un caudal Q . En este caso P_1 corresponde a la distribución de probabilidad derivada de la serie de caudales máximos anuales de origen pluvial y P_2 a la de origen nival. Para definir estas series se consideró que las crecidas ocurridas durante los meses de abril a septiembre son de origen pluvial y las ocurridas entre octubre y marzo son de origen nival.

La Tabla 4-5 **Error! Reference source not found.** muestra la serie de caudales máximos instantáneos que se utilizaron en el análisis de frecuencia para las crecidas de origen nival.

Tabla 4-5 - Serie de caudales máximos instantáneos anuales de origen nival utilizados para el análisis de frecuencia

Fecha	Q (m ³ /s)	Fecha	Q (m ³ /s)
1952	173,5	1970	105,7
1961	173,1	1984	105,4
1963	171,9	1965	105,2
2001	163,9	1971	104,8
1964	153,5	1956	104,6

¹ U.S. Army Corps of Engineers (1982). Mixed-Population Frequency Analysis.

Fecha	Q (m³/s)	Fecha	Q (m³/s)
1960	152,2	1944	104,0
1979	151,7	1976	103,3
1951	151,3	1967	102,5
2005	146,5	2007	102,3
1978	146,0	1943	101,9
2003	142,0	1966	101,2
1987	142,0	1981	101,0
1983	141,4	2008	99,5
2000	141,1	1995	99,3
2002	139,6	1999	96,4
1982	138,1	1962	95,5
1998	137,8	2016	95,0
2006	137,4	1988	94,7
1973	135,2	1950	94,7
1972	134,2	2012	94,1
1975	134,2	2004	93,3
1986	128,1	2017	93,2
1977	126,8	1949	92,0
1997	124,6	1985	89,5
1958	124,5	1948	88,1
1993	121,8	1954	87,7
1980	121,6	2015	87,1
1989	119,6	1996	83,8
1941	114,8	1968	81,4
2011	114,5	2010	81,2
1959	113,1	1947	79,0
1994	112,4	1955	77,3
1991	112,2	2009	76,2
1992	111,8	2014	75,4
1990	111,2	2013	73,0
1942	110,0	1940	72,1
1957	109,3	1945	69,5
1953	107,7	2018	62,8
1974	106,6	1946	62,7
1969	106,1	2019	61,5

La Figura 4-7 y Figura 4-8 y la Tabla 4-6 y 4-7 muestran los resultados del análisis de frecuencia para la serie de caudales máximos de anuales de origen nival.

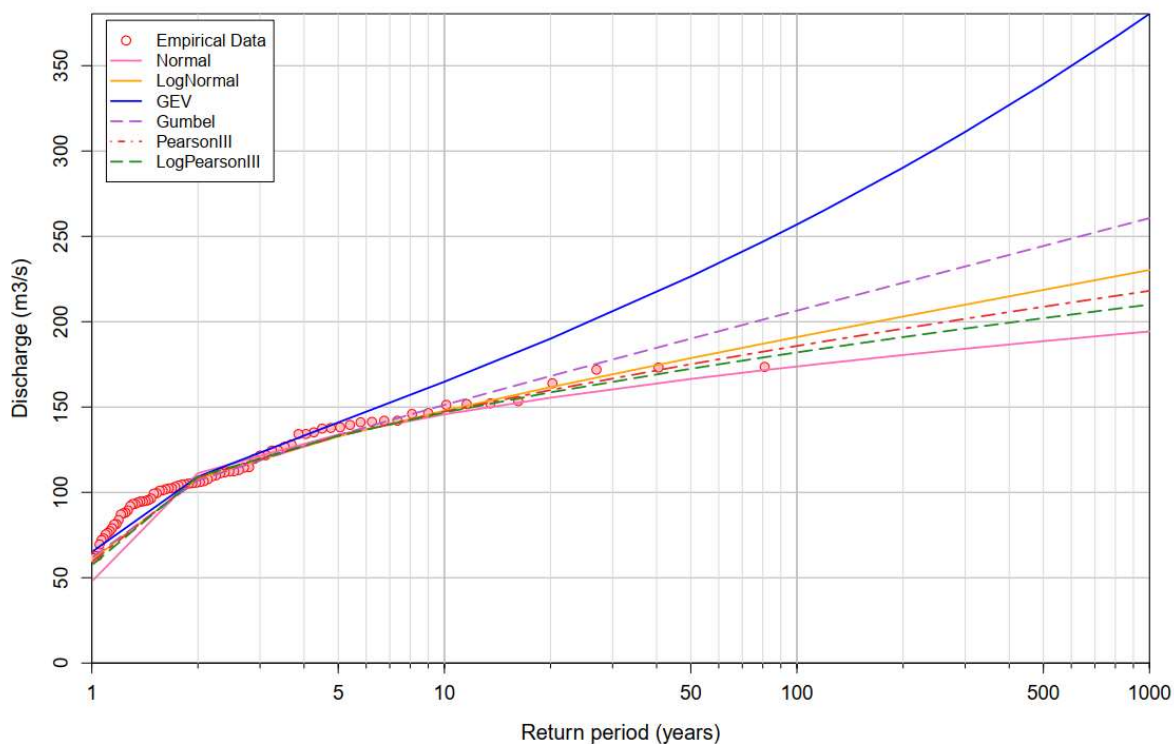


Figura 4-7 – Caudal máximo anual según periodo de retorno para la serie de caudales máximos de origen nival, junto con las distribuciones de probabilidad ajustadas

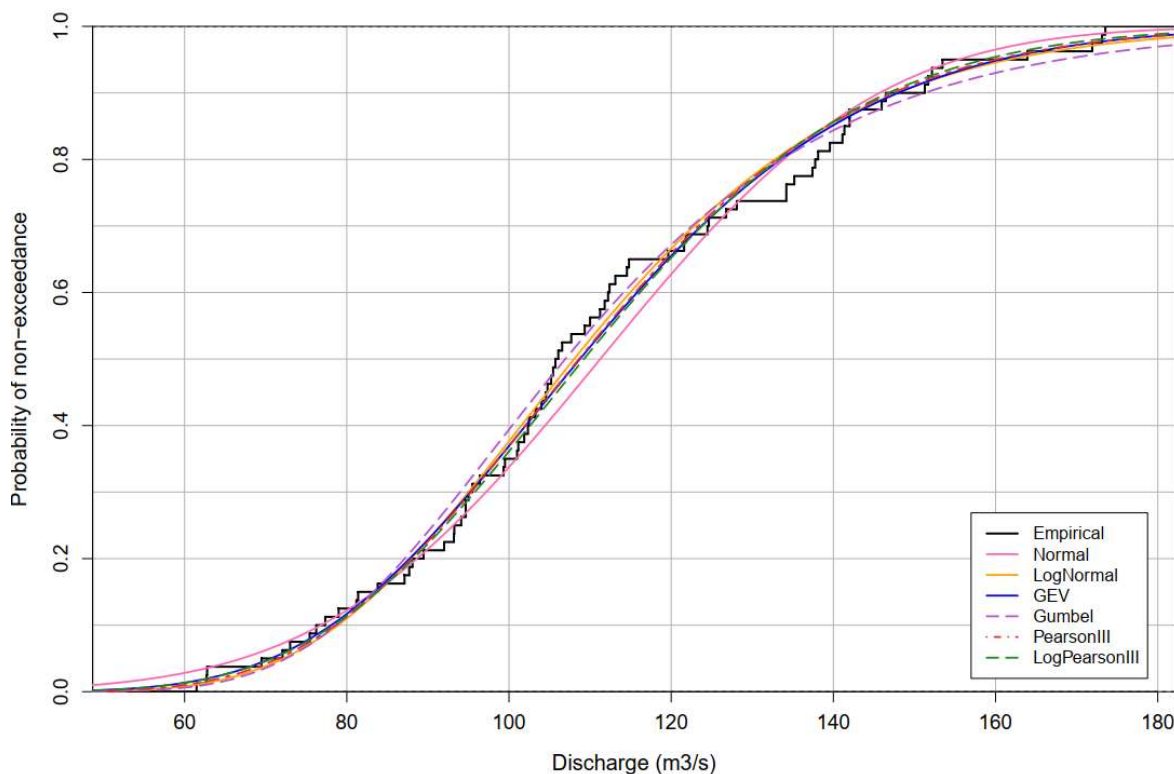


Figura 4-8 – Probabilidad de no excedencia según caudal para la serie de caudales máximos anuales de origen nival

Tabla 4-6 - Parámetros de las diferentes distribuciones de probabilidad ajustadas a la serie de máximos anuales de origen nival

	Normal	LogNormal	GEV	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III
	$\mu=111.263$	$\mu=4.68237$	$\xi=-0.133441$	$\mu=98.3325$	$\xi=11.6434$	$\xi=54.1$
	$s=26.8668$	$s=0.244938$	$\mu=99.904$	$\beta=23.5037$	$\mu=18.6506$	$\mu=6.48827$
			$\beta=24.7281$		$\beta=7.95407$	$\beta=-0.0333807$
(1) MSPE=	2740	2760	3640	2940	2730	2710
(2) KS=	0.1	0.075	0.0875	0.075	0.075	0.075
(3) p-value [KS]=	0.81862	0.97804	0.91936	0.97804	0.97804	0.97804

Tabla 4-7 - Caudales para diferentes periodos de retorno estimados a partir de las distribuciones de probabilidad ajustadas a la serie de caudales máximos anuales de origen nival

T (años)	Q [Normal]	Q [LogNormal]	Q [GEV]	Q [Gumbel]	Q [PearsonIII]	Q [LogPearsonIII]
5	133.9	132.8	141	133.6	133	133.2
10	145.7	147.9	164.8	151.2	147.3	146.8
25	158.3	165.9	198.6	173.5	163.8	162.1
50	166.4	178.6	226.5	190	175.1	172.5
100	173.8	191	257	206.5	185.8	182
150	177.8	198.1	276.1	216	191.8	187.3
200	180.5	203	290.3	222.8	195.9	191
500	188.6	218.6	339.2	244.4	208.8	202.1
1000	194.3	230.3	380.4	260.7	218.1	210

De acuerdo con el estadístico de Kolmogorov-Smirnov hay cuatro distribuciones que presentan un ajuste similar (0.075): LogNormal, Gumbel, Pearson III y Log Pearson III. Estas distribuciones entregan caudales similares para los periodos de retorno analizados. Luego de analizar la Tabla 4-6 se decidió elegir la distribución Pearson III para describir la serie de caudales máximos anuales con origen de deshielo, ya que gráficamente tiene un mejor ajuste. De todas formas, la diferencia no es mucha con las otras distribuciones. Por lo tanto, la crecida con un periodo de retorno de 100 años de origen nival tiene un caudal máximo instantáneo de 186 m³/s y la de 150 años 192 m³/s.

La Tabla 4-8 muestra la serie de caudales máximos instantáneos que se utilizaron en el análisis de frecuencia para las crecidas de origen pluvial.

Tabla 4-8 - Serie de caudales máximos instantáneos anuales de origen pluvial utilizados para el análisis de frecuencia

Fecha	Q (m ³ /s)	Fecha	Q (m ³ /s)
1993	329,8	1999	45,9
1991	193,3	1952	45,2
1980	183,8	1998	44,0

Fecha	Q (m³/s)	Fecha	Q (m³/s)
2008	168,6	1956	43,6
2005	165,2	1948	43,2
1986	160,3	1981	43,1
2006	154,6	1953	42,4
1987	153,9	1959	42,0
1982	147,6	2007	40,1
1989	140,4	2010	39,5
1972	139,9	1966	39,5
2015	133,6	1985	39,0
2000	132,7	1954	38,8
2002	131,6	1942	38,3
2001	130,7	1962	38,0
2016	129,5	2004	36,4
1977	127,1	1944	35,8
1965	119,4	1957	34,9
2009	117,5	1990	33,3
1960	114,9	1950	31,2
1978	109,6	1967	31,0
2012	107,8	1943	29,8
1941	106,4	1975	29,5
1961	92,1	2013	29,3
1984	91,3	1971	28,8
1992	85,3	2019	28,6
1958	82,6	1945	28,6
1997	81,4	1970	28,4
1963	78,4	2018	27,1
1973	76,8	1996	27,1
2017	73,8	1951	26,4
1969	72,1	2011	25,4
1979	71,1	1964	25,4
1974	66,0	1940	23,8
1983	59,6	1955	23,1
1994	58,5	1976	22,9
1988	58,1	1968	22,5
1995	51,9	2014	20,2
2003	48,0	1947	18,6
1949	46,8	1946	14,7

La Figura 4-9 y 4-10, junto con la Tabla 4-9 y 4-10 muestran los resultados del análisis de frecuencia para la serie de caudales máximos anuales con origen pluvial.

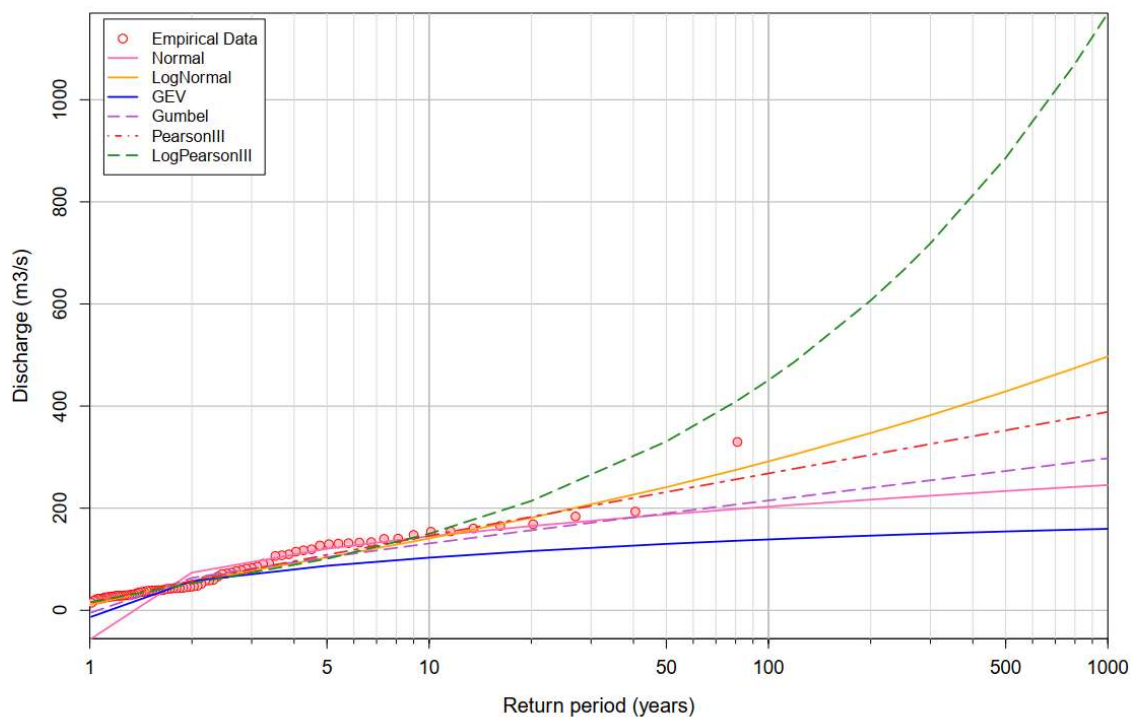


Figura 4-9 - Caudal máximo anual según periodo de retorno para la serie de caudales máximos de origen pluvial, junto con las distribuciones de probabilidad ajustadas

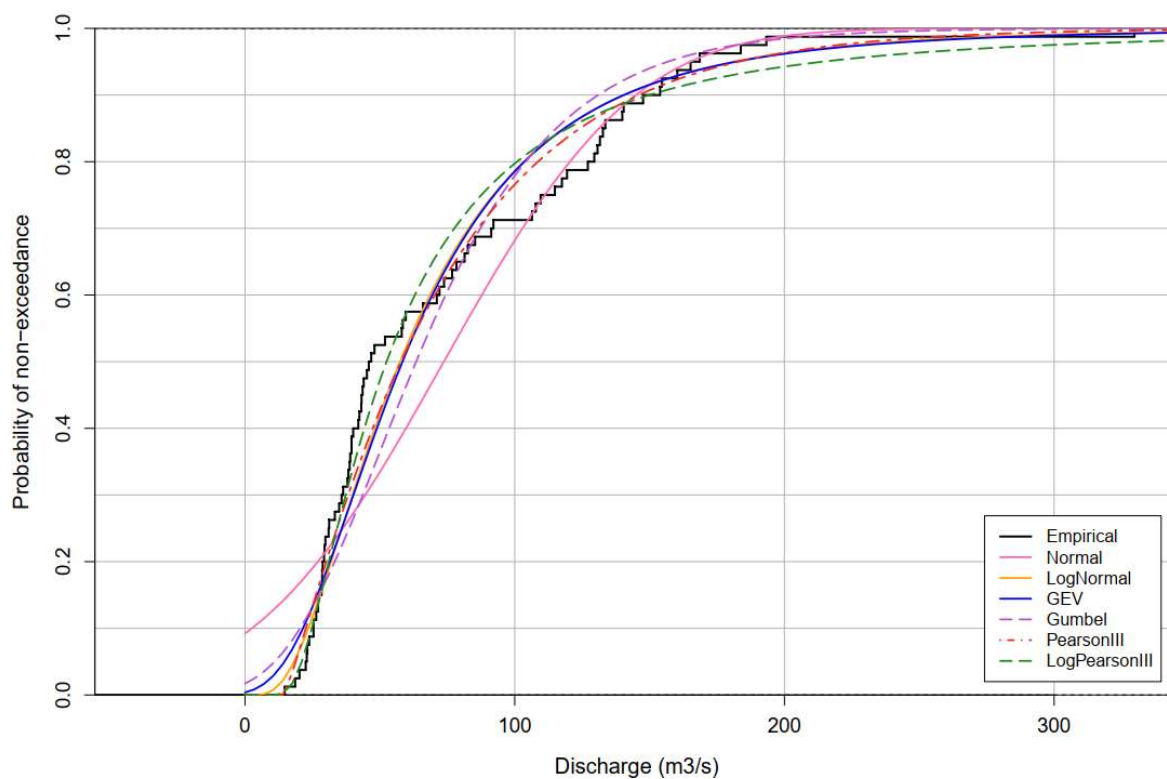


Figura 4-10 - Probabilidad de no excedencia según caudal para la serie de caudales máximos anuales de origen pluvial

Tabla 4-9 - Parámetros de las diferentes distribuciones de probabilidad ajustadas a la serie de máximos anuales de origen pluvial

	Normal	LogNormal	GEV	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III
	$\mu=73.7175$	$\mu=4.05116$	$\xi=0.22353$	$\mu=50.3122$	$\xi=1.15596$	$\xi=6.78212$
	$s=55.5292$	$s=0.69824$	$\mu=46.0494$	$\beta=35.816$	$\mu=14.5534$	$\mu=2.18195$
			$\beta=32.2558$		$\beta=51.1816$	$\beta=0.275608$
(1) MSPE=	11200	9480	7480	8760	9600	11500
(2) KS=	0.2	0.125	0.2125	0.1875	0.125	0.1125
(3) p-value [KS]=	0.081519	0.55956	0.053968	0.12008	0.55956	0.69199

Tabla 4-10 - Caudales para diferentes periodos de retorno estimados a partir de las distribuciones de probabilidad ajustadas a la serie de caudales máximos anuales de origen pluvial

T (años)	Q [Normal]	Q [LogNormal]	Q [GEV]	Q [Gumbel]	Q [PearsonIII]	Q [LogPearsonIII]
5	120.5	103.4	87.2	104	108.6	100.8
10	144.9	140.6	103.1	130.9	146	149.9
25	170.9	195.1	119.8	164.9	194.9	238.8
50	187.8	241.1	130	190.1	231.5	330.7
100	202.9	291.6	138.7	215.1	268.1	450.7
150	211.1	323.5	143.2	229.7	289.4	537
200	216.8	347.1	146.2	240	304.5	606.8
500	233.5	428.7	154.4	272.9	352.4	886.1
1000	245.3	497.1	159.5	297.7	388.6	1169.7

Si bien el estadístico de Kolmogorov-Smirnov indica que las distribuciones Log normal y Log Pearson III presentan un mejor ajuste, estas distribuciones entregan caudales excesivamente altos por que tratan ajustarse a la crecida más grande del registro (329,8 m³/s). Se decidió considerar las distribuciones de probabilidad que no tratan de ajustar esta crecida, ya que su valor de caudal puede no estar correcto porque fue estimado con la parte extrapolada de la curva de descarga y porque puede tener un periodo de retorno mucho más alto que el que le asignan estos métodos (~ 80 años). Analizando la Tabla 4-9 se puede observar que la distribución de probabilidad Gumbel presenta un mejor ajuste sin considerar la crecida mencionada anteriormente. Por tanto, la crecida con un periodo de retorno de 100 años de origen pluvial tiene un caudal máximo instantáneo de 215 m³/s y la de 150 años 230 m³/s.

Habiendo definido las distribuciones de probabilidad que mejor se ajustan a las series de caudales máximos anuales de origen nival y pluvial se calculó la distribución de probabilidad combinada utilizando la Ecuación 1. La Tabla 4-11 muestra los caudales obtenidos a partir de la distribución de probabilidad combinada para los periodos de retorno analizados.

Tabla 4-11 – Resumen de resultados de los dos análisis realizados

T (años)	Anual	Pluvial	Nival	Pluvial+Nival
	Q (m³/s) [LogPearsonIII]	Q (m³/s) [Gumbel]	Q (m³/s) [PearsonIII]	Q (m³/s) [Combinada]
5	145,9	104	133	142
10	168,1	130,9	147,3	158
25	197,2	164,9	163,8	180
50	219,6	190,1	175,1	198
100	242,9	215,1	185,8	222
150	257,0	229,7	191,8	240
200	267,0	240	195,9	250
500	300,6	272,9	208,8	275

El análisis realizado utilizando solo una serie de caudales, sin separarlos por origen, entrega caudales mayores (entorno a un 8%) que al usar series separadas para luego estimar una distribución de probabilidad conjunta. El separar las series de caudales máximos anuales, por lo general, entrega resultados más precisos², sin embargo, de manera conservadora, se decidió utilizar los caudales entregados por el análisis de frecuencia de la serie sin separar. Por tanto, para la modelación hidráulica se utilizó el caudal de 100 años (242,9 m³/s) para diseñar y el de 150 años (257,0 m³/s) para verificar.

5. SIMULACION HIDRÁULICA

5.1. Modelo HEC-RAS

Las ilustraciones que se muestran en este capítulo fueron obtenidas desde el software indicado. Hay que destacar que las vistas de los perfiles transversales del río están “mirando” hacia aguas arriba, en disposición contraria al escurrimiento del flujo.

El inicio de la obra de toma se ubica en el River Station 263, y el punto final de la obra queda en el River Station 143. La obra de toma original se ubica en la River Station 220. Adicionalmente a esta información, el capítulo 4.3.1. se expone con detalle la ubicación exacta del punto de captación.

5.1.1. Perfiles Topobatómétricos

De los modelos generados en AutoCAD Civil 3D 2020, se exportan los perfiles y el alineamiento al software HEC RAS 5.0.0. Estos programas por defecto poseen sentidos opuestos de alineamiento, esto significa que para un correcto modelamiento en HEC RAS, se debe asegurar el sentido contrario al alineamiento en AutoCAD Civil 3D (por consideraciones técnicas de software. Esto se logra evidenciando la enumeración de los perfiles transversales desde aguas abajo hacia aguas arriba) antes de exportar los datos.

² USGS (2019). Guidelines for Determining Flood Flow Frequency Bulletin 17C

Previo a la exportación se debe procurar que las secciones transversales no se crucen entre ellas.

El perfil 1 (en HEC RAS denominado River Station 550, por su distancia en metros desde la referencia en el Dm. 0,0) se encuentra a la derecha de la Figura 5-1, así consecutivamente hasta el último perfil que se encuentra a la izquierda de la Figura 5-1 o denominado River Station 0.

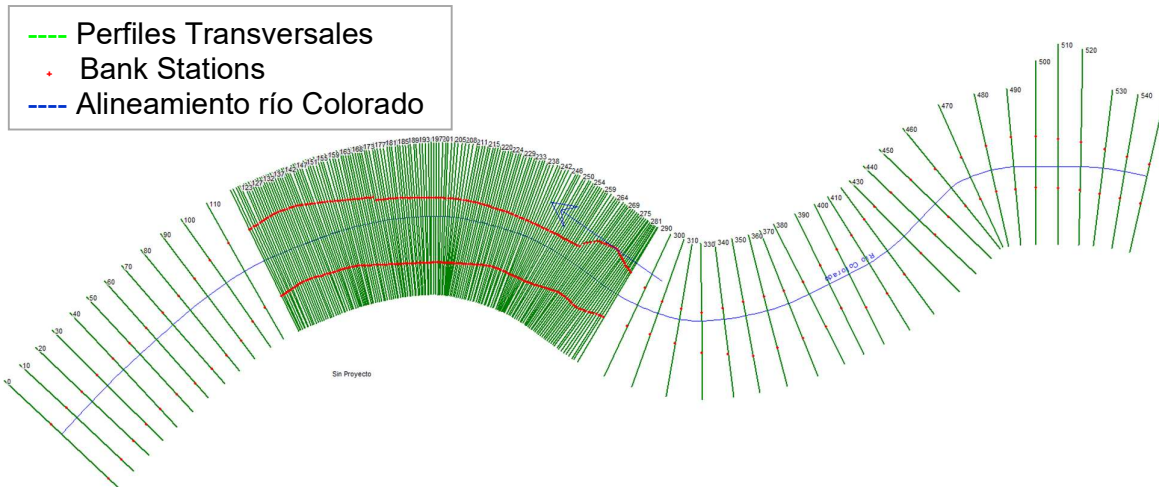


Figura 5-1 - Alineamiento y perfiles HEC RAS río Colorado, sector Manzano

5.1.2. Rugosidad de Manning

Aquellos puntos rojos (en la Figura 5-1 y Figura 5-2) técnicamente definidos como Bank Stations, dividen la sección transversal en ambas riberas y cauce principal, siendo el tramo central aquel por donde escurre el agua en condiciones normales. Esta diferencia física es medible a través su coeficiente de Manning. Se comprueba en la parte superior de la Figura 5-2, con los valores entre flechas.

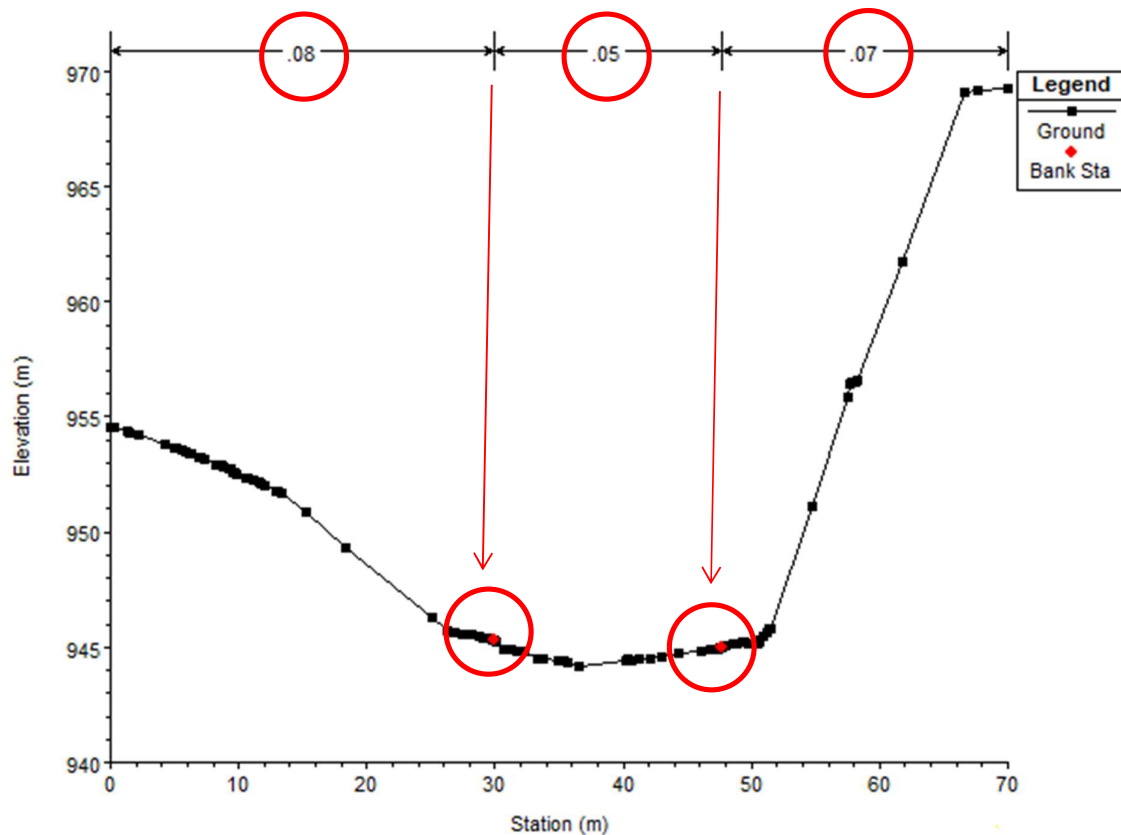


Figura 5-2 – Sección transversal, en el River Station 550 (0+000).

Un análisis de sensibilidad del parámetro de la rugosidad de Manning brindó información útil con respecto a la poca influencia que este parámetro generó en el comportamiento del río para las condiciones aquí analizadas.

La metodología empleada para la determinación de la rugosidad de Manning se presenta en el numeral 3.2 del presente informe.

5.1.3. Condiciones de borde

Para las condiciones de borde, se estableció *altura normal* y se extendió las pendientes existentes en los tramos extremos, es decir, para el tramo que comprenden los perfiles RS 450 y 550, la pendiente aguas arriba es de un 1,2 %, y se realizó lo mismo para el tramo de los perfiles RS 0 y 100 aguas abajo donde la pendiente es de un 0,8 %.

En HEC RAS se modela un estado de flujo constante o *Steady Flow* para cada valor de caudal, acompañado de la respectiva geometría ingresada según corresponde el escenario. Antes de compilar el análisis hidráulico se configura un régimen de flujo mixto (dadas las opciones sub-crítico y súper-crítico), en la ventana emergente de compilación.

5.2. Resultados

Una vez que los procedimientos de modelamiento se han desarrollado, se extrae la información relevante con respecto al flujo del río en las condiciones ingresadas, altura de la superficie del flujo y velocidad. Estos valores se pueden verificar en el anexo B.

5.2.1. Caudal mínimo

La geometría ingresada, proveniente del levantamiento topobatimétrico, y con el caudal de sequía como flujo estable, se puede ver en la siguiente figura.

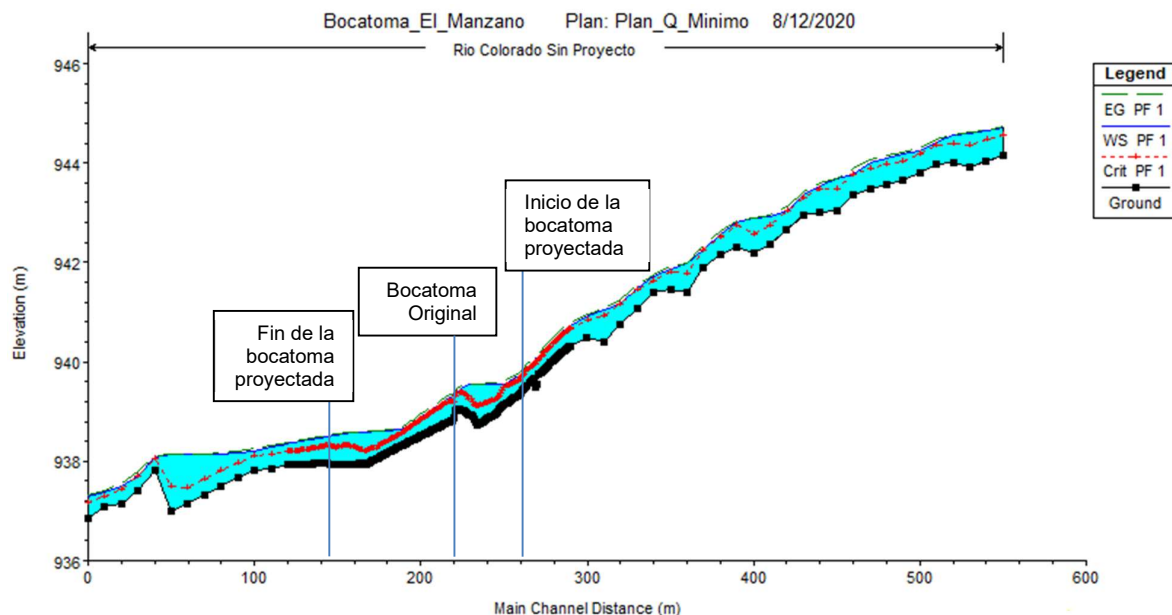


Figura 5-3 - Eje hidráulico caudal mínimo de diseño (2,5 m³/s)

En la Figura 5-3, la línea segmentada verde corresponde a la línea de energía del cauce, la línea azul corresponde al eje hidráulico o superficie del río, la línea punteada roja corresponde a la altura crítica, y la línea de la base corresponde a la cota mínima de cada sección del terreno.

El software permite la visualización 3D, o disposición isométrica, como la siguiente figura.

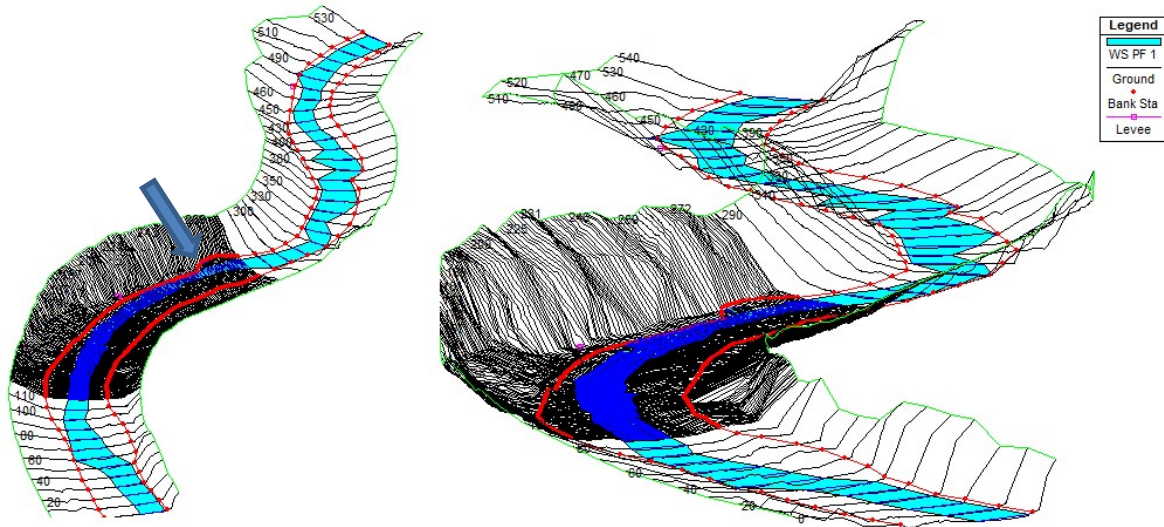


Figura 5-4 – Isométrico caudal mínimo de diseño (2,5 m³/s)

La Figura 5-4 muestra la zona de estudio donde se ubica la bocatoma actual del Canal Manzano en río Colorado, en su condición de bajo caudal y por supuesto de baja altura del eje hidráulico.

Las velocidades alcanzadas en el tramo se muestran en los siguientes gráficos:

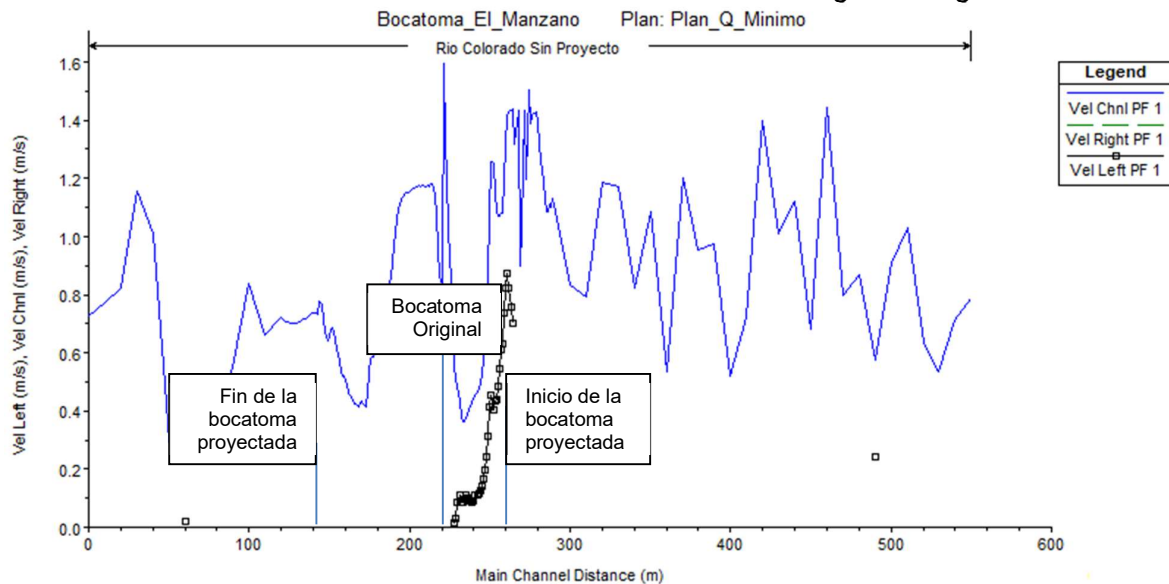


Figura 5-5 - Velocidad media del flujo caudal mínimo de diseño (2,5 m³/s)

En este caso se alcanzan velocidades que alcanzan los 1,60 m/s lo que es suficiente para considerar un arrastre de fondo bajo, al igual que una baja erosión, para un río en estas condiciones.

La Figura 5-6 muestra el eje hidráulico de la situación con proyecto para el caudal mínimo. La Figura 5-7 muestra la comparación de la situación sin y con proyecto donde se puede observar que no hay diferencias.

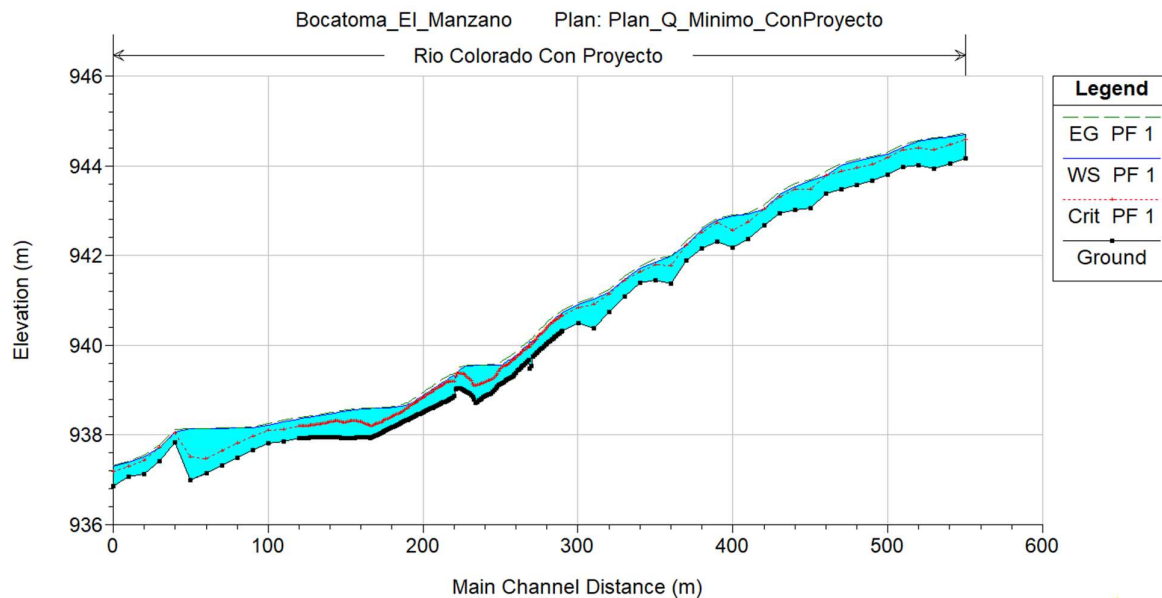


Figura 5-6 - Eje hidráulico caudal mínimo de diseño ($2,5 \text{ m}^3/\text{s}$) para situación con proyecto

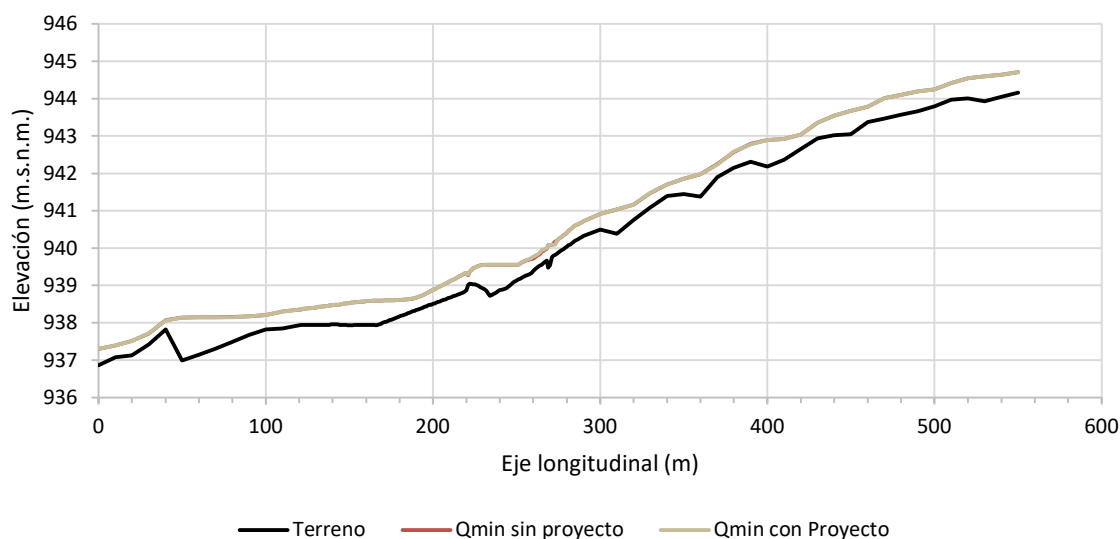


Figura 5-7 – Comparación eje hidráulico para el caudal mínimo para situación sin y con proyecto

La Figura 5-8 muestra una vista en 3D del eje hidráulico del río Colorado para el caudal mínimo de la situación con proyecto. La Figura 5-9 muestra la velocidad media del flujo a lo largo del cauce para la situación con proyecto, se puede observar que las velocidades máximas son similares a la situación sin proyecto.

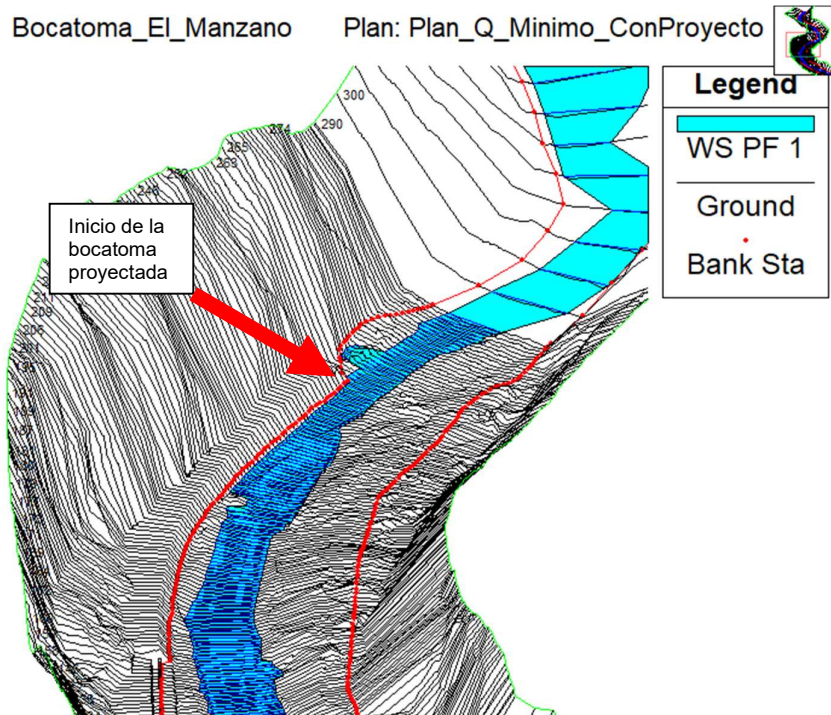


Figura 5-8 - Isométrico caudal mínimo de diseño ($2,5 \text{ m}^3/\text{s}$) para la situación con proyecto

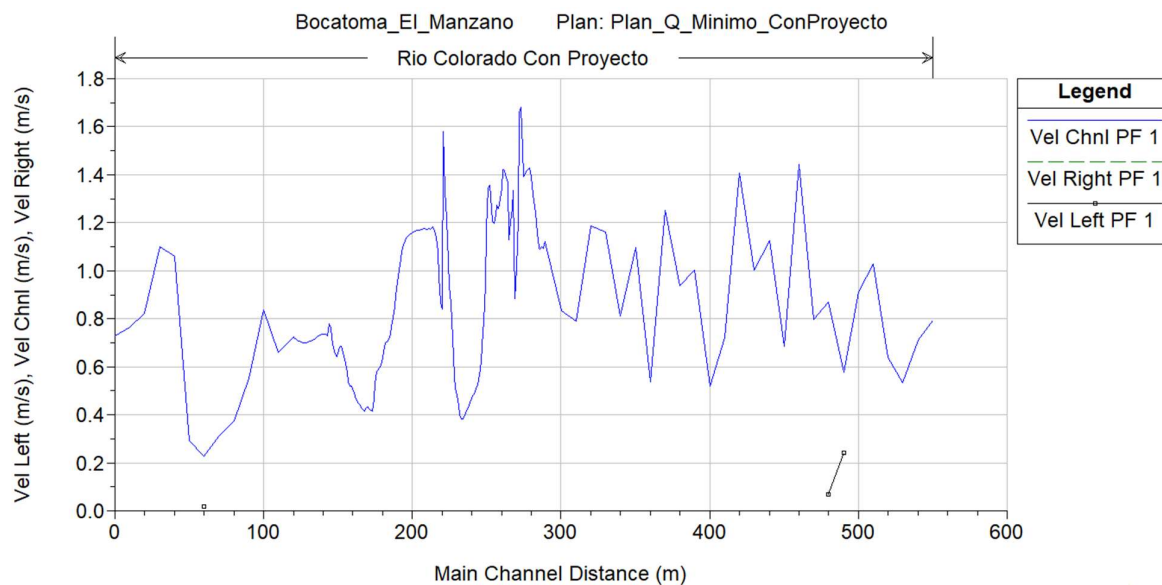


Figura 5-9 - Velocidad media del flujo caudal mínimo de diseño ($2,5 \text{ m}^3/\text{s}$) para la situación con proyecto

La Figura 5-10 muestra la sección transversal donde se ubica la entrada de la bocatoma para la situación sin y con proyecto.

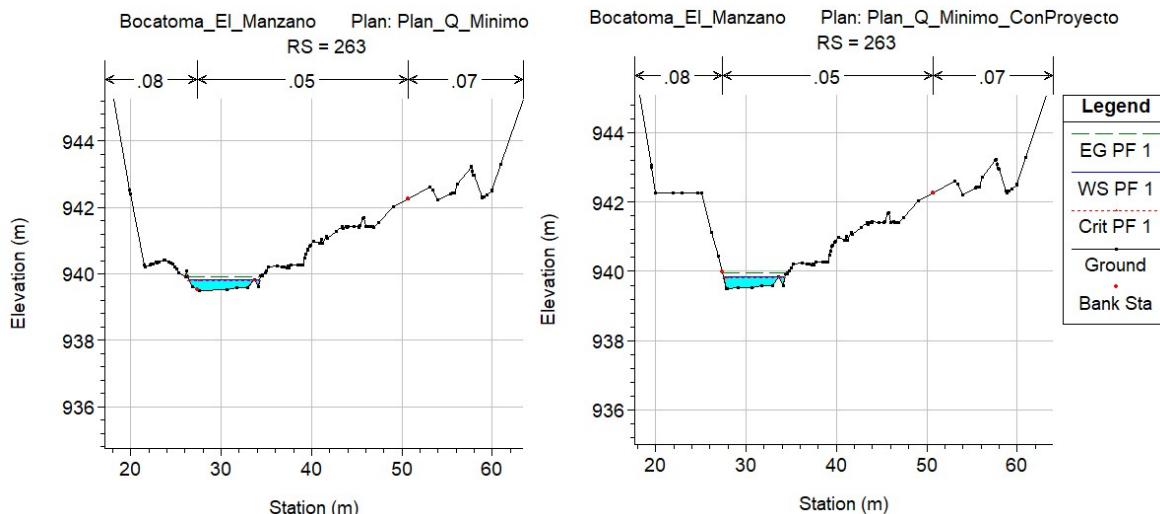


Figura 5-10 – Sección transversal del inicio de la bocatoma para situación con proyecto y sin proyecto

5.2.2. Caudal máximo

A continuación, se muestran los resultados de la modelación hidráulica para los caudales con periodo de retorno de 100 y 150 años de la situación sin y con proyecto.

La Figura 5-11, Figura 5-12 y Figura 5-13 muestran los resultados de la modelación hidráulica de la situación sin proyecto para los caudales con periodo de retorno de 100 y 150 años. El plan Q100 corresponde a un caudal de 100 años de período de retorno para la geometría sin proyecto, y el plan Q150 corresponde al análisis realizado con un caudal de 150 años, donde prácticamente no hay variabilidad importante, tanto en eje hidráulico, como en velocidades.

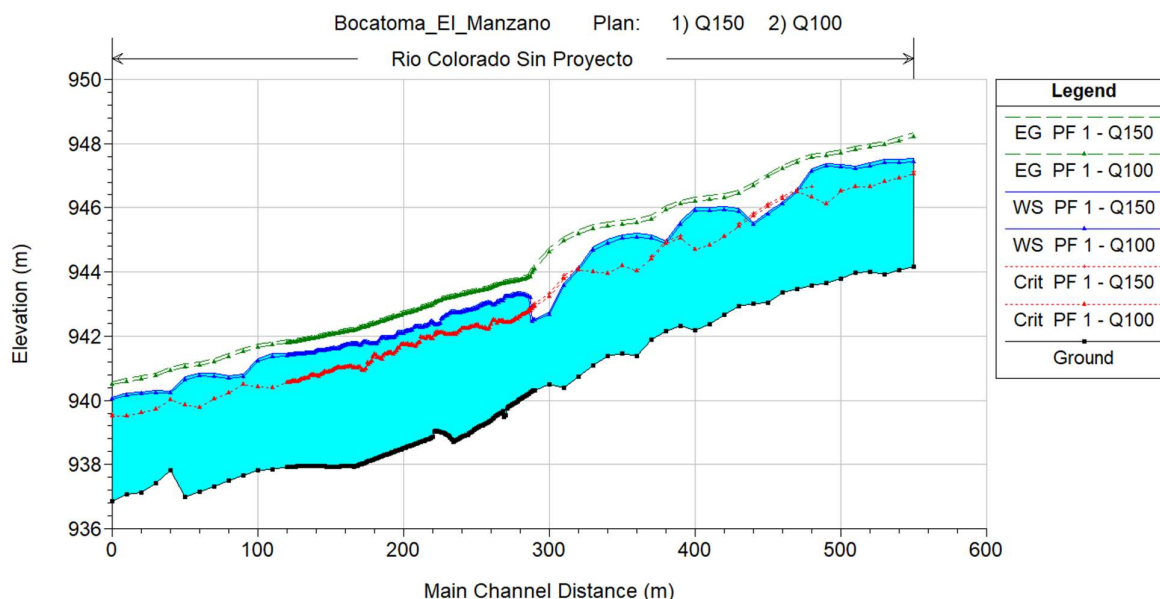


Figura 5-11 - Eje hidráulico para el caudal de diseño (242,9 m³/s) y verificación (257 m³/s) para situación sin proyecto

Bocatoma_El_Manzano Plan: 1) Q150 2) Q100

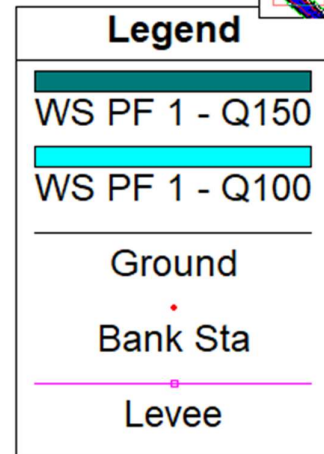
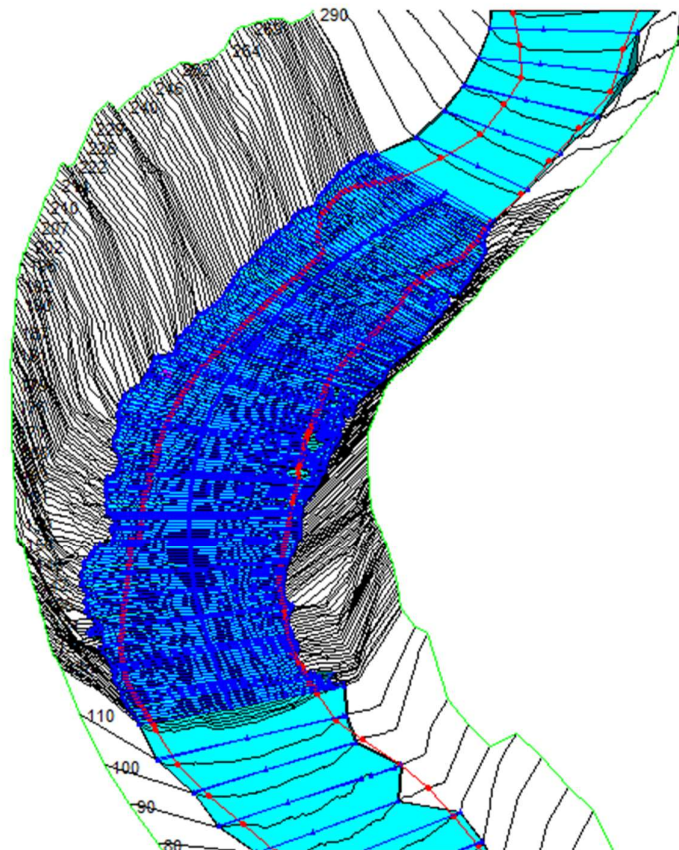


Figura 5-12 - Isométrico del eje hidráulico para la situación sin proyecto con los caudales de periodo de retorno 100 y 150 años

La Figura 5-13 muestra la velocidad media del flujo a lo largo de cauce para los caudales con periodo de retorno de 100 y 150 años. La velocidad media máxima que se alcanza en el tramo de río en estudio corresponde a 6,37 m/s para un periodo de retorno de 100 años y 6,48 m/s para 150 años. Para la sección donde se emplazará la obra de toma se alcanza una velocidad máxima de 3,92 m/s para un periodo de retorno de 100 años y 4,00 m/s para 150 años.

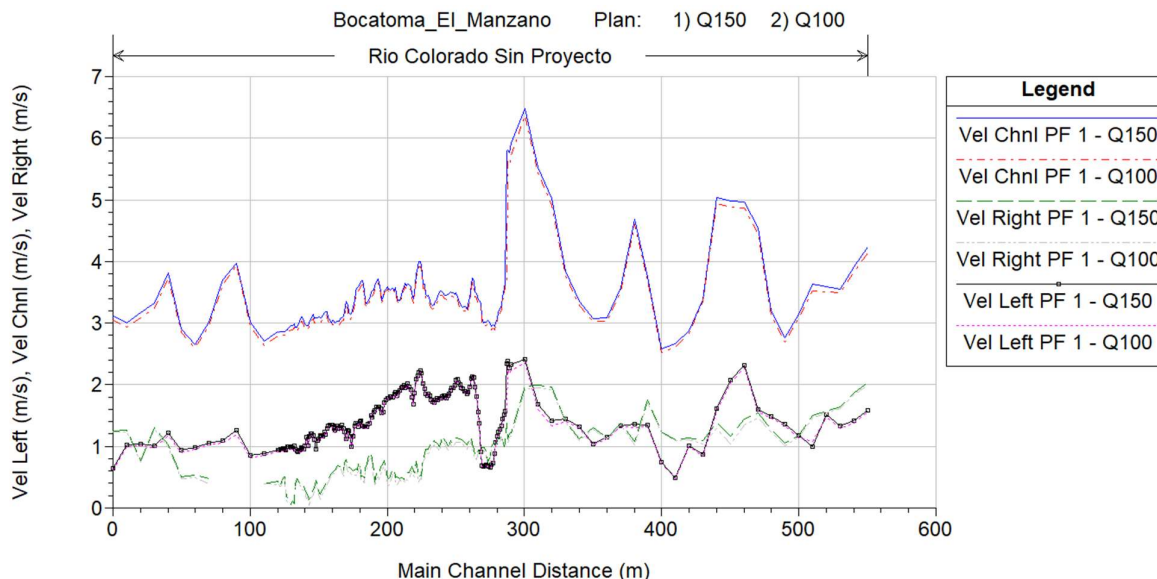


Figura 5-13 - Velocidad media del flujo para el caudal máximo de diseño (242,9 m³/s) y verificación (257 m³/s) de la situación sin proyecto

Ahora, se revisan los resultados de altura del eje hidráulico, velocidades y vista 3D de los casos con crecidas de 100 años para el diseño de la obra, y 150 años de período de retorno para su verificación.

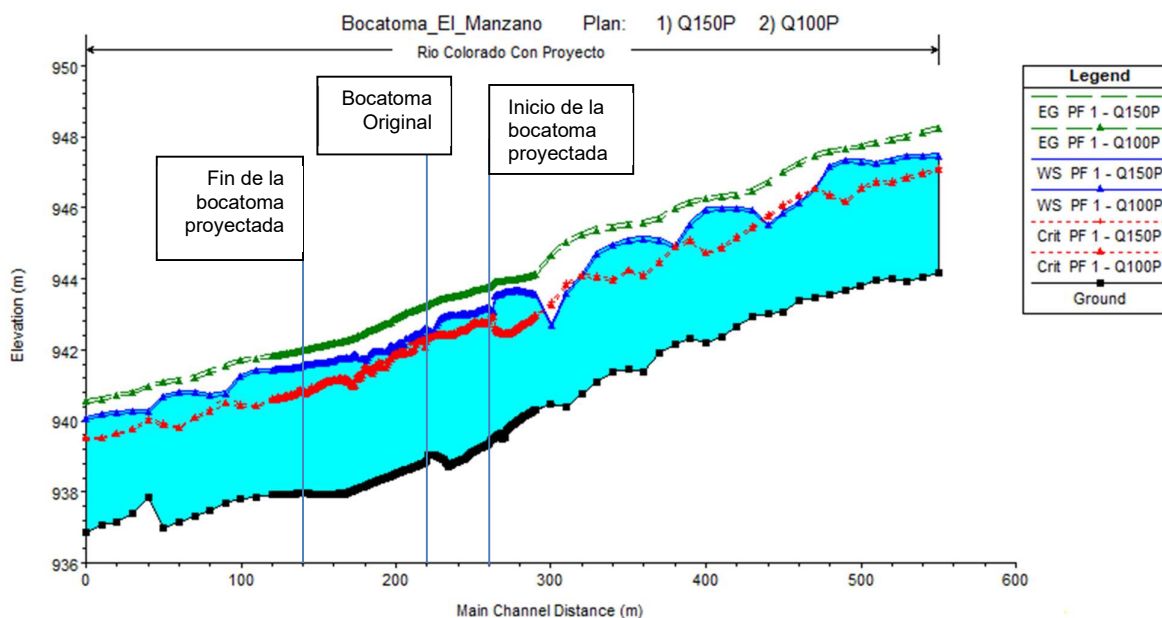


Figura 5-14 - Eje hidráulico caudal máximo de diseño o crecida (242,9 m³/s) y de verificación (257.0 m³/s)

El plan Q100P corresponde a un caudal de 100 años de período de retorno para la geometría con proyecto, y el plan Q150P corresponde al análisis realizado con un caudal de 150 años, donde prácticamente no hay variabilidad importante, tanto en eje hidráulico, como en velocidades.

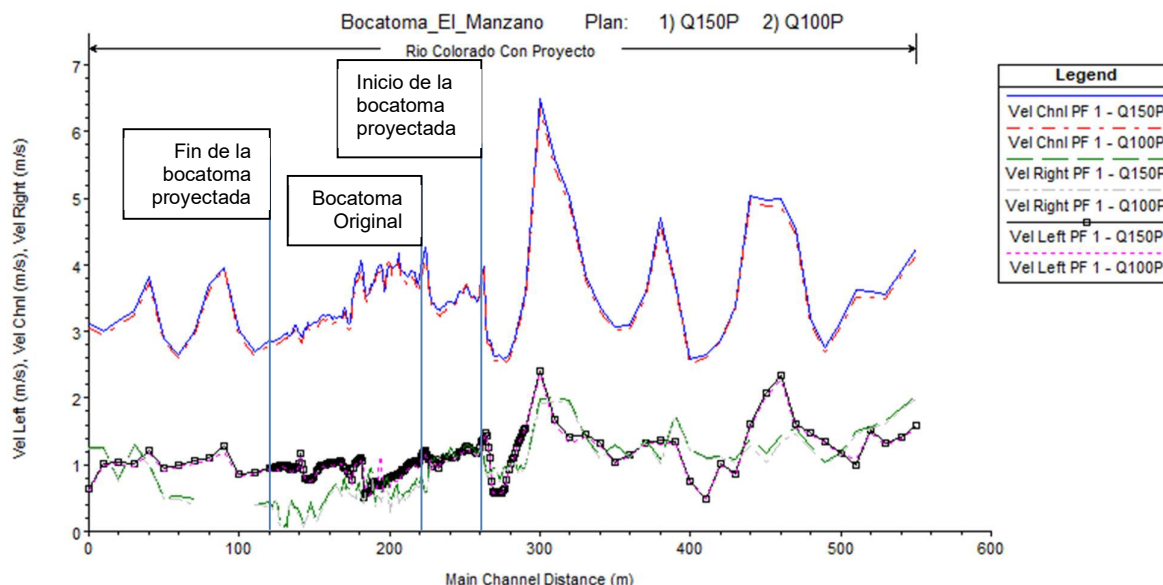


Figura 5-15 - Velocidad media del flujo para el caudal máximo de diseño (242,9 m³/s) y verificación (257 m³/s) de la situación con proyecto

Para la crecida, el modelamiento del río advierte que las velocidades máximas que se registran en el sector (en estudio, no dentro del tramo donde se ubica la obra), serán del orden de los 6,37 m/s, sin embargo, a lo largo de la obra la velocidad máxima que se presenta corresponde a 4,11 m/s, que es cerca de 0,2 m/s mayor que la condición sin proyecto, por tanto no hay grandes diferencias entre la condición sin y con proyecto. Este parámetro tiene gran influencia en la elección del tamaño mínimo que debe tener el elemento del enrocado de protección.

Estos valores fueron verificados para la crecida de 150 años, y ciertamente que no varían considerablemente. La velocidad máxima del tramo en estudio corresponde a 6,49 m/s, y en el tramo donde se ubica el enrocado, la velocidad máxima equivale a 4,25 m/s.

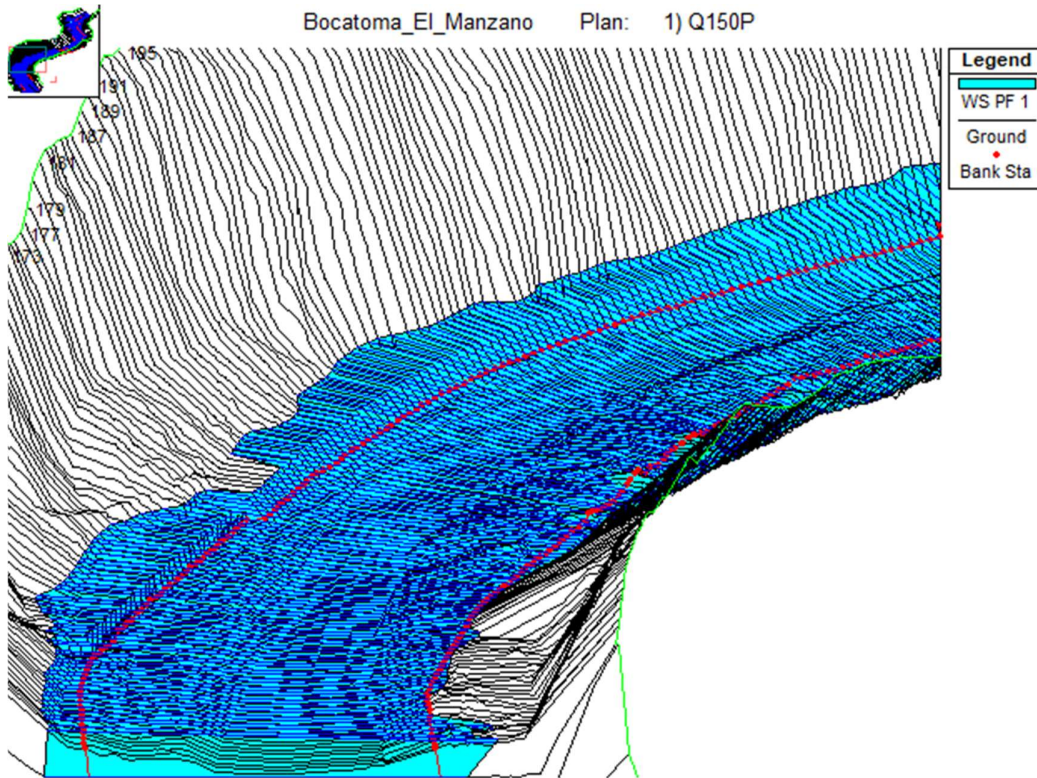


Figura 5-16 – Crecida de 150 años. Vista 3D Hec Ras

La visualización en 3D del sector en estudio muestra que la obra del enrocado en prácticamente toda su extensión queda cubierta por el agua durante la crecida, es por esto que se debe verificar con detalle fenómenos como la flotación, o calcular cuidadosamente el tamaño del enrocado, en este caso consolidado, para evitar que la obra sufra deterioro durante este evento.

La Figura 5-17 muestra la comparación entre los ejes hidráulicos de la situación sin y con proyecto para un caudal con periodo de retorno de 100 años. Se puede observar que solo hay una diferencia en los ejes hidráulicos de la situación sin y con proyecto, esta se ubica entre la entrada a la bocatoma hasta unos 30 m aguas arriba, donde debido a la reducción de sección del río por la incorporación este se peralta generando un eje hidráulico en torno a 1 m más alto que la condición sin proyecto.

La Figura 5-18 muestra la sección transversal donde se alcanza la mayor profundidad de escurrimiento para las secciones ubicadas donde se emplazará la obra para la situación sin y con proyecto. La Figura 5-19 muestra la sección transversal donde se alcanza la mayor velocidad media de escurrimiento para las secciones ubicadas donde se emplazará la obra para la situación sin y con proyecto

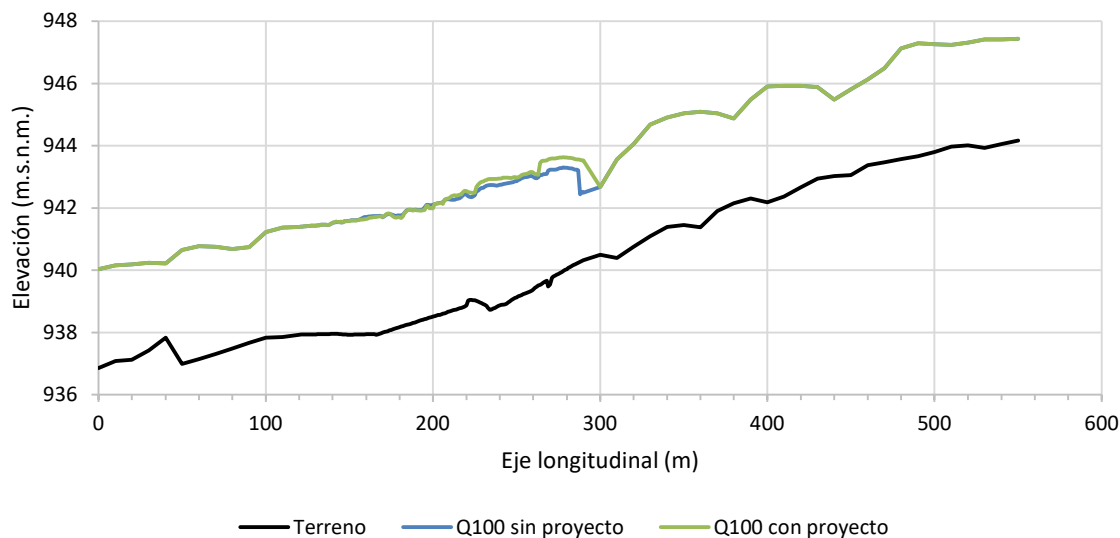


Figura 5-17 - Comparación eje hidráulico para el caudal mínimo para situación sin y con proyecto

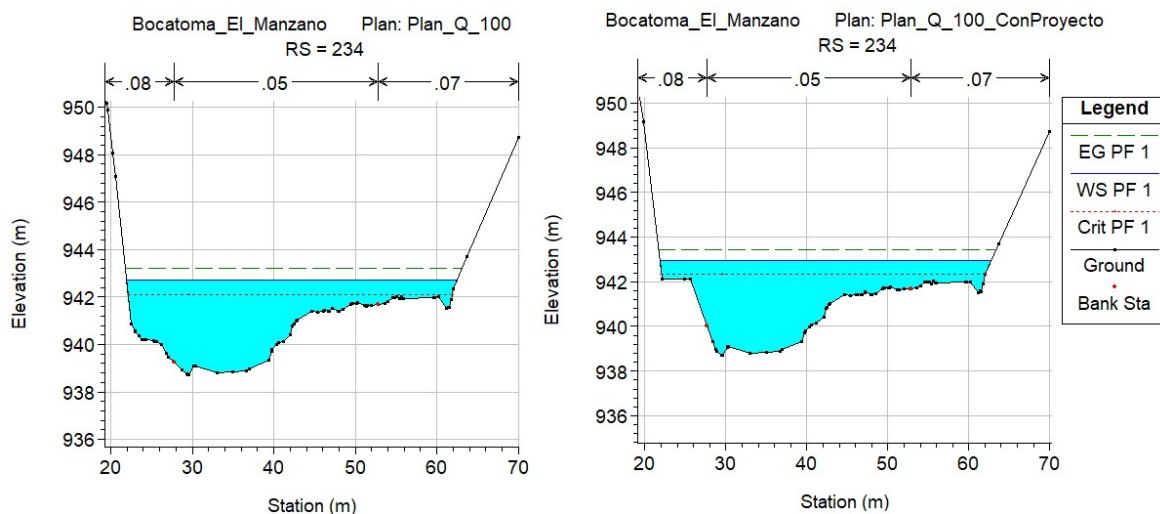


Figura 5-18 - Sección transversal en donde se alcanza la mayor profundidad de escurrimiento para la situación sin y con proyecto

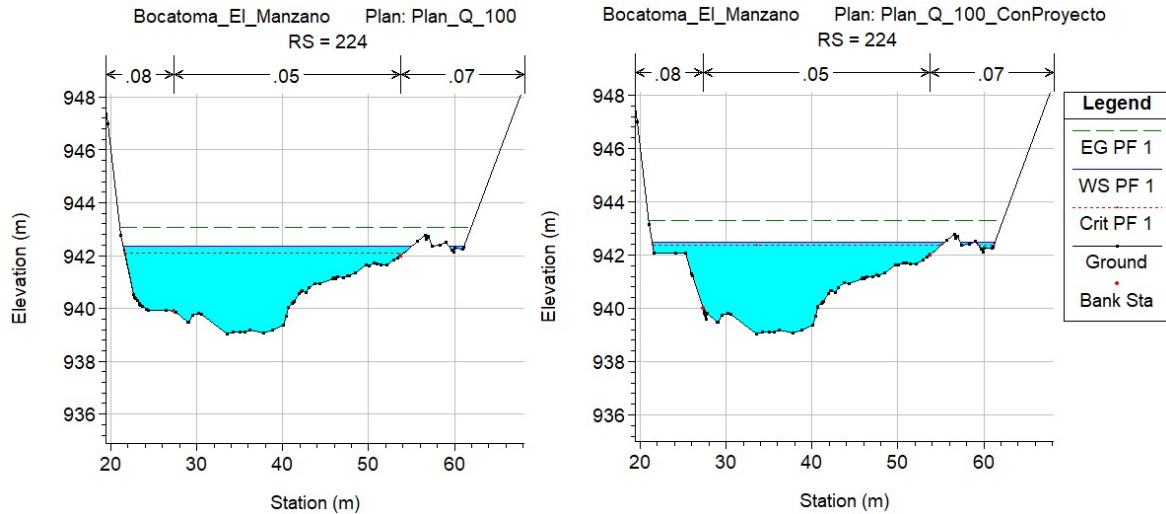


Figura 5-19 - Sección transversal en donde se alcanza la mayor velocidad de escurrimiento para la situación sin y con proyecto

5.2.3. Análisis de flujo detrítico

Al encontrarse la obra en una zona montañosa con fuertes pendientes, poca vegetación y material del tipo detrítico suelto es posible que se generen flujos detríticos. El caudal detrítico se puede calcular como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Q_{detr} = \frac{Q_{liq}}{1 - C}$$

Donde Q_{detr} es el caudal detrítico que considera el flujo líquido más el sólido, Q_{liq} es el caudal líquido y C es la concentración de volumen de sólidos. La DGA recomienda usar una concentración de sólidos no menor a 30%³. Usando la recomendación anterior se obtiene un caudal detrítico para un periodo de retorno de 100 años de 347 m³/s.

Utilizando el caudal antes mencionado se procedió a modelar hidráulicamente en Hec-Ras la situación con proyecto y sin proyecto. Para la situación sin proyecto se alcanza una profundidad máxima de 4.61 m en la sección 234, y para la situación con proyecto se alcanza una profundidad máxima de 4.81 en la misma sección (ver Figura 5-20). La Figura 5-21 muestra el perfil longitudinal y eje hidráulico de la situación con proyecto y sin proyecto. En general, no hay grandes diferencias entre la situación con y sin proyecto.

³ DGA (2016). Guías Metodológicas para Presentación y Revisión Técnica de Proyectos de Modificación de Cauces Naturales y Artificiales.

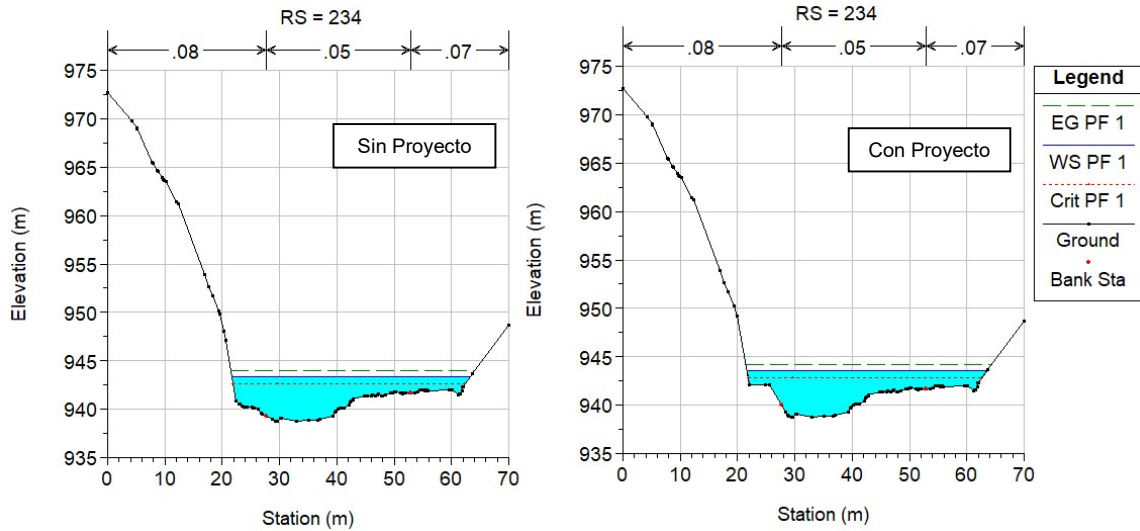


Figura 5-20 – Sección transversal con la profundidad máxima para la situación con proyecto y sin proyecto

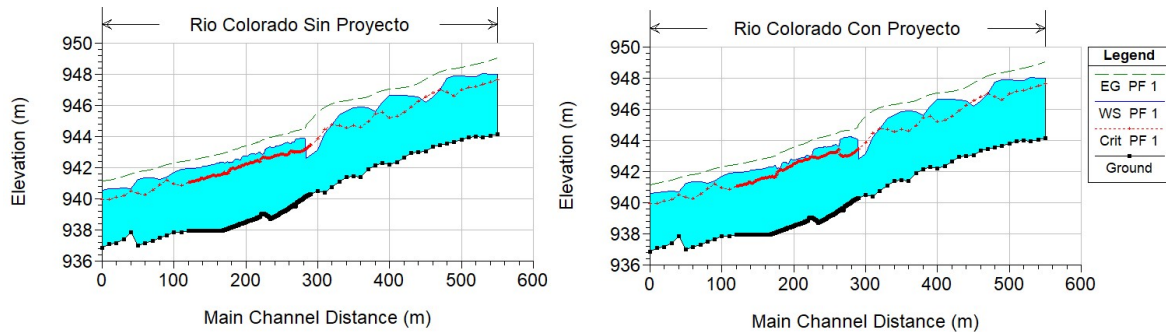


Figura 5-21 – Eje hidráulico de la situación con y sin proyecto

5.2.4. Ubicación de la nueva toma

Con los resultados del modelamiento hidráulico en HEC RAS y H-Canales es posible estimar el lugar donde se intersectan los ejes hidráulicos de la tubería de la bocatoma proyectada con el eje hidráulico del cauce natural durante la sequía, para asegurar aquel nivel de captación en el momento de caudal más bajo registrado estadísticamente. Este desplazamiento de la bocatoma corresponde a 43 metros hacia aguas arriba (lugar donde se intersectan ambos ejes hidráulicos, de la tubería como del cauce del río).

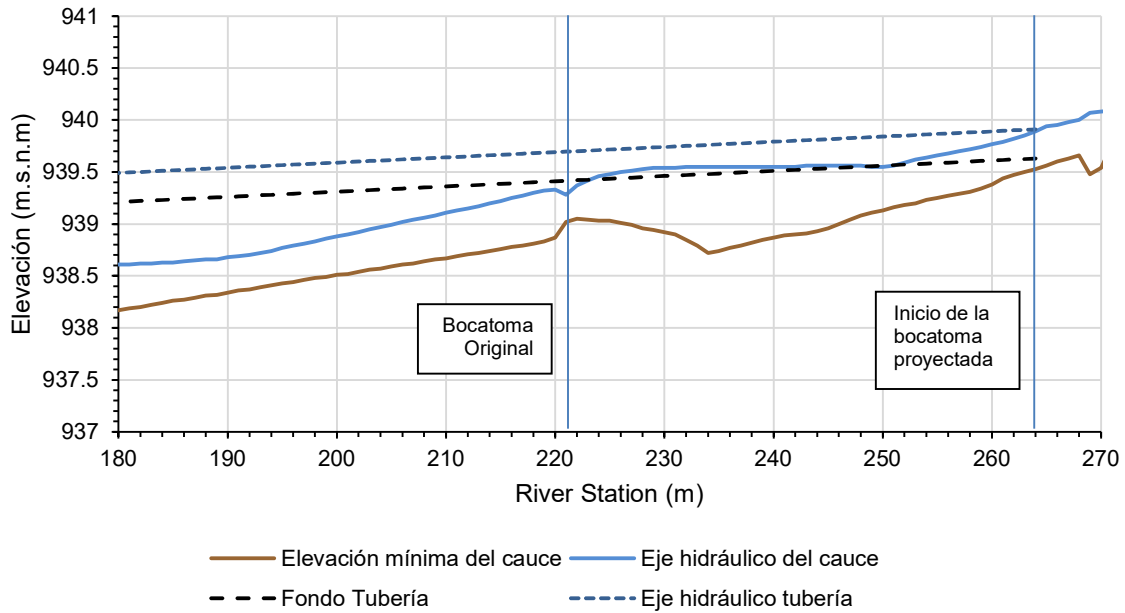


Figura 5-22 - Ubicación bocatoma original y futura. Vista en perfil longitudinal alineamiento de detalle

Una visualización en 3D o isométrico del sector en estudio, visto desde abajo, la obra en la ribera izquierda, y con caudal de sequía, se observa la representación hecha por medio del software.

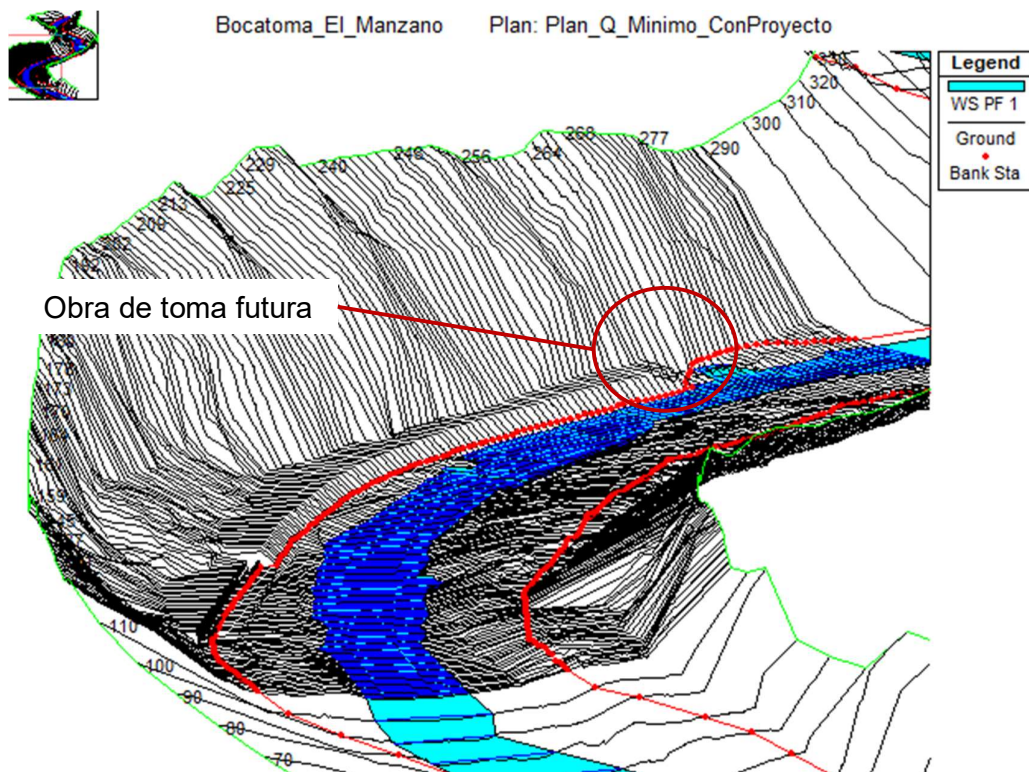


Figura 5-23 – Isométrico modelamiento HecRas Canal Manzano. Con obra y Caudal de sequía

6. DISEÑO HIDRÁULICO BOCATOMA EL MANZANO

Para un correcto diseño y disposición final de la obra de toma para los regantes del sector Colorado Canal Manzano, se debe cumplir con 3 requisitos previos de diseño.

6.1. Nivel máximo de funcionamiento del flujo por gravedad

Se propone un funcionamiento de la tubería por gravedad, evitando la conducción a presión, y para esto se proyecta instalar la tubería a 43 metros hacia aguas arriba del río desde el lugar donde se encuentra la bocatoma actual, con una cota inferior interna del orden de los 939.44 msnm, y con esto se obtiene una captura de cerca de 32 cm de altura, siendo un 27% del diámetro, de 1200 mm de la tubería proyectada, esto es, evidentemente menor que el 75% como máximo nivel de agua que propone la normativa vigente para un eficiente funcionamiento de tuberías operando por gravedad.

$$h_{max} = 0.75 \cdot D$$

$$h_n = 32 \text{ cm} < 75 \cdot 120 \text{ cm} = 90 \text{ cm} = h_{max}$$

Según el eje hidráulico para el caudal mínimo con proyecto, la entrada a la tubería considera una altura aproximada de 47 cm, 15 cm por sobre los 32 cm necesarios para captar los 0.4 m³/s. Esta diferencia de altura se considera como revancha para vencer la pérdida de carga por condición de entrada.

6.2. Obra de Captación

Se compone de una captación de hormigón armado que asegura el acceso de agua de 0,4 m³/s mínimo, mediante flujo libre, para un caudal mínimo de 2,5 m³/s en el río Colorado. Para luego pasar a una tubería de HDPE de 1,2 m de diámetro. La Captación contiene una válvula Mariposa para cerrar la toma de agua para su mantención, además, considera una cámara de acceso para inspección y control, el nivel superior de esta cámara se encuentra sobre el nivel de agua para una crecida de T = 100 años período de retorno, para un caudal de 242,9 m³/s, además se dispone de una reja para impedir el acceso de material grueso dentro de la captación mediante una reja hidráulica de espaciamiento entre barras de 10 cm, como se muestra a continuación:

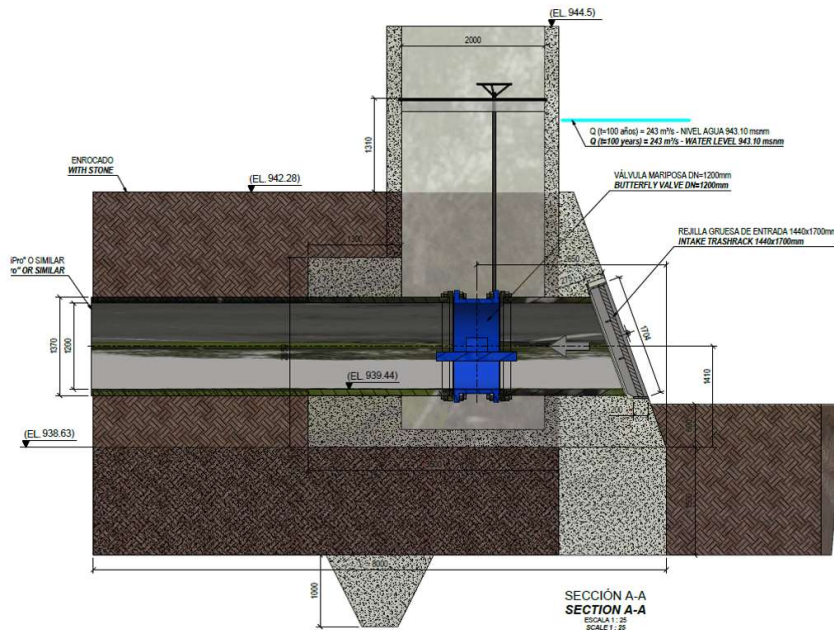


Figura 6-1 – Captación proyectada

Para conocer la pérdida de entrada se considera la ecuación de Bernouilli inmediatamente antes de entrar a la tubería e inmediatamente después dentro de la tubería.

6.2.1. Pérdida de carga en la entrada de la captación

Al inicio de la tubería la altura para un caudal de operación de 0,4 m³/s es de 32 cm (altura crítica) y con una velocidad de 1,54 m/s, mientras que en el río Colorado para un caudal mínimo de 2,51 m³/s en la sección justo antes de la entrada a la tubería su velocidad media es de 1,37 m/s, considerando el incremento de velocidad tangencial de un 35% se obtiene una velocidad del río de 1,85 m/s lo que nos entrega una altura de agua necesaria en el río de 27 cm.

Luego es necesario conocer la pérdida producto de la reja hidráulica dispuesta, para esto, se tiene lo siguiente basado en el libro Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras de Horacio Mery (2013):

$$P_{Reja} = K_d \times K_f \times p^{1.6} \times f\left(\frac{L}{b}\right) \times \sin \theta \times \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

Kd = Coeficiente que depende del estado de limpieza de la reja, su valor varía entre 1,1 y 1,2 con limpia reja automático; 1,5 con limpia reja antiguo. Para reja con limpieza manual, varía de 2 a 4. En este caso se considera limpieza manual con factor 2
Kf = Coeficiente que depende de la forma de la barra. Se pueden adoptar los siguientes valores: 0,51 para barras rectangulares alargadas; 0,35 para la sección

circular, y 0,32 para la sección rectangular con puntas semicirculares. En este caso se considera el factor 0,32.

P = el parámetro p , corresponde a la relación entre la superficie ocupada por las barras y las vigas de apoyo (superficie de llenos), y la superficie total (bruta) de la reja. Este valor varía normalmente entre el 22 y el 38%. Para la reja dispuesta se consideró el 26% lo que nos entrega un parámetro p de 0,29 m².

$f\left(\frac{L}{b}\right)$ = se evalúa con la siguiente expresión:

$$f\left(\frac{L}{b}\right) = 8 + 2,3 \frac{L}{b} + 2,4 \frac{b}{L}$$

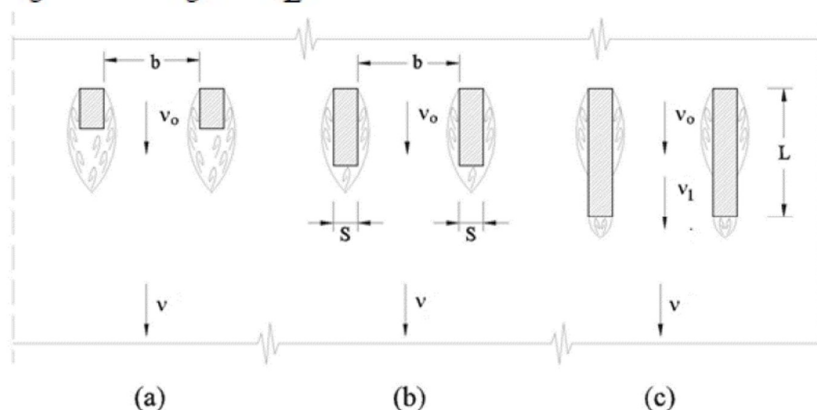


Figura 6-2 – Parámetros para pérdida de carga en reja hidráulica

Se considera, $L=0.075$ m; $b=0.1$ m, lo que da un valor de 12.92.

θ = ángulo de inclinación de la reja, en este caso 70°.

v = Velocidad del cauce, en este caso de 1,37 m/s incrementada 35% a 1.85 m/s considerando la curva del cauce en el sector.

Con estos parámetros la pérdida de carga estimada en el sector de la reja hidráulica es de 16 cm.

Finalmente, es necesario estimar la pérdida de carga en la válvula mariposa, para esto, se tiene lo siguiente basado en el libro Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras de Horacio Mery (2013):

$$P_{\text{válvula}} = K_v \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Donde:

K_v = coeficiente de pérdida que depende de la relación (t/D) , donde t es el espesor de la válvula, en este caso 0.25m y D es el diámetro de la tubería, en este caso 1,2 m. Por ende, se obtiene un valor de: 0.21. En donde según la siguiente figura:

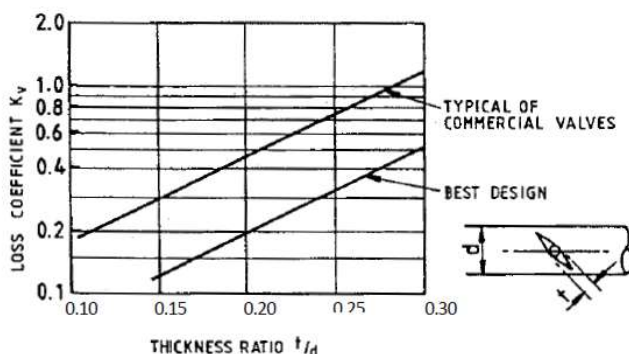


Figura 6-3 – Coeficiente de pérdida de carga para válvula mariposa

Se obtiene el coeficiente $K_v=0.5$, luego, considerando la velocidad de 1,54 m/s dentro de la tubería, se obtiene una pérdida total de 5 cm producto de la válvula mariposa.

Finalmente, considerando la altura necesaria por pérdida de entrada de 27 cm, más la pérdida en la reja hidráulica de 16 cm y más la pérdida de carga producto de la válvula mariposa de 5 cm, se obtiene una altura total necesaria para la conducción a flujo libre de 48 cm, para la operación de un caudal de 0,4 m³/s en la tubería, considerando el caudal mínimo de 2,51 m³/s en el río colorado.

De esta forma, en el RS 265 del modelo hidráulico, justo en la entrada de la captación de la obra proyectada, la altura de agua se encuentra en la cota 939.95 msnm. Considerando la cota de fondo de la tubería de 939.44 msnm se obtiene una diferencia de alturas de 51 cm, lo que permite el flujo libre por gravedad dentro de la tubería para el caudal de operación de 0,4 m³/s.

6.3. Tubería 1,2 m de Diámetro

La tubería seleccionada debe ser de HDPE (PEAD) y cumplir con los siguientes requerimientos, debe contar con capacidad para soportar presión, se recomienda como mínimo una presión nominal PN6 (presión de trabajo sobre 6 kg/cm²) y el material debe tener una tensión admisible PE80 (80 kg/cm²) o superior. Estos parámetros se ajustan a especificaciones comerciales. Esta tendrá un diámetro nominal de 1,2m y 45,9 mm de espesor.

6.3.1. No Flotabilidad

Las tuberías flexibles como las de plástico o metal, debido a su construcción ligera, se considera propensa a la flotación. Son de especial atención para los ingenieros aquellas instalaciones de tubería en donde el suelo nativo sea de baja permeabilidad y/o se encuentren mantos freáticos altos, o donde se utiliza CLSM (material controlado de baja resistencia, por sus siglas en inglés, *controlled low strenght material*) como material de relleno. De hecho, todos los materiales de tubería y otras estructuras enterradas son propensos a que exista algún nivel de flotación. Cuando el levantamiento en la tubería o estructura excede la fuerza debida a su peso de la estructura y la carga que transporta, la tubería (o estructura) se elevará.

Esta fuerza hidrostática de levantamiento (Empuje) debe ser equilibrada por la sobrecarga de tierra y el peso de la tubería de manera que se asegure que la tubería no flotará, mediante la siguiente expresión:

$$U = \frac{\pi}{4} D^2 \delta_w$$

Dónde:

D : Diámetro de la tubería, m.

δ_w : Densidad del agua, 1000 kg/m³.

En el caso de la crecida de diseño para 100 años de período de retorno, en la ubicación que tendrá la obra (43 metros hacia aguas arriba de la actual captación), se espera una cota de superficie del agua que alcanzará los 943,1 msnm. Se verifica además para un caudal de 257 m³/s que corresponde a 150 años, donde la cota de agua en el punto a evaluar corresponde a 943.54 msnm.

La tubería en su punto más bajo se encuentra en los 939,44 msnm. Por lo tanto, tiene 3,66 metros (para la crecida de diseño, y 4,1 m para la verificación) de columna de agua por encima de la base. Ahora, se plantea la situación que permita asegurar que el relleno sobre esta estructura impida que se eleve hacia la superficie, y así no ser arrastrada por la corriente.

Para verificar la flotación causada por fuerzas hidrostáticas se debe calcular la sobrecarga de tierra que debe equilibrar las fuerzas de empuje que evite que la tubería flote. La ecuación que representa la situación planteada es:

$$W_{Tierra} = \delta_{seco} H_{seco} D + (\delta_{sat} - \delta_w)(H_{sub} + 0.1073D)D$$

Dónde:

W_{Tierra} , peso de todo el relleno de tierra por sobre la tubería.

δ_{seco} , peso específico seco del relleno sobre la tubería.

H_{seco} , profundidad de la capa de tierra en estado seco por sobre la tubería.

D , diámetro de la tubería.

δ_{sat} , peso específico saturado del suelo sobre la tubería.

δ_w , peso específico del agua ubicado al interior de los intersticios de suelo.

H_{sub} , profundidad de suelo saturado hasta la clave de la tubería.

$0.1073D^2$, área de suelo entre la clave y los extremos laterales de la tubería.

Consideramos una densidad de tierra en estado saturado de $\delta_{sat} = 2200$ [kg/m³], y $\delta_{dry} = 1900$ [kg/m³] en estado seco.

La tubería de HDPE tiene un diámetro de 1200mm y comercialmente cuenta con un peso de 168 a 170 kg/m.

La condición límite que genera el evento de flotación ocurre cuando el nivel de agua se encuentra en su máximo es decir para crecidas del río Colorado.

Si se plantean diferentes niveles de profundidad de relleno bajo la capa de 1 metro de enrocado, la relación entre los pesos sobre la tubería y el empuje debajo se muestra en la siguiente tabla, como factor de seguridad.

Tabla 6-1 – Verificación de flotabilidad para distintos espesores de relleno en tubería

D	U	W1	Wtub	F.S Para Espesor del Relleno Sobre la Tubería					
[mm]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	0 [m]	0,1 [m]	0,3 [m]	0,4 [m]	0,5 [m]	0,6 [m]
1200	1131,0	2016,0	168,0	2,86	2,99	3,24	3,37	350	3,62

En donde:

- D: Diámetro interior de la tubería [mm].
 U: Fuerza por metro lineal de levantamiento hidrostático vertical debido al manto freático, [kg/m].
 W1: Peso del enrocado sumergido (1,0 m de espesor) por metro lineal, [kg/m].
 W tub: Peso de la tubería por metro lineal (según datos del fabricante), [kg/m].

Como se puede ver en la tabla anterior es relevante destacar que el diseño propuesto, con una capa de enrocado consolidado sobre el relleno permite una seguridad de más de un 100% por sobre la fuerza de empuje. En cuanto a la consideración de 60 [cm] de profundidad de relleno, las fuerzas de peso de la tubería y el enrocado superan en 3.62 veces la fuerza de empuje que ejerce la supresión debajo de la tubería.

Con la información disponible, y el análisis realizado, considerando la capacidad requerida de la tubería y el caudal que es necesario asegurar en períodos de sequía, la tubería de 1,2 metros de diámetro, un relleno de 0,6 m, y un enrocado de 1 metro de espesor resulta suficiente para ser utilizada en la obra.

6.3.2. Aplastamiento en Tubería

Las tuberías de HDPE (PEAD) cuentan con una capacidad admisible que depende del material con el cual están constituidas, en este caso como mínimo debe ser un PE80 igual a una tensión de 80kg/cm².

La verificación se realizará por metro de tubería.

Diámetro exterior de tubería	= 1,292	m.
Peso enrocado (e=1.0m)	= 3.100	kgf/ml
Peso suelo (e=0.6m máximo)	= 930	kgf/ml
Nivel de agua máximo (T=100años)	= 4,10	m.
Densidad del agua	= 1.000	kgf/m ³
Peso agua sobre tubería	= 5.297	
Carga de Aplastamiento	= 9.327	kgf/ml
Espesor tubería	= 4,6	cm
Área de carga en tubería	= 0.092	m ²
Tensión admisible material (PE8=80kg/cm ²)	= 800.000	kg/m ²
Carga de Aplastamiento admisible	= 73.600	kg/ml

Factor de seguridad (F.S) = 7.89

Aplastamiento admisible 73.600kg/ml > Aplastamiento calculado 9.327 kg/ml

Entre el la carga de aplastamiento real y la carga de aplastamiento admisible existe un factor de seguridad igual a 7,89, por lo que la elección de la tubería satisface los requerimientos.

6.3.3. Presión Máxima en Tubería

En un caso desfavorable, donde exista una crecida y la válvula de entrada a la tubería no haya sido cerrada, el agua que ingresa estará en presión por lo que se requiere de una verificación para validar que la tubería no falle.

La tubería seleccionada debe ser PN6 o superior, esto indica que la presión admisible dentro de la tubería tiene un valor de 60 m.c.a.

A continuación, se aprecia la verificación correspondiente:

Altura de agua sobre la tubería (T=150años)	= 4,10 m.c.a
Velocidad de acuerdo con modelo HecRas	= 3,08 m/s
Altura de Velocidad	= 0.484 m.c.a
Presión dentro de la tubería	= 4,584 m.c.a
Factor de Seguridad (F.S)	= 13

Según la verificación anterior se demuestra que la tubería soportaría la presión máxima generada en una crecida, F.S de 13, por lo que la selección de la tubería es adecuada con los requerimientos y capaz de soportar la eventualidad antes descrita o mayor.

6.3.4. Radio Mínimo de Curvatura en la Tubería

Para la definición del alineamiento de la tubería en curvas se aprovecha la capacidad de flexión de los tubos, según catálogo de tuberías de HDPE del proveedor KRAH® propone un radio de curvatura entre puntos (aquellos pertenecientes a los perfiles transversales donde se ubica la tubería) del trazado de $R_{min}=70\pm 20$ DN (diámetro nominal).

Además, según recomendaciones de este mismo proveedor y otros (grupotridente y hydroseal) se establece la siguiente relación, la cual establece para una SDR (relación entre diámetro y espesor D/e) el radio mínimo.

Tabla 6-2 – Radio de curvatura mínimos

SDR	R/D
41	50
33	40
26	30
17	20
11	20

Verificación curvatura:

Diámetro nominal tubería = 1,2 m
Espesor tubería = 0.0459 m

- Criterio $R_{min}=70\pm 20$ DN

R_{min} = 50*DN
 R_{min} = 60 m

- Criterio según tabla

SDR = 26
R/D asociado = 30
 R_{min} = 36 m

El menor radio utilizado en el tramo de tubería de HDPE corresponde a 68m, por lo que cumple satisfactoriamente con los requerimientos establecidos en ambos criterios mencionados.

6.4. Canal de Empalme a Canal Existente y Vertedero Lateral

6.4.1. Canal de Empalme

Luego de la aducción mediante la tubería de HDPE de 1,2 m de diámetro, se dispone de un tramo de 35 metros en canal abierto con un vertedero lateral de 19,8 m de largo con el fin de evacuar el caudal excedente al río colorado. Este canal tiene un ancho efectivo de 1,2 m, una pendiente de 0.48%, altura de muros desde 1,45 m hasta 1,60 m al final de la obra para mantener la revancha respectiva y la cota de umbral del vertedero se encuentra a 0.81 m de altura específicamente en la cota 939.78 msnm, como se muestra en las siguientes figuras:

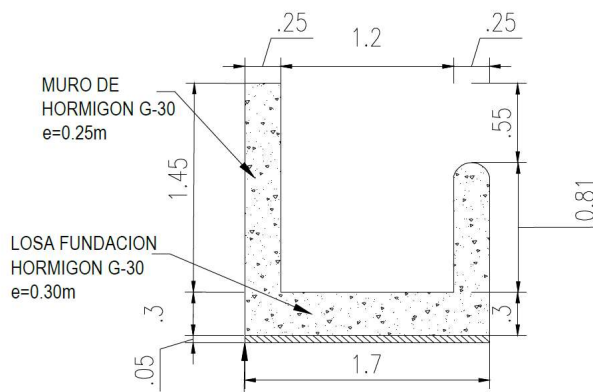


Figura 6-4 – Sección transversal del canal empalme y vertedero

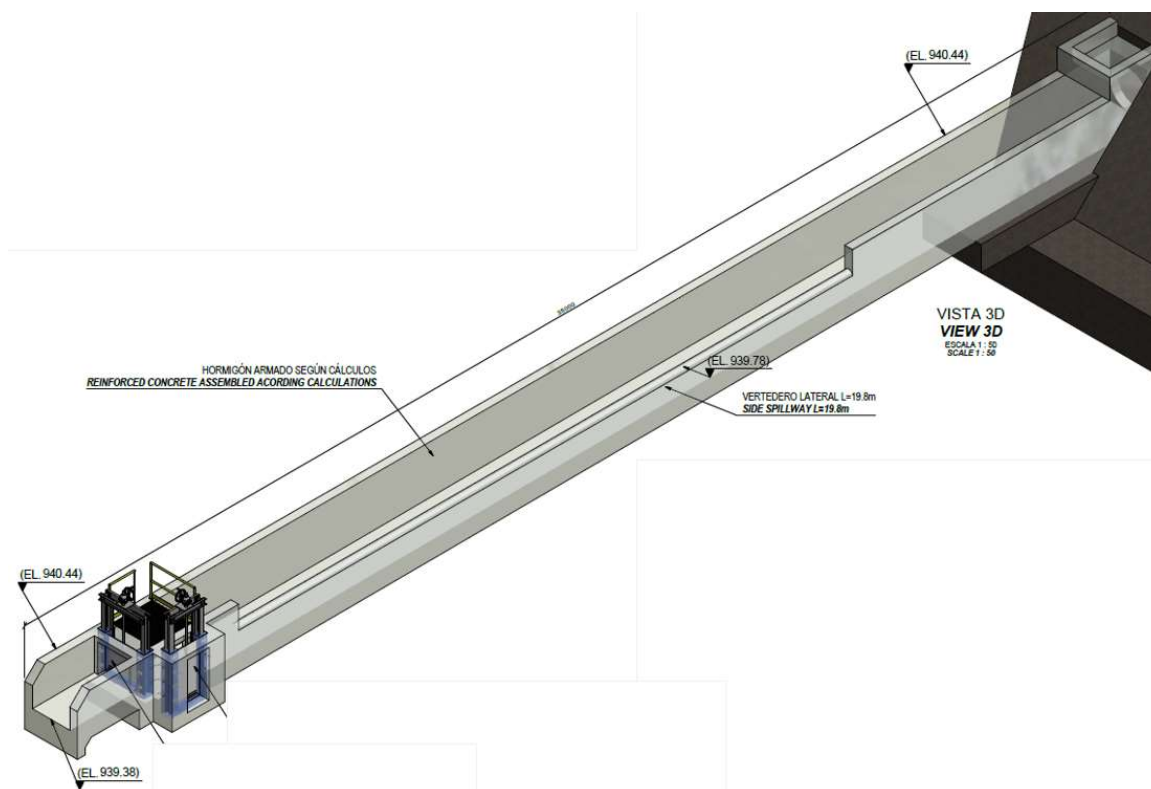


Figura 6-5 – Vista 3D del canal de empalme y vertedero lateral

Como el fondo del canal posee una pendiente de 0.48%, los muros alcanzan hasta 1,60 metros de altura al final del canal y el umbral del vertedero llega hasta 0.91 m de altura.

Al final del canal se proyectan dos compuertas con las siguientes características:

- Compuerta deslizante de ancho 1m y 0,9 m de alto con abertura máxima de 0,34 m: esta compuerta se sitúa al final del canal, con el fin de entregar el caudal regulado al canal existente de 0,4 m³/s.
- Compuerta deslizante de 0,7m de ancho y 1,47 m de alto: esta compuerta está diseñada para la limpieza del canal y evacuar las aguas al río Colorado.

A continuación, se muestra el esquema de compuertas y su plataforma de operación sobre el canal:

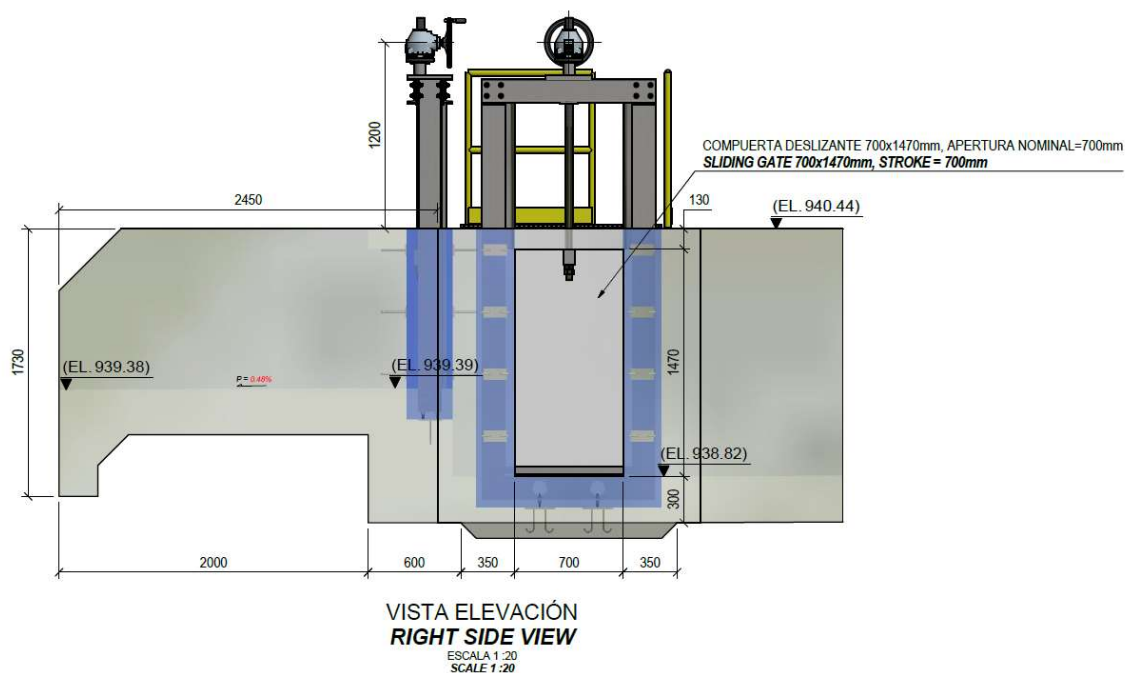


Figura 6-6 – Esquema de las compuertas y plataforma de operación del canal

6.4.2. Vertedero Lateral de Excedencias

Para el dimensionamiento del vertedero lateral de excedencias, se ha considerado como caudal de diseño el caudal máximo que es posible captar con la obra proyectada, el cual corresponde a 3,75 m³/s, según se señala en el numeral 6.6. del presente documento técnico.

De esta forma, se considera la siguiente ecuación para el diseño del vertedero lateral de excedencias:

$$Q = mLh\sqrt{2gh}$$

Donde:

- Q : Caudal de diseño (m³/s)
- L : Longitud del umbral (m)
- h : Carga sobre el umbral del vertedero (m)
- m : Coeficiente de gasto.

El coeficiente de gasto para un vertedero frontal corresponde a $m = 0,49$, puesto que dicho valor es el equivalente a la curva de descarga de una cresta redondeada con radios de curvatura asimilables a un perfil tipo Creager, que es el considerado en el diseño. Para el caso del vertedero lateral, se ha considerado un 80% del coeficiente de gasto, el cual corresponde a la operación del vertedero quedando en un valor de $m=0,392$.

A continuación, se muestra la curva de descarga para un vertedero de 19,8 m de largo, el cual permite evacuar la totalidad del caudal de $3,75 \text{ m}^3/\text{s}$, considerando las compuertas cerradas.

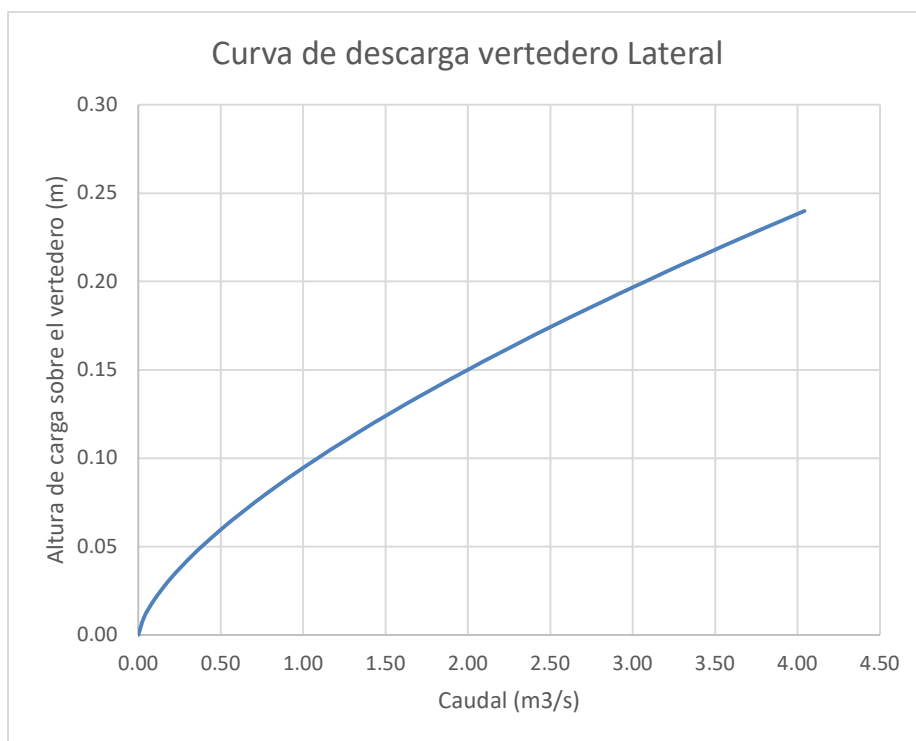


Figura 6-7 – Curva de descarga vertedero lateral con compuertas cerradas

6.4.3. Compuertas

Al final del canal de empalme y vertedero lateral se dispone de 2 compuertas como se muestra en la Figura 6-6. Anterior.

Para el dimensionamiento de las compuertas se ha considerado la ecuación siguiente obtenida de Hidráulica de Horacio Mery:

$$v_2 = \sqrt{2g \times (H - C_c \times a)} \quad q = C_c \times a \times \sqrt{2g \times (H - C_c \times a)}$$

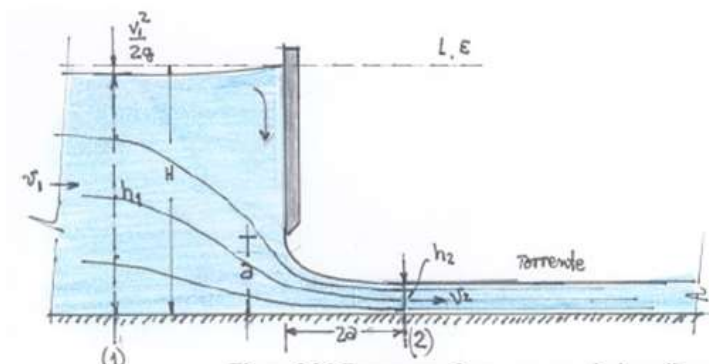


Figura 6-8 – Compuerta de descarga plana

Donde:

V2	=	velocidad de salida de la compuerta (m/s)
g	=	aceleración de gravedad 9,8 (m/s ²)
H	=	altura de agua en el canal (m)
Cc	=	coeficiente de contracción
a	=	abertura compuerta (m)
q	=	caudal por unidad de ancho (m ² /s)

Los coeficientes de contracción utilizados para el cálculo son los siguientes, de la recomendación de Hidráulica de Horacio Mery, según la relación entre la abertura (a) y la altura de agua (h1).

Tabla 6-3 – Coeficientes de contracción

a/hV ()	CC()	a/hV ()	CC()
0,0	0,73	0,6	0,77
0,1	0,73	0,7	0,78
0,2	0,73	0,8	0,80
0,3	0,74	0,9	0,90
0,4	0,74	1,0	1,00
0,5	0,75		

La geometría del canal, al final de su trayecto incluye un escalón de 0,57 m con el fin de entregar correctamente el caudal al nivel del canal existente, lo que entrega una cota de fondo de la compuerta de 939.99 msnm, debido a esto, para caudales menores a 0,4 m³/s la entrega funciona a flujo libre.

De esta forma se obtiene la siguiente curva de descarga para la compuerta de entrega de 1,0 m de ancho y 0,9 m de alto con una abertura máxima de 0,34 m, ubicada en la

salida del canal de empalme con el canal existente, considerando la compuerta con su abertura máxima y sin la operación del vertedero lateral, para caudales mayores a 0,4 m³/s.

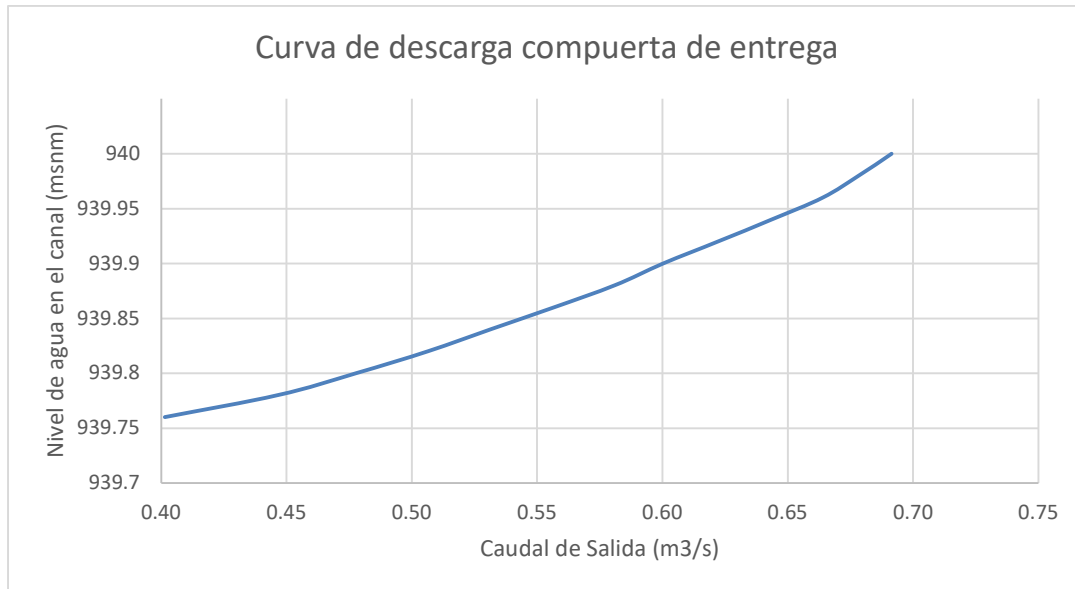


Figura 6-9 – Curva de descarga compuerta de entrega al canal existente de 1,0 m de ancho y abertura máxima de 0,34 m

De la curva de descarga se puede apreciar que el caudal máximo de salida es de 0,69 m³/s sin considerar la operación del vertedero lateral de excedencias.

Para la compuerta de mantención y limpieza que evacúa las aguas hacia el río Colorado, de ancho 0,7 m y alto 1,47 m se obtiene la siguiente curva de descarga, considerando una abertura de 0,7 m:

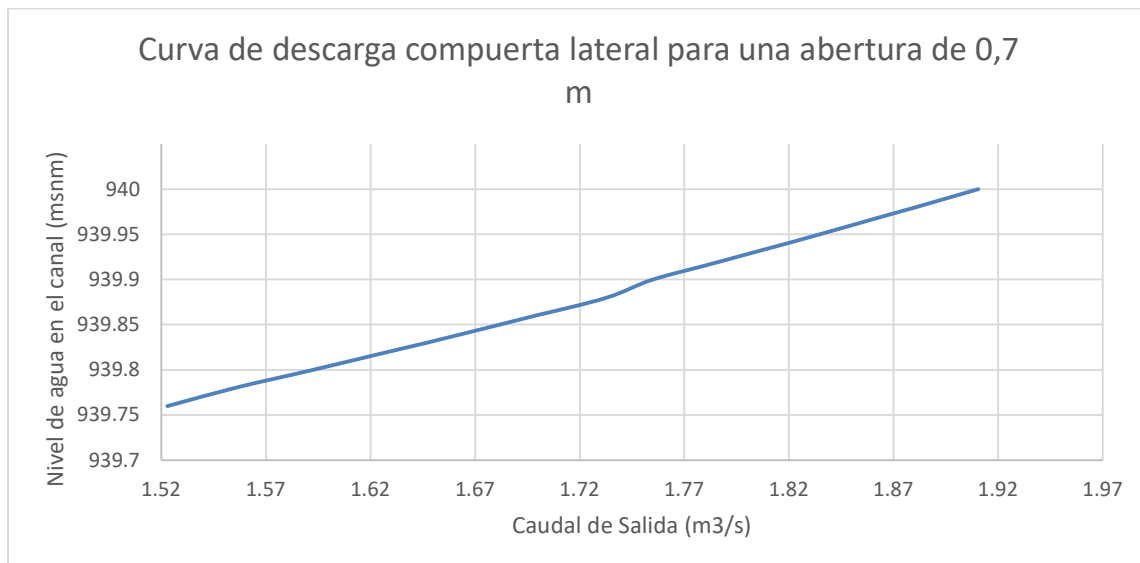


Figura 6-10 – Curva de descarga compuerta lateral de entrega al río Colorado de ancho 0,7 m y 1,47 m de alto, con una abertura de 0,7 m

De la curva se puede apreciar que la capacidad de descarga máxima, para una abertura de 0,7 m, es de 1,91 m³/s para un nivel de carga en el canal de 940 msnm, sin considerar la operación del vertedero de excedencias.

6.5. Eje Hidráulico Captación

Para el eje hidráulico de la aducción, se consideraron 33,5 m del canal existente, donde se instalará el dispositivo de control de caudal, Para esto se consideró un pendiente del canal existente de 0,4%, tomando en cuenta que el canal de hormigón existente se encuentra con sedimentos y deberá ser limpiado y ajustado en terreno para lograr esta pendiente.

De esta forma, se procedió a calcular el eje hidráulico de la captación, para un caudal de operación de 0,4 m³/s considerando el caudal mínimo en el río Colorado de 2,51 m³/s, este cálculo se realizó mediante el software Hec Ras, considerando los siguientes tramos: 5 m de canal con ancho de 20 metros aproximadamente emulando las condiciones del río colorado con $n=0.035$, 99.1 m de tubería con leaves (techos) considerando las tubería de 1,2 m de diámetro con $n=0.01$ y pendiente 0,48%, 35 m de canal, con $n=0.014$, pendiente 0,48%, compuerta con cota de fondo 939.39 msnm, abertura de 0,34 m y coeficiente de descarga de 0,6 y 33.5 m del canal existente con $n=0.018$ y pendiente 0,4%, considerando el canal luego del ajuste y limpieza en terreno, los resultados son los siguientes:

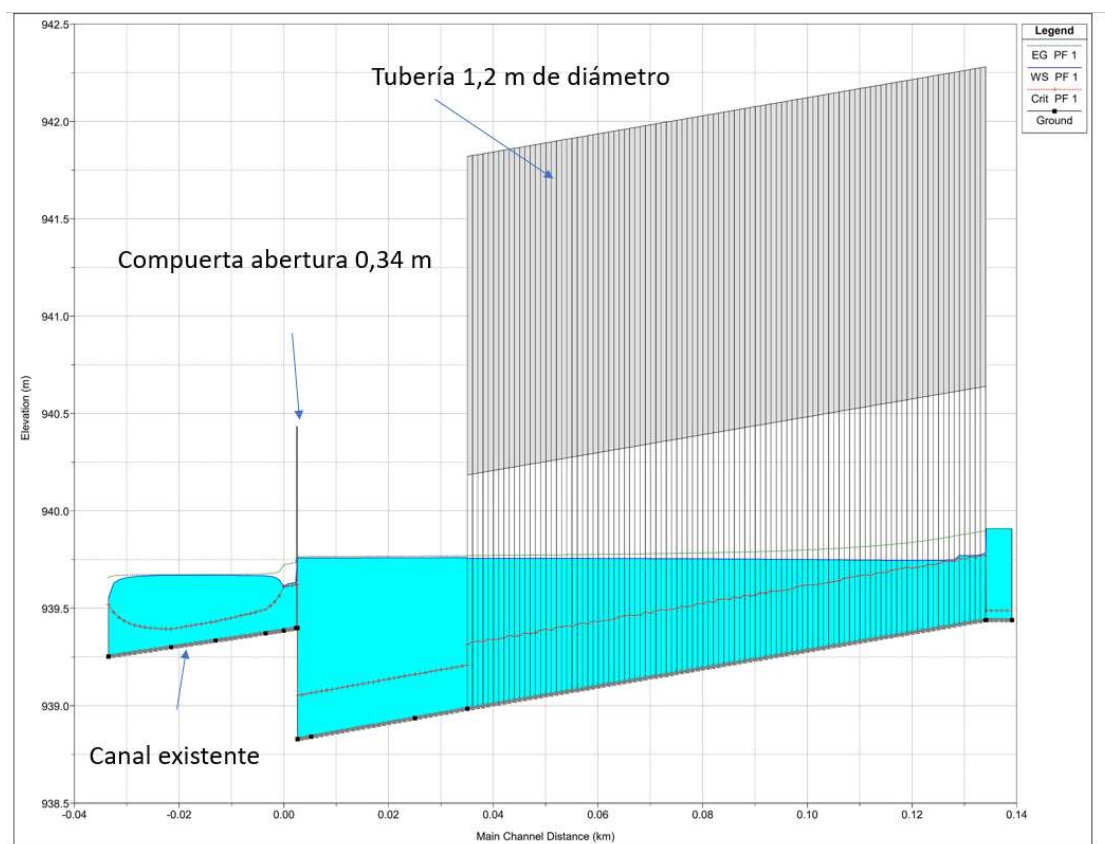


Figura 6-11 – Eje hidráulico para caudal de operación de 0,4 m³/s

Del eje hidráulico para el caudal de operación de $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ se puede observar que la altura aguas arriba de la entrada es aproximadamente 47 cm, similar a la altura calculada con las pérdidas de entrada en el numeral 6.2.1.

Al ingreso de la tubería, el flujo logra altura crítica, para luego estar influenciado por la compuerta en la cota 939.76 msnm como nivel de operación. Luego de la compuerta, el canal continúa por 2 metros antes de la entrega al canal existente con flujo crítico, para luego generar un resalto debido al cambio de sección con el canal existente y flujo subcrítico, por lo que para esta condición de operación la compuerta no se ve influenciada por el nivel aguas abajo.

Para caudales mayores de operación, hasta el caudal máximo de $3,75 \text{ m}^3/\text{s}$, el eje hidráulico o nivel de operación en el canal, junto con la abertura de la compuerta para la entrega de $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ requerida, se muestra en la Figura 6-15 del presente documento técnico.

Los resultados del modelo se presentan en el Anexo E del presente informe.

6.6. Operación de la Obra de Captación

Para la operación de la captación Bocatoma Manzano, considerando los aspectos antes mencionados se realizó un análisis con el Modelo Hec Ras del río Colorado, donde para caudales mayores a $35 \text{ m}^3/\text{s}$ del río, la cota del eje hidráulico en el sector del vertedero lateral supera la cota del umbral de 939.78 msnm por lo que se considera inundado y no opera según las condiciones expuestas. Por lo que según la curva de variación estacional presentada en la Figura 4-4 este caudal corresponde al flujo disponible en la zona de la bocatoma con una probabilidad de excedencia del 5% para los meses de abril a octubre, Por lo que la captación puede operar con la válvula mariposa abierta, con los fines que se diseñó la bocatoma para caudales mínimos en el río Colorado.

Para los meses de máximos caudales entre noviembre y marzo, la operación contempla el cierre de la válvula mariposa en el caso que el caudal supere los $35 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual ocurre para el mes de enero con una probabilidad de excedencia del 95%. Superando este caudal, todo el canal se encuentra inundado por lo que la captación no podrá operar normalmente, es decir, el caudal sería captado como opera actualmente las obras existentes.

En el siguiente gráfico se muestra la altura de agua desde la cota de radier de la tubería de HDPE de 1,2 m de diámetro con respecto al caudal del río Colorado, en donde se puede apreciar que para un caudal de $15 \text{ m}^3/\text{s}$ el nivel de agua coincide con la clave de la tubería lo que implica que posterior a este nivel la tubería entraría a conducción en un tramo de presión. Para lo cual se estimó la máxima capacidad de presión de la tubería en el numeral 6.3.3. por lo que la tubería cumple con esta condición para el funcionamiento de la captación. Por otro lado, se puede apreciar que para el caudal de $35 \text{ m}^3/\text{s}$ en el río Colorado el nivel del eje hidráulico del río se encuentra 0,6 m por sobre la clave de la tubería.

De esta forma, la operación normal de la captación proyectada según el caudal del río Colorado, es de 0 a 15 m³/s a flujo libre y de 15 m³/s a 35 m³/s con el tramo de tubería funcionando en presión, según se muestra en la Figura 6-12.

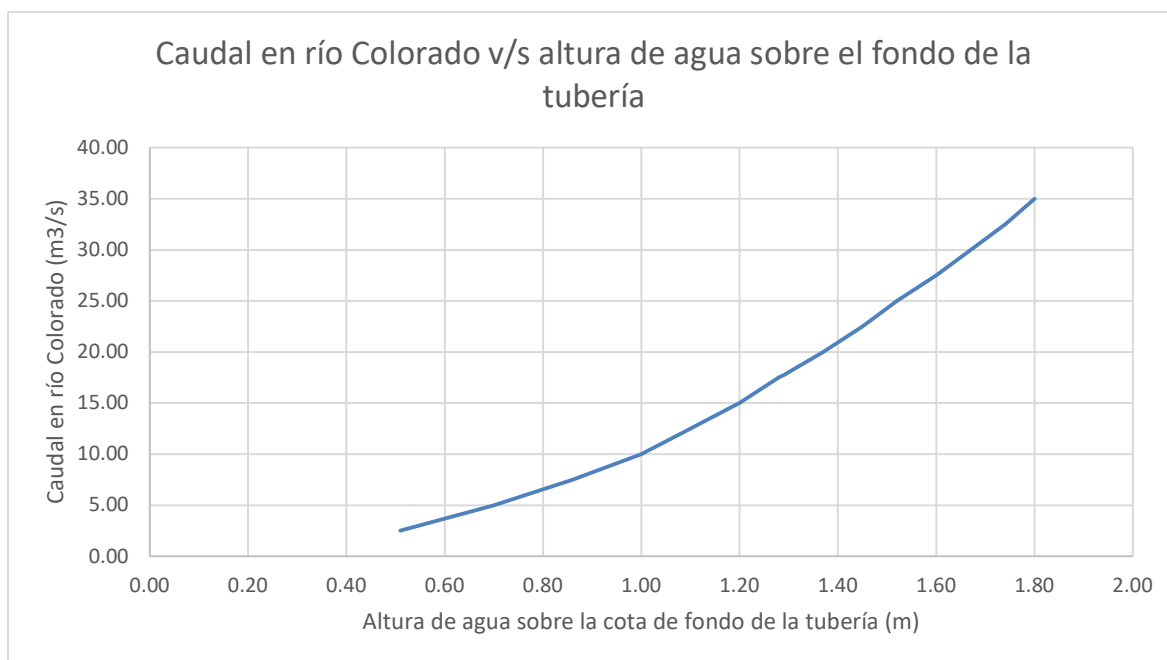


Figura 6-12 – Caudal del río Colorado v/s altura de agua sobre el fondo de la tubería

De la misma forma, considerando las pérdidas de carga en la entrada de la tubería, se puede obtener el caudal a captar por la bocatoma con respecto a la altura de agua sobre el fondo de la tubería, el cual se muestra a continuación:

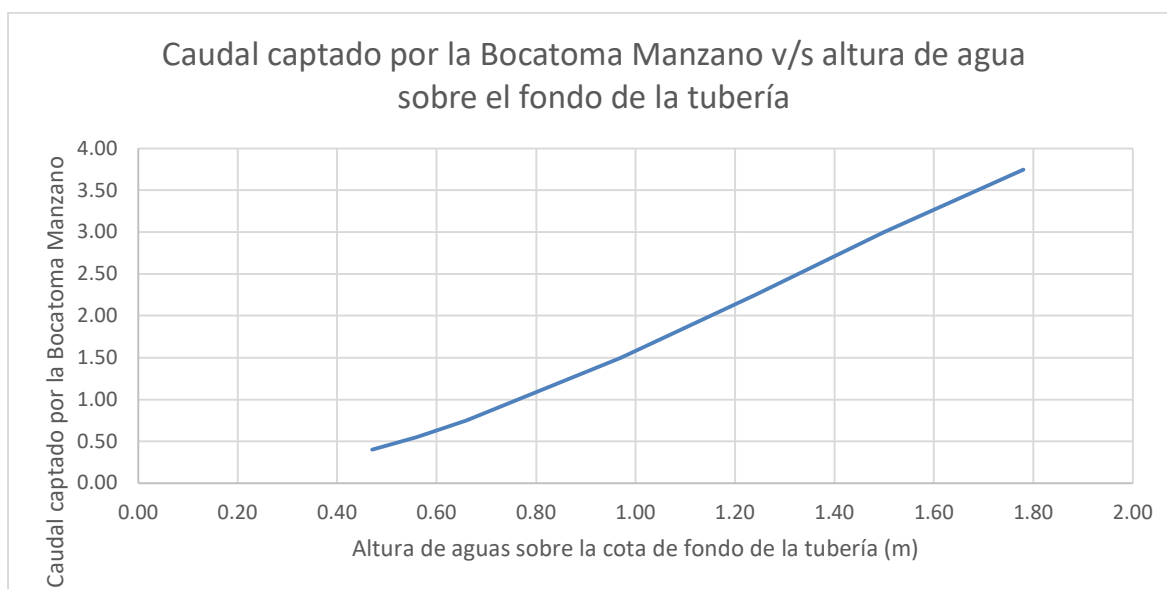


Figura 6-13 – Caudal captado por la bocatoma Manzano v/s altura de agua sobre la cota de fondo de la tubería

De los gráficos mostrados, se puede apreciar que para un caudal de 35 m³/s en el río Colorado, con una altura del eje hidráulico desde el fondo de la tubería de 1,8 m, es decir 0,6 m por sobre la clave, la bocatoma puede captar 3,75 m³/s, por lo que la obra es capaz de evacuar, mediante el vertedero de excedencias, la totalidad del caudal en el caso de tener las compuertas de entrega cerradas y la tubería se encontraría operando en presión.

La operación de la captación funciona influenciada por la compuerta de entrega dispuesta aguas abajo al final del canal de empalme, lo que controla el flujo hacia aguas arriba de la captación. En algunos casos, se produciría un resalto ahogado para caudales superiores a los 2,5 m³/s en la captación, los cuales se encuentran contenidos dentro de los muros del canal y no influyen la operación del vertedero ubicado 10 metros aguas abajo del empalme tubería – canal.

A continuación, se presenta un gráfico que muestra la operación simultánea de la compuerta de entrega hacia el canal existente, considerando su máxima abertura de 0,34 m y la operación del vertedero lateral de excedencias, esto para caudales captados por la bocatoma Manzano desde 0,4 m³/s (caudal mínimo en el río Colorado de 2,51 m³/s), hasta el caso más desfavorable de 3,75 m³/s (caudal de 35 m³/s en el río Colorado, justo antes de inundar la obra).

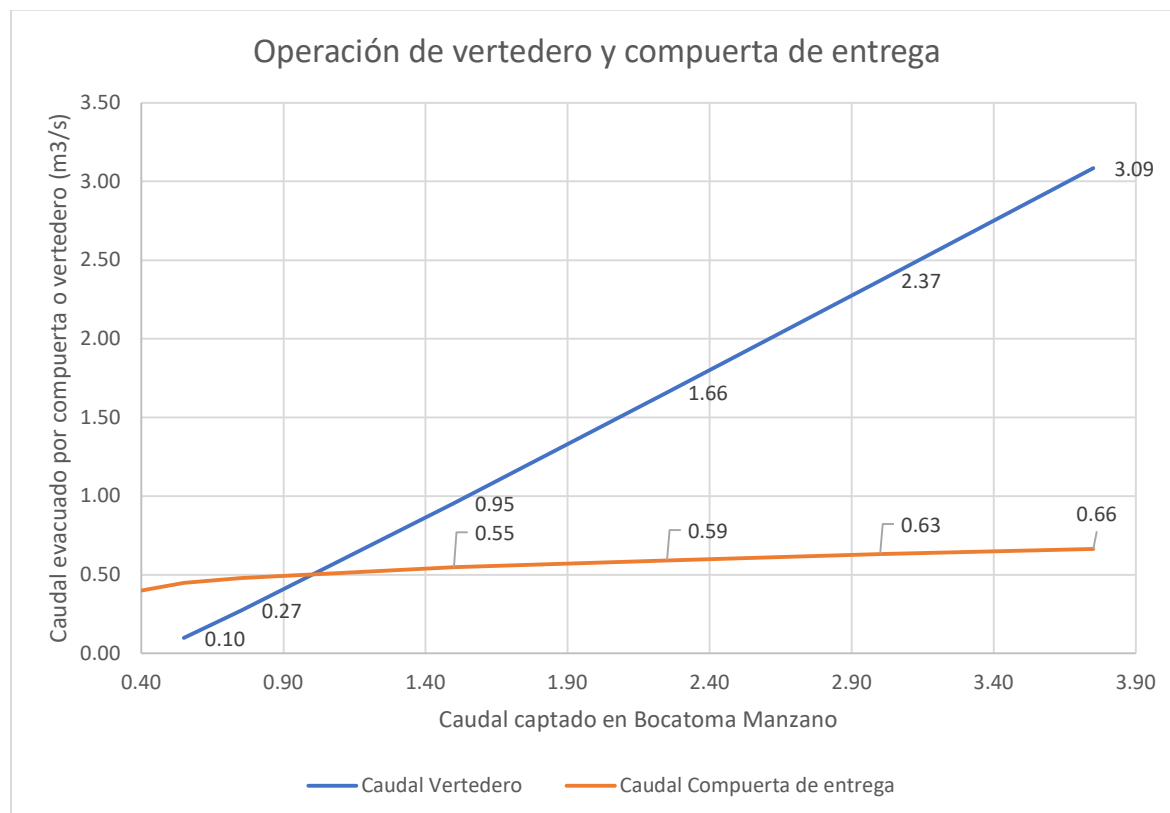


Figura 6-14 – Operación simultánea de compuerta de entrega al canal existente y vertedero lateral de excedencias para distintos caudales de operación de la captación Manzano.

De la Figura 6-14, se puede observar que, el caudal entregado por la compuerta, con su abertura máxima de 0,34 m, al canal existente varía desde 0,4 m³/s hasta 0,66 m³/s para un caudal captado en la bocatoma de 3,75 m³/s, para esto se recomienda ajustar la compuerta para caudales mayores según la siguiente regla de operación:

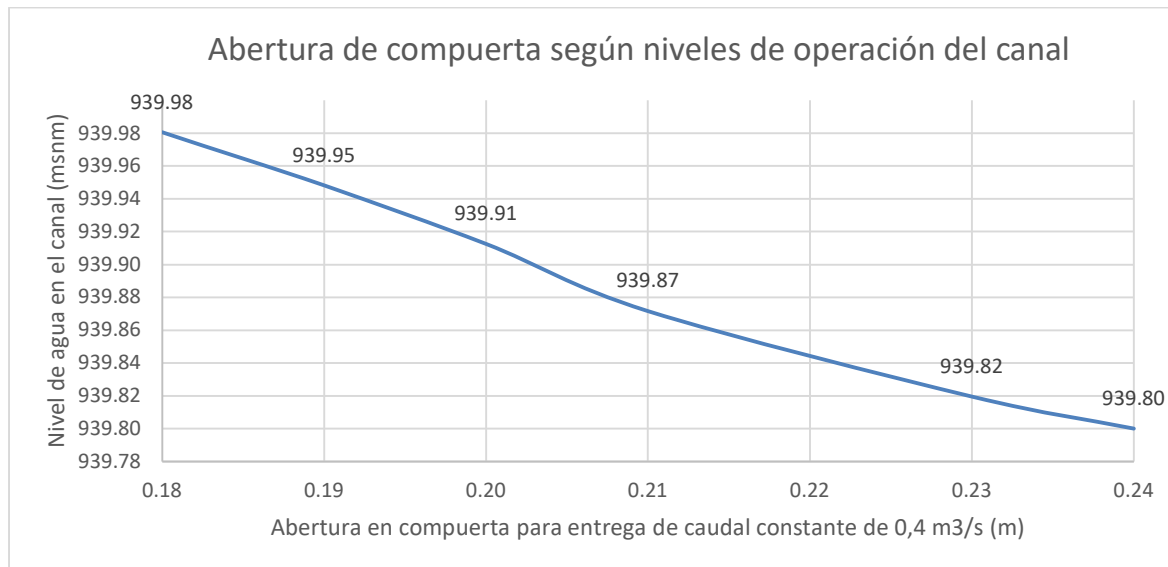


Figura 6-15 – Abertura de compuerta de entrega proyectada para distintos niveles de operación del canal

De la Figura 6-15 y Figura 6-14, para un caudal de captación de 3,75 m³/s se puede apreciar que el vertedero lateral de excedencias permite evacuar 3,09 m³/s correspondientes al 82,4% del flujo total, mientras que la compuerta permite entregar 0,66 m³/s, por lo que es necesario, en este caso, ajustar la compuerta una abertura total de 0,18 m y así entregar al canal existente 0,4 m³/s.

Cabe destacar, que para caudales mayores y crecidas, la válvula mariposa deberá estar cerrada y así evitar mayores caudales de entrega al canal existente, pues para caudales menores la captación proyectada se regula para entregar los 0,4 m³/s a flujo libre.

6.7. Enrocado de protección

La estabilidad de un enrocado expuesto al flujo está determinada analíticamente por los esfuerzos cortantes creados por el flujo y de su capacidad de recubrimiento para soportar estas fuerzas.

El buen funcionamiento de una protección con enrocado está relacionado con las fuerzas hidrodinámicas de arrastre y levantamiento, las que son creadas por las velocidades de flujo y son proporcionales al esfuerzo cortante local.

En este informe se considerara el cálculo para un talud de razón (H:V) = (1:1), los resultados y consideraciones en el diseño son los indicados a continuación:

6.7.1. California Highway Division 1

Para la obtención del tamaño o peso de las rocas que componen el enrocado se utiliza la fórmula de la California Highway Division (CHD) de los Estados Unidos, según la expresión contenida en la ecuación 3.708.302(5).1 del Volumen 3 del Manual de Carreteras del año 2018:

$$W = \frac{0,0113 \cdot s \cdot V^6}{[(s - 1)\text{sen}(\phi - \theta)]^3}$$

En donde:

- W = Peso del enrocado (kg): aproximadamente el 70% de las unidades debe tener un peso igual o superior que W .
- s = Peso específico o densidad relativa al agua del enrocado (2,65 máximo). En el caso que el agua contenga sedimento en suspensión o sea salina, el peso específico del agua $\gamma_a > 1 \text{ ton/m}^3$. Se considera un peso específico del agua de $1,05 \text{ ton/m}^3$.
- V = Velocidad media de escurrimiento (m/s).
- ϕ = Ángulo de reposo del enrocado ($^\circ$).
- θ = Ángulo de inclinación del talud ($^\circ$), medido con respecto a la horizontal ($<90^\circ$).

Recurriendo al estudio realizado por Lincoln Alvarado Montero de Santiago de Chile, en honor a Francisco Javier Domínguez, extraído de los anales de la Universidad de Chile de 1985, denominado “Uso de enrocados en Obras Hidráulicas”, específicamente en el punto 4 de Protección de taludes.

La principal característica del enrocado es su trabazón. La trabazón depende, fundamentalmente, de la forma del enrocado (aristas redondeadas o angulosas) de su colocación. Estos factores representan al denominado ángulo de reposo. Se pueden lograr mejores ángulos de reposo usando roca de cantera colocadas en forma ordenada, en cuyo caso se podría utilizar un ángulo de hasta 70° .

$$\phi = 70^\circ$$

El ángulo del talud (con respecto a la horizontal) tiene una importante incidencia en la estabilidad del enrocado. Se considera para el cálculo el talud (H:V)=(1:1). El ángulo asociado corresponde a:

$$\theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{1}{1}\right) = 45^\circ$$

Según lo que establece el manual de carretera en el punto 3.708.103(4) se recomienda que en ningún caso el talud debiera ser inferior a (H:V)=(1:1), considerando que las velocidades presentadas en el río y obtenidas a partir del modelamiento hidráulico son bajas en el sector de la obra, además de tener un enrocado consolidado.

A partir del modelamiento hidráulico, la velocidad máxima de escurrimiento del tramo donde se presenta la obra de enrocado equivale a $4,11 \text{ m/s}$, con lo cual según lo indicado en el manual de carreteras la velocidad media puede aumentar un 35% debido a la curva por lo tanto la velocidad máxima para el diseño del enrocado corresponde a 5.55 m/s , es

importante recalcar que dicha velocidad máxima ocurre solo en un tramo pequeño del total de la obra la cual corresponde a la estación 200 (RS 200), el resto de estaciones disminuyen su velocidad por lo que el enrocado diseñado ya es bastante conservador al asumir que la velocidad es la misma para toda la obra.

El peso específico de la roca que compone el enrocado es del orden de 2,65 tonf/m³, y por otro lado el peso específico del agua del río es del orden de 1,05 tonf/m³.

Finalmente, el peso de las rocas que componen el enrocado deben corresponder a:

$$W_{1:1} = 3121 \text{ kg}$$

El peso del enrocado debe ser como mínimo el valor mencionado anteriormente. Este valor se encuentran asociados a una roca de 1.06 m de diámetro, considerando una roca de cantera, angulosa, y colocada manualmente generando trabazón.

6.7.2. Lopardo-Estellé

Ambos investigadores, de manera independiente, -el primero en el Laboratorio de Ezeiza (Buenos Aires) y el segundo en el INH (Peñaflor)-, en forma experimental llegaron a la misma relación, que puede presentarse unificadamente:

$$F_s = 1,3 \times \left(\frac{h}{d_s}\right)^{1/6} \times \left[1 - \left(\frac{\text{sen}\theta}{\text{sen}\phi}\right)^2\right]^{1/4}$$

Siendo:

$$F_s = \frac{v}{\sqrt{g(s-1)d_s}}$$

En donde:

- F_s = Número de Froude del enrocado.
- h = Altura de escurrimiento local, durante la crecida de diseño, m.
- d_s = tamaño del enrocado, m.
- v = velocidad media de escurrimiento del río sobre el enrocado, m/s.
- ϕ = Ángulo de reposo del enrocado, 70°.
- θ = Ángulo de inclinación del talud, 45° medido con respecto a la horizontal (<90°).
- g = Aceleración de gravedad, 9,8 m/s².
- s = densidad específica de la roca a razón de la densidad del agua, en este caso se utilizó una densidad de roca de 2,65 ton/m³ y una densidad del agua de 1,05 kg/m³.

Para la obtención del tamaño de las rocas que componen el enrocado se calculó la altura de escurrimiento como la diferencia entre la cota de la superficie del agua y la cota mínima del perfil del cauce, es decir, en el caso más desfavorable de relación entre h/d_s .

Se realizó un proceso iterativo con los valores de d_s , para obtener un número de Froude del enrocado igual en ambos casos (tanto para la fórmula de Lopardo-Estellé como para la fórmula conocida de Froude), por supuesto cumpliendo el rango de validez de la

fórmula de ambos autores, que expone que la relación h/d_s debe comprender entre 9 y 67.

Se calculó el tamaño del enrocado en todos los perfiles transversales de la obra de toma (RS 263 hasta la RS 143). Los resultados para cada perfil se pueden encontrar en el Anexo E. Dado que se ha modificado la velocidad este método no aplica ya que para ninguna estación se cumple ya que están fuera de su rango de validez

De la misma forma se procedió con la metodología de California Highway Division 2, iterando el valor del diámetro nominal, haciendo que ambos números de Froude se igualen.

6.7.3. California Highway Division 2

La fórmula propuesta en el texto de Horacio Mery, "Hidráulica aplicada al diseño de obras".

$$F_s = 1,92 \times \sqrt{\sin(\phi - \theta)}$$

- F_G = Número de Froude del enrocado.
 S = Factor de seguridad, igual a 2.
 d_s = tamaño del enrocado, m.
 ϕ = Ángulo de reposo del enrocado, 70°.
 θ = Ángulo de inclinación del talud, 45° medido con respecto a la horizontal (<90°).
 h = Altura de escurrimiento local, durante la crecida de diseño, m.

Del mismo modo, se realiza un proceso iterativo donde converjan ambos números de Froude, y de esta forma se obtiene que el diámetro nominal debe tener un valor de 1.32 m para un talud de 1:1.

A modo de resumen se presenta la siguiente tabla con los valores obtenidos por medio de las fórmulas expuestas.

Tabla 6-4. Diámetro nominal de los elementos del enrocado para un Talud 1:1

Método	d_s Diámetro nominal [m] Talud 1:1
California Highway Division 1	1,06
Lopardo-Estellé	No aplica
California Highway Division 2	1,32

Estos valores fueron obtenidos con un caudal de 242,9 m³/s, que es el caudal de 100 años, y se verificó para un caudal cuyo período de retorno es de 150 años, que equivale a un caudal de 257,0 m³/s.

En definitiva, teniendo en cuenta el espacio disponible para la colocación del enrocado en el lecho del río, se considera un talud 1:1. En los casos que se utiliza enrocado consolidado, es posible disminuir a un tercio el diámetro de las rocas, ya que, al unir las rocas con hormigón la trabazón entre estas aumenta considerablemente.

Para el diámetro de las rocas del enrocado se considera el mayor diámetro calculado con las fórmulas presentadas anteriormente para un talud de 1:1, lo que corresponde a la fórmula de California Highway Division 2 que es de 1,32 m (3.192 Kg), al proyectarse enrocado consolidado, es posible disminuir el diámetro de las rocas a un tercio, lo que implica una reducción del diámetro de las rocas a 0.50 m (180 Kg) como mínimo a disponer en el enrocado en doble capa consolidado con un espesor final de 1m mínimo.

De esta forma, considerando lo dispuesto en el Manual de carreteras se tiene la siguiente distribución granulométrica:

Tabla 6-5. Distribución granulométrica para enrocado de protección

DISTRIBUCIONES GRANULOMETRICAS DE ENROCADOS DE PROTECCION

ESPECIFICACION	CLASE I		CLASE II		CLASE III	
	Diámetro Nominal (mm)	Peso (kg)	Diámetro Nominal (mm)	Peso (kg)	Diámetro Nominal (mm)	Peso (kg)
100 % menor que	500	180	750	600	1.200	2.400
a lo menos 20 % mayor que	450	130	600	300	900	1.000
a lo menos 50% mayor que	400	100	500	200	750	600
a lo menos 80% mayor que	250	100	400	100	500	180

Sin perjuicio de que el enrocado se considerará consolidado con hormigón y en doble capa, se sugiere utilizar diámetros mayores al mínimo de 0,5 m según la distribución clase III para velocidades mayores a 4,5 m/s, considerando un espesor mínimo del enrocado de 1 m.

6.8. Profundidad de socavación

6.8.1. Socavación General

La socavación consiste en la profundización del nivel del fondo del cauce de una corriente causada por el aumento del nivel de agua en las avenidas, modificaciones en la morfología del cauce o por la construcción de estructuras en el cauce como puentes, espigones, en este caso, la bocatoma.

Existe una fórmula propuesta en el MC2015 Vol.3, en el capítulo 3.707.403(1), Fórmulas de cálculo de la socavación local en el extremo de estribos y espigones.

Cuando el lecho es grueso, como es el caso, la socavación que da la fórmula a la que se refiere el Manual de Carreteras, es excesivamente conservadora al no tomar en

cuenta efectos de acorazamiento y de tamaño relativo del sedimento con respecto al ancho de la estructura. Dado que no existen estudios sistemáticos de este fenómeno y que la sobreestimación puede conducir a recomendaciones de diseño irreales, se sugiere considerar el efecto de acorazamiento, lo que resultaría en un valor de socavación mucho menor.

Considerando lo anterior, para el análisis de las condiciones de socavación, se han utilizado las fórmulas empíricas mostradas en la siguiente tabla.

Considerando la relación entre profundidad luego de socavación h_{ms} , el tirante de agua previo a la socavación h , la profundidad de socavación d_s se calcula como:

$$d_s = h_{ms} - h$$

Tabla 6-6 – Valores de socavación del lecho del río

Autor	Fórmula
Einstein (1930)	$h_{ms} = 0,222 \left(\frac{q^{0.857}}{d_{50}^{0.286}} \right)$
Blench (1969)	$h_{ms} = 1,23 \left(\frac{q^{1/3}}{d_{50}^{1/12}} \right)$
Maza (1973)	$h_{ms} = 0,365 \left(\frac{Q^{0.784}}{B^{0.784} d_{50}^{0.157}} \right)$
Lischtván	$h_{ms} = 0,333 \left(\frac{q^{0.710}}{d_{50}^{0.199}} \right)$

En donde:

- B = Ancho del cauce (m).
- d_m, d_{50} = Diámetros característicos de la granulometría del lecho.
(Ver Anexo B)
- h_{ms} = Profundidad media socavada (m)
- Q = Caudal de paso (m^3/s), para 150 años de p. de retorno. $Q=257 m^3/s$
- q = Caudal efectivo ($m^3/s m$). Q/B .

El valor de los diámetros característicos se obtiene a partir de un informe (N° 47,319-7812) granulométrico realizado por la división Laboratorio de Ensayo de Materiales de Eurocalidad, del 28 de Agosto de 2019 (Anexo B), el cual se resume en la siguiente tabla:

Tabla 6-7 – Granulometría río Colorado

Malla ASTM	Abertura mm	% que pasa acumulado
5"	125	100
4"	100	100
3"	75	85
2.5"	63	79
2"	50	70
1 1/2"	37,5	59
1"	25	43
3/4"	19	34
3/8"	9.5	22
N° 4	4.75	16
N° 10	2	14
N° 40	0,425	8
N° 200	0,075	2

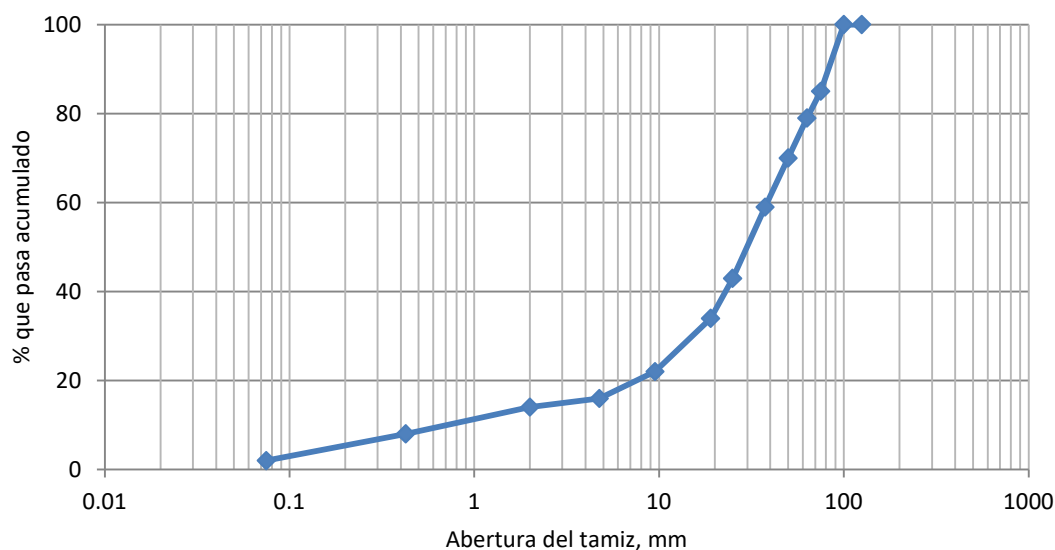


Figura 6-16 – Curva granulometría río colorado

El d50 corresponde al diámetro de tamiz el cual deja pasar un 50% del material muestreado. En este caso se interpola linealmente entre el logaritmo de las aberturas del tamiz de los d59 y d43 que equivalen a 37,5 mm y 25 mm respectivamente. Por lo tanto, el d50 corresponde a 29,85 mm.

La Figura 6-17 muestra la socavación general que se podría alcanzar en el tramo de río que se ubica la obra (RS 263 a RS 143) para la crecida con periodo de retorno de 150 años, de acuerdo con los métodos mencionados anteriormente.

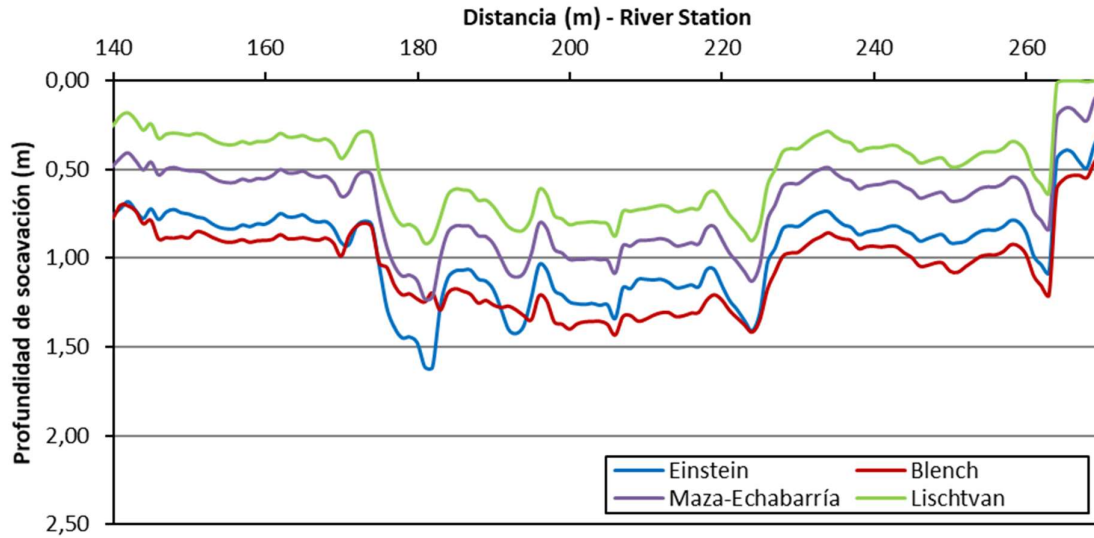


Figura 6-17 – Profundidad debida a la socavación general luego de una crecida de 150 años.

La profundidad de socavación (general) que se generaría a lo largo del cauce en la zona de ubicación de la obra de toma alcanzaría entre a 0,20 a 1,60 m para la crecida de período de retorno de 150 años.

En la sección transversal con la mayor velocidad de flujo se estimó la socavación utilizando el método de C.R. Neill. En este método la sección transversal se divide en franjas en donde se calcula su socavación. En cada franja se calcula la velocidad crítica de arrastre, que depende de la geometría de la franja, caudal y granulometría del lecho del río, luego se calcula la profundidad que requiere la franja para que la velocidad crítica de arrastre sea lo suficientemente baja para que no genere socavación. La diferencia entre la profundidad actual y la requerida para que no haya arrastre es la socavación.

La sección transversal número 224 es la que presenta mayores velocidades por tanto fue la que se eligió para calcular la socavación mediante este método (ver Figura 6-18). Se calculó para la situación con proyecto y un caudal con un periodo de retorno de 150 años. La Tabla 6-8 muestra los resultados del cálculo de socavación mediante el método de C.R. Neill.

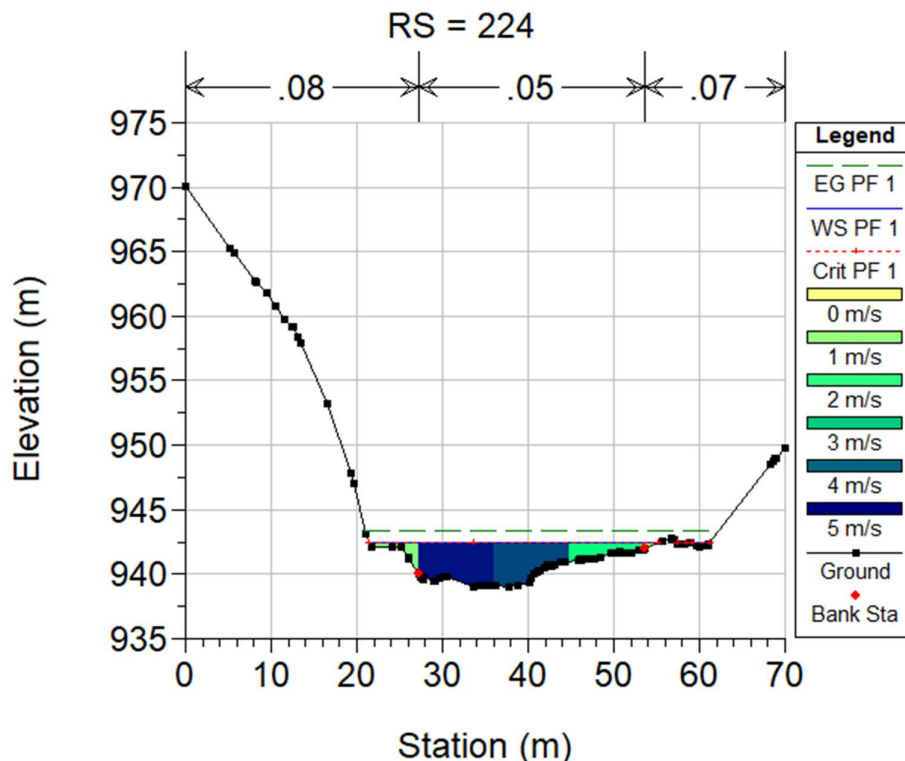


Figura 6-18 – Sección transversal para la que se calculó la socavación mediante el método de C.R. Neill y franjas en que se dividió

Tabla 6-8 – Resultados del cálculo de socavación mediante el método de C.R. Neill

Franja	Caudal (m³/s)	Área Mojada (m²)	Prof. hidráulica (m)	Vel. (m/s)	Ancho (m)	D50 (mm)	Ks (mm) (D65)	hsi (m)	Socavación (m)
1	5,63	4,63	0,78	1,22	27,3	29,85	44	0,14	0
2	130,79	27,07	3,08	4,83	8,8	29,85	44	4,85	1,77
3	97,84	22,75	2,59	4,3	8,79	29,85	44	3,77	1,18
4	22,08	9,14	1,04	2,42	8,8	29,85	44	1,04	0,00
5	0,67	1,11	0,19	0,6	16,31	29,85	44	0,04	0

La socavación máxima calculada mediante el método de C.R. Neill es bastante similar a la calculada con los métodos anteriores (1,77 m versus 1,60 m), por lo que la profundidad de anclaje debe ser mayor a 1,8 m.

Por otro lado, la profundidad del enrocado debe ser, al menos, el 50% de la altura de agua, la cual alcanza hasta 4,29 m.

Por lo tanto, se sugiere utilizar 2,5 metros de profundidad de anclaje del enrocado de protección, como lo muestra la Figura 6-19 que corresponde a una sección típica de la obra.

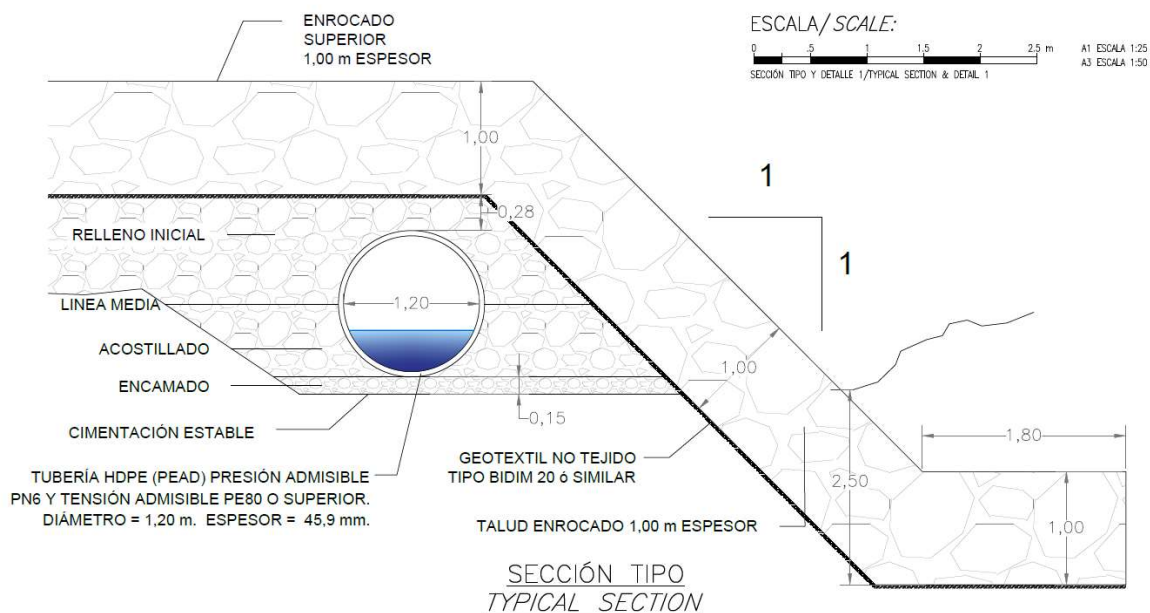


Figura 6-19 – Sección típica del tramo en tubería de la captación Manzano

En el tramo de canal abierto se mantiene el enrocado de protección con una profundidad de anclaje a 2,5 m, y manteniendo la cota del coronamiento del enrocado del sector de aducción de tubería como se muestra en la siguiente figura:

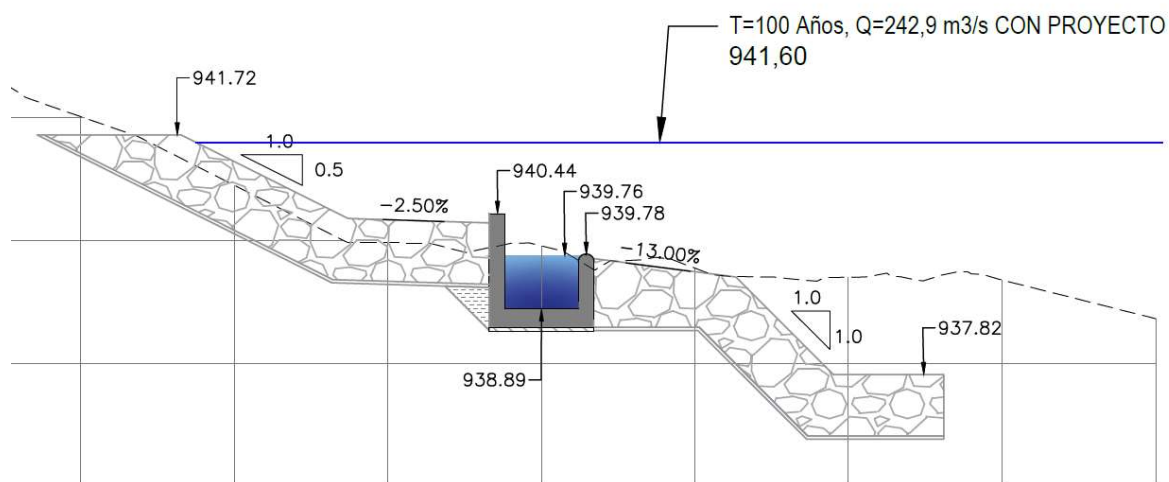


Figura 6-20 – Sección típica del tramo en tubería de la captación Manzano

6.8.2. Socavación Local

Para la verificación de la socavación local en la bocatoma se utilizará lo indicado en el manual de carreteras correspondiente a pilas cilíndricas de sección circular afectadas por socavación se llevará a la geometría de la bocatoma.

Según lo indicado en manual de carreteras se puede realizar la verificación por 3 métodos distintos los cuales corresponden a BNSh, EDE y R, a continuación, se detallan:

1. Breusers, Nicollet y Shen (BNSh).

$$\frac{Sc}{b} = 2 \tanh\left(\frac{h}{b}\right)$$

b = ancho de la sección perpendicular al flujo.
Sc = Altura de socavación
h = Crecida para T=100 años.

2. Envolvente de datos experimentales (EDE) de diversos autores:

$$\frac{Sc}{b} = 2 \left(\frac{h}{b}\right)^{0.35} \text{ para } \frac{h}{b} \leq 2$$

$$\frac{Sc}{b} = 2.5 \text{ para } \frac{h}{b} > 2$$

b = ancho de la sección perpendicular al flujo
Sc = altura de socavación
h = Crecida para T=100 años.

3. Relación de Richardson (R) para números de Froude mayores a 0,5:

$$\frac{Sc}{b} = 2 \left(\frac{h}{b}\right)^{0.35} F^{0.43}$$

$$F = V / \sqrt{gh}$$

b = ancho de la sección perpendicular al flujo
Sc = altura de socavación
h = Crecida para T=100 años.
V = Velocidad media del cauce.
g = Aceleración de gravedad 9.81 m/s²
F = Numero de Froude

1. Factores de corrección

Factores que toman en consideración la geometría de la pila, grupo de pilas, granulometría etc.

a. Factor de forma de sección transversal (K_s)

El factor K_s depende de la forma de la sección transversal y en elevación de la pila ; los valores para distintos tipos de sección se consignan en la siguiente tabla.

Tabla 6-9 – Factor de forma de sección transversal (K_s)

FACTOR DE FORMA DE SECCION TRANSVERSAL DE PILAS (K_s)

Forma de la Sección Transversal de la Pila	L/b	K_s
En Planta:		
Lenticular	3 – 2	0,7 – 0,8
Elíptica	5 – 2	0,6 – 0,8
Circular	-	1,0
Rectangular	5 – 1	1,0 – 1,2
Rectangular con extremo semicircular	3	0,90
Rectangular con extremo redondeado	4	1,01
Nariz semicircular y cola triangular	5	0,86
Rectangular con nariz triangular ; ángulo al centro de 28° a 53°	3	0,65 – 0,76
En Elevación:		
Con forma piramidal angostándose hacia arriba	-	0,76
Con forma piramidal invertida ensanchándose hacia arriba	-	1,2

Nota: b = ancho de sección normal al flujo; L = largo de sección paralelo al flujo

Se considera a nivel general como rectangular y se elige un factor intermedio:

$$L/b = 8.00/5.48 = 1.5$$

$$K_s = 1.10$$

b. Factor de esvaje de pilas rectangulares (K_w)

En el caso de pilas rectangulares se ha derivado un factor de corrección que toma en cuenta el esvaje o Angulo que forma el eje principal de la sección con la dirección de la corriente, cuyo valor viene dado en el siguiente grafico:

FACTOR DE ALINEAMIENTO PILAS DE SECCION RECTANGULAR CON LA CORRIENTE (K_w)

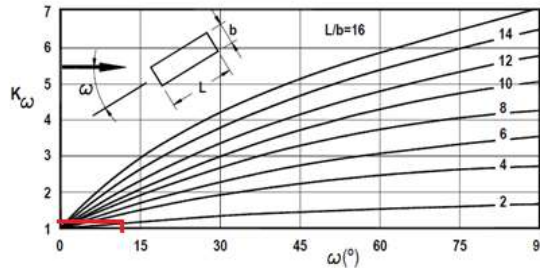


Figura 6-21 – Factor de alineamiento de pilas de sección rectangular con la corriente (K_w)

Donde:

w = es el Angulo formado por el eje del cauce y el eje principal de la estructura.



Figura 6-22 – Angulo formado por el eje del cauce y el eje principal de la estructura

En la figura se indica en magenta el eje del cauce y en azul el eje principal de la estructura, el ángulo formado corresponde a 12.93°.

$K_w = 1.10$ aproximadamente.

c. Factor de dispersión granulométrica (K_g)

El factor toma en cuenta la dispersión granulométrica de sedimentos no uniforme del lecho cuando este es arena o gravilla

- La curva $D_{50} \leq 0.7$ mm esta definida en el rango sin arrastre del lecho no perturbado, pero si cercano a este: $0.8 \leq \frac{V^*}{V_{*c}} < 1$.
- La curva $D_{50} \leq 0.7$ mm abarca teóricamente un rango de D_{84} de 0.7mm hasta 42mm.
- La curva de $0.7 < D_{50} < 4.1$ mm es similar a la anterior, salvo en el rango de σ de 1 a 2.
- Esta curva extendería el rango de aplicación de K_g hasta D_{84} de 24.6mm.

De esta forma, según la granulometría del río colorado mostrada en la figura 6-8, el $D_{50}=29.85$ mm y el $D_{84}=75$ mm

Se considera un factor $K_g = 0.8$

d. Factor de grupo de pilas (K_{gr})

Factor que considera un grupo de pilas según lo indicado a continuación.

Tabla 6-10 – Factor para un grupo de pilas (K_{gr})

DISTRIBUCION DE LAS PILAS	ESPACIAMIENTO e	K _{gr}	
		PRIMERA PILA	SEGUNDA PILA
	b	1,00	0,90
	2b a 3b	1,15	0,90
	>15b	1,00	0,80
	b	1,90	1,90
	5b	1,15	1,20
	>8b	1,00	1,00
	b	1,90	1,90
	2b a 3b	1,20	1,20
	>8b	1,00	1,00

Para este caso no aplica ya que solo corresponde a una estructura, por lo tanto K_{gr} = 1.00.

e. Factor de afloramiento de la base de fundación (K_r)

En el caso de pilas rectangulares en que la socavación deja a la vista la zapata de fundación de una cepa, según se indica en la siguiente tabla:

Tabla 6-11 – Factor efecto de la base de fundación para pilas de sección circular (K_r)

FACTOR K_R EFECTO DE LA BASE DE FUNDACION PARA PILAS DE SECCION CIRCULAR

b^*/b	K_R
1,0	1,00
1,3	1,03
1,5	1,04
1,7	1,05
2,0	1,06
2,5	1,06

Al no tener una Zapata aislada y tener una lose de Fundación se considera $b^*/b = 1$ lo que implica que K_r=1.00.

f. Factor del tamaño del sedimento (K_d)

Para tomar en cuenta la influencia del tamaño relativo del sedimento al tamaño de la pila, sobre la socavación local por medio de un factor K_d, Raudkivi y Ettema establecieron la siguiente clasificación para el tamaño de sedimento que permite distinguir entre sedimentos finos y gruesos uniformes:

- Sedimento fino $\frac{b}{D_{50}} > 1.30$
- Sedimento intermedio $130 > \frac{b}{D_{50}} > 30$
- Sedimento grueso $30 > \frac{b}{D_{50}} > 8$
- Socavación no observable $\frac{b}{D_{50}} < 8$

Se considera lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 6-12 – Factor de forma del sedimento

TABLA 3.707.402.D
VALORES DE K_D SEGUN FORMULAS ALTERNATIVAS

b / D_{50}	Ettema (1980)	Chiew y Melville (1987)
8	0,72	0,68
10	0,77	0,74
15	0,87	0,83
20	0,94	0,89
25	1,00	0,93
30	1,00	0,96
50	1,00	1,00

Según la curva granulométrica del río Colorado mostrada en la Figura 6-8 se tiene lo siguiente:

$$b/D50 = 183.5$$

VALORES DE K_D SEGUN FORMULAS ALTERNATIVAS

b / D_{50}	Ettema (1980)	Chiew y Melville (1987)
8	0,72	0,68
10	0,77	0,74
15	0,87	0,83
20	0,94	0,89
25	1,00	0,93
30	1,00	0,96
50	1,00	1,00

Finalmente, para $b/D50 > 50$ se considera conservadoramente $K_D=1$.

g. Resultados

Tabla 6-13 – Resultados Socavación Local

Datos					BNSh	EDE	R	Sc prom
b	h	h/b	Vm	F	Sc	sc	sc	
(m)	(m)		m/s		(m)	(m)	(m)	(m)
5.48	3.01	0.55	3.55	0.65	5.48	8.89	7.37	7.24

Ks	Kw	Kg	Kgr	Kr	Kd	K	Scmax
1.00	1.10	0.80	1.00	1.00	1.00	0.88	6.38

Finalmente, la socavación local promedio corresponde a 6.38 m, lo cual se considera un valor muy conservador, pues no toma en cuenta el efecto de acorazamiento del suelo, lo cual limitaría la socavación local en la captación. Sin embargo, se proyecta proteger la obra en su captación mediante un enrocado lo cual disminuye la socavación local, esto según lo indicado en la investigación elaborada por la Universidad de los Andes “Medidas de Protección contra la Socavación Local en Pilas de Puentes”. En dicho estudio, se investigan distintas geometrías de pilas en las cuales recubren con enrocado consolidado según se muestra en la siguiente Figura:

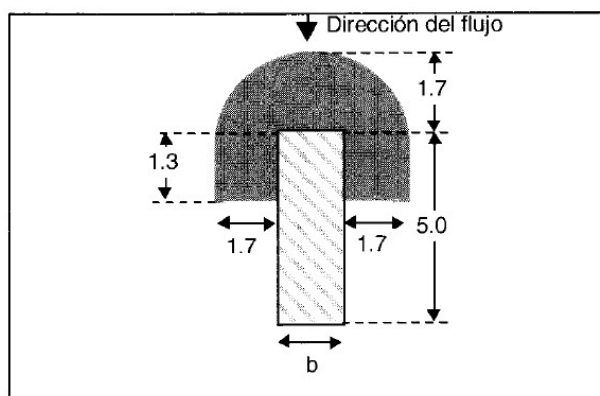


Figura 6.

Geometría D probada por Acosta (Máxima reducción 93%)

Figura 6-23 – Esquema de protección para pilas de puentes

De esta forma, se dispone a extender el enrocado consolidado una distancia de 2,7 m en el extremo derecho de la captación y 1,7 m en el extremo izquierdo con la intención de desviar las líneas de flujo que puedan incidir directamente en la captación y así disminuir hasta en un 90% la socavación local, como muestra la siguiente figura:

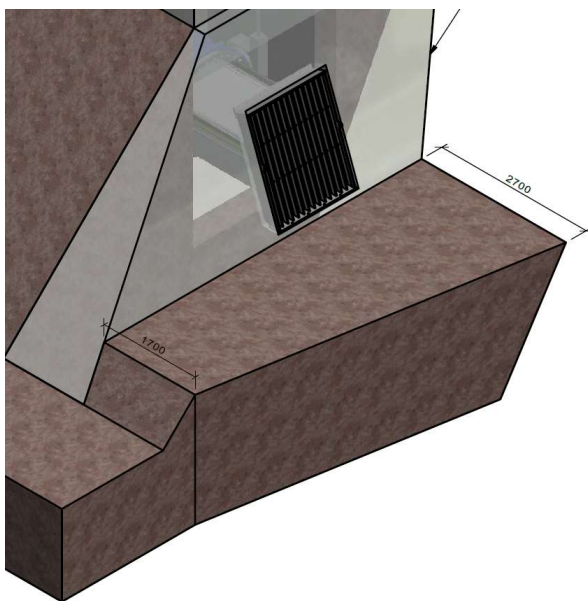


Figura 6-24 – Enrocado de protección consolidado para Socavación Local

Finalmente, se concluye que considerando el enrocado consolidado dispuesto en la entrada de la bocatoma, la socavación para pilas rectangulares se reduce hasta en un 90% por lo tanto la socavación máxima en la bocatoma corresponde a $0.64 \text{ m} < 2.50 \text{ m}$ considerados para la fundación del enrocado consolidado (fundada bajo el terreno natural), adicionalmente se debe considerar que hay arrastres de sedimentos los cuales tenderán a acumularse en la zona de la bocatoma, dicho estudio se muestra a continuación.

6.9. Transporte de sólidos

Para analizar el efecto que tendría la bocatoma El Manzano sobre el transporte sólido de la sección del río Colorado en estudio se realizó un estudio de transporte de sedimentos utilizando el modelo hidráulico en HEC-RAS, caudales medios mensuales y las características del lecho del río. Se comparó la capacidad de transporte de sedimento de la situación actual y la con obra en tres secciones: aguas arriba de la obra (RS= 265 0+285), en medio de la obra (RS= 240 0+310) y aguas abajo de la obra (RS= 130 0+420). Para ello se utilizaron caudales medios mensuales con probabilidad de excedencia de 85%, 50% y 5%. Estos caudales fueron extraídos de la curva de variación estacional. La metodología para efectuar este análisis está basada en el libro Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras de Horacio Mery (2013).

Para analizar la ocurrencia de transporte de fondo se estimó el parámetro de estabilidad de Shields (τ_*) el cual depende de la tensión tangencial entre el escurrimiento y el lecho del río (τ_0) y la granulometría del río. En canales la tensión tangencial (τ_0) se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot R_h \cdot J$$

Donde:

- ρ : Densidad del agua [kg/m³].
- g : Aceleración de gravedad [m/s²].
- R_h : Radio hidráulico del canal [m].
- J : Pendiente de la línea de energía [m/m].

Los valores del radio hidráulico y la pendiente de la línea de energía fueron calculados para cada caso utilizando el modelo hidráulico en HEC-RAS. El parámetro de estabilidad de Shields (τ_*) se calculo mediante la siguiente expresión:

$$\tau_* = \frac{\tau_0}{\rho \cdot (s - 1) \cdot g \cdot d_s}$$

Donde:

- τ_* : Parámetro de estabilidad de Shields.
- τ_0 : Tensión tangencial [kg/m/s²].
- ρ : Densidad del agua [kg/m³].
- s : Densidad relativa de los sólidos del lecho con respecto al agua [-].
- g : Aceleración de gravedad [m/s²].
- d_s : Diámetro representativo de las partículas del lecho [m] ($d_s = d_{50}$).

Para que exista arrastre de fondo se debe superar el parámetro de estabilidad de Shields crítico $[(\tau_*)_c]$, que según Julien (1995) se calcula con la siguiente ecuación:

$$(\tau_*)_c = 0.06 \cdot \text{tg} \phi_s ; d_* > 50$$

Donde:

- $(\tau_*)_c$: Parámetro de estabilidad de Shields crítico.
- ϕ_s : Ángulo de reposo [°].
- d_* : Diámetro adimensional.

El diámetro adimensional se calcula con la siguiente expresión

$$d_* = d_s \cdot \sqrt[3]{\frac{(s-1) \cdot g}{v^2}}$$

Donde:

- d_* : Diámetro adimensional.
- g : Aceleración de gravedad [m/s²].
- d_s : Diámetro representativo de las partículas del lecho [m] ($d_s = d_{50}$).
- s : Densidad relativa de los sólidos del lecho con respecto al agua [-].
- v : Viscosidad cinemática del agua [$1,3 \cdot 10^{-6}$ m/s²]

El diámetro adimensional correspondiente a la granulometría ($d_{50} = 29,85$ mm) del lecho del río del tramo del río Colorado en estudio corresponde a 627, por lo que es posible utilizar la ecuación de Julien (1995) para estimar el parámetro de estabilidad de Shields crítico. Considerando un ángulo de reposo de 30°, $(\tau_*)_c$ tiene un valor de 0,035. La Figura 6-25, Figura 6-26 y Figura 6-27 muestra el parámetro de estabilidad de Shields y el parámetro de Shields crítico para situación sin obra y con obra y para caudales medios mensuales con probabilidad de excedencia 85%, 50% y 5%. Se puede observar que en todos los casos el parámetro de estabilidad de Shields supera su valor crítico, por tanto, existe transporte de fondo. En la sección aguas arriba de la bocatoma (RS= 265 0+285), la situación sin obra presenta mayores valores del parámetro de estabilidad de Shields que la situación con obra, esto indica que se pierde capacidad de transporte. Por el contrario, en la sección intermedia (RS= 240 0+310), la capacidad de transporte aumentaría una vez que se construya la bocatoma El Manzano, aunque no de manera tan significativa, ya que la situación con obra presenta valores del parámetro de estabilidad de Shields mayores que la situación sin obra. En el caso de la situación aguas abajo (RS= 130 0+420), no hay cambios en la capacidad de transporte, lo que era esperable dado el régimen de río que presenta el río Colorado en ese tramo.

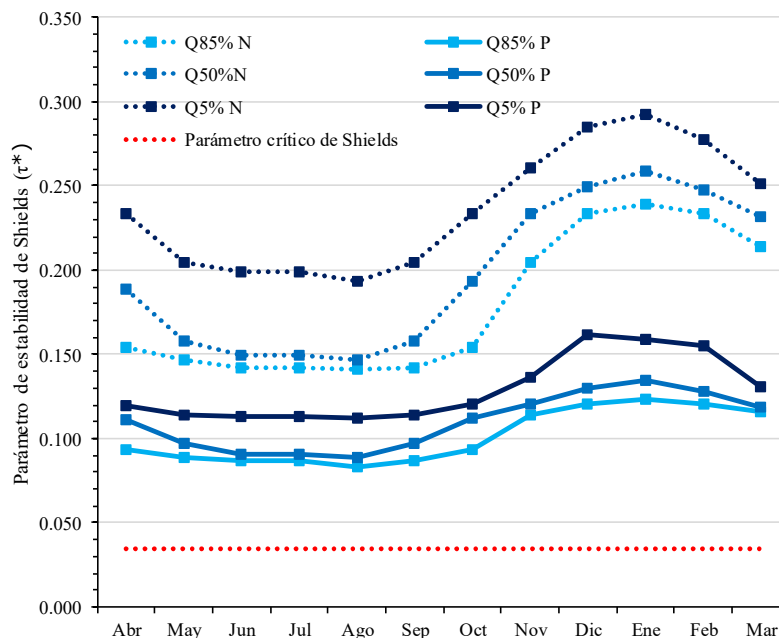


Figura 6-25: Parámetro de estabilidad de Shields en la sección RS= 265 0+285 (aguas arriba de la bocatoma) para la situación sin obra (N) y con obra (P), y para caudales medios mensuales con probabilidad de excedencia 85%, 50% y 5%

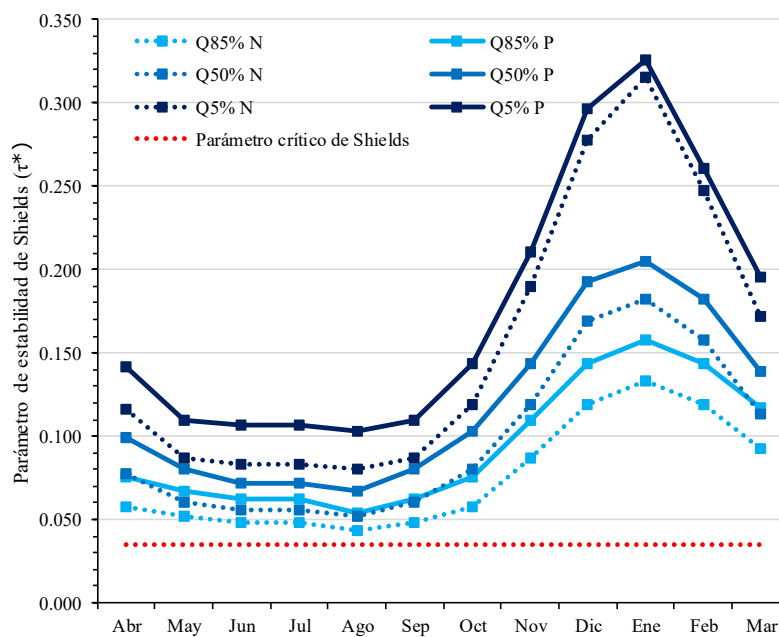


Figura 6-26: Parámetro de estabilidad de Shield en la sección RS= 240 0+310 (en medio de la bocatoma) para la situación sin obra (N) y con obra (P), y para caudales medios mensuales con probabilidad de excedencia 85%, 50% y 5%

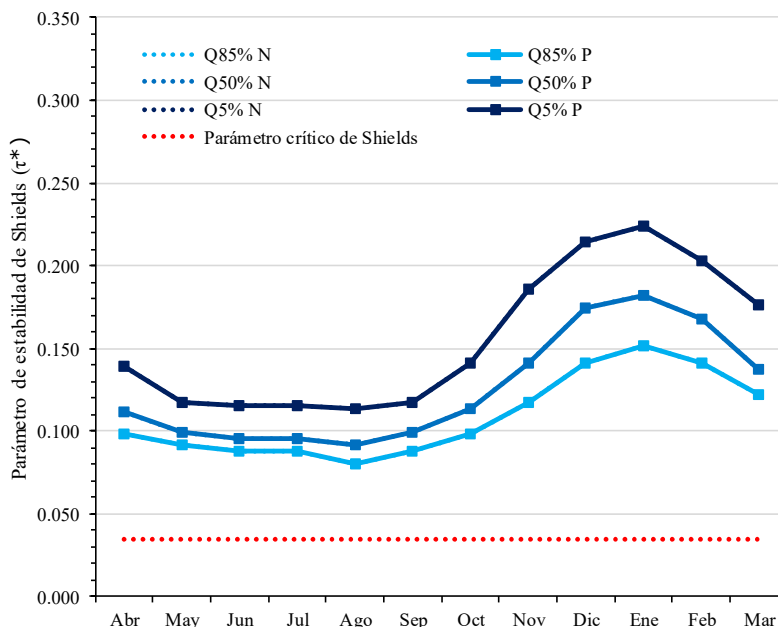


Figura 6-27: Parámetro de estabilidad de Shield en la sección RS= 130 0+420 (aguas debajo de la bocatoma) para la situación sin obra (N) y con obra (P), y para caudales medios mensuales con probabilidad de excedencia 85%, 50% y 5%

Para estimar el transporte de sólidos de fondo se utilizó la expresión empírica de Meyer-Peter (1951), la cual fue deducida de una serie de experimentos en laboratorio con mezclas de arena. La formula se muestra a continuación:

$$q_s = \left(\frac{4\tau_0}{\rho(s-1)gd_s} - 0,188 \right)^{3/2} \cdot \sqrt{(s-1)gd_s^3}$$

Donde:

- q_s : Gasto volumétrico por unidad de ancho [$m^3/s/m$].
- τ_0 : Tensión tangencial [$kg/m/s^2$].
- ρ : Densidad del agua [m^3/s].
- s : Densidad relativa de los sólidos del lecho con respecto al agua [-].
- d_s : Diámetro representativo de las partículas del lecho [m]. En esta expresión, $d_s = d_{50}$.

La Figura 6-28, Figura 6-29 y Figura 6-30 muestran gasto sólido de fondo, que es el gasto volumétrico integrado sobre el ancho de la sección, para los distintos casos en estudio. Como era de esperar, se observa el mismo comportamiento que con el parámetro de Shields, es decir, aguas arriba de la obra la capacidad de transporte disminuye, en el medio aumenta y aguas abajo se mantiene igual. Sin embargo, en las tres secciones y para todos los caudales estudiados existe transporte de fondo. El gasto sólido de fondo dependiendo de la sección y el caudal varía entre 0,01 y 0,60 m^3/s .

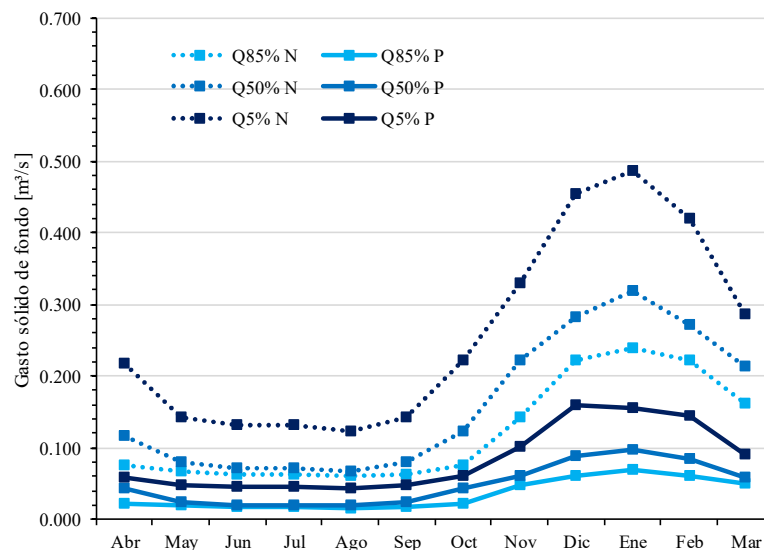


Figura 6-28: Gasto sólido de fondo en la sección RS= 265 0+285 (aguas arriba de la bocatoma) para la situación sin obra (N) y con obra (P), y para caudales medios mensuales con probabilidad de excedencia 85%, 50% y 5%

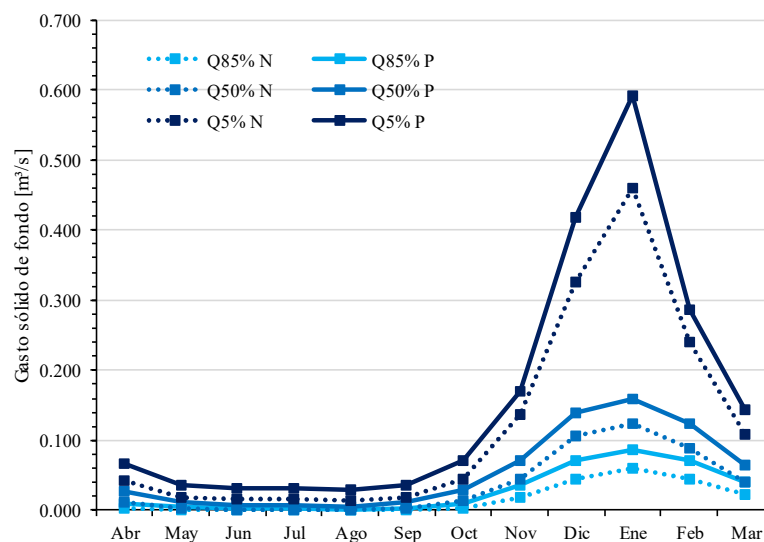


Figura 6-29: Gasto sólido de fondo en la sección RS= 240 0+310 (en medio de la bocatoma) para la situación sin obra (N) y con obra (P), y para caudales medios mensuales con probabilidad de excedencia 85%, 50% y 5%

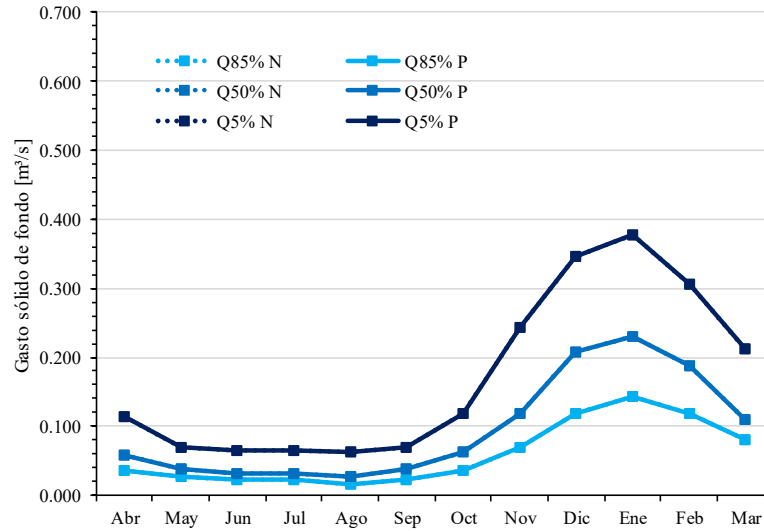


Figura 6-30: Gasto sólido de fondo en la sección RS= 130 0+420 (aguas de la bocatoma) para la situación sin obra (N) y con obra (P), y para caudales medios mensuales con probabilidad de excedencia 85%, 50% y 5%

7. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

Finalmente, luego de las verificaciones se puede establecer con mayor precisión una geometría en función de los requerimientos de caudal mínimo, la topografía del sector, la crecida de diseño, el tamaño y talud del enrocado, en conjunto con algunas recomendaciones por parte de los proveedores de tuberías de estas características.

7.1. Estructura de protección

Esta obra se compone de una tubería de 1,2 metro de diámetro interior, de 45,9 mm de espesor, protegida en la base por un encamado de 15 cm de materiales clase I, II y/o III, compactado a un 90% del Proctor estándar como mínimo, el cual debe apoyarse sobre una cimentación estable. Si se requiere excavar para la instalación de la tubería, el ancho de la excavación recomienda tener 2 metros.

Sobre el encamado se proyecta un acostillado, que se compone de materiales I, II y/o III que rellene todos los espacios entre la tubería y la pared en capas de 40 cm como máximo, hasta la línea media de la tubería, es decir, hasta 60 cm sobre el encamado. En este caso se instalarán 2 capas de 30 cm cada una.

Sobre el acostillado se proyecta el relleno inicial, el cual se ubica entre la línea media de la tubería y por sobre 24 cm por sobre la clave de la tubería. Este se conforma de materiales tipo I, II y/o III, en 2 capas de 30 cm y una tercera capa de 24 cm por sobre la clave de la tubería.

Se proyecta el relleno final, con un espesor de 35 cm compuesto de materiales tipo I, II y/o III.

Sobre las capas de relleno se proyectan 2 capas de rocas de cantera de 50 cm, colocadas manualmente, para generar trabazón, y consolidadas con hormigón, generando finalmente un enrocado de 1,0 m de espesor mínimo en la parte superior de la obra.

El talud del enrocado que enfrenta el agua del río posee un talud de (H:V)=(1:1), y el enrocado posee un espesor mínimo de 1,0 m, según lo señalado anteriormente, es decir dos capas de roca de cantera de 50 cm de diámetro consolidadas con hormigón.

Una vez llegado al cauce del río, el enrocado se ancla a una profundidad mínima de 2,5 metros, y luego de alcanzada esa profundidad se construye un pie horizontal de 1,8 metros de ancho y 1,0 metro de espesor mínimo, para este pie se debe considerar un enrocado de mayor peso.

Debido a las características del área, la solución optada de protección superior de la tubería ejerce la función también de mitigar el deterioro de la vida útil de la futura obra en lo que se refiere a impactos producto del escurrimiento de suelo que ocurren de forma natural. El acúmulo de material sobre el enrocado de protección (producto de escurrimientos naturales del talud, arrastres de crecidas fluviales o bien debido a la influencia pluvial) será monitoreado en la etapa de operación de la futura Bocatoma Manzano.

Además, se dispuso de un geotextil no tejido bajo la base del enrocado proyectado para evitar el posible lavado de finos ante una crecida que inunda la obra.

7.2. Clasificación de rellenos en tubería

Los materiales de relleno son aquellos usados para el encamado, acostillado y relleno inicial tal como se muestra en la siguiente imagen:

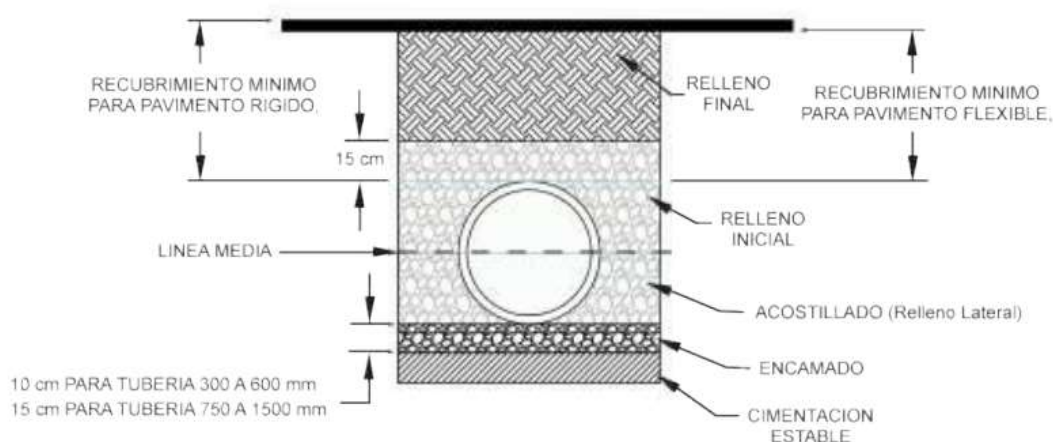


Figura 7-1 – Materiales de relleno para tramo en tubería

Según lo indicado por el proveedor las clases I, II y III corresponde a:

Clase I: Piedra o roca triturada angular, gradación densa o abierta con pocos o sin finos (de $\frac{3}{4}$ " a $1\frac{1}{2}$ " de tamaño).

Clase II: (GW, GP, SW, SP, GW-GC, SP, SM) materiales limpios de grano grueso, tales como la grava, arenas gruesas y mezcla grava/arena (tamaño máximo de $1\frac{1}{2}$ "). (Clasificación AASHTO A1 & A3).

Clase III: (GM, GC, SM, SC) materiales de grano grueso con finos incluyendo gravas o arenas limosas o arcillosas. La grava y arena deben comprender más del 50% de los materiales clase III ($1\frac{1}{2}$ " de tamaño máximo) (Clasificación A-2-4 & A-2-5).

Según lo indicado en el catálogo del proveedor el encamado, acostillado y relleno inicial y final pueden ser con materiales de clase I, II y III.

Encamado: Corresponde a la base donde se apoya la tubería, este debe tener un espesor de 15 cm y compactado un 90% de la densidad Proctor estándar. Los materiales Clase I,II y III son adecuados para el encamado.

Acostillado o Relleno Lateral: Esta capa proporciona la mayor parte de resistencia y estabilidad a la tubería, se debe tener cuidado en que se llenen todo los espacios entre la tubería y la pared de la zanja, los materiales adecuados para el acostillado pueden ser Clase I,II y III.

Relleno Inicial: Esta capa es fundamental para dar desempeño estructural adecuado a la tubería. Se puede utilizar para relleno inicial materiales Clase I,II y III.

Relleno Final: El relleno final en general se realiza con los materiales excavados, sin embargo se utilizara materiales Clase I,II y III.

7.3. Acceso a mantenimiento Cámaras de acceso

Se consideró la construcción de 3 Cámaras de acceso a lo largo del alineamiento de la obra, que posean acceso por la parte superior del enrocado mediante cámaras y tuberías verticales de 80 cm de diámetro, ancladas en un dado de hormigón, de 1,2 x 1,2 metros.

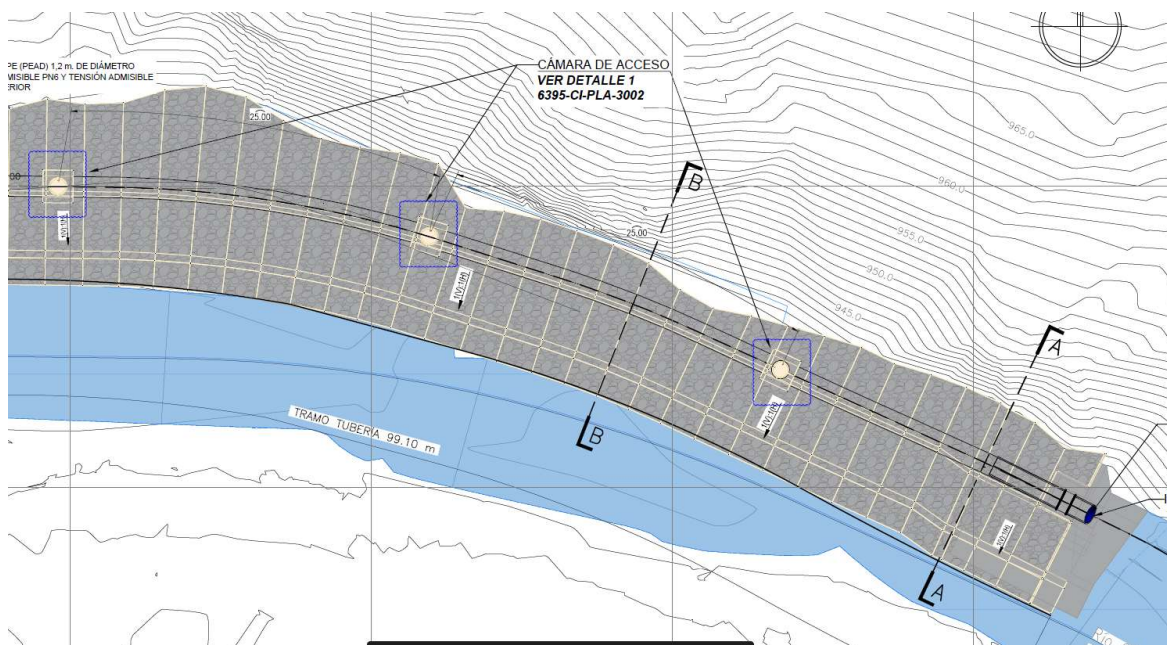


Figura 7-2 – Ubicación en planta de las cámaras de acceso

La ubicación exacta de estos elementos es la siguiente, aclarando que las coordenadas se refieren a la parte superior del centro de la tapa que permite el acceso en datum WGS 84 H 19:

Tabla 7-1 – Ubicación exacta de las cámaras de acceso a mantenimiento.

MANHOLE	COORDENADA		COTA msnm
	ESTE	NORTE	
1	374,827.18	6,284,747.83	942.18
2	374,803.84	6,284,756.67	942.06
3	374,779.19	6,284,759.95	941.95

Estos elementos están enumerados desde el más cercano a la captación hasta el más alejado. La sección transversal que define la geometría de estos elementos es la siguiente:

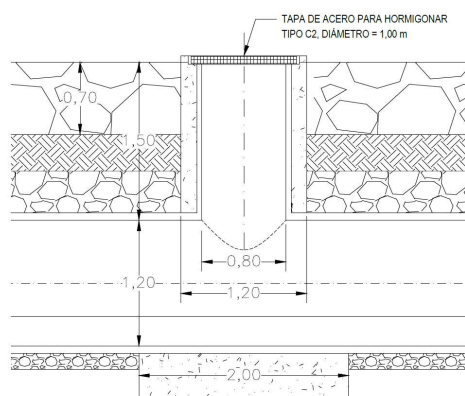


Figura 7-3 – Sección típica de la boca de acceso para mantenimiento.

8. CONCLUSIONES

La ubicación actual de la obra de captación requiere su modificación para asegurar la seguridad de suministro de agua a los regantes del canal Manzano en períodos de estiaje.

Se presenta una extensión del canal 43 metros aguas arriba de la actual captación existente, con el fin de lograr una cota del lecho que permita captar $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ considerando un caudal mínimo de $2,51 \text{ m}^3/\text{s}$ en el río Colorado. Por lo tanto, se proyecta una tubería con su enrocado respectivo de 99.1 metros de extensión y un canal de empalme de 35 metros con un vertedero lateral de excedencias y una compuerta de entrega al canal existente.

La seguridad de las obras en cuanto a la flotación y erosión ha sido diseñada para una condición de crecida de periodo de retorno de 100 años, y verificada para 150 años, cumpliendo con los criterios solicitados por la autoridad.

Es muy importante que el enrocado que compone a la obra que protege a la tubería debe estar compuesto por rocas cuyo tamaño mínimo es de 0,50 metros (180 kg), deben ser angulosas provenientes de canteras colocadas manualmente de forma ordenada, y consolidado con hormigón para una mayor trabazón mecánica.

La profundidad de anclaje de las rocas bajo la superficie del terreno será de 2,5 metros para así evitar daños generados por la socavación.

Anexo A

(Análisis granulométrico suelo río Colorado)



DIVISION LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Informe de Ensayo N° 47,319-7812
Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 47,319- 7812 CORRELATIVO DE OBRA 7812

Cliete : Strabag
Dirección : Calle Los Militares 5001, Oficina 903, Las Condes
Obra : Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo
Sector : Río Colorado

Ensayos solicitados	Muestra N°	Fecha realización de ensayos
Granulometría (M.C. 8, 8.102.1 (2014))	7067	28-08-19
Límite Líquido, Límite Plástico, IP (NCh 15171.0/79, NCh 15172.0/79)		
Clasificación AASHTO / USCS (ASTM D3282-15, D2487-11)		

Muestreado por | Pedro Coronado

Fecha recepción de muestras | 27-08-19

Fecha muestreo | 27-08-19

Solicitud de Ensayo N° | ---

A) IDENTIFICACION DE MUESTRAS

Muestra N°	7067
Material	Existente
Procedencia	Intake Manzano
Muestreo	Obra

B) ENSAYOS SOLICITADOS

B.1) CLASIFICACION

5"	100
4"	85
3"	79
2 1/2"	70
2"	59
1 1/2"	43
1"	34
3/4"	22
3/8"	16
N° 4	14
N° 10	8
N° 40	2
N° 200	
Límite Líquido (%)	
Tipo de acanalador	
Método empleado	
Límite Plástico (%)	
IP (%)	
Clasificación (*)	
AASHTO	
USCS	

C) OBSERVACIONES

- (*): La actividad marcada se encuentra fuera del alcance de acreditación



Santiago, 29 de agosto de 2019

Los resultados obtenidos sólo están relacionados con las muestras ensayadas.
Prohibida la reproducción parcial de este Informe. Para su reproducción total se deberá solicitar autorización escrita de Laboratorio EUROCALIDAD S.A.

Casa Matriz: Hanga Roa 656 - Recoleta - Fono: 2 24747474 - Laboratorio - Suc.: Av. Einstein 1224 - Independencia - Fono: 227369533 - Fax: 2 27369862
e-mail: info@eurocalidad.cl - ivancalvo@eurocalidad.cl - asalazar@eurocalidad.cl - j david@eurocalidad.cl - www.eurocalidad.cl
FISCBR-12 / Abr-16

Anexo B

(Resultados simulación
del río Colorado HEC-RAS)

Tabla B-1 – Resultados de la modelación en HEC RAS para el caudal mínimo en el escenario sin proyecto

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
550	2,50	944,16	944,71	944,58	944,74	0,008481	0,79	3,17	11,27	0,47
540	2,50	944,05	944,64	944,47	944,66	0,006473	0,71	3,52	11,91	0,42
530	2,50	943,93	944,60	944,36	944,62	0,003162	0,53	4,68	14,15	0,30
520	2,50	944,01	944,55	944,39	944,57	0,006042	0,64	3,92	14,83	0,40
510	2,50	943,97	944,42	944,35	944,47	0,019564	1,03	2,43	10,88	0,69
500	2,50	943,79	944,25	944,17	944,30	0,014842	0,91	2,75	11,98	0,61
490	2,50	943,66	944,19	944,03	944,21	0,004860	0,58	4,52	17,45	0,35
480	2,50	943,57	944,10	943,96	944,14	0,009142	0,87	2,88	9,33	0,50
470	2,50	943,47	944,02	943,87	944,05	0,008413	0,80	3,14	10,84	0,47
460	2,50	943,37	943,78	943,78	943,88	0,042574	1,45	1,73	8,24	1,01
450	2,50	943,05	943,67	943,48	943,70	0,005026	0,68	3,66	10,82	0,38
440	2,50	943,02	943,54	943,48	943,60	0,020130	1,12	2,23	8,88	0,72
430	2,50	942,94	943,36	943,29	943,41	0,018261	1,01	2,48	10,79	0,67
420	2,50	942,66	943,04	943,04	943,14	0,043072	1,40	1,79	9,10	1,01
410	2,50	942,36	942,92	942,74	942,94	0,006416	0,72	3,46	11,29	0,42
400	2,50	942,18	942,89	942,56	942,90	0,002691	0,52	4,84	13,90	0,28
390	2,50	942,31	942,79	942,73	942,84	0,022487	0,98	2,56	13,42	0,71
380	2,50	942,15	942,57	942,52	942,62	0,020431	0,95	2,62	13,46	0,69
370	2,50	941,90	942,25	942,25	942,32	0,048720	1,20	2,08	14,56	1,01
360	2,50	941,38	941,98	941,77	942,00	0,003685	0,54	4,67	15,72	0,31
350	2,50	941,45	941,86	941,79	941,92	0,018880	1,09	2,30	9,14	0,69
340	2,50	941,39	941,71	941,64	941,74	0,015006	0,82	3,04	15,52	0,59
330	2,50	941,09	941,47	941,44	941,54	0,027223	1,17	2,16	10,29	0,81
320	2,50	940,75	941,17	941,15	941,24	0,033233	1,19	2,11	11,22	0,87
310	2,50	940,39	941,04	940,91	941,07	0,009633	0,79	3,16	12,12	0,49
300	2,50	940,49	940,92	940,84	940,96	0,013712	0,83	3,01	14,13	0,58
290	2,50	940,32	940,72	940,67	940,78	0,023020	1,11	2,26	10,18	0,75
289	2,50	940,30	940,69	940,65	940,76	0,024516	1,13	2,21	10,13	0,77
288	2,50	940,27	940,67	940,62	940,73	0,022471	1,10	2,27	10,17	0,74
287	2,50	940,24	940,64	940,60	940,71	0,022515	1,11	2,25	9,94	0,75
286	2,50	940,22	940,62	940,57	940,68	0,022602	1,09	2,30	10,52	0,74
285	2,50	940,19	940,60	940,55	940,66	0,022535	1,09	2,30	10,53	0,74
284	2,50	940,16	940,57	940,53	940,63	0,026119	1,13	2,20	10,55	0,79
283	2,50	940,13	940,53	940,50	940,61	0,030414	1,24	2,02	9,55	0,86
282	2,50	940,10	940,50	940,47	940,58	0,029367	1,26	1,99	8,89	0,85
281	2,50	940,07	940,46	940,44	940,55	0,033063	1,32	1,89	8,56	0,90
280	2,50	940,04	940,41	940,40	940,51	0,034990	1,39	1,80	7,87	0,93
279	2,50	940,01	940,37	940,36	940,48	0,034182	1,43	1,75	7,21	0,93

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
278	2,50	939,97	940,34	940,32	940,44	0,034073	1,42	1,76	7,27	0,92
277	2,50	939,94	940,30	940,29	940,40	0,034252	1,42	1,76	7,32	0,93
276	2,50	939,91	940,27	940,25	940,37	0,033993	1,41	1,77	7,39	0,92
275	2,50	939,88	940,24	940,22	940,33	0,032658	1,39	1,80	7,49	0,90
274	2,50	939,85	940,18	940,18	940,30	0,041510	1,50	1,66	7,36	1,01
273	2,50	939,82	940,18	940,13	940,25	0,024710	1,20	2,09	8,63	0,78
272	2,50	939,79	940,11	940,11	940,21	0,043601	1,43	1,75	8,58	1,01
271	2,50	939,76	940,08	940,05	940,16	0,027393	1,23	2,02	8,51	0,81
270	2,50	939,54	940,08	940,00	940,13	0,018698	1,03	2,44	9,82	0,66
269	2,50	939,48	940,07	939,96	940,11	0,012114	0,90	2,79	9,87	0,54
268	2,50	939,66	939,98	939,97	940,09	0,035340	1,43	1,75	7,33	0,94
267	2,50	939,63	939,95	939,93	940,05	0,032581	1,39	1,80	7,45	0,90
266	2,50	939,60	939,92	939,90	940,02	0,031416	1,36	1,84	7,56	0,88
265	2,50	939,56	939,90	939,87	939,98	0,029022	1,32	1,90	7,69	0,85
264	2,50	939,53	939,85	939,84	939,95	0,035154	1,44	1,81	7,68	0,93
263	2,50	939,50	939,81	939,80	939,91	0,035341	1,43	1,83	7,77	0,93
262	2,50	939,46	939,78	939,76	939,88	0,035881	1,43	1,85	7,85	0,93
261	2,50	939,44	939,75	939,73	939,84	0,036448	1,42	1,88	8,08	0,94
260	2,50	939,38	939,72	939,69	939,80	0,029329	1,31	2,04	8,33	0,85
259	2,50	939,34	939,71	939,65	939,78	0,021245	1,19	2,26	8,41	0,73
258	2,50	939,31	939,70	939,62	939,75	0,016368	1,08	2,54	9,23	0,65
257	2,50	939,29	939,68	939,59	939,74	0,015480	1,08	2,55	9,06	0,64
256	2,50	939,27	939,67	939,57	939,72	0,014277	1,07	2,54	8,80	0,62
255	2,50	939,25	939,65	939,55	939,71	0,013698	1,07	2,50	8,52	0,61
254	2,50	939,23	939,63	939,54	939,69	0,013774	1,09	2,43	8,18	0,61
253	2,50	939,20	939,61	939,53	939,68	0,015163	1,15	2,31	7,83	0,64
252	2,50	939,18	939,58	939,52	939,66	0,018567	1,25	2,11	7,61	0,71
251	2,50	939,16	939,56	939,51	939,64	0,023445	1,25	2,07	8,42	0,78
250	2,50	939,13	939,55	939,48	939,61	0,015133	1,07	2,41	8,77	0,64
249	2,50	939,11	939,56	939,42	939,60	0,007955	0,87	2,98	9,26	0,47
248	2,50	939,08	939,56	939,36	939,59	0,004848	0,73	3,51	9,67	0,38
247	2,50	939,04	939,56	939,32	939,58	0,003301	0,64	3,99	10,03	0,32
246	2,50	939,00	939,56	939,28	939,58	0,002456	0,58	4,42	10,39	0,28
245	2,50	938,96	939,56	939,25	939,57	0,001935	0,53	4,80	10,68	0,25
244	2,50	938,93	939,56	939,23	939,57	0,001620	0,49	5,13	11,06	0,23
243	2,50	938,91	939,56	939,21	939,57	0,001487	0,48	5,31	11,26	0,22
242	2,50	938,90	939,56	939,20	939,57	0,001409	0,47	5,44	11,47	0,21
241	2,50	938,89	939,56	939,19	939,57	0,001332	0,45	5,57	11,61	0,20
240	2,50	938,87	939,55	939,18	939,56	0,001195	0,44	5,72	11,47	0,19
239	2,50	938,85	939,55	939,17	939,56	0,001101	0,43	5,90	11,68	0,19
238	2,50	938,82	939,55	939,15	939,56	0,001010	0,41	6,11	11,98	0,18

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
237	2,50	938,79	939,55	939,14	939,56	0,000924	0,40	6,34	12,29	0,17
236	2,50	938,77	939,55	939,13	939,56	0,000840	0,39	6,59	12,59	0,16
235	2,50	938,74	939,55	939,11	939,56	0,000755	0,37	6,87	12,73	0,16
234	2,50	938,72	939,55	939,10	939,56	0,000696	0,36	7,03	12,67	0,15
233	2,50	938,79	939,55	939,10	939,56	0,000719	0,36	6,95	12,59	0,15
232	2,50	938,85	939,55	939,14	939,56	0,000890	0,39	6,55	12,96	0,17
231	2,50	938,90	939,55	939,21	939,56	0,001329	0,43	5,89	13,75	0,20
230	2,50	938,92	939,54	939,24	939,55	0,001945	0,49	5,21	13,62	0,24
229	2,50	938,94	939,54	939,26	939,55	0,002278	0,51	4,92	12,81	0,26
228	2,50	938,96	939,53	939,30	939,55	0,003118	0,56	4,49	12,63	0,30
227	2,50	938,99	939,52	939,34	939,54	0,006195	0,71	3,50	11,32	0,41
226	2,50	939,01	939,50	939,35	939,54	0,008093	0,85	2,93	8,81	0,47
225	2,50	939,03	939,48	939,36	939,53	0,010471	0,93	2,69	8,61	0,53
224	2,50	939,03	939,46	939,37	939,51	0,014108	1,03	2,43	8,37	0,61
223	2,50	939,04	939,42	939,37	939,49	0,023251	1,20	2,08	8,32	0,77
222	2,50	939,05	939,37	939,37	939,46	0,044475	1,33	1,87	10,45	1,01
221	2,50	939,02	939,27	939,30	939,40	0,072318	1,60	1,57	9,61	1,26
220	2,50	938,87	939,33	939,19	939,37	0,008647	0,83	3,00	9,93	0,48
219	2,50	938,83	939,32	939,19	939,36	0,009272	0,86	2,90	9,59	0,50
218	2,50	938,81	939,30	939,20	939,35	0,013226	0,96	2,61	9,61	0,59
217	2,50	938,79	939,27	939,20	939,33	0,017511	1,08	2,32	8,85	0,67
216	2,50	938,78	939,25	939,19	939,31	0,019858	1,14	2,20	8,55	0,71
215	2,50	938,76	939,22	939,17	939,29	0,022007	1,17	2,14	8,56	0,75
214	2,50	938,74	939,20	939,15	939,27	0,022874	1,18	2,11	8,58	0,76
213	2,50	938,72	939,17	939,12	939,25	0,022741	1,18	2,12	8,59	0,76
212	2,50	938,71	939,15	939,10	939,22	0,022476	1,17	2,13	8,64	0,75
211	2,50	938,69	939,13	939,08	939,20	0,022601	1,17	2,13	8,65	0,76
210	2,50	938,67	939,11	939,06	939,18	0,022561	1,17	2,13	8,68	0,76
209	2,50	938,66	939,08	939,04	939,15	0,022645	1,17	2,13	8,70	0,76
208	2,50	938,64	939,06	939,02	939,13	0,022843	1,17	2,13	8,72	0,76
207	2,50	938,62	939,04	938,99	939,11	0,022770	1,17	2,13	8,75	0,76
206	2,50	938,61	939,02	938,97	939,09	0,023002	1,17	2,13	8,77	0,76
205	2,50	938,59	938,99	938,95	939,06	0,022887	1,17	2,14	8,82	0,76
204	2,50	938,57	938,97	938,93	939,04	0,022967	1,17	2,14	8,84	0,76
203	2,50	938,56	938,95	938,90	939,02	0,022923	1,17	2,14	8,88	0,76
202	2,50	938,54	938,92	938,88	938,99	0,022957	1,17	2,14	8,91	0,76
201	2,50	938,52	938,90	938,86	938,97	0,022752	1,16	2,15	8,96	0,76
200	2,50	938,51	938,88	938,83	938,95	0,022809	1,16	2,16	9,04	0,76
199	2,50	938,49	938,86	938,81	938,92	0,023007	1,15	2,17	9,19	0,76
198	2,50	938,48	938,83	938,79	938,90	0,023388	1,15	2,17	9,36	0,76
197	2,50	938,46	938,81	938,76	938,88	0,023484	1,14	2,19	9,53	0,76

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
196	2,50	938,44	938,79	938,74	938,85	0,023565	1,14	2,20	9,70	0,76
195	2,50	938,43	938,77	938,72	938,83	0,023403	1,13	2,22	9,88	0,76
194	2,50	938,41	938,74	938,70	938,81	0,023064	1,11	2,25	10,06	0,75
193	2,50	938,39	938,72	938,67	938,78	0,022222	1,09	2,29	10,29	0,74
192	2,50	938,37	938,70	938,65	938,76	0,020692	1,06	2,36	10,45	0,71
191	2,50	938,36	938,69	938,63	938,74	0,018370	1,02	2,46	10,63	0,68
190	2,50	938,34	938,67	938,61	938,72	0,016136	0,97	2,58	10,90	0,64
189	2,50	938,32	938,66	938,58	938,70	0,013265	0,91	2,75	10,99	0,58
188	2,50	938,31	938,65	938,55	938,69	0,010958	0,86	2,90	10,87	0,53
187	2,50	938,29	938,64	938,53	938,68	0,008910	0,81	3,08	10,80	0,49
186	2,50	938,27	938,64	938,51	938,67	0,007639	0,77	3,23	10,85	0,45
185	2,50	938,26	938,63	938,49	938,66	0,006827	0,74	3,38	11,13	0,43
184	2,50	938,24	938,63	938,48	938,65	0,006173	0,72	3,48	11,12	0,41
183	2,50	938,22	938,62	938,46	938,65	0,005701	0,71	3,55	11,00	0,40
182	2,50	938,20	938,62	938,45	938,64	0,005473	0,70	3,56	10,77	0,39
181	2,50	938,19	938,61	938,43	938,64	0,004920	0,68	3,67	10,72	0,37
180	2,50	938,17	938,61	938,41	938,63	0,003998	0,64	3,91	10,75	0,34
179	2,50	938,15	938,61	938,39	938,63	0,003477	0,61	4,11	10,97	0,32
178	2,50	938,14	938,61	938,37	938,62	0,003217	0,60	4,19	10,84	0,31
177	2,50	938,12	938,60	938,36	938,62	0,002977	0,59	4,26	10,60	0,30
176	2,50	938,10	938,60	938,34	938,62	0,002801	0,58	4,32	10,48	0,29
175	2,50	938,08	938,60	938,33	938,61	0,002615	0,53	4,70	12,31	0,27
174	2,50	938,07	938,60	938,31	938,61	0,001717	0,46	5,39	12,65	0,23
173	2,50	938,04	938,60	938,27	938,61	0,001282	0,42	6,02	13,45	0,20
172	2,50	938,03	938,60	938,27	938,61	0,001312	0,42	5,97	13,40	0,20
171	2,50	938,02	938,60	938,26	938,61	0,001327	0,42	5,90	13,12	0,20
170	2,50	938,00	938,59	938,25	938,60	0,001310	0,43	5,76	12,10	0,20
169	2,50	937,98	938,59	938,23	938,60	0,001262	0,43	5,81	12,11	0,20
168	2,50	937,96	938,59	938,22	938,60	0,001128	0,41	6,03	12,24	0,19
167	2,50	937,94	938,59	938,20	938,60	0,001091	0,42	5,99	11,69	0,19
166	2,50	937,93	938,59	938,20	938,60	0,001122	0,42	5,88	11,41	0,19
165	2,50	937,95	938,59	938,22	938,60	0,001235	0,44	5,70	11,31	0,20
164	2,50	937,95	938,59	938,23	938,60	0,001340	0,45	5,59	11,46	0,20
163	2,50	937,95	938,58	938,24	938,60	0,001452	0,46	5,49	11,65	0,21
162	2,50	937,95	938,58	938,25	938,59	0,001571	0,46	5,39	11,85	0,22
161	2,50	937,95	938,58	938,27	938,59	0,001890	0,49	5,10	11,84	0,24
160	2,50	937,95	938,58	938,29	938,59	0,002109	0,51	4,93	11,84	0,25
159	2,50	937,94	938,57	938,29	938,59	0,002283	0,52	4,81	11,84	0,26
158	2,50	937,94	938,57	938,29	938,59	0,002352	0,52	4,81	12,07	0,26
157	2,50	937,94	938,57	938,30	938,58	0,002653	0,54	4,66	12,21	0,28
156	2,50	937,94	938,56	938,31	938,58	0,003165	0,58	4,34	11,67	0,30

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
155	2,50	937,94	938,56	938,32	938,58	0,003639	0,61	4,07	11,03	0,32
154	2,50	937,94	938,55	938,32	938,57	0,004048	0,65	3,86	10,50	0,34
153	2,50	937,94	938,55	938,31	938,57	0,004349	0,67	3,71	10,03	0,35
152	2,50	937,93	938,54	938,30	938,56	0,004439	0,69	3,64	9,76	0,36
151	2,50	937,93	938,54	938,29	938,56	0,004307	0,68	3,66	9,62	0,35
150	2,50	937,93	938,53	938,27	938,55	0,004041	0,66	3,81	10,13	0,34
149	2,50	937,93	938,53	938,27	938,55	0,003774	0,64	3,90	10,24	0,33
148	2,50	937,94	938,52	938,27	938,55	0,004120	0,65	3,82	10,40	0,34
147	2,50	937,94	938,52	938,28	938,54	0,004645	0,68	3,68	10,38	0,36
146	2,50	937,94	938,51	938,30	938,54	0,005551	0,72	3,49	10,34	0,39
145	2,50	937,95	938,50	938,32	938,53	0,006744	0,77	3,26	10,15	0,43
144	2,50	937,95	938,49	938,32	938,52	0,006862	0,78	3,21	9,87	0,44
143	2,50	937,96	938,49	938,31	938,52	0,006283	0,73	3,43	10,90	0,42
142	2,50	937,96	938,48	938,30	938,51	0,007227	0,74	3,40	11,83	0,44
141	2,50	937,96	938,48	938,29	938,50	0,006132	0,74	3,40	10,44	0,41
140	2,50	937,96	938,47	938,28	938,50	0,006146	0,73	3,40	10,52	0,41
139	2,50	937,96	938,46	938,28	938,49	0,006146	0,73	3,40	10,51	0,41
138	2,50	937,95	938,46	938,27	938,48	0,005953	0,73	3,41	10,31	0,41
137	2,50	937,95	938,45	938,26	938,48	0,005813	0,73	3,43	10,28	0,40
136	2,50	937,95	938,45	938,26	938,47	0,005660	0,72	3,46	10,27	0,40
135	2,50	937,95	938,44	938,25	938,47	0,005565	0,72	3,48	10,31	0,39
134	2,50	937,95	938,44	938,25	938,46	0,005495	0,71	3,50	10,35	0,39
133	2,50	937,95	938,43	938,24	938,46	0,005408	0,71	3,52	10,40	0,39
132	2,50	937,95	938,43	938,23	938,45	0,005368	0,71	3,54	10,46	0,39
131	2,50	937,95	938,42	938,23	938,45	0,005340	0,70	3,55	10,50	0,39
130	2,50	937,94	938,41	938,22	938,44	0,005311	0,70	3,56	10,56	0,39
129	2,50	937,94	938,41	938,22	938,43	0,005304	0,70	3,57	10,61	0,39
128	2,50	937,94	938,40	938,22	938,43	0,005326	0,70	3,57	10,67	0,39
127	2,50	937,94	938,40	938,21	938,42	0,005345	0,70	3,58	10,72	0,39
126	2,50	937,94	938,39	938,21	938,42	0,005395	0,70	3,57	10,76	0,39
125	2,50	937,94	938,39	938,20	938,41	0,005461	0,70	3,56	10,81	0,39
124	2,50	937,94	938,38	938,20	938,41	0,005559	0,70	3,55	10,85	0,39
123	2,50	937,94	938,38	938,20	938,40	0,005671	0,71	3,54	10,90	0,40
122	2,50	937,94	938,37	938,20	938,40	0,005808	0,71	3,52	10,94	0,40
121	2,50	937,94	938,36	938,19	938,39	0,006007	0,72	3,48	10,97	0,41
120	2,50	937,93	938,36	938,19	938,38	0,006199	0,72	3,45	11,00	0,41
110	2,50	937,85	938,30	938,13	938,32	0,005531	0,66	3,79	12,74	0,39
100	2,50	937,83	938,21	938,11	938,25	0,010405	0,84	2,99	11,20	0,52
90	2,50	937,67	938,17	937,97	938,19	0,003630	0,55	4,53	14,07	0,31
80	2,50	937,49	938,16	937,81	938,16	0,001277	0,38	6,65	16,69	0,19
70	2,50	937,31	938,15	937,65	938,15	0,000613	0,31	7,95	14,75	0,14

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
60	2,50	937,15	938,15	937,48	938,15	0,000264	0,23	11,04	18,39	0,09
50	2,50	936,99	938,14	937,50	938,15	0,000582	0,29	8,57	17,15	0,13
40	2,50	937,83	938,07	938,04	938,12	0,027865	1,01	2,48	14,83	0,79
30	2,50	937,42	937,71	937,70	937,78	0,043532	1,15	2,17	14,68	0,96
20	2,50	937,13	937,51	937,43	937,54	0,013948	0,83	3,03	14,49	0,58
10	2,50	937,08	937,39	937,30	937,42	0,010777	0,77	3,23	14,06	0,52
0	2,50	936,86	937,30	937,18	937,32	0,008422	0,73	3,44	13,66	0,46

Tabla B-2 – Resultados de la modelación en HEC RAS para el caudal mínimo con proyecto

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
550	2,5	944,16	944,71	944,58	944,74	0,008631	0,79	3,16	11,25	0,48
540	2,5	944,05	944,64	944,47	944,66	0,006473	0,71	3,52	11,91	0,42
530	2,5	943,93	944,6	944,36	944,62	0,003162	0,53	4,68	14,15	0,3
520	2,5	944,01	944,55	944,39	944,57	0,006042	0,64	3,92	14,83	0,4
510	2,5	943,97	944,42	944,35	944,47	0,01953	1,03	2,43	10,88	0,69
500	2,5	943,79	944,25	944,18	944,29	0,014922	0,91	2,74	11,97	0,61
490	2,5	943,66	944,19	944,03	944,21	0,004943	0,58	4,49	17,42	0,36
480	2,5	943,57	944,1	943,96	944,14	0,009147	0,87	2,88	9,45	0,5
470	2,5	943,47	944,02	943,87	944,05	0,008426	0,8	3,14	10,84	0,47
460	2,5	943,37	943,78	943,78	943,88	0,042402	1,44	1,73	8,25	1,01
450	2,5	943,05	943,67	943,48	943,7	0,005106	0,69	3,64	10,8	0,38
440	2,5	943,02	943,54	943,48	943,6	0,020219	1,12	2,22	8,88	0,72
430	2,5	942,94	943,36	943,29	943,41	0,018031	1	2,49	10,81	0,67
420	2,5	942,66	943,04	943,04	943,14	0,043874	1,41	1,78	9,07	1,02
410	2,5	942,36	942,92	942,74	942,94	0,006397	0,72	3,46	11,29	0,42
400	2,5	942,18	942,89	942,56	942,9	0,002683	0,52	4,84	13,92	0,28
390	2,5	942,31	942,78	942,74	942,84	0,024072	1	2,49	13,15	0,74
380	2,5	942,15	942,58	942,52	942,62	0,019616	0,94	2,66	13,62	0,68
370	2,5	941,9	942,24	942,24	942,32	0,05413	1,25	2	14,23	1,06
360	2,5	941,38	941,98	941,77	941,99	0,003747	0,54	4,64	15,67	0,32
350	2,5	941,45	941,86	941,79	941,92	0,019355	1,1	2,28	9,1	0,7
340	2,5	941,39	941,71	941,64	941,75	0,014422	0,81	3,08	15,6	0,58
330	2,5	941,09	941,48	941,44	941,54	0,026687	1,16	2,17	10,31	0,8
320	2,5	940,75	941,17	941,15	941,24	0,033233	1,19	2,11	11,22	0,87
310	2,5	940,39	941,04	940,91	941,07	0,009625	0,79	3,16	12,12	0,49
300	2,5	940,49	940,92	940,84	940,95	0,013755	0,83	3,01	14,12	0,58
290	2,5	940,32	940,72	940,67	940,78	0,022665	1,1	2,27	10,2	0,75
289	2,5	940,3	940,69	940,65	940,76	0,023848	1,12	2,23	10,16	0,76
288	2,5	940,27	940,67	940,62	940,73	0,022069	1,09	2,29	10,19	0,74
287	2,5	940,24	940,65	940,59	940,71	0,021972	1,1	2,27	9,97	0,74
286	2,5	940,22	940,62	940,57	940,68	0,022659	1,09	2,3	10,51	0,74
285	2,5	940,19	940,6	940,55	940,66	0,023252	1,1	2,28	10,5	0,75
284	2,5	940,16	940,57	940,53	940,63	0,027629	1,16	2,16	10,47	0,81
283	2,5	940,13	940,53	940,5	940,61	0,030709	1,24	2,02	9,53	0,86
282	2,5	940,1	940,5	940,47	940,58	0,029887	1,26	1,98	8,88	0,86
281	2,5	940,07	940,46	940,44	940,55	0,032728	1,32	1,9	8,58	0,89
280	2,5	940,04	940,41	940,4	940,51	0,03509	1,39	1,8	7,86	0,93
279	2,5	940,01	940,37	940,36	940,48	0,034046	1,43	1,75	7,21	0,93

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
278	2,5	939,97	940,34	940,32	940,44	0,034026	1,42	1,76	7,26	0,92
277	2,5	939,94	940,3	940,29	940,4	0,034066	1,42	1,76	7,33	0,92
276	2,5	939,91	940,27	940,25	940,37	0,03337	1,4	1,78	7,4	0,91
275	2,5	939,88	940,24	940,22	940,33	0,032646	1,39	1,8	7,45	0,91
274	2,5	939,85	940,18	940,18	940,3	0,04151	1,51	1,66	7,32	1,01
273	2,5	939,82	940,1	940,14	940,25	0,067537	1,68	1,49	7,86	1,24
272	2,5	939,79	940,08	940,11	940,22	0,0669	1,66	1,51	8,19	1,24
271	2,5	939,76	940,09	940,05	940,16	0,028102	1,21	2,06	8,98	0,81
270	2,5	939,54	940,08	940,01	940,13	0,018712	1,01	2,48	10,26	0,66
269	2,5	939,48	940,07	939,96	940,11	0,012182	0,88	2,83	10,35	0,54
268	2,5	939,66	940	939,97	940,09	0,029817	1,34	1,87	7,68	0,86
267	2,5	939,63	939,98	939,94	940,06	0,025528	1,26	1,99	7,89	0,8
266	2,5	939,6	939,95	939,9	940,03	0,022888	1,2	2,07	8,08	0,76
265	2,5	939,56	939,94	939,87	940	0,019284	1,13	2,21	8,31	0,7
264	2,5	939,53	939,89	939,85	939,98	0,029454	1,37	1,83	6,92	0,85
263	2,5	939,5	939,85	939,82	939,95	0,03029	1,39	1,8	6,78	0,86
262	2,5	939,47	939,82	939,79	939,92	0,031957	1,42	1,76	6,68	0,88
261	2,5	939,44	939,79	939,77	939,89	0,032578	1,42	1,76	6,76	0,89
260	2,5	939,38	939,77	939,73	939,86	0,027319	1,34	1,86	6,85	0,82
259	2,5	939,34	939,74	939,69	939,83	0,023856	1,3	1,92	6,7	0,77
258	2,5	939,31	939,72	939,67	939,8	0,021996	1,26	1,99	6,87	0,75
257	2,5	939,29	939,7	939,64	939,78	0,022234	1,27	1,96	6,74	0,75
256	2,5	939,27	939,68	939,61	939,76	0,019823	1,23	2,03	6,72	0,72
255	2,5	939,25	939,66	939,58	939,74	0,017854	1,2	2,09	6,7	0,68
254	2,5	939,23	939,64	939,56	939,72	0,017516	1,21	2,07	6,48	0,68
253	2,5	939,2	939,62	939,54	939,7	0,018924	1,26	1,99	6,17	0,71
252	2,5	939,18	939,59	939,53	939,68	0,02241	1,36	1,84	5,83	0,77
251	2,5	939,16	939,56	939,53	939,65	0,027445	1,35	1,86	6,97	0,83
250	2,5	939,13	939,55	939,49	939,62	0,018697	1,17	2,13	7,44	0,7
249	2,5	939,11	939,55	939,43	939,6	0,009778	0,94	2,65	7,89	0,52
248	2,5	939,08	939,56	939,37	939,59	0,005859	0,79	3,16	8,3	0,41
247	2,5	939,04	939,56	939,32	939,58	0,003967	0,69	3,62	8,68	0,34
246	2,5	939	939,56	939,28	939,58	0,00294	0,62	4,03	9,07	0,3
245	2,5	938,96	939,56	939,25	939,57	0,002301	0,57	4,41	9,39	0,26
244	2,5	938,93	939,56	939,23	939,57	0,001916	0,53	4,74	9,8	0,24
243	2,5	938,91	939,56	939,22	939,57	0,001756	0,51	4,91	10,03	0,23
242	2,5	938,9	939,55	939,21	939,57	0,001661	0,5	5,05	10,26	0,23
241	2,5	938,89	939,55	939,19	939,56	0,001557	0,48	5,18	10,42	0,22
240	2,5	938,87	939,55	939,18	939,56	0,001385	0,47	5,35	10,29	0,21
239	2,5	938,85	939,55	939,16	939,56	0,001262	0,45	5,53	10,41	0,2
238	2,5	938,82	939,55	939,15	939,56	0,001151	0,44	5,73	10,6	0,19

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
237	2,5	938,79	939,55	939,14	939,56	0,001056	0,42	5,92	10,8	0,18
236	2,5	938,77	939,55	939,13	939,56	0,000967	0,41	6,13	11,01	0,17
235	2,5	938,74	939,55	939,11	939,56	0,000889	0,4	6,33	11,19	0,17
234	2,5	938,72	939,55	939,1	939,56	0,000818	0,38	6,53	11,37	0,16
233	2,5	938,79	939,55	939,1	939,55	0,000814	0,38	6,56	11,52	0,16
232	2,5	938,85	939,55	939,14	939,55	0,000955	0,4	6,26	11,66	0,17
231	2,5	938,9	939,54	939,21	939,55	0,001334	0,44	5,67	11,79	0,2
230	2,5	938,92	939,54	939,24	939,55	0,001845	0,48	5,16	11,9	0,24
229	2,5	938,94	939,54	939,27	939,55	0,002214	0,51	4,89	12,01	0,26
228	2,5	938,96	939,53	939,3	939,55	0,003097	0,56	4,43	12,09	0,3
227	2,5	938,99	939,51	939,34	939,54	0,006434	0,72	3,47	11,33	0,42
226	2,5	939,01	939,5	939,36	939,53	0,008307	0,86	2,91	8,8	0,48
225	2,5	939,03	939,48	939,36	939,52	0,010768	0,94	2,66	8,6	0,54
224	2,5	939,03	939,46	939,37	939,51	0,01454	1,04	2,4	8,36	0,62
223	2,5	939,04	939,42	939,38	939,49	0,024189	1,22	2,06	8,29	0,78
222	2,5	939,05	939,37	939,37	939,46	0,044475	1,33	1,87	10,45	1,01
221	2,5	939,02	939,28	939,3	939,4	0,070145	1,58	1,58	9,63	1,25
220	2,5	938,87	939,33	939,19	939,36	0,008904	0,84	2,97	9,89	0,49
219	2,5	938,83	939,32	939,19	939,36	0,009569	0,87	2,87	9,56	0,51
218	2,5	938,81	939,3	939,2	939,34	0,013762	0,97	2,57	9,56	0,6
217	2,5	938,79	939,27	939,19	939,33	0,017685	1,08	2,31	8,84	0,68
216	2,5	938,78	939,25	939,18	939,31	0,019858	1,14	2,2	8,55	0,71
215	2,5	938,76	939,22	939,17	939,29	0,022007	1,17	2,14	8,56	0,75
214	2,5	938,74	939,2	939,15	939,27	0,022874	1,18	2,11	8,58	0,76
213	2,5	938,72	939,17	939,12	939,25	0,022741	1,18	2,12	8,59	0,76
212	2,5	938,71	939,15	939,1	939,22	0,022476	1,17	2,13	8,64	0,75
211	2,5	938,69	939,13	939,08	939,2	0,022601	1,17	2,13	8,65	0,76
210	2,5	938,67	939,11	939,06	939,18	0,022561	1,17	2,13	8,68	0,76
209	2,5	938,66	939,08	939,04	939,15	0,022645	1,17	2,13	8,7	0,76
208	2,5	938,64	939,06	939,02	939,13	0,022843	1,17	2,13	8,72	0,76
207	2,5	938,62	939,04	938,99	939,11	0,02277	1,17	2,13	8,75	0,76
206	2,5	938,61	939,02	938,97	939,09	0,023002	1,17	2,13	8,77	0,76
205	2,5	938,59	938,99	938,95	939,06	0,022883	1,17	2,14	8,82	0,76
204	2,5	938,57	938,97	938,93	939,04	0,022967	1,17	2,14	8,84	0,76
203	2,5	938,56	938,95	938,9	939,02	0,022923	1,17	2,14	8,88	0,76
202	2,5	938,54	938,92	938,88	938,99	0,022957	1,17	2,14	8,91	0,76
201	2,5	938,52	938,9	938,86	938,97	0,022794	1,16	2,15	8,95	0,76
200	2,5	938,51	938,88	938,83	938,95	0,022829	1,16	2,16	9,04	0,76
199	2,5	938,49	938,86	938,81	938,92	0,023027	1,15	2,17	9,19	0,76
198	2,5	938,48	938,83	938,79	938,9	0,023346	1,15	2,18	9,36	0,76
197	2,5	938,46	938,81	938,76	938,88	0,023419	1,14	2,19	9,54	0,76

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
196	2,5	938,44	938,79	938,74	938,85	0,023456	1,13	2,2	9,7	0,76
195	2,5	938,43	938,77	938,72	938,83	0,023227	1,12	2,23	9,89	0,76
194	2,5	938,41	938,74	938,7	938,81	0,022781	1,11	2,26	10,08	0,75
193	2,5	938,39	938,72	938,67	938,78	0,02176	1,08	2,31	10,3	0,73
192	2,5	938,37	938,7	938,65	938,76	0,02002	1,05	2,38	10,46	0,7
191	2,5	938,36	938,69	938,63	938,74	0,017594	1	2,49	10,65	0,66
190	2,5	938,34	938,68	938,61	938,72	0,015312	0,95	2,63	10,93	0,62
189	2,5	938,32	938,66	938,58	938,71	0,012625	0,9	2,79	11,01	0,57
188	2,5	938,31	938,66	938,56	938,69	0,010491	0,85	2,94	10,89	0,52
187	2,5	938,29	938,65	938,53	938,68	0,008666	0,8	3,11	10,82	0,48
186	2,5	938,27	938,64	938,51	938,67	0,007468	0,77	3,26	10,86	0,45
185	2,5	938,26	938,63	938,49	938,66	0,006696	0,74	3,4	11,14	0,43
184	2,5	938,24	938,63	938,48	938,66	0,006079	0,72	3,49	11,13	0,41
183	2,5	938,22	938,62	938,46	938,65	0,005631	0,7	3,56	11,01	0,39
182	2,5	938,2	938,62	938,45	938,64	0,005439	0,7	3,56	10,77	0,39
181	2,5	938,19	938,61	938,43	938,64	0,004904	0,68	3,67	10,73	0,37
180	2,5	938,17	938,61	938,41	938,63	0,003998	0,64	3,91	10,75	0,34
179	2,5	938,15	938,61	938,39	938,63	0,003477	0,61	4,11	10,97	0,32
178	2,5	938,14	938,61	938,37	938,62	0,003217	0,6	4,19	10,84	0,31
177	2,5	938,12	938,6	938,36	938,62	0,002977	0,59	4,26	10,6	0,3
176	2,5	938,1	938,6	938,34	938,62	0,002801	0,58	4,32	10,48	0,29
175	2,5	938,08	938,6	938,33	938,61	0,002615	0,53	4,7	12,31	0,27
174	2,5	938,07	938,6	938,31	938,61	0,001717	0,46	5,39	12,65	0,23
173	2,5	938,04	938,6	938,27	938,61	0,001282	0,42	6,02	13,45	0,2
172	2,5	938,03	938,6	938,27	938,61	0,001312	0,42	5,97	13,4	0,2
171	2,5	938,02	938,6	938,26	938,61	0,001327	0,42	5,9	13,12	0,2
170	2,5	938	938,59	938,25	938,6	0,00131	0,43	5,76	12,1	0,2
169	2,5	937,98	938,59	938,23	938,6	0,001262	0,43	5,81	12,11	0,2
168	2,5	937,96	938,59	938,22	938,6	0,001128	0,41	6,03	12,24	0,19
167	2,5	937,94	938,59	938,2	938,6	0,001091	0,42	5,99	11,69	0,19
166	2,5	937,93	938,59	938,2	938,6	0,001122	0,42	5,88	11,41	0,19
165	2,5	937,95	938,59	938,21	938,6	0,001235	0,44	5,7	11,31	0,2
164	2,5	937,95	938,59	938,23	938,6	0,00134	0,45	5,59	11,46	0,2
163	2,5	937,95	938,58	938,24	938,6	0,001452	0,46	5,49	11,65	0,21
162	2,5	937,95	938,58	938,25	938,59	0,001571	0,46	5,39	11,85	0,22
161	2,5	937,95	938,58	938,27	938,59	0,00189	0,49	5,1	11,84	0,24
160	2,5	937,95	938,58	938,29	938,59	0,002109	0,51	4,93	11,84	0,25
159	2,5	937,94	938,57	938,29	938,59	0,002283	0,52	4,81	11,84	0,26
158	2,5	937,94	938,57	938,29	938,59	0,002352	0,52	4,81	12,07	0,26
157	2,5	937,94	938,57	938,31	938,58	0,002653	0,54	4,66	12,21	0,28
156	2,5	937,94	938,56	938,31	938,58	0,003165	0,58	4,34	11,67	0,3

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
155	2,5	937,94	938,56	938,32	938,58	0,003639	0,61	4,07	11,03	0,32
154	2,5	937,94	938,55	938,32	938,57	0,004048	0,65	3,86	10,5	0,34
153	2,5	937,94	938,55	938,31	938,57	0,004349	0,67	3,71	10,03	0,35
152	2,5	937,93	938,54	938,3	938,56	0,004439	0,69	3,64	9,76	0,36
151	2,5	937,93	938,54	938,29	938,56	0,004307	0,68	3,66	9,62	0,35
150	2,5	937,93	938,53	938,28	938,55	0,004041	0,66	3,81	10,13	0,34
149	2,5	937,93	938,53	938,27	938,55	0,003774	0,64	3,9	10,24	0,33
148	2,5	937,94	938,52	938,27	938,55	0,00412	0,65	3,82	10,4	0,34
147	2,5	937,94	938,52	938,29	938,54	0,004645	0,68	3,68	10,38	0,36
146	2,5	937,94	938,51	938,3	938,54	0,005555	0,72	3,49	10,34	0,39
145	2,5	937,95	938,5	938,32	938,53	0,006748	0,77	3,26	10,15	0,43
144	2,5	937,95	938,49	938,32	938,52	0,006866	0,78	3,21	9,87	0,44
143	2,5	937,96	938,49	938,31	938,52	0,006287	0,73	3,43	10,9	0,42
142	2,5	937,96	938,48	938,3	938,51	0,007223	0,74	3,4	11,82	0,44
141	2,5	937,96	938,48	938,29	938,5	0,006136	0,74	3,4	10,44	0,41
140	2,5	937,96	938,47	938,29	938,5	0,00615	0,73	3,4	10,52	0,41
139	2,5	937,96	938,46	938,28	938,49	0,00615	0,73	3,4	10,51	0,41
138	2,5	937,95	938,46	938,27	938,48	0,00596	0,73	3,41	10,31	0,41
137	2,5	937,95	938,45	938,26	938,48	0,00582	0,73	3,43	10,28	0,4
136	2,5	937,95	938,45	938,26	938,47	0,005671	0,72	3,46	10,27	0,4
135	2,5	937,95	938,44	938,25	938,47	0,00558	0,72	3,48	10,31	0,4
134	2,5	937,95	938,44	938,25	938,46	0,005509	0,72	3,5	10,35	0,39
133	2,5	937,95	938,43	938,24	938,46	0,005425	0,71	3,52	10,4	0,39
132	2,5	937,95	938,42	938,24	938,45	0,005384	0,71	3,53	10,46	0,39
131	2,5	937,95	938,42	938,23	938,44	0,005357	0,71	3,54	10,5	0,39
130	2,5	937,94	938,41	938,23	938,44	0,005331	0,7	3,56	10,55	0,39
129	2,5	937,94	938,41	938,22	938,43	0,005324	0,7	3,57	10,61	0,39
128	2,5	937,94	938,4	938,22	938,43	0,005346	0,7	3,57	10,66	0,39
127	2,5	937,94	938,4	938,21	938,42	0,005366	0,7	3,57	10,72	0,39
126	2,5	937,94	938,39	938,21	938,42	0,005419	0,7	3,57	10,76	0,39
125	2,5	937,94	938,39	938,21	938,41	0,005486	0,7	3,56	10,8	0,39
124	2,5	937,94	938,38	938,2	938,41	0,005588	0,71	3,54	10,84	0,39
123	2,5	937,94	938,38	938,2	938,4	0,005701	0,71	3,53	10,89	0,4
122	2,5	937,94	938,37	938,2	938,4	0,005839	0,71	3,51	10,93	0,4
121	2,5	937,94	938,36	938,2	938,39	0,006039	0,72	3,48	10,96	0,41
120	2,5	937,93	938,36	938,19	938,38	0,006228	0,72	3,45	10,99	0,41
110	2,5	937,85	938,3	938,13	938,32	0,005489	0,66	3,8	12,76	0,39
100	2,5	937,83	938,21	938,11	938,25	0,010452	0,84	2,99	11,2	0,52
90	2,5	937,67	938,17	937,97	938,18	0,003662	0,55	4,52	14,07	0,31
80	2,5	937,49	938,15	937,81	938,16	0,001286	0,38	6,63	16,69	0,19
70	2,5	937,31	938,15	937,65	938,15	0,000616	0,32	7,93	14,73	0,14

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
60	2,5	937,15	938,15	937,48	938,15	0,000265	0,23	11,02	18,38	0,09
50	2,5	936,99	938,14	937,5	938,14	0,000586	0,29	8,55	17,13	0,13
40	2,5	937,83	938,06	938,05	938,12	0,032839	1,06	2,36	14,8	0,85
30	2,5	937,42	937,72	937,72	937,78	0,037297	1,1	2,27	14,75	0,89
20	2,5	937,13	937,51	937,43	937,54	0,013885	0,82	3,03	14,49	0,57
10	2,5	937,08	937,39	937,3	937,42	0,010326	0,76	3,27	14,08	0,51
0	2,5	936,86	937,3	937,18	937,32	0,008422	0,73	3,44	13,66	0,46

Tabla B-3 – Resultados de la modelación en HEC RAS para la crecida con periodo de retorno de 100 años en el escenario sin proyecto

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)
550	242,9	944,16	947,43	947,06	948,21	0,011	4,14	69,85	29,89
540	242,9	944,05	947,41	946,92	948,08	0,009	3,84	75,83	33,17
530	242,9	943,93	947,41	946,82	947,96	0,007	3,5	84,59	36,79
520	242,9	944,01	947,31	946,66	947,88	0,008	3,51	79,22	31,69
510	242,9	943,97	947,23	946,66	947,8	0,008	3,52	82,97	43,29
500	242,9	943,79	947,26	946,52	947,69	0,006	3,08	96,13	42,17
490	242,9	943,66	947,29	946,12	947,61	0,004	2,69	108,45	40,92
480	242,9	943,57	947,13	946,32	947,55	0,006	3,12	96,23	40,41
470	242,9	943,47	946,49	946,49	947,42	0,016	4,45	64,72	37,07
460	242,9	943,37	946,12	946,28	947,21	0,023	4,86	59,15	38,34
450	242,9	943,05	945,81	946,04	946,96	0,024	4,89	55,86	40,03
440	242,9	943,02	945,48	945,75	946,69	0,029	4,94	52,21	34,76
430	242,9	942,94	945,88	945,42	946,44	0,009	3,35	76,91	37,98
420	242,9	942,66	945,92	945,11	946,32	0,006	2,84	92,39	39,22
410	242,9	942,36	945,92	944,83	946,25	0,004	2,61	98,09	36,74
400	242,9	942,18	945,9	944,7	946,2	0,004	2,53	105,24	38,01
390	242,9	942,31	945,48	945,04	946,11	0,01	3,7	75,66	33,78
380	242,9	942,15	944,88	944,88	945,94	0,019	4,6	55,81	28,29
370	242,9	941,9	945,04	944,41	945,64	0,008	3,53	75,88	30,45
360	242,9	941,38	945,09	944,04	945,53	0,005	3,02	88,13	30,92
350	242,9	941,45	945,04	944,19	945,48	0,005	3,03	90,08	35,53
340	242,9	941,39	944,9	943,94	945,41	0,006	3,29	83,49	29,15
330	242,9	941,09	944,67	944,01	945,33	0,008	3,78	76,11	29,59
320	242,9	940,75	944,05	944,05	945,18	0,015	4,91	58,4	28,14
310	242,9	940,39	943,56	943,79	944,98	0,021	5,44	51,62	26,44
300	242,9	940,49	942,67	943,24	944,63	0,044	6,37	42,34	26,87
290	242,9	940,32	942,49	942,92	944,09	0,041	5,73	46,05	30,67
289	242,9	940,3	942,52	942,91	944,03	0,038	5,56	47,33	30,97
288	242,9	940,27	942,44	942,85	943,98	0,041	5,62	46,5	31,03
287	242,9	940,24	943,2	942,81	943,86	0,01	3,69	72,47	33,2
286	242,9	940,22	943,22	942,78	943,84	0,01	3,58	74,39	33,75
285	242,9	940,19	943,23	942,75	943,82	0,009	3,5	75,45	34,13
284	242,9	940,16	943,25	942,72	943,8	0,009	3,36	78,59	35,38
283	242,9	940,13	943,27	942,69	943,78	0,008	3,23	81,77	36,73
282	242,9	940,1	943,27	942,66	943,76	0,007	3,16	83,05	37,47
281	242,9	940,07	943,28	942,66	943,75	0,007	3,12	84,01	38,2
280	242,9	940,04	943,29	942,62	943,74	0,007	3,02	86,44	38,59
279	242,9	940,01	943,29	942,58	943,72	0,006	2,95	87,82	39,2
278	242,9	939,97	943,3	942,54	943,71	0,006	2,9	89,09	39,46

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width
277	242,9	939,94	943,28	942,56	943,71	0,006	2,92	87,87	39,12
276	242,9	939,91	943,28	942,5	943,7	0,006	2,88	89,17	39,37
275	242,9	939,88	943,26	942,47	943,69	0,006	2,93	87,22	39,36
274	242,9	939,85	943,24	942,45	943,68	0,006	2,97	86,07	39,51
273	242,9	939,82	943,23	942,43	943,67	0,007	2,98	85,71	39,7
272	242,9	939,79	943,23	942,43	943,66	0,007	2,96	87,59	39,9
271	242,9	939,76	943,22	942,42	943,66	0,007	2,95	88,27	39,95
270	242,9	939,54	943,22	942,41	943,65	0,006	2,95	88,65	40
269	242,9	939,48	943,19	942,43	943,64	0,007	3,02	86	39,17
268	242,9	939,66	943,1	942,48	943,62	0,008	3,25	79,98	37,68
267	242,9	939,63	943,09	942,48	943,62	0,008	3,29	80,86	38,06
266	242,9	939,6	943,09	942,46	943,61	0,008	3,3	82,39	38,9
265	242,9	939,56	943,05	942,47	943,6	0,009	3,41	81,06	40,71
264	242,9	939,53	943,06	942,41	943,58	0,009	3,43	83,85	40,82
263	242,9	939,5	942,98	942,47	943,56	0,011	3,62	78,6	40,09
262	242,9	939,46	942,95	942,5	943,55	0,011	3,66	77,78	40,37
261	242,9	939,44	942,96	942,48	943,52	0,011	3,56	80,29	40,32
260	242,9	939,38	943	942,36	943,49	0,009	3,34	85,64	40,62
259	242,9	939,34	943,02	942,26	943,48	0,008	3,22	88,97	40,99
258	242,9	939,31	943,02	942,21	943,46	0,007	3,16	90,72	41,25
257	242,9	939,29	943	942,22	943,45	0,008	3,19	89,76	41,24
256	242,9	939,27	942,99	942,27	943,45	0,008	3,2	89,45	41,26
255	242,9	939,25	942,99	942,25	943,44	0,008	3,19	89,34	41,36
254	242,9	939,23	942,97	942,25	943,43	0,008	3,22	88,33	41,25
253	242,9	939,2	942,95	942,27	943,42	0,009	3,26	86,87	41,31
252	242,9	939,18	942,92	942,28	943,41	0,009	3,31	85,48	41,38
251	242,9	939,16	942,89	942,33	943,4	0,01	3,38	83,59	41,87
250	242,9	939,13	942,86	942,34	943,39	0,01	3,43	82,46	41,63
249	242,9	939,11	942,86	942,32	943,38	0,009	3,4	83,32	41,47
248	242,9	939,08	942,83	942,3	943,36	0,009	3,43	82,55	41,48
247	242,9	939,04	942,82	942,3	943,35	0,009	3,43	82,2	41,39
246	242,9	939	942,81	942,29	943,34	0,009	3,44	81,56	40,5
245	242,9	938,96	942,8	942,26	943,33	0,009	3,4	82,38	40,62
244	242,9	938,93	942,79	942,24	943,32	0,009	3,41	82,09	40,64
243	242,9	938,91	942,78	942,23	943,31	0,009	3,39	82,71	40,41
242	242,9	938,9	942,77	942,23	943,3	0,009	3,39	82,41	40,19
241	242,9	938,89	942,75	942,25	943,29	0,009	3,43	81,49	39,91
240	242,9	938,87	942,74	942,24	943,29	0,009	3,45	80,86	39,49
239	242,9	938,85	942,72	942,17	943,27	0,009	3,45	80,47	39,14
238	242,9	938,82	942,71	942,15	943,26	0,009	3,44	80,44	38,98
237	242,9	938,79	942,72	942,11	943,25	0,009	3,37	82,74	39,12
236	242,9	938,77	942,73	942,05	943,23	0,008	3,32	84,06	39,51

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width
235	242,9	938,74	942,73	942,08	943,22	0,008	3,28	85,55	39,93
234	242,9	938,72	942,73	942,09	943,21	0,008	3,23	87,29	40,59
233	242,9	938,79	942,72	942,06	943,2	0,008	3,22	87,45	41,11
232	242,9	938,85	942,71	942,06	943,19	0,008	3,25	86,51	41,12
231	242,9	938,9	942,68	942,04	943,18	0,008	3,3	84,77	41,08
230	242,9	938,92	942,64	942,04	943,17	0,009	3,38	82,45	40,88
229	242,9	938,94	942,64	942,05	943,16	0,009	3,38	82,76	41,2
228	242,9	938,96	942,62	942,08	943,15	0,009	3,41	81,86	41,54
227	242,9	938,99	942,55	942,1	943,14	0,011	3,56	77,36	40,3
226	242,9	939,01	942,54	942,09	943,12	0,011	3,56	76,76	40,07
225	242,9	939,03	942,4	942,1	943,1	0,014	3,87	68,89	35,77
224	242,9	939,03	942,36	942,09	943,08	0,015	3,92	67,61	35,36
223	242,9	939,04	942,34	942,08	943,07	0,015	3,92	67,5	37,15
222	242,9	939,05	942,35	942,06	943,05	0,014	3,85	69,02	37,84
221	242,9	939,02	942,37	942,02	943,02	0,013	3,72	71,78	37,28
220	242,9	938,87	942,43	941,92	942,97	0,01	3,41	79,82	39,23
219	242,9	938,83	942,45	941,91	942,95	0,009	3,32	83,79	41,05
218	242,9	938,81	942,4	941,97	942,94	0,01	3,41	81,14	41,59
217	242,9	938,79	942,35	941,96	942,92	0,012	3,53	77,03	39,87
216	242,9	938,78	942,32	941,97	942,91	0,012	3,57	75,67	40,73
215	242,9	938,76	942,3	941,91	942,9	0,012	3,59	74,96	41,3
214	242,9	938,74	942,3	941,95	942,89	0,012	3,56	75,68	40,61
213	242,9	938,72	942,27	941,94	942,87	0,012	3,59	74,49	40,03
212	242,9	938,71	942,27	941,97	942,85	0,012	3,53	75,63	40,02
211	242,9	938,69	942,27	941,8	942,84	0,012	3,48	77,35	41,26
210	242,9	938,67	942,28	941,78	942,82	0,011	3,4	79,66	42,84
209	242,9	938,66	942,29	941,72	942,8	0,01	3,32	82,02	42,24
208	242,9	938,64	942,28	941,69	942,78	0,01	3,33	82,28	40,71
207	242,9	938,62	942,25	941,7	942,77	0,01	3,37	81,39	40,83
206	242,9	938,61	942,18	941,74	942,76	0,011	3,54	77,11	39,53
205	242,9	938,59	942,17	941,73	942,74	0,011	3,5	77,78	39,5
204	242,9	938,57	942,16	941,71	942,73	0,012	3,52	77,11	39,91
203	242,9	938,56	942,15	941,76	942,72	0,011	3,49	77,07	39,49
202	242,9	938,54	942,14	941,73	942,71	0,011	3,49	77,13	39,79
201	242,9	938,52	942,12	941,74	942,69	0,011	3,5	76,77	40,29
200	242,9	938,51	942,09	941,74	942,68	0,012	3,55	75,82	41,34
199	242,9	938,49	942,08	941,72	942,67	0,012	3,52	76,9	41,76
198	242,9	938,48	942,08	941,72	942,65	0,012	3,5	77,71	42,43
197	242,9	938,46	942,09	941,63	942,63	0,01	3,39	79,81	41,87
196	242,9	938,44	942,09	941,63	942,62	0,01	3,33	81,28	42,23
195	242,9	938,43	942,02	941,53	942,6	0,011	3,5	76,75	40,82
194	242,9	938,41	941,96	941,49	942,58	0,011	3,6	73,75	36,4

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width
193	242,9	938,39	941,93	941,44	942,57	0,011	3,64	72,66	34,57
192	242,9	938,37	941,93	941,47	942,56	0,011	3,6	73,14	34,64
191	242,9	938,36	941,93	941,49	942,54	0,011	3,54	74,19	35,79
190	242,9	938,34	941,94	941,49	942,52	0,011	3,48	75,83	39,72
189	242,9	938,32	941,94	941,45	942,51	0,01	3,44	77,09	39,79
188	242,9	938,31	941,93	941,42	942,5	0,011	3,44	77,46	40,2
187	242,9	938,29	941,94	941,44	942,48	0,01	3,34	80,1	41,24
186	242,9	938,27	941,94	941,37	942,46	0,009	3,29	80,91	40,63
185	242,9	938,26	941,94	941,27	942,45	0,009	3,26	81,4	40,24
184	242,9	938,24	941,91	941,29	942,44	0,009	3,31	80,15	39,98
183	242,9	938,22	941,84	941,33	942,43	0,01	3,47	76,26	37,95
182	242,9	938,2	941,77	941,31	942,41	0,011	3,61	73,1	35,47
181	242,9	938,19	941,76	941,41	942,4	0,011	3,61	73,78	36,75
180	242,9	938,17	941,76	941,42	942,38	0,012	3,56	74,16	38,12
179	242,9	938,15	941,76	941,35	942,37	0,011	3,52	74,69	38,07
178	242,9	938,14	941,75	941,23	942,35	0,011	3,5	74,68	37,93
177	242,9	938,12	941,75	941,17	942,34	0,01	3,44	75,44	36,86
176	242,9	938,1	941,78	941,11	942,31	0,009	3,3	78,62	36,34
175	242,9	938,08	941,79	941,16	942,29	0,008	3,19	81,63	37,33
174	242,9	938,07	941,8	940,98	942,28	0,008	3,08	82,54	37,32
173	242,9	938,04	941,8	940,93	942,27	0,007	3,06	82,88	36,33
172	242,9	938,03	941,78	940,94	942,26	0,008	3,1	82,32	36,15
171	242,9	938,02	941,74	940,95	942,25	0,008	3,21	79,84	35,55
170	242,9	938	941,7	941,03	942,24	0,009	3,29	78,92	39,35
169	242,9	937,98	941,74	941,04	942,21	0,008	3,12	84,05	39,57
168	242,9	937,96	941,75	941	942,2	0,007	3,04	86,37	39,86
167	242,9	937,94	941,74	941,02	942,19	0,007	3,03	87,19	40,04
166	242,9	937,93	941,74	941,02	942,18	0,007	3,02	88,04	40,12
165	242,9	937,95	941,74	941,01	942,17	0,007	2,97	90,01	40,86
164	242,9	937,95	941,74	941,05	942,16	0,007	2,97	90,11	40,54
163	242,9	937,95	941,73	941,06	942,15	0,007	2,96	90,21	40,42
162	242,9	937,95	941,73	941,03	942,14	0,007	2,94	90,77	40,58
161	242,9	937,95	941,72	941,03	942,14	0,007	2,96	90,44	40,54
160	242,9	937,95	941,71	941,03	942,13	0,007	2,99	89,46	40,07
159	242,9	937,94	941,71	940,99	942,12	0,007	2,95	90,51	40,24
158	242,9	937,94	941,68	941	942,11	0,007	3	88,14	39,65
157	242,9	937,94	941,66	941	942,1	0,007	3,02	86,79	39
156	242,9	937,94	941,62	941,02	942,09	0,008	3,12	83,69	38,77
155	242,9	937,94	941,61	941,03	942,09	0,008	3,13	83,32	39,41
154	242,9	937,94	941,6	941,01	942,08	0,008	3,11	83,76	39,04
153	242,9	937,94	941,6	940,98	942,06	0,008	3,07	84,55	39,19
152	242,9	937,93	941,6	940,95	942,05	0,007	3,02	85,91	39,31

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width
151	242,9	937,93	941,6	940,93	942,05	0,007	3,02	85,56	38,64
150	242,9	937,93	941,58	940,9	942,04	0,007	3,03	84,73	37,82
149	242,9	937,93	941,58	940,89	942,03	0,007	3,02	84,96	37,38
148	242,9	937,94	941,57	940,88	942,02	0,007	3	85,53	39,64
147	242,9	937,94	941,57	940,86	942,01	0,007	3,01	85,28	39,61
146	242,9	937,94	941,53	940,89	942	0,008	3,08	83,08	39,01
145	242,9	937,95	941,53	940,84	941,99	0,008	3,04	83,85	37,29
144	242,9	937,95	941,54	940,81	941,98	0,007	2,99	85,16	36,97
143	242,9	937,96	941,54	940,78	941,97	0,007	2,94	86,39	36,74
142	242,9	937,96	941,54	940,75	941,96	0,007	2,9	87,97	38,05
141	242,9	937,96	941,53	940,77	941,95	0,007	2,9	87,35	37,35
140	242,9	937,96	941,52	940,77	941,94	0,007	2,92	86,3	38,13
139	242,9	937,96	941,49	940,78	941,94	0,007	2,96	84,49	37,24
138	242,9	937,95	941,46	940,8	941,93	0,008	3,03	82,24	36,81
137	242,9	937,95	941,45	940,8	941,92	0,008	3,03	82,15	36,75
136	242,9	937,95	941,46	940,75	941,9	0,007	2,96	84,17	36,84
135	242,9	937,95	941,47	940,71	941,89	0,006	2,9	85,98	36,82
134	242,9	937,95	941,47	940,69	941,88	0,006	2,87	87	36,99
133	242,9	937,95	941,46	940,68	941,88	0,006	2,87	87,03	36,75
132	242,9	937,95	941,44	940,68	941,87	0,007	2,93	85,44	36,17
131	242,9	937,95	941,44	940,65	941,86	0,006	2,89	86,41	36,19
130	242,9	937,94	941,43	940,65	941,85	0,006	2,89	86,43	36,09
129	242,9	937,94	941,43	940,63	941,84	0,006	2,88	86,95	36,13
128	242,9	937,94	941,43	940,61	941,84	0,006	2,85	87,78	36,2
127	242,9	937,94	941,43	940,59	941,83	0,006	2,82	88,82	36,89
126	242,9	937,94	941,42	940,59	941,82	0,006	2,82	89,02	37,95
125	242,9	937,94	941,42	940,58	941,81	0,006	2,8	89,95	38,78
124	242,9	937,94	941,41	940,6	941,81	0,006	2,8	90,04	38,78
123	242,9	937,94	941,41	940,57	941,8	0,006	2,79	90,25	39,26
122	242,9	937,94	941,4	940,56	941,79	0,006	2,79	90,09	38,97
121	242,9	937,94	941,4	940,55	941,79	0,006	2,78	90,48	39,5
120	242,9	937,93	941,39	940,56	941,78	0,006	2,8	90,44	41,99
110	242,9	937,85	941,37	940,39	941,72	0,005	2,64	95,6	39,4
100	242,9	937,83	941,22	940,41	941,65	0,006	2,94	84,55	35,13
90	242,9	937,67	940,74	940,49	941,52	0,018	3,95	64,03	36,68
80	242,9	937,49	940,68	940,23	941,34	0,011	3,62	69,59	31,73
70	242,9	937,31	940,75	940,05	941,19	0,007	2,95	86,02	40,39
60	242,9	937,15	940,77	939,78	941,1	0,005	2,59	99,59	41,11
50	242,9	936,99	940,64	939,87	941,04	0,006	2,85	93,56	44,54
40	242,9	937,83	940,22	940	940,92	0,014	3,73	67,89	36,22
30	242,9	937,42	940,24	939,72	940,76	0,009	3,24	80,09	38,87
20	242,9	937,13	940,19	939,6	940,67	0,008	3,09	83,21	39,24

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width
10	242,9	937,08	940,15	939,49	940,58	0,007	2,93	87,84	39,84
0	242,9	936,86	940,03	939,49	940,5	0,008	3,04	83,94	44,55

Tabla B-4 – Resultados de la modelación en HEC RAS para la crecida con periodo de retorno de 100 años con proyecto

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
550	242,9	944,16	947,43	947,06	948,21	0,0108	4,14	69,85	29,89	0,78
540	242,9	944,05	947,41	946,92	948,08	0,0091	3,84	75,83	33,17	0,72
530	242,9	943,93	947,41	946,82	947,96	0,0073	3,5	84,59	36,79	0,65
520	242,9	944,01	947,31	946,66	947,88	0,0078	3,51	79,22	31,69	0,66
510	242,9	943,97	947,23	946,66	947,8	0,0078	3,52	82,97	43,29	0,67
500	242,9	943,79	947,26	946,52	947,69	0,0055	3,08	96,13	42,17	0,57
490	242,9	943,66	947,29	946,12	947,61	0,0041	2,69	108,45	40,92	0,48
480	242,9	943,57	947,13	946,31	947,55	0,0056	3,12	96,23	40,41	0,57
470	242,9	943,47	946,49	946,49	947,42	0,016	4,45	64,72	37,07	0,92
460	242,9	943,37	946,12	946,28	947,21	0,0231	4,86	59,15	38,34	1,08
450	242,9	943,05	945,81	946,04	946,96	0,024	4,89	55,86	40,03	1,1
440	242,9	943,02	945,48	945,75	946,69	0,0286	4,94	52,21	34,76	1,18
430	242,9	942,94	945,88	945,42	946,44	0,0094	3,35	76,91	37,98	0,69
420	242,9	942,66	945,92	945,11	946,32	0,0056	2,84	92,39	39,22	0,55
410	242,9	942,36	945,92	944,83	946,25	0,0043	2,61	98,09	36,74	0,49
400	242,9	942,18	945,9	944,7	946,2	0,0037	2,53	105,24	38,01	0,46
390	242,9	942,31	945,48	945,04	946,11	0,0096	3,7	75,66	33,78	0,72
380	242,9	942,15	944,88	944,88	945,94	0,0185	4,6	55,81	28,29	0,97
370	242,9	941,9	945,04	944,41	945,64	0,0079	3,53	75,88	30,45	0,67
360	242,9	941,38	945,09	944,04	945,53	0,0049	3,02	88,13	30,92	0,54
350	242,9	941,45	945,04	944,19	945,48	0,0055	3,03	90,08	35,53	0,56
340	242,9	941,39	944,9	943,94	945,41	0,0055	3,29	83,49	29,15	0,58
330	242,9	941,09	944,67	944,01	945,33	0,0076	3,78	76,11	29,59	0,67
320	242,9	940,75	944,05	944,05	945,18	0,015	4,91	58,4	28,14	0,92
310	242,9	940,39	943,56	943,79	944,98	0,021	5,44	51,62	26,44	1,07
300	242,9	940,49	942,67	943,24	944,63	0,0445	6,37	42,34	26,87	1,48
290	242,9	940,32	943,52	942,92	944,09	0,008	3,46	78,49	32,57	0,67
289	242,9	940,3	943,52	942,91	944,08	0,0078	3,41	79,39	32,85	0,66
288	242,9	940,27	943,54	942,85	944,06	0,0071	3,28	82,12	33,35	0,63
287	242,9	940,24	943,55	942,81	944,04	0,0066	3,2	84,23	33,88	0,61
286	242,9	940,22	943,56	942,78	944,03	0,0063	3,11	86,19	34,57	0,59
285	242,9	940,19	943,57	942,75	944,02	0,006	3,05	87,36	34,99	0,58
284	242,9	940,16	943,59	942,72	944	0,0055	2,94	90,69	36,41	0,56
283	242,9	940,13	943,6	942,69	943,99	0,005	2,83	94,13	37,47	0,54
282	242,9	940,1	943,61	942,66	943,98	0,0049	2,77	95,65	38,2	0,52
281	242,9	940,07	943,61	942,66	943,97	0,0048	2,73	96,9	38,86	0,52
280	242,9	940,04	943,62	942,62	943,96	0,0044	2,65	99,29	39,31	0,5
279	242,9	940,01	943,62	942,58	943,95	0,0042	2,59	100,91	39,86	0,49
278	242,9	939,97	943,63	942,54	943,95	0,004	2,54	102,3	39,96	0,48

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
277	242,9	939,94	943,62	942,55	943,94	0,0041	2,55	101,39	39,73	0,48
276	242,9	939,91	943,62	942,49	943,93	0,0039	2,52	102,9	39,97	0,47
275	242,9	939,88	943,61	942,45	943,93	0,0039	2,55	101,61	39,98	0,47
274	242,9	939,85	943,6	942,44	943,93	0,0039	2,58	100,7	40,12	0,47
273	242,9	939,82	943,59	942,42	943,92	0,0041	2,59	100,33	40,31	0,47
272	242,9	939,79	943,59	942,42	943,91	0,004	2,57	102,38	40,51	0,47
271	242,9	939,76	943,59	942,41	943,91	0,0041	2,56	103,14	40,56	0,46
270	242,9	939,54	943,58	942,41	943,9	0,0039	2,56	103,53	40,61	0,46
269	242,9	939,48	943,56	942,42	943,9	0,0042	2,61	101,18	40,31	0,47
268	242,9	939,66	943,52	942,48	943,89	0,0045	2,76	96,14	39,04	0,51
267	242,9	939,63	943,51	942,47	943,89	0,0046	2,8	97,35	39,56	0,51
266	242,9	939,6	943,51	942,46	943,88	0,0046	2,8	99,43	41,15	0,51
265	242,9	939,56	943,5	942,47	943,87	0,0051	2,85	99,61	41,96	0,53
264	242,9	939,53	943,45	942,55	943,86	0,006	3,05	97,26	42,1	0,57
263	242,9	939,5	943,06	942,9	943,82	0,013	3,98	70,41	40,55	0,82
262	242,9	939,47	943,07	942,88	943,8	0,0123	3,91	72,22	40,75	0,8
261	242,9	939,44	943,09	942,86	943,77	0,0115	3,8	74,44	40,59	0,77
260	242,9	939,38	943,14	942,76	943,74	0,0093	3,55	79,76	40,92	0,7
259	242,9	939,34	943,16	942,71	943,72	0,0084	3,45	82,1	41,25	0,67
258	242,9	939,31	943,15	942,69	943,71	0,0081	3,42	82,68	41,32	0,66
257	242,9	939,29	943,12	942,71	943,7	0,0087	3,5	80,86	41,41	0,69
256	242,9	939,27	943,1	942,72	943,69	0,0091	3,52	80,07	41,39	0,7
255	242,9	939,25	943,09	942,72	943,67	0,0093	3,51	80,14	41,44	0,7
254	242,9	939,23	943,08	942,71	943,66	0,0093	3,51	79,97	41,44	0,7
253	242,9	939,2	943,05	942,72	943,65	0,01	3,56	78,68	41,53	0,72
252	242,9	939,18	943,01	942,72	943,64	0,0105	3,65	76,87	41,52	0,74
251	242,9	939,16	942,98	942,73	943,63	0,0113	3,7	75,81	42,12	0,76
250	242,9	939,13	942,97	942,7	943,62	0,011	3,68	76,27	41,99	0,75
249	242,9	939,11	942,99	942,67	943,6	0,01	3,59	78,27	41,94	0,73
248	242,9	939,08	942,98	942,64	943,58	0,0097	3,57	78,43	41,73	0,72
247	242,9	939,04	942,96	942,61	943,57	0,0097	3,57	78,2	41,68	0,72
246	242,9	939	942,96	942,57	943,56	0,0095	3,55	78,36	41,42	0,71
245	242,9	938,96	942,97	942,53	943,54	0,0087	3,47	80,15	41,24	0,68
244	242,9	938,93	942,97	942,5	943,53	0,0084	3,42	80,91	41,01	0,67
243	242,9	938,91	942,97	942,5	943,52	0,008	3,37	82,24	40,79	0,66
242	242,9	938,9	942,97	942,48	943,51	0,0081	3,37	82,31	40,58	0,66
241	242,9	938,89	942,95	942,48	943,5	0,0082	3,38	81,81	40,32	0,66
240	242,9	938,87	942,94	942,47	943,49	0,0083	3,38	81,73	40,02	0,66
239	242,9	938,85	942,94	942,44	943,48	0,0081	3,37	81,78	39,86	0,66
238	242,9	938,82	942,93	942,41	943,47	0,008	3,36	81,68	39,78	0,65
237	242,9	938,79	942,93	942,36	943,46	0,0076	3,3	83,41	39,68	0,64
236	242,9	938,77	942,93	942,38	943,45	0,0075	3,29	83,9	39,86	0,63

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
235	242,9	938,74	942,93	942,37	943,44	0,0075	3,26	85,01	40,39	0,63
234	242,9	938,72	942,93	942,36	943,43	0,0071	3,22	86,44	40,91	0,62
233	242,9	938,79	942,92	942,35	943,42	0,0072	3,25	85,9	41,41	0,62
232	242,9	938,85	942,9	942,35	943,42	0,0074	3,27	85,01	41,44	0,63
231	242,9	938,9	942,88	942,35	943,41	0,0078	3,31	83,51	41,48	0,64
230	242,9	938,92	942,85	942,36	943,4	0,0081	3,37	81,88	41,62	0,66
229	242,9	938,94	942,84	942,35	943,39	0,0081	3,38	81,95	41,84	0,66
228	242,9	938,96	942,81	942,37	943,38	0,0086	3,42	80,84	41,88	0,68
227	242,9	938,99	942,75	942,37	943,37	0,0097	3,56	76,48	41,3	0,72
226	242,9	939,01	942,67	942,37	943,35	0,0113	3,72	72,75	41,47	0,76
225	242,9	939,03	942,5	942,36	943,32	0,0152	4,07	64,02	37,05	0,87
224	242,9	939,03	942,48	942,35	943,3	0,0152	4,06	63,85	37,86	0,87
223	242,9	939,04	942,49	942,33	943,28	0,0143	3,97	65,48	38,39	0,85
222	242,9	939,05	942,5	942,31	943,25	0,0135	3,89	67,25	38,91	0,82
221	242,9	939,02	942,51	942,29	943,23	0,0127	3,8	69,04	39,11	0,8
220	242,9	938,87	942,54	942,22	943,2	0,0112	3,66	71,74	39,84	0,76
219	242,9	938,83	942,55	942,05	943,18	0,0103	3,57	74,03	41,44	0,73
218	242,9	938,81	942,51	942,22	943,17	0,0113	3,65	72,69	42,34	0,76
217	242,9	938,79	942,44	942,23	943,15	0,0127	3,79	69,11	40,88	0,81
216	242,9	938,78	942,43	942,21	943,14	0,0127	3,78	69,2	41,8	0,81
215	242,9	938,76	942,4	942,21	943,13	0,0132	3,83	68,26	41,81	0,82
214	242,9	938,74	942,39	942,18	943,11	0,013	3,8	68,59	41,6	0,82
213	242,9	938,72	942,4	942,13	943,09	0,0121	3,71	70,09	41,87	0,79
212	242,9	938,71	942,39	942,01	943,07	0,012	3,69	70,51	42,78	0,79
211	242,9	938,69	942,37	941,94	943,06	0,0123	3,72	70,04	43,19	0,79
210	242,9	938,67	942,33	941,91	943,05	0,0131	3,79	68,82	44,06	0,82
209	242,9	938,66	942,31	941,91	943,03	0,0132	3,79	68,66	42,46	0,82
208	242,9	938,64	942,3	941,86	943,02	0,0125	3,79	68,51	41,12	0,8
207	242,9	938,62	942,28	941,87	943,01	0,0123	3,79	68,45	41,45	0,8
206	242,9	938,61	942,13	941,89	942,98	0,0153	4,1	62,26	38,9	0,88
205	242,9	938,59	942,16	941,85	942,95	0,0143	3,96	64,78	39,4	0,85
204	242,9	938,57	942,15	941,85	942,93	0,0144	3,92	65,38	39,91	0,85
203	242,9	938,56	942,15	941,89	942,91	0,0142	3,89	65,68	39,89	0,85
202	242,9	938,54	942,14	941,87	942,89	0,0139	3,85	66,13	39,91	0,84
201	242,9	938,52	942,12	941,85	942,87	0,0138	3,85	66,15	40,35	0,84
200	242,9	938,51	941,99	941,88	942,85	0,017	4,11	61,26	39,66	0,92
199	242,9	938,49	942	941,8	942,82	0,0163	4,03	62,81	41,31	0,9
198	242,9	938,48	941,99	941,84	942,8	0,0161	4,01	63,48	42,26	0,89
197	242,9	938,46	942,06	941,73	942,75	0,0125	3,7	69,12	41,73	0,79
196	242,9	938,44	942,06	941,71	942,73	0,0116	3,63	70,57	42,16	0,77
195	242,9	938,43	941,93	941,63	942,71	0,0139	3,91	64,45	39,18	0,84
194	242,9	938,41	941,92	941,53	942,69	0,0133	3,91	63,85	31,24	0,82

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
193	242,9	938,39	941,91	941,47	942,68	0,0126	3,89	64,24	32,84	0,8
192	242,9	938,37	941,91	941,5	942,66	0,0128	3,85	64,88	34,55	0,81
191	242,9	938,36	941,92	941,53	942,64	0,0122	3,77	66,38	35,4	0,79
190	242,9	938,34	941,92	941,49	942,62	0,0123	3,7	68,22	39,62	0,79
189	242,9	938,32	941,93	941,45	942,6	0,0118	3,65	69,86	40,46	0,78
188	242,9	938,31	941,91	941,45	942,58	0,012	3,66	69,72	40,95	0,78
187	242,9	938,29	941,93	941,45	942,56	0,0108	3,54	71,82	41,26	0,75
186	242,9	938,27	941,93	941,36	942,55	0,0103	3,49	72,49	40,78	0,73
185	242,9	938,26	941,93	941,31	942,53	0,01	3,45	72,93	40,29	0,72
184	242,9	938,24	941,89	941,34	942,52	0,0108	3,53	71,11	39,9	0,74
183	242,9	938,22	941,83	941,37	942,5	0,0118	3,65	68,13	32,47	0,77
182	242,9	938,2	941,73	941,36	942,48	0,0131	3,85	64,35	30,05	0,81
181	242,9	938,19	941,68	941,43	942,47	0,0143	3,94	62,98	30,72	0,85
180	242,9	938,17	941,7	941,46	942,44	0,0138	3,82	65,07	32,91	0,83
179	242,9	938,15	941,71	941,41	942,42	0,0131	3,75	66,31	32,99	0,81
178	242,9	938,14	941,69	941,24	942,4	0,013	3,75	66,16	32,93	0,81
177	242,9	938,12	941,7	941,18	942,38	0,012	3,65	67,98	33,08	0,78
176	242,9	938,1	941,74	941,12	942,35	0,0102	3,48	71,45	33,24	0,72
175	242,9	938,08	941,77	941,18	942,32	0,0087	3,31	76,58	37,51	0,67
174	242,9	938,07	941,82	940,98	942,29	0,0072	3,05	84,9	38,14	0,61
173	242,9	938,04	941,82	940,92	942,28	0,007	3,03	85,62	38,06	0,6
172	242,9	938,03	941,8	940,95	942,27	0,0073	3,07	84,51	37,49	0,61
171	242,9	938,02	941,75	940,98	942,26	0,008	3,2	81,33	36,49	0,64
170	242,9	938	941,71	941,06	942,25	0,0093	3,29	79,78	39,58	0,68
169	242,9	937,98	941,73	941,06	942,23	0,0084	3,19	82,82	39,75	0,66
168	242,9	937,96	941,73	941,07	942,21	0,0079	3,13	84,38	40,09	0,64
167	242,9	937,94	941,72	941,1	942,2	0,0082	3,14	84,13	40,31	0,64
166	242,9	937,93	941,71	941,09	942,19	0,008	3,13	84,71	40,53	0,64
165	242,9	937,95	941,71	941,1	942,18	0,0077	3,11	85,72	41,05	0,63
164	242,9	937,95	941,7	941,13	942,18	0,0078	3,13	85,32	40,91	0,64
163	242,9	937,95	941,69	941,12	942,17	0,0079	3,13	85,3	40,93	0,64
162	242,9	937,95	941,69	941,1	942,16	0,0076	3,1	86,15	40,82	0,63
161	242,9	937,95	941,66	941,11	942,15	0,008	3,15	84,63	40,54	0,64
160	242,9	937,95	941,65	941,1	942,14	0,0082	3,18	83,76	40,09	0,65
159	242,9	937,94	941,64	941,08	942,13	0,0081	3,17	83,8	40,18	0,65
158	242,9	937,94	941,63	941,08	942,12	0,0082	3,18	83,28	39,93	0,65
157	242,9	937,94	941,62	941,06	942,11	0,008	3,15	83,74	39,72	0,64
156	242,9	937,94	941,61	941,06	942,1	0,0083	3,18	82,89	39,53	0,65
155	242,9	937,94	941,6	941,06	942,1	0,0083	3,18	82,84	39,59	0,66
154	242,9	937,94	941,59	941,03	942,08	0,0082	3,15	83,2	39,5	0,65
153	242,9	937,94	941,59	941	942,07	0,0079	3,12	84,05	39,57	0,64
152	242,9	937,93	941,59	940,97	942,06	0,0075	3,07	85,23	39,73	0,63

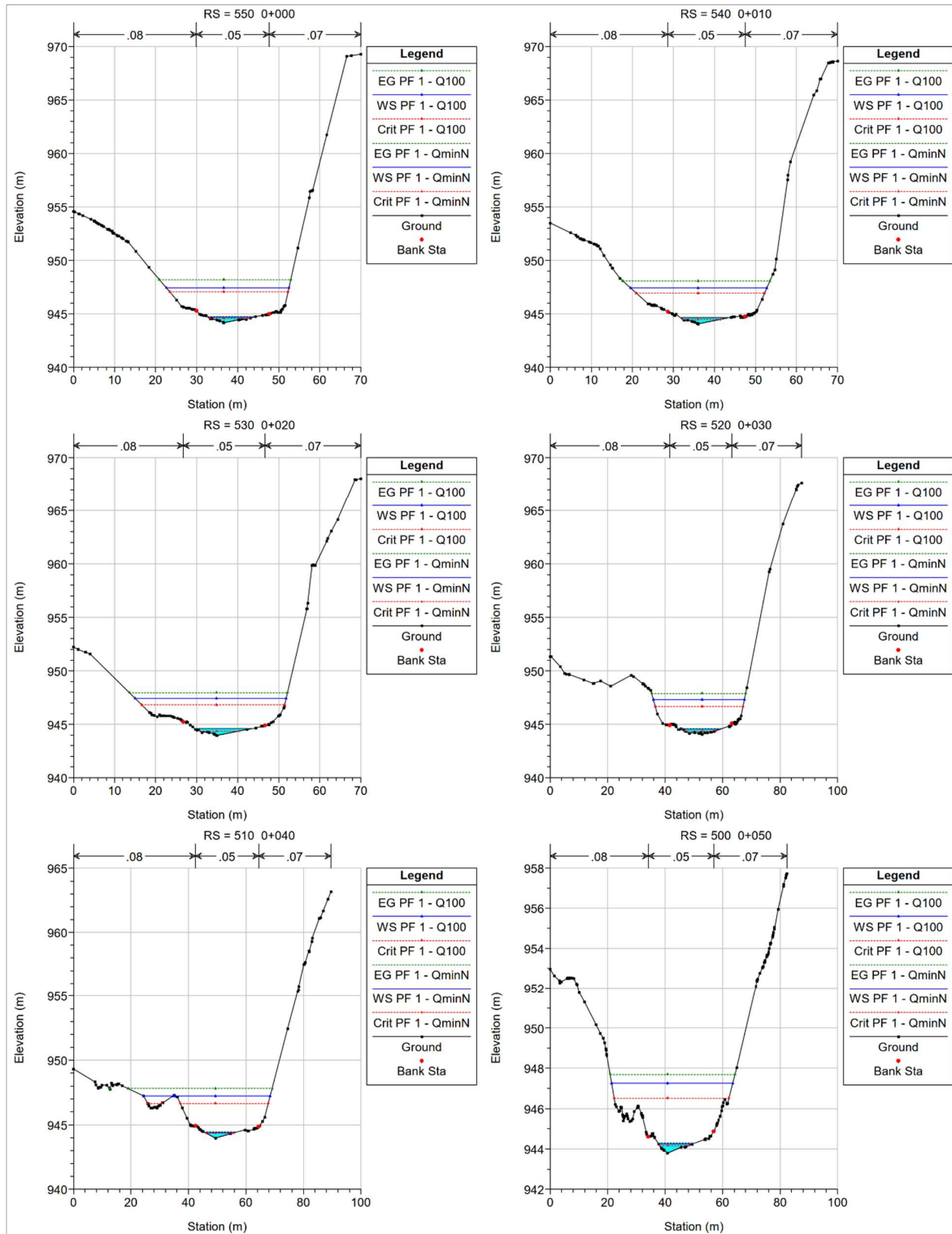
River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
151	242,9	937,93	941,59	940,95	942,05	0,0074	3,05	85,58	39,73	0,63
150	242,9	937,93	941,58	940,94	942,04	0,0075	3,06	85,65	40,97	0,63
149	242,9	937,93	941,57	940,91	942,03	0,0073	3,04	85,96	40,99	0,62
148	242,9	937,94	941,57	940,89	942,02	0,0072	3,02	86,41	41,79	0,62
147	242,9	937,94	941,56	940,86	942,02	0,0072	3,01	86,03	40,89	0,62
146	242,9	937,94	941,54	940,88	942,01	0,0077	3,06	84,59	39,87	0,63
145	242,9	937,95	941,56	940,8	941,99	0,0069	2,95	87,57	38,94	0,6
144	242,9	937,95	941,54	940,79	941,98	0,007	2,97	85,76	38,15	0,61
143	242,9	937,96	941,55	940,76	941,97	0,0066	2,91	87,78	37,6	0,59
142	242,9	937,96	941,56	940,71	941,96	0,0061	2,84	89,57	38,13	0,57
141	242,9	937,96	941,54	940,76	941,95	0,0064	2,88	88,23	37,39	0,58
140	242,9	937,96	941,52	940,77	941,94	0,0066	2,92	86,43	38,13	0,59
139	242,9	937,96	941,49	940,78	941,94	0,0069	2,96	84,49	37,24	0,6
138	242,9	937,95	941,46	940,8	941,93	0,0077	3,03	82,24	36,81	0,63
137	242,9	937,95	941,45	940,8	941,92	0,0076	3,03	82,15	36,75	0,63
136	242,9	937,95	941,46	940,75	941,9	0,0069	2,96	84,17	36,84	0,6
135	242,9	937,95	941,47	940,71	941,89	0,0064	2,9	85,98	36,82	0,58
134	242,9	937,95	941,47	940,69	941,88	0,0062	2,87	87	36,99	0,57
133	242,9	937,95	941,46	940,68	941,88	0,0062	2,87	87,03	36,75	0,58
132	242,9	937,95	941,44	940,68	941,87	0,0066	2,93	85,44	36,17	0,59
131	242,9	937,95	941,44	940,65	941,86	0,0064	2,89	86,41	36,19	0,58
130	242,9	937,94	941,43	940,65	941,85	0,0064	2,89	86,43	36,09	0,58
129	242,9	937,94	941,43	940,63	941,84	0,0062	2,88	86,95	36,13	0,58
128	242,9	937,94	941,43	940,61	941,84	0,0061	2,85	87,78	36,2	0,57
127	242,9	937,94	941,43	940,59	941,83	0,006	2,82	88,82	36,89	0,56
126	242,9	937,94	941,42	940,59	941,82	0,0059	2,82	89,02	37,95	0,56
125	242,9	937,94	941,42	940,58	941,81	0,0058	2,8	89,95	38,78	0,56
124	242,9	937,94	941,41	940,6	941,81	0,0057	2,8	90,04	38,78	0,56
123	242,9	937,94	941,41	940,57	941,8	0,0057	2,79	90,25	39,26	0,55
122	242,9	937,94	941,4	940,56	941,79	0,0057	2,79	90,09	38,97	0,55
121	242,9	937,94	941,4	940,55	941,79	0,0056	2,78	90,48	39,5	0,55
120	242,9	937,93	941,39	940,56	941,78	0,0057	2,8	90,44	41,99	0,56
110	242,9	937,85	941,37	940,39	941,72	0,0048	2,64	95,6	39,4	0,51
100	242,9	937,83	941,22	940,41	941,65	0,0064	2,94	84,55	35,13	0,59
90	242,9	937,67	940,74	940,49	941,52	0,0176	3,95	64,03	36,68	0,9
80	242,9	937,49	940,68	940,23	941,34	0,0111	3,62	69,59	31,73	0,74
70	242,9	937,31	940,75	940,05	941,19	0,0073	2,95	86,02	40,39	0,61
60	242,9	937,15	940,77	939,78	941,1	0,0047	2,59	99,59	41,11	0,5
50	242,9	936,99	940,64	939,87	941,04	0,0061	2,85	93,56	44,54	0,56
40	242,9	937,83	940,22	940	940,92	0,0135	3,73	67,89	36,22	0,83
30	242,9	937,42	940,24	939,72	940,76	0,0088	3,24	80,09	38,87	0,68
20	242,9	937,13	940,19	939,6	940,67	0,0077	3,09	83,21	39,24	0,64

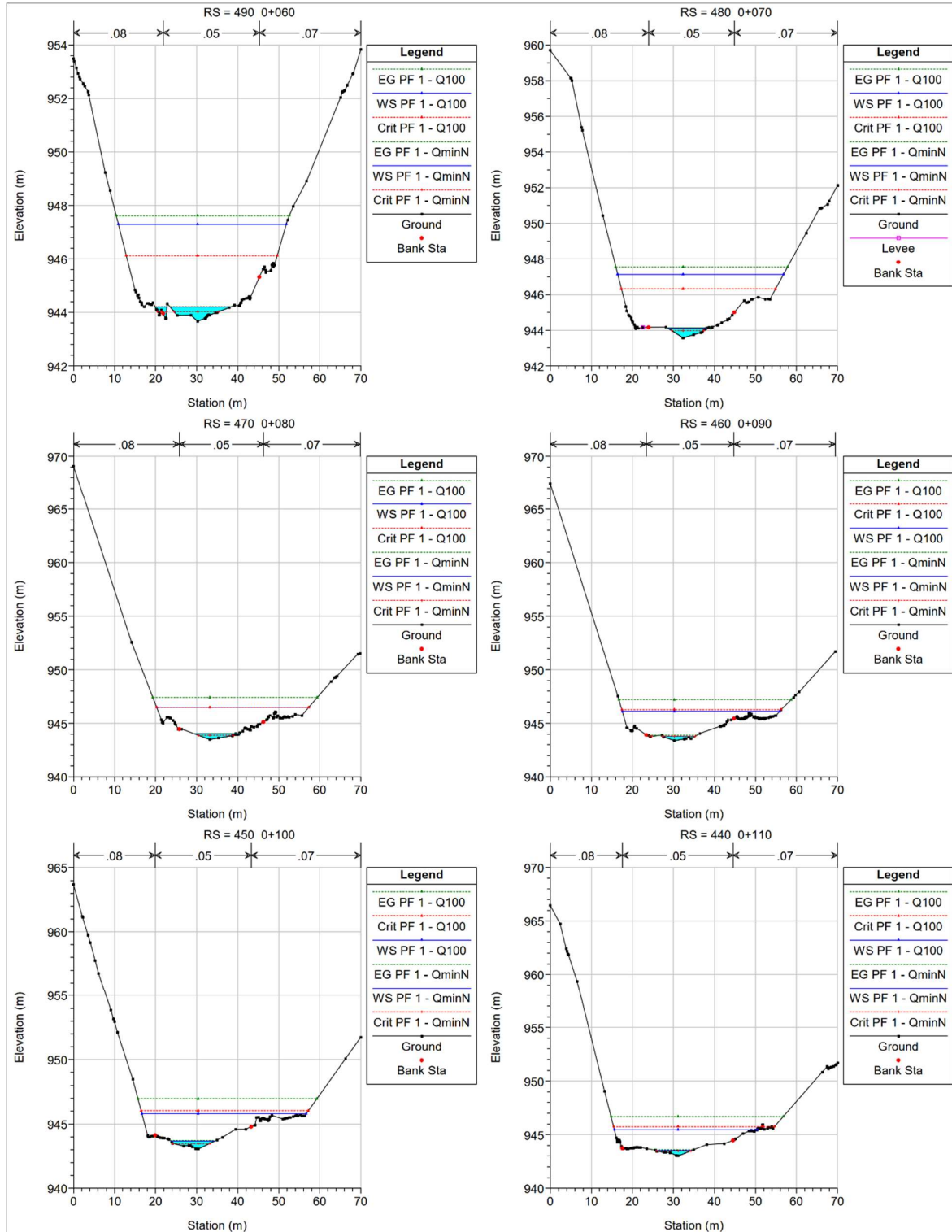
River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S,	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
10	242,9	937,08	940,15	939,49	940,58	0,0069	2,93	87,84	39,84	0,61
0	242,9	936,86	940,03	939,49	940,5	0,0084	3,04	83,94	44,55	0,65

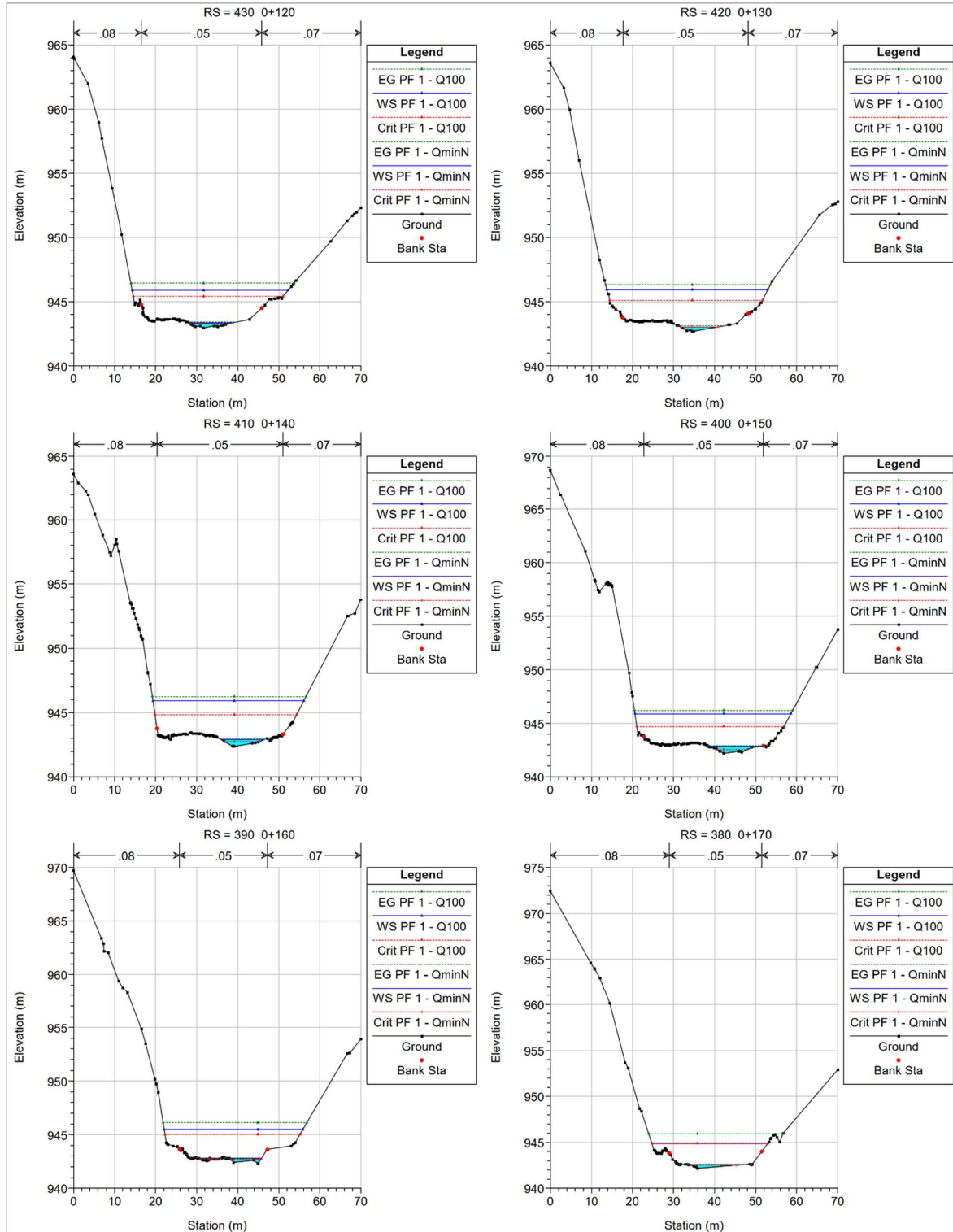
Anexo C

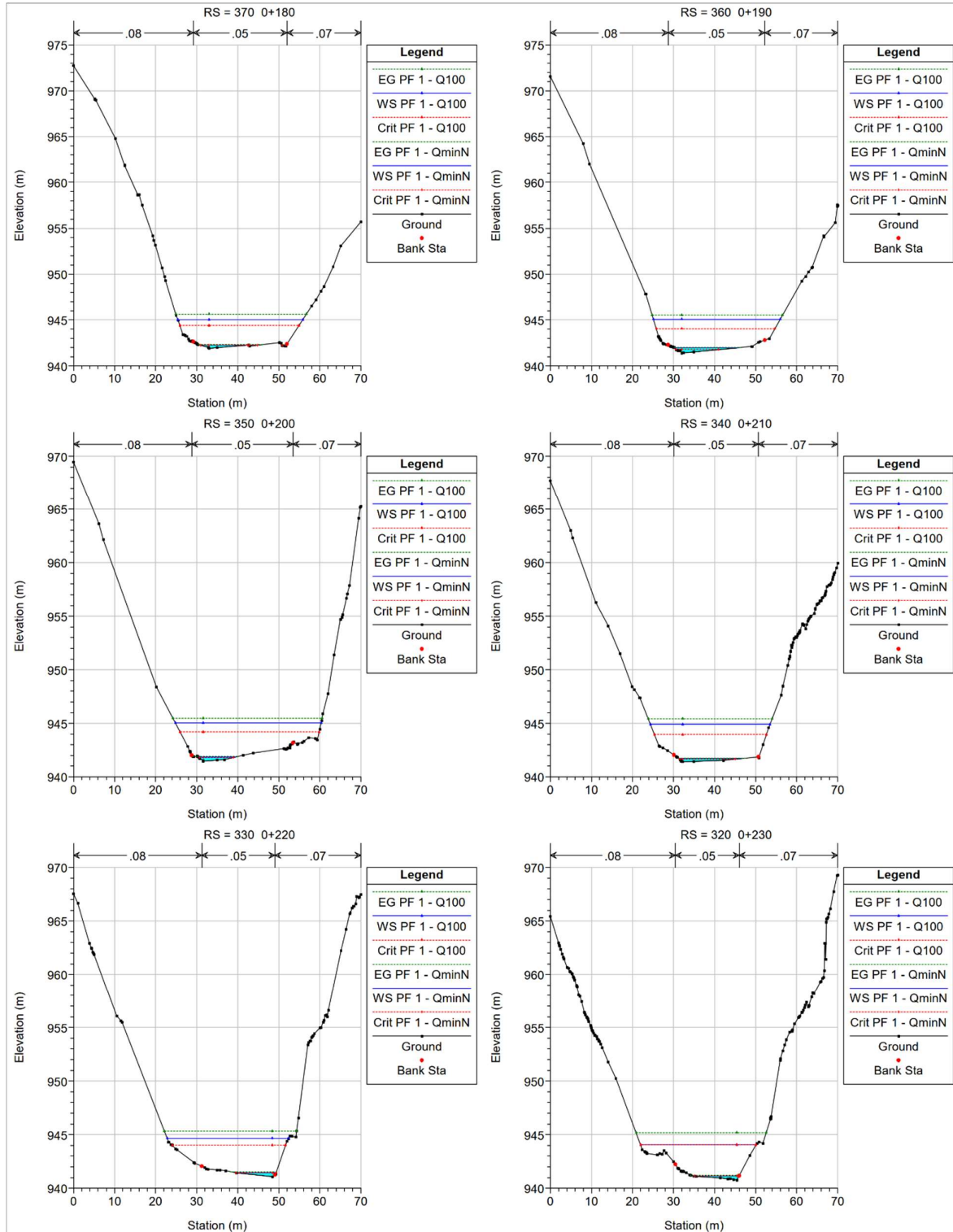
(Resultados Modelación Hec Ras Perfiles Transversales)

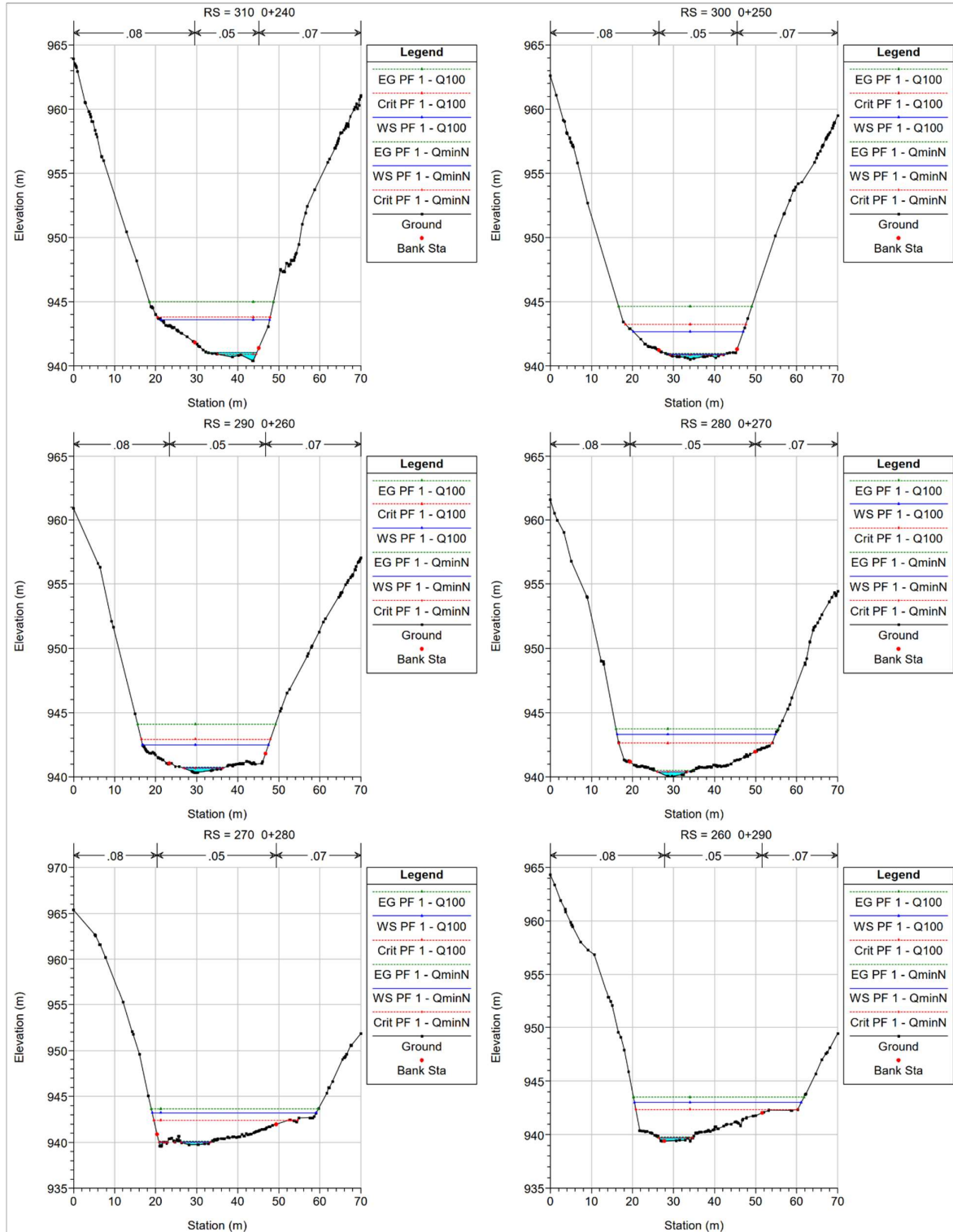
Figura C-1 – Perfiles transversales de la modelación en Hec Ras para el escenario sin proyecto con el caudal mínimo y para la crecida con periodo de retorno 100 años

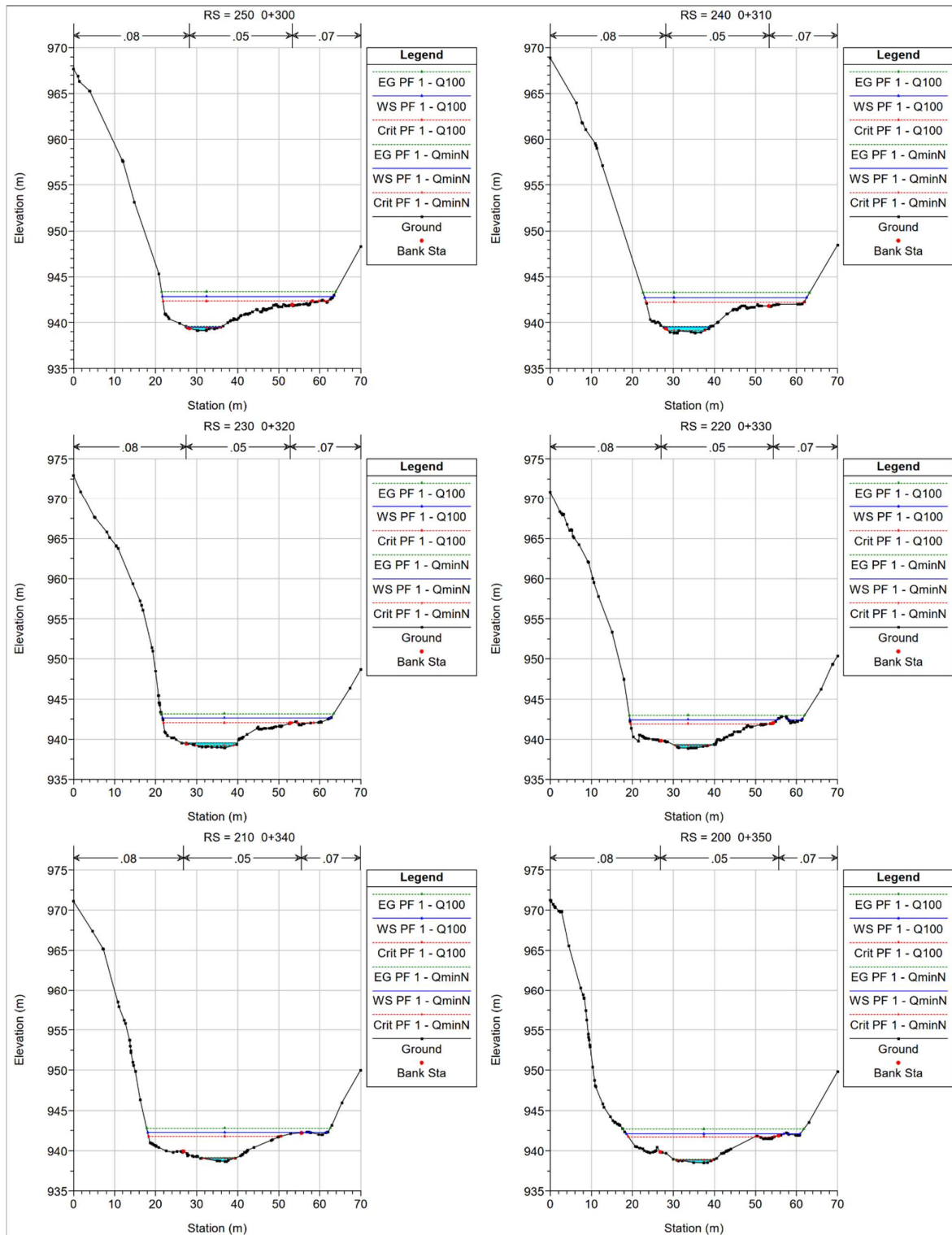


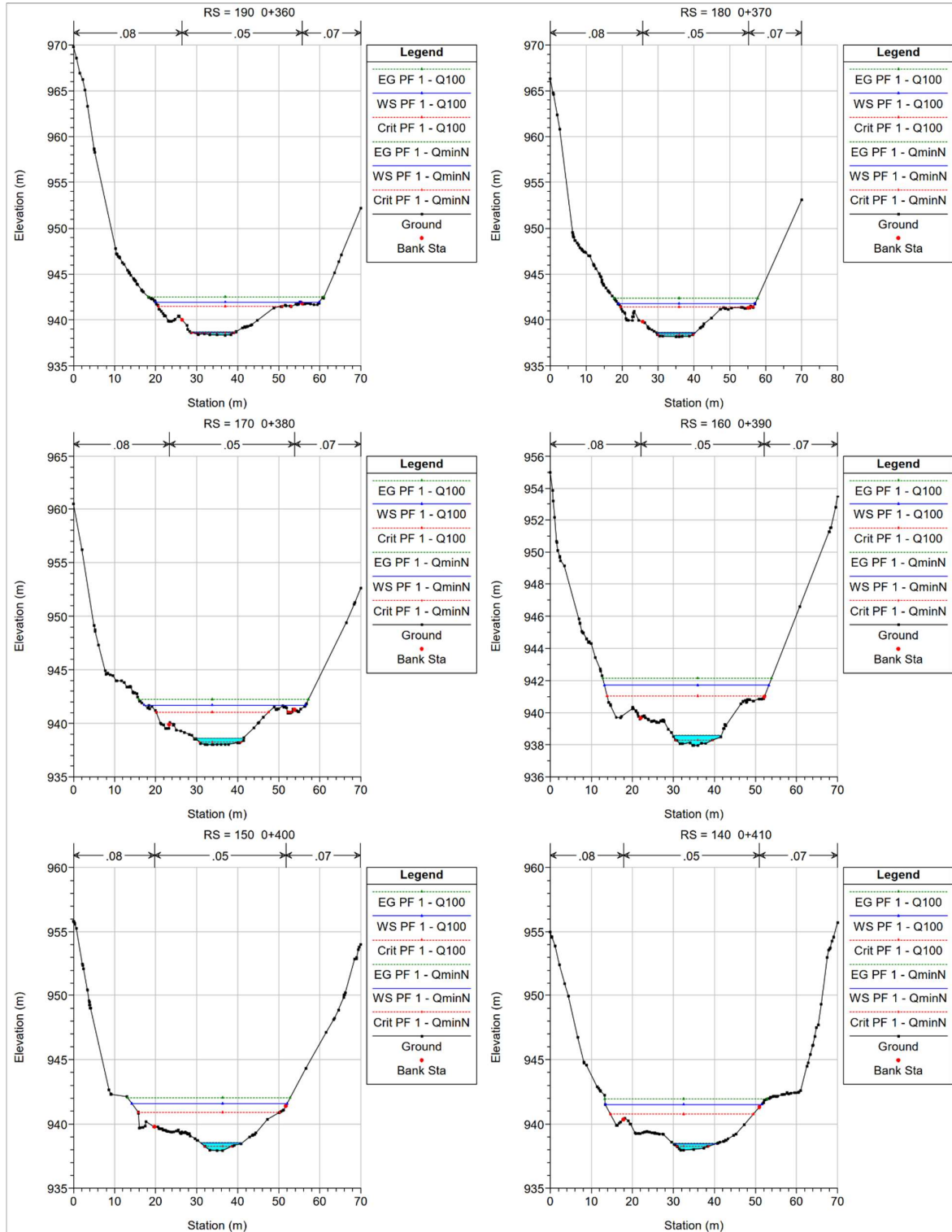


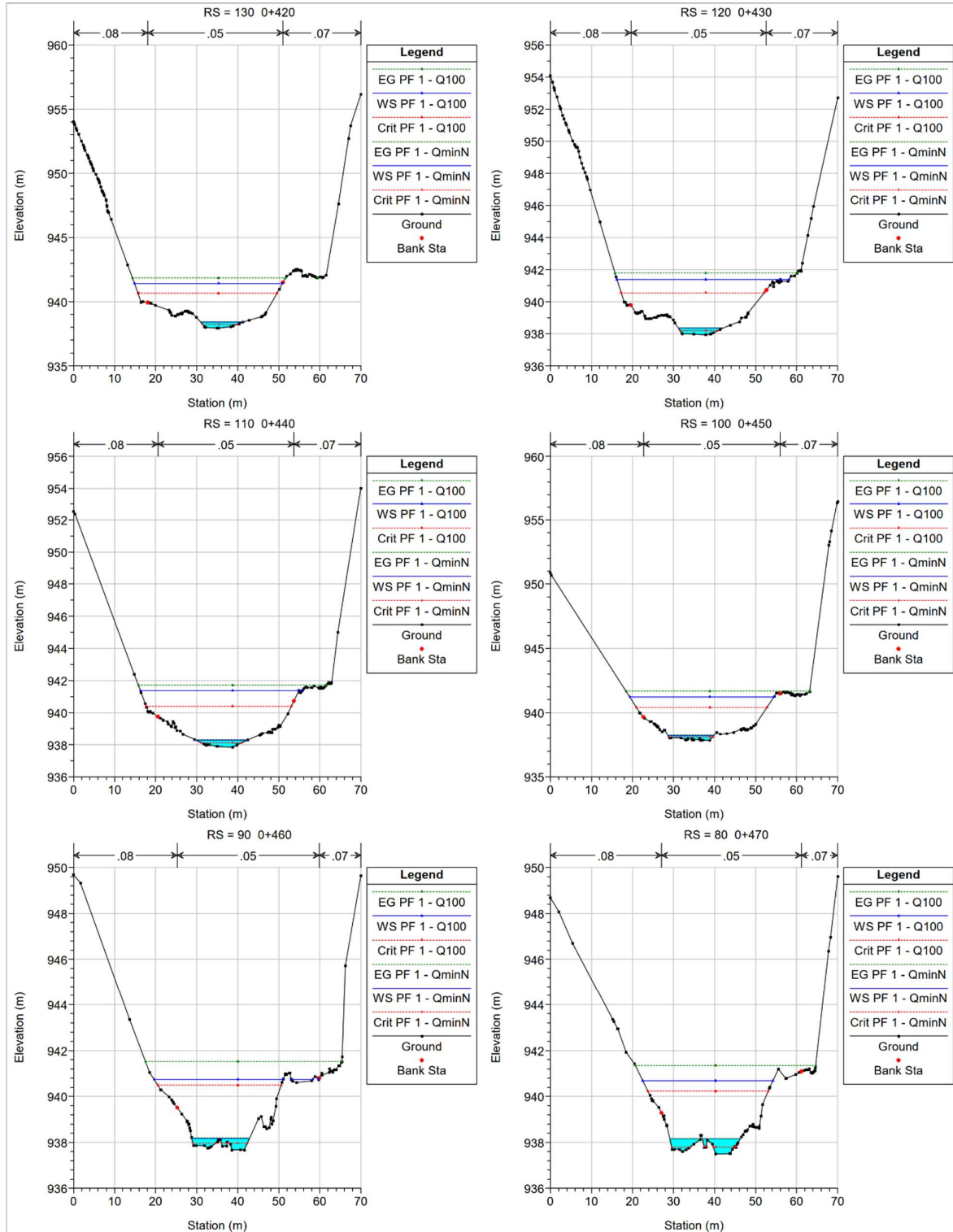


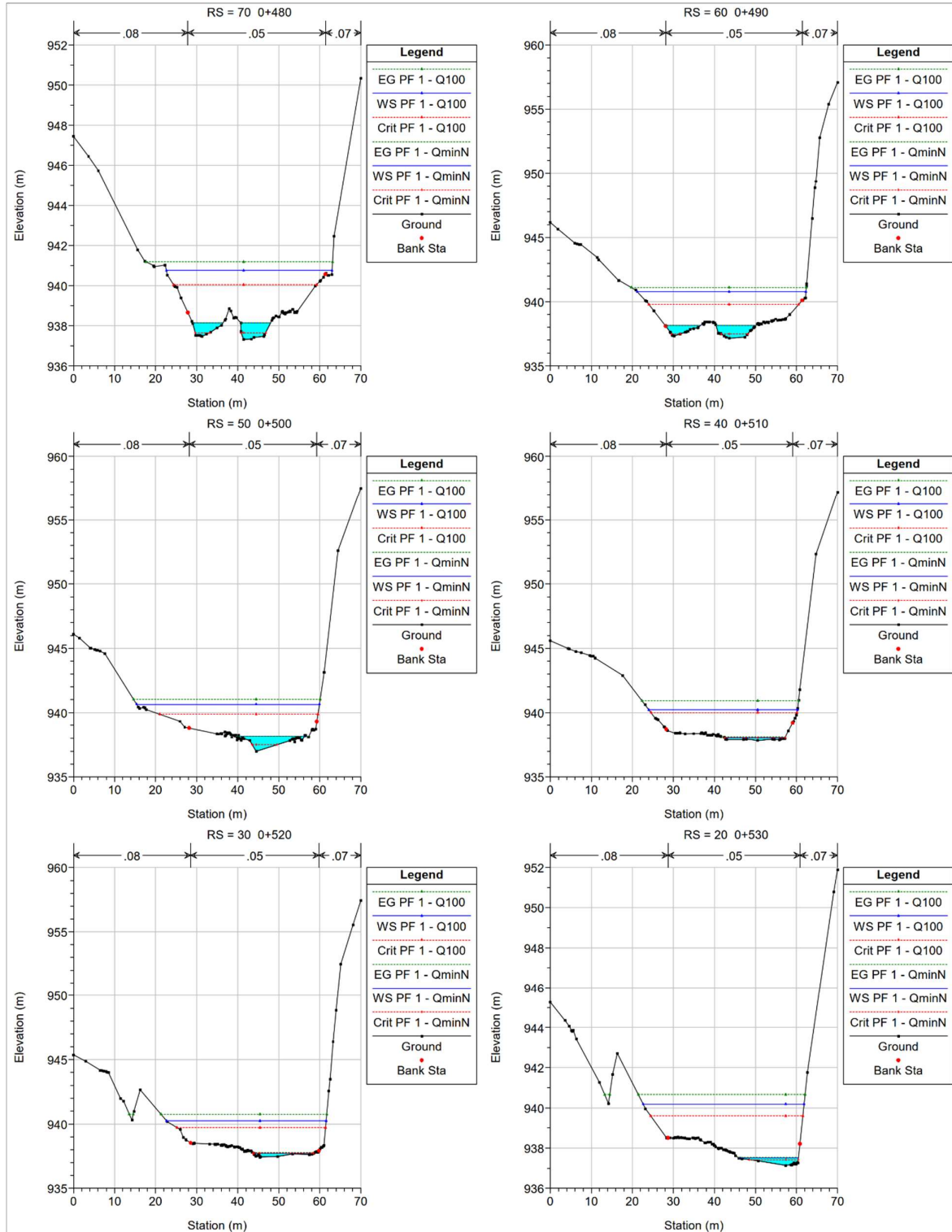












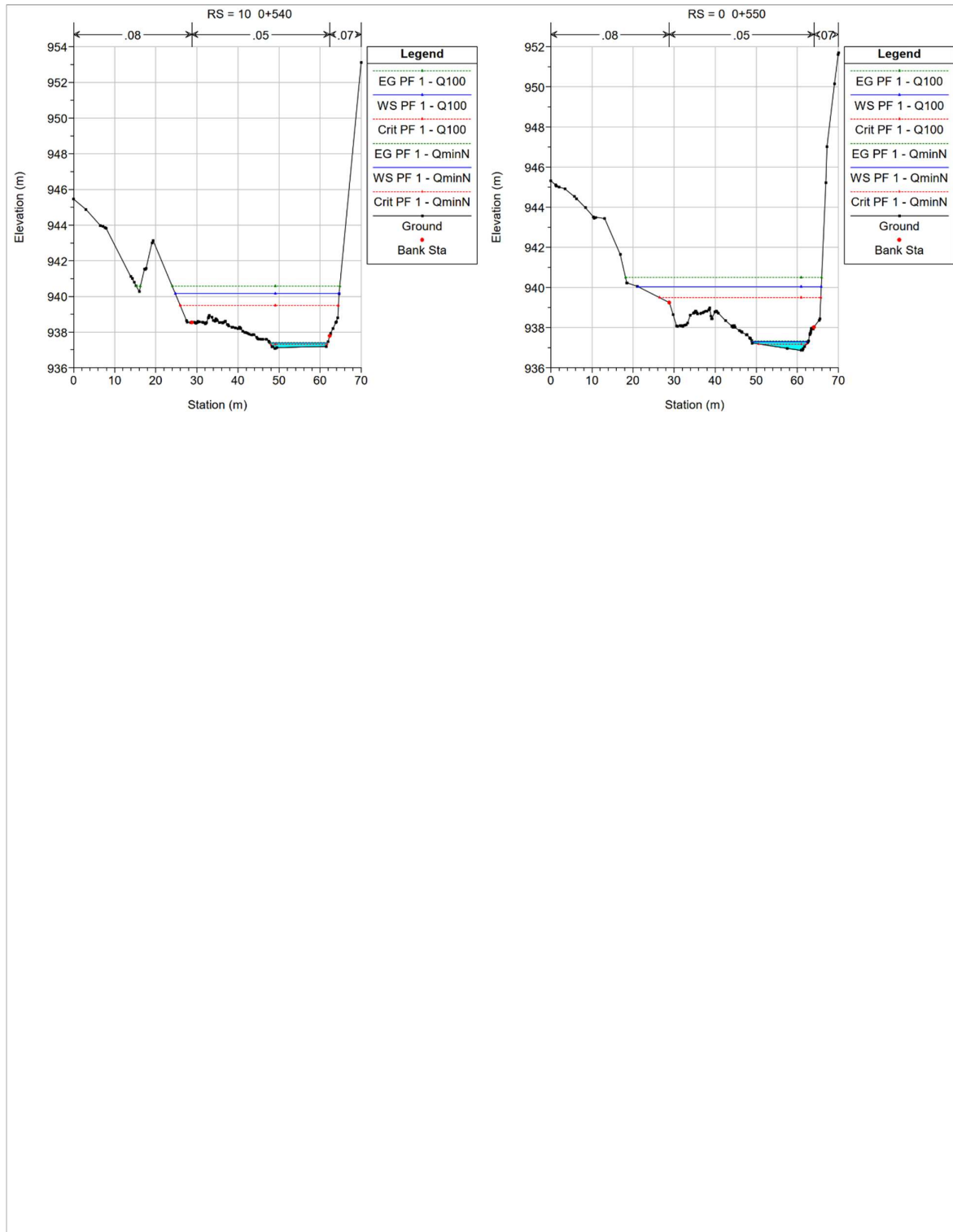
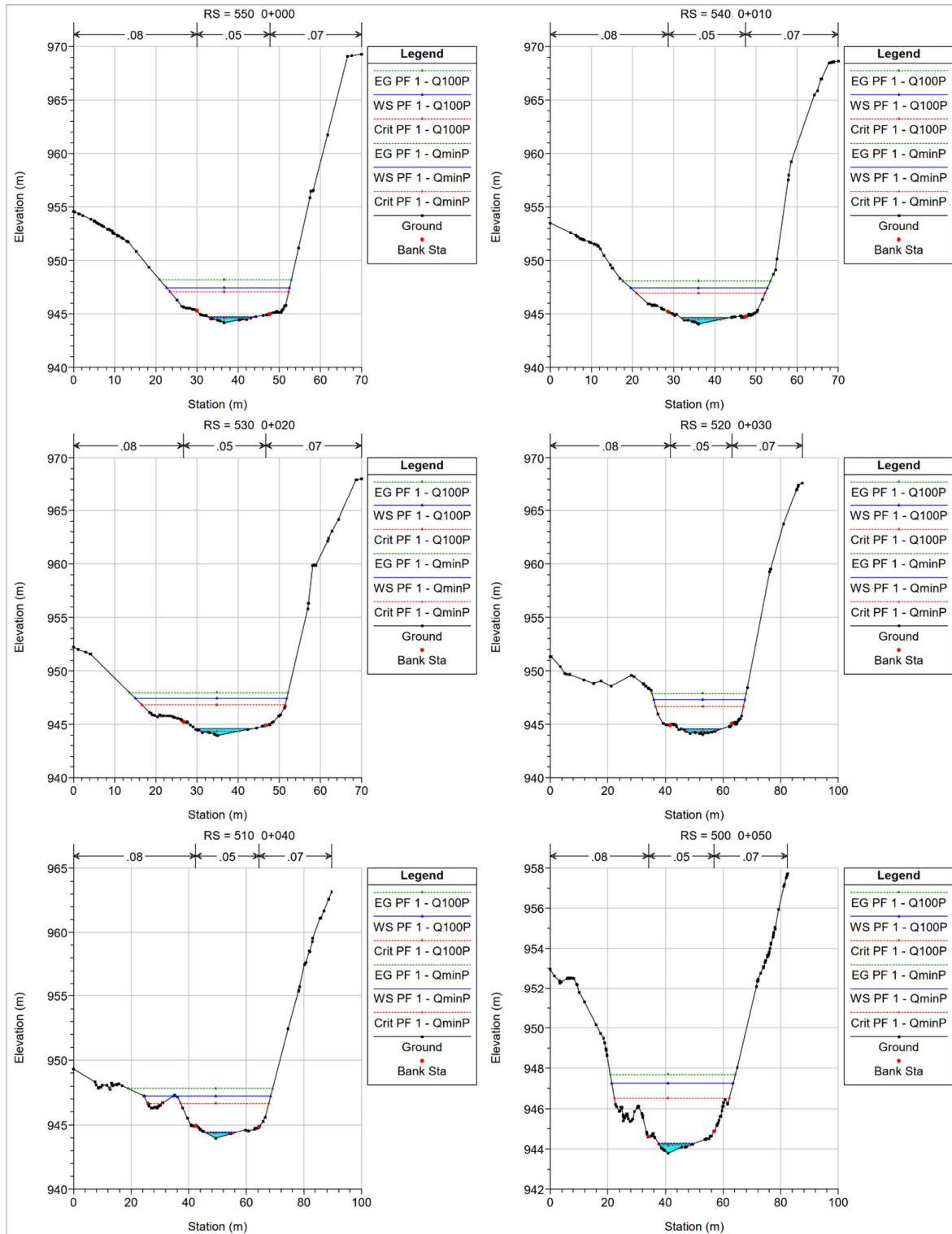
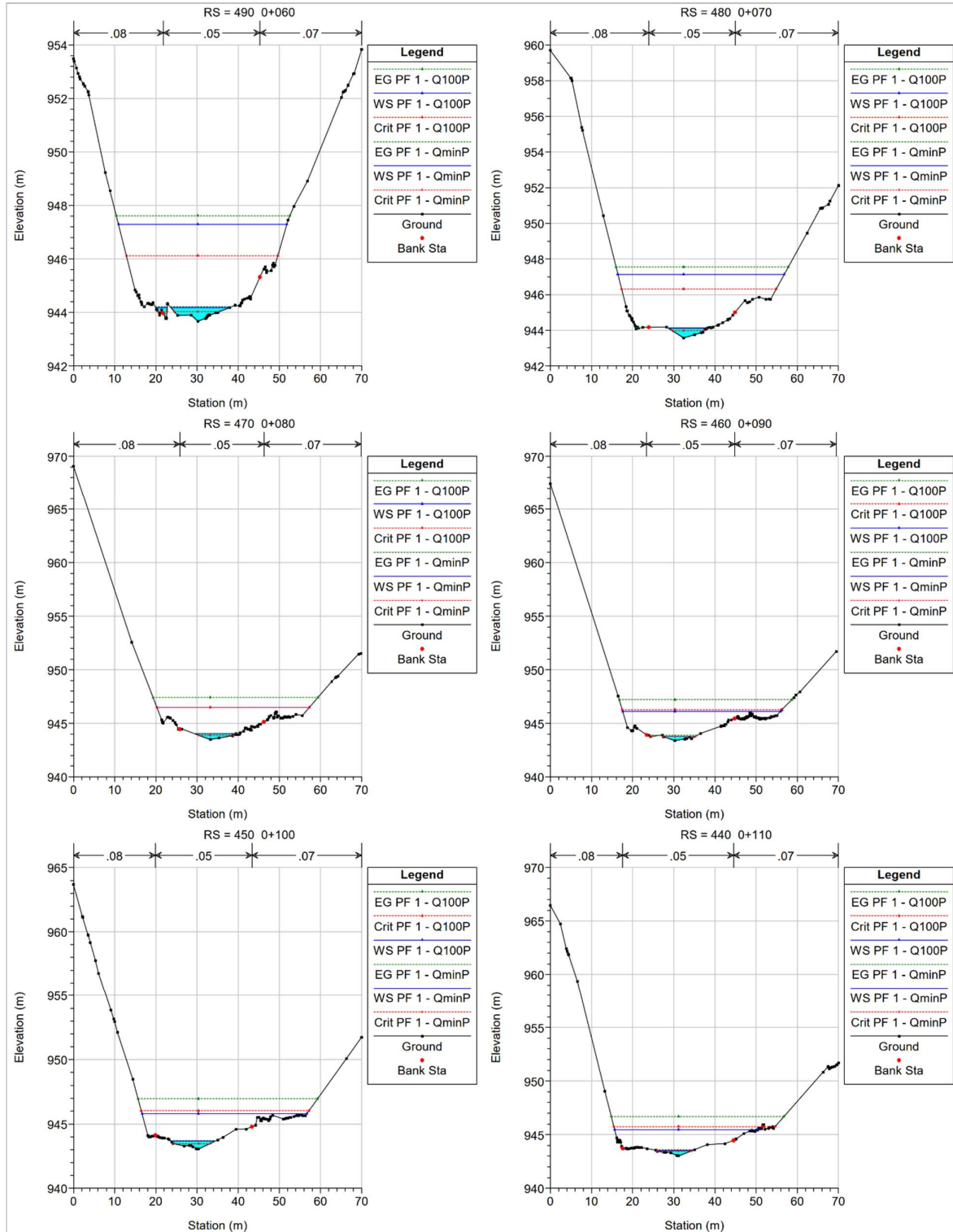
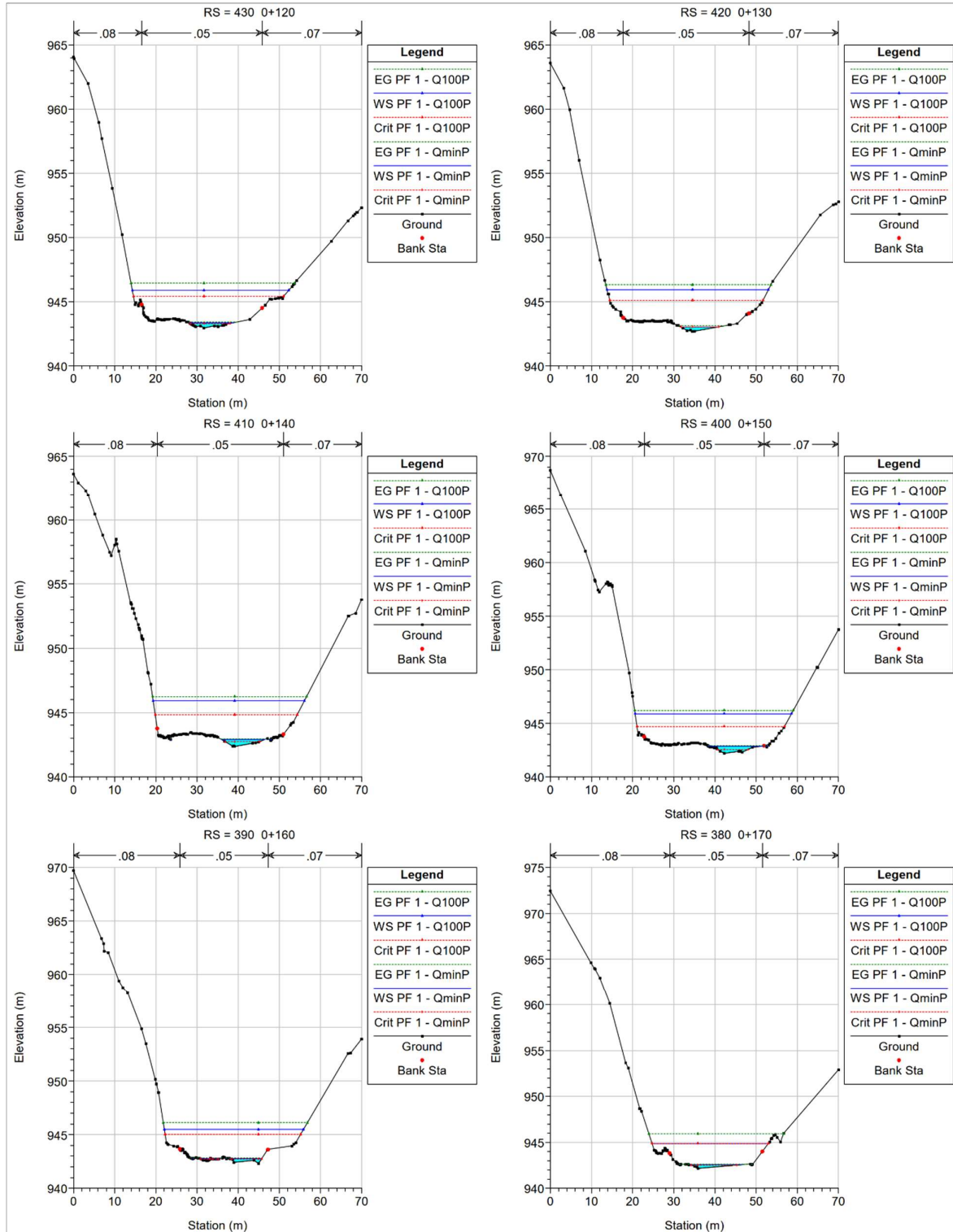
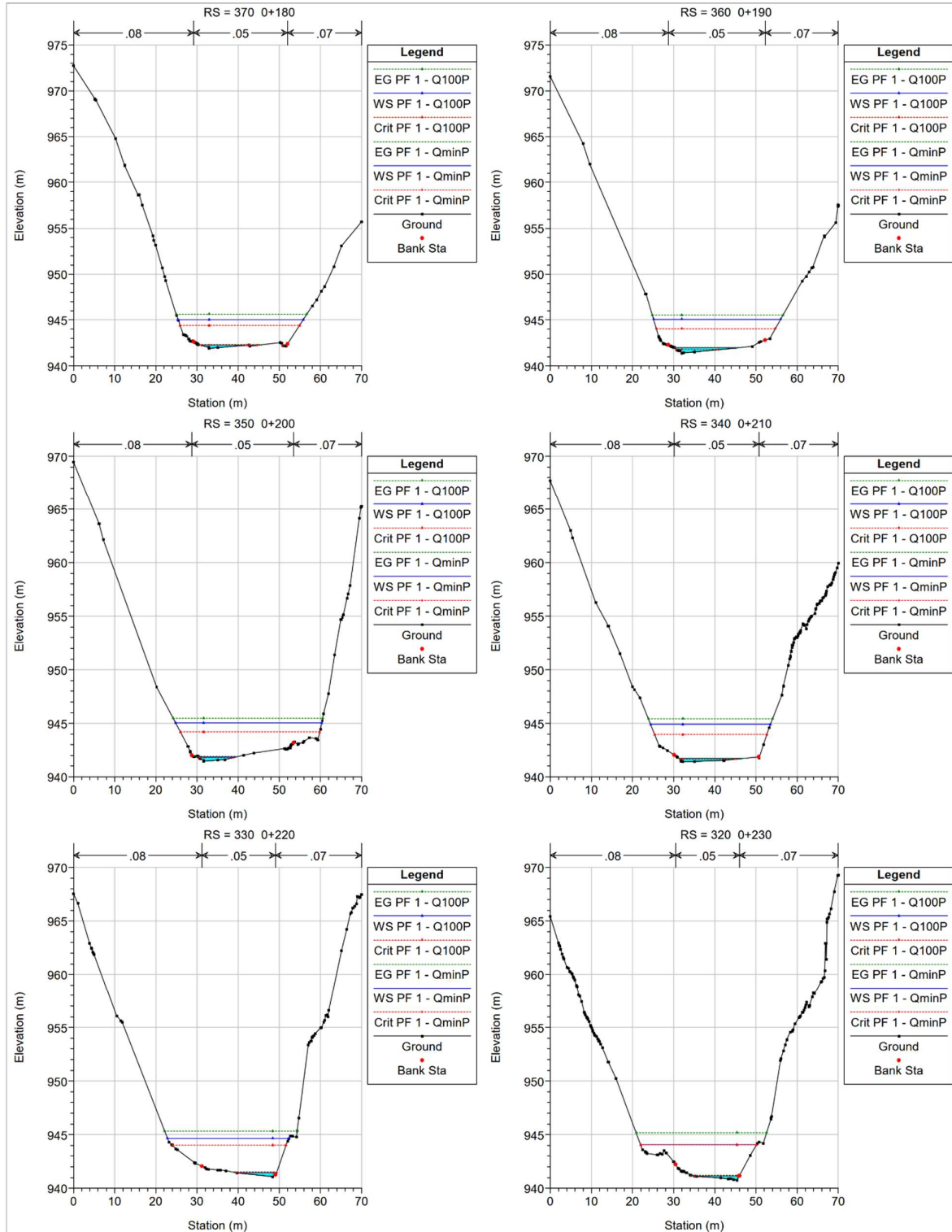


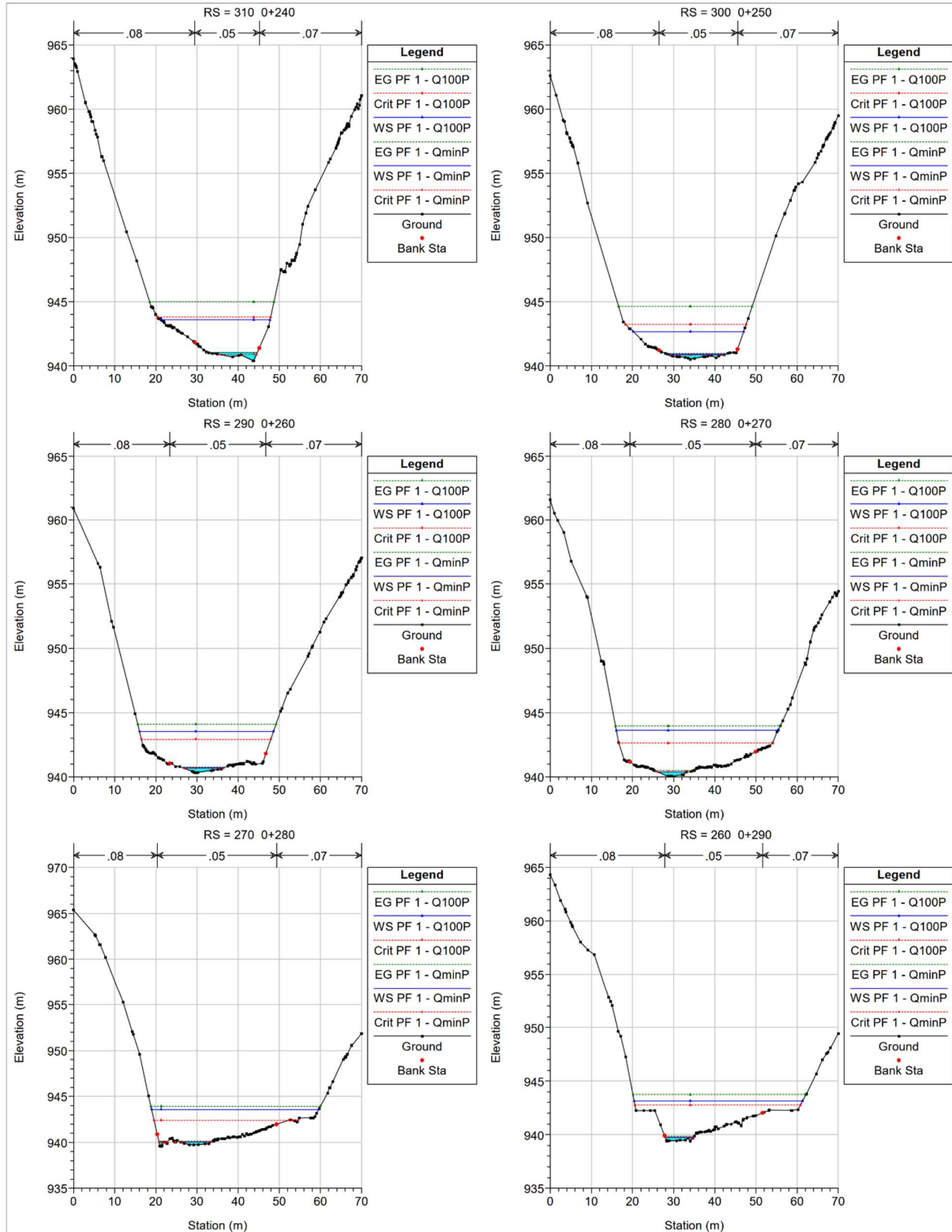
Figura C-2 – Perfiles transversales de la modelación en Hec Ras para el escenario con proyecto con el caudal mínimo y para la crecida con periodo de retorno 100 años

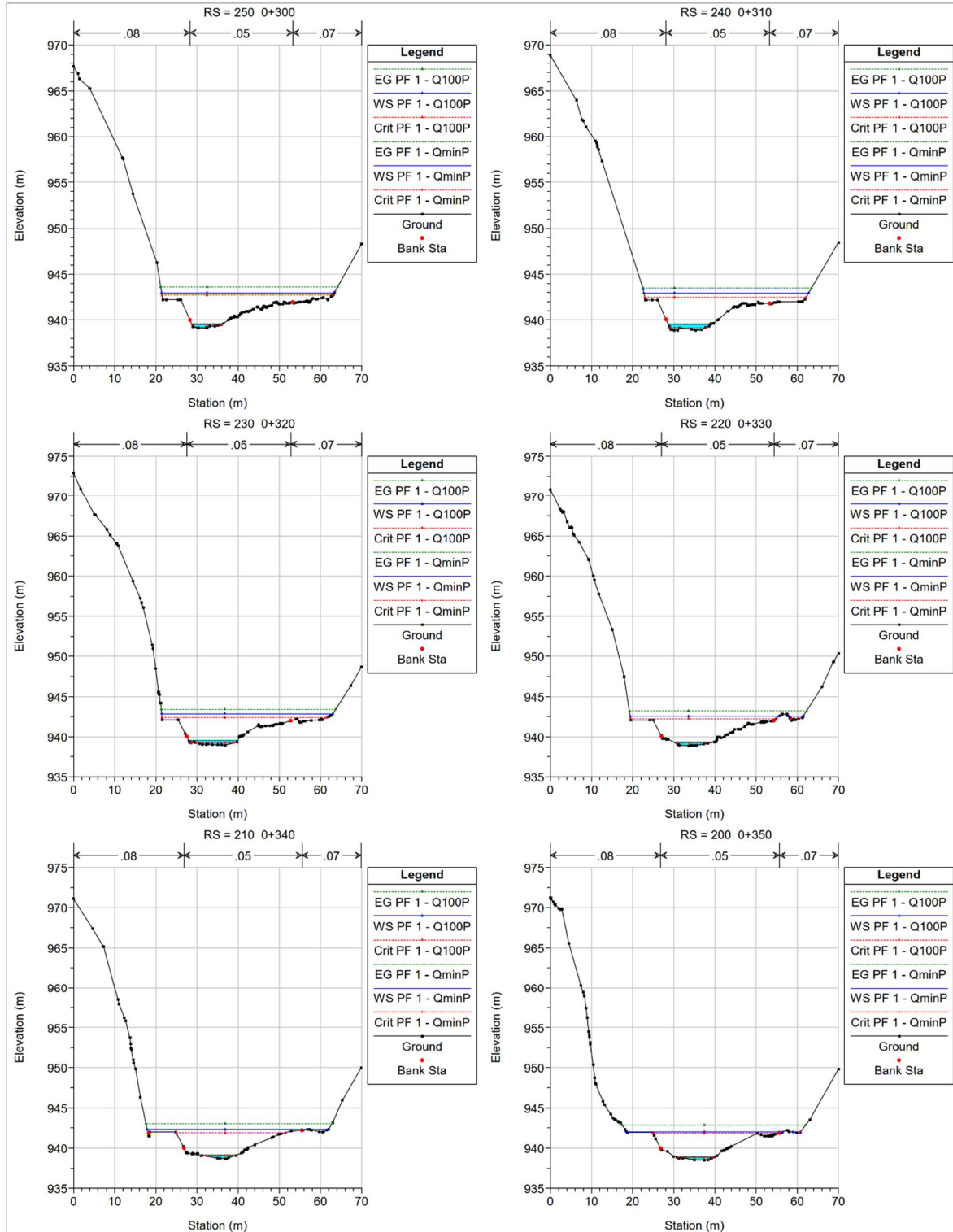


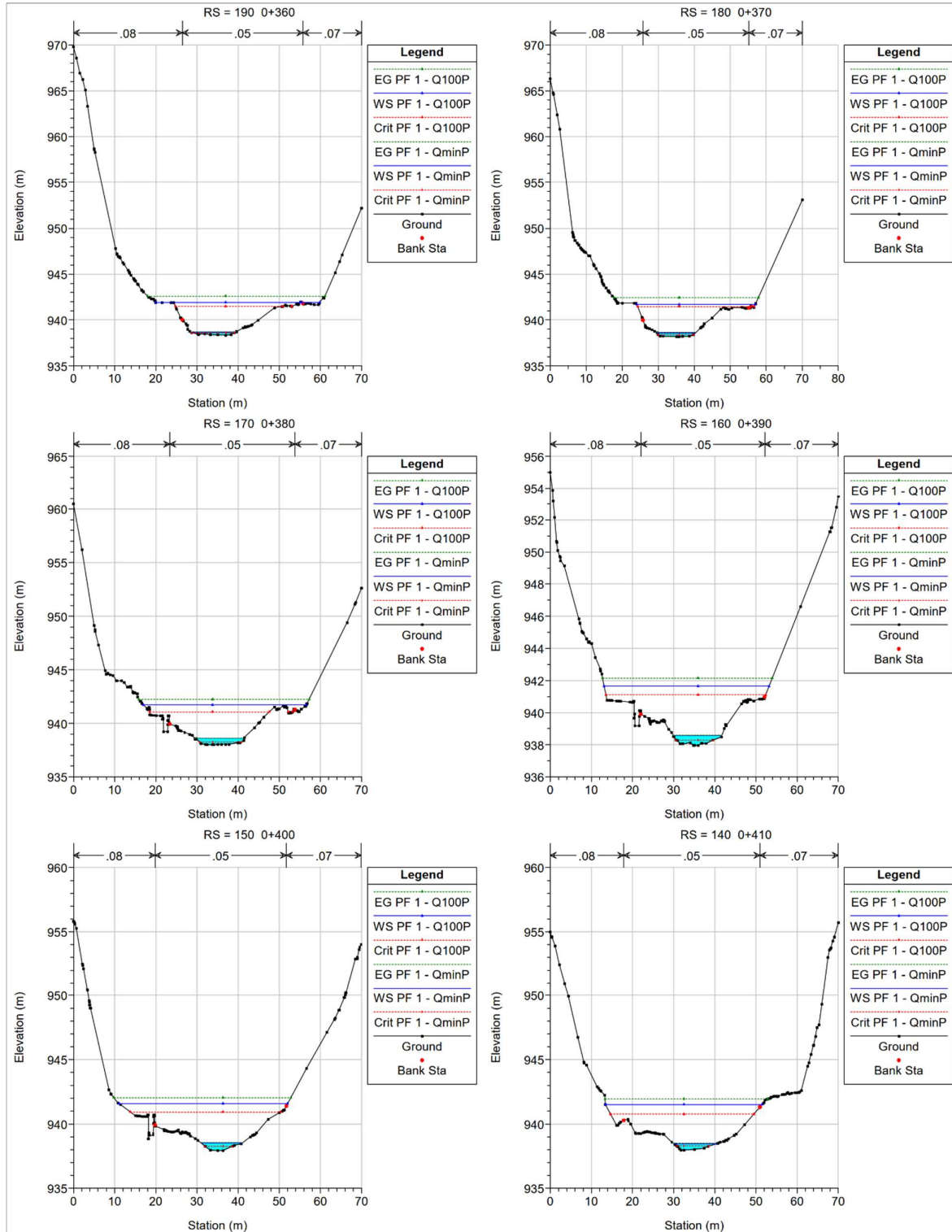


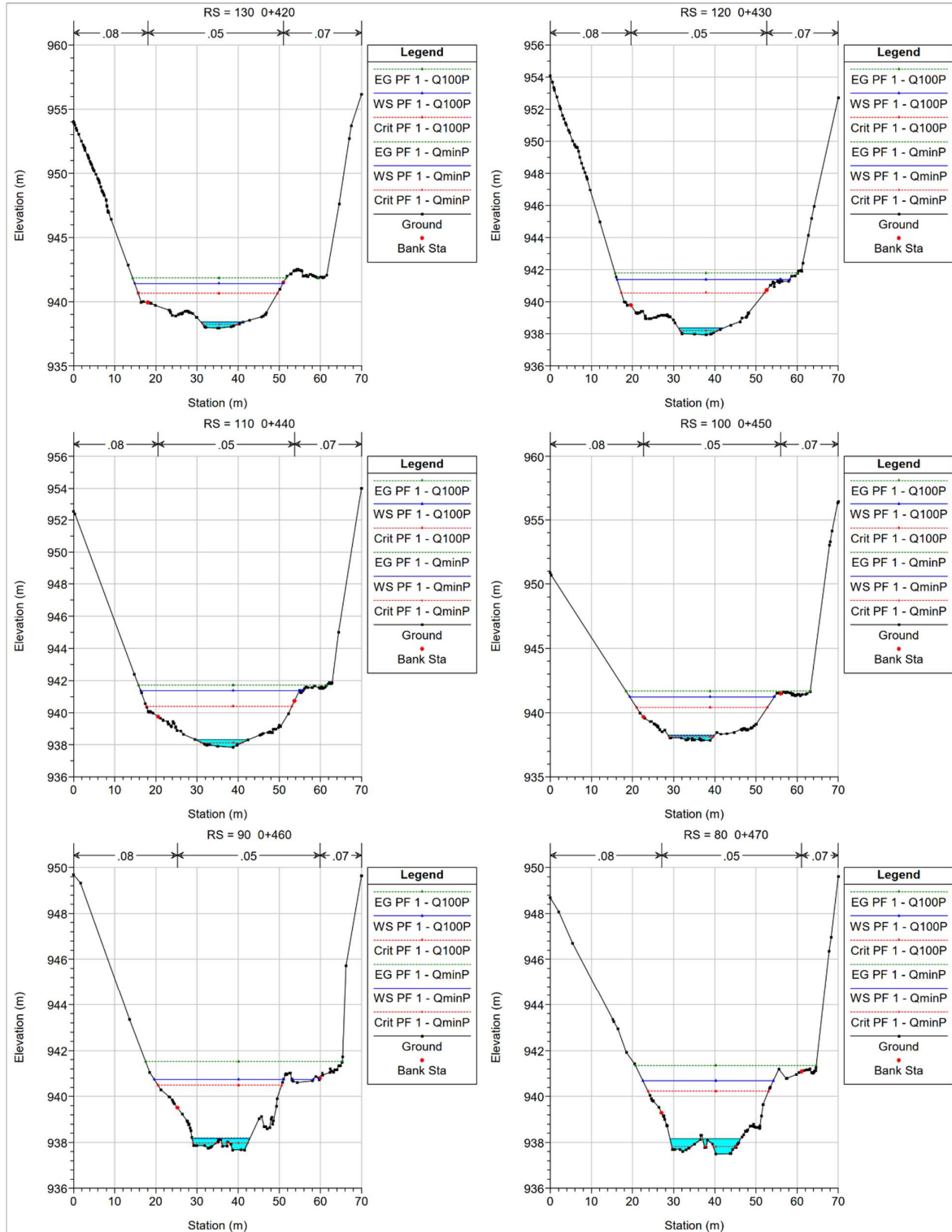


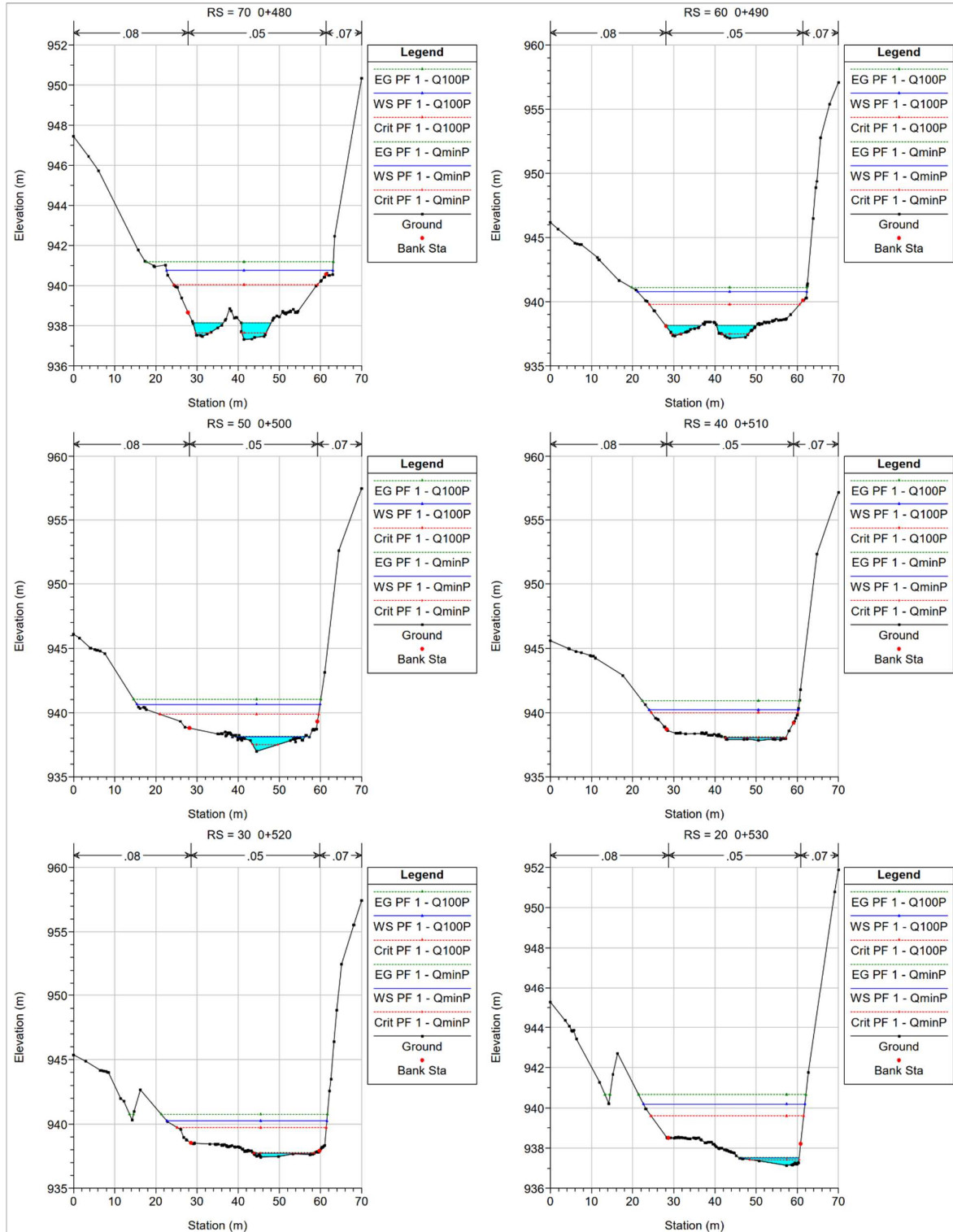


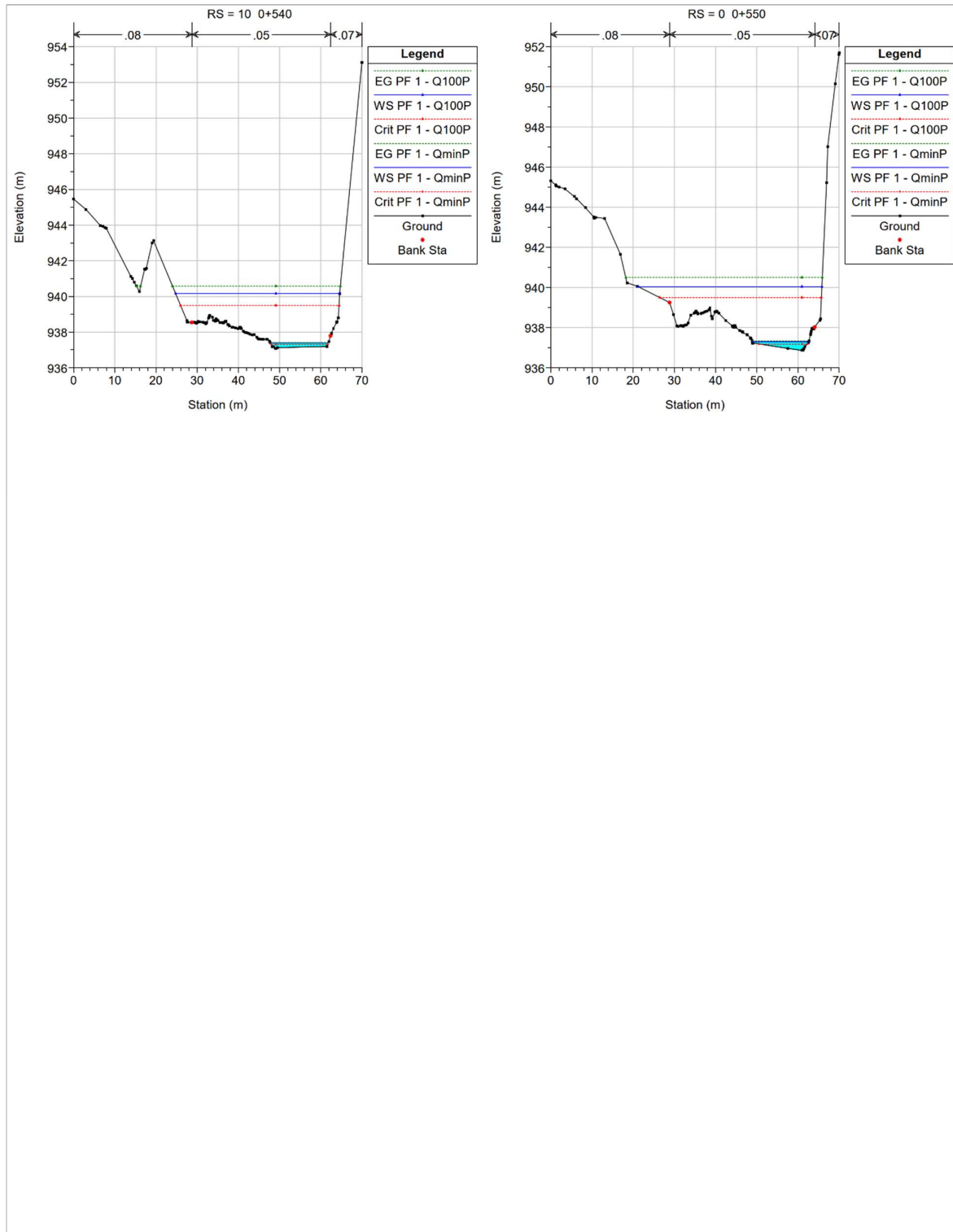












Anexo D

(Resultados cálculo de enrocados según la fórmula de Lopardo-Estellé)

Tabla D-1 – Resultados cálculo de enrocados según la fórmula de Lopardo-Estellé para un enrocado con talud 1:1 (45°)

River Station	Q Total	Min Ch El	W,S, Elev	Vel Chnl	h	theta	cos	sen	phi	cos	sen	ds	h/ds	validez
	(m3/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(°)	(-)	(-)	(°)	(-)	(-)	(m)	(-)	
263	243	939,50	943,06	3,98	3,56	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,49	7,22	ERROR
262	243	939,47	943,07	3,91	3,60	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,46	7,76	ERROR
261	243	939,44	943,09	3,80	3,65	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,42	8,64	ERROR
260	243	939,38	943,14	3,55	3,76	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,34	11,07	OK
259	243	939,34	943,16	3,45	3,82	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,31	12,34	OK
258	243	939,31	943,15	3,42	3,84	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,30	12,77	OK
257	243	939,29	943,12	3,50	3,83	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,32	11,87	OK
256	243	939,27	943,10	3,52	3,83	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,33	11,67	OK
255	243	939,25	943,09	3,51	3,84	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,33	11,81	OK
254	243	939,23	943,08	3,51	3,85	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,32	11,86	OK
253	243	939,20	943,05	3,56	3,85	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,34	11,37	OK
252	243	939,18	943,01	3,65	3,83	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,37	10,48	OK
251	243	939,16	942,98	3,70	3,82	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,38	10,00	OK
250	243	939,13	942,97	3,68	3,84	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,37	10,25	OK
249	243	939,11	942,99	3,59	3,88	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,35	11,21	OK
248	243	939,08	942,98	3,57	3,90	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,34	11,50	OK
247	243	939,04	942,96	3,57	3,92	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,34	11,60	OK
246	243	939,00	942,96	3,55	3,96	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,33	11,98	OK
245	243	938,96	942,97	3,47	4,01	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,31	13,05	OK
244	243	938,93	942,97	3,42	4,04	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,29	13,78	OK
243	243	938,91	942,97	3,37	4,06	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,28	14,51	OK
242	243	938,90	942,97	3,37	4,07	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,28	14,57	OK
241	243	938,89	942,95	3,38	4,06	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,28	14,38	OK
240	243	938,87	942,94	3,38	4,07	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,28	14,44	OK
239	243	938,85	942,94	3,37	4,09	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,28	14,67	OK
238	243	938,82	942,93	3,36	4,11	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,28	14,91	OK
237	243	938,79	942,93	3,30	4,14	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,26	15,92	OK
236	243	938,77	942,93	3,29	4,16	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,26	16,18	OK
235	243	938,74	942,93	3,26	4,19	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,25	16,81	OK
234	243	938,72	942,93	3,22	4,21	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,24	17,57	OK
233	243	938,79	942,92	3,25	4,13	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,25	16,61	OK
232	243	938,85	942,90	3,27	4,05	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,26	15,84	OK
231	243	938,90	942,88	3,31	3,98	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,27	14,87	OK
230	243	938,92	942,85	3,37	3,93	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,28	13,83	OK
229	243	938,94	942,84	3,38	3,90	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,29	13,56	OK
228	243	938,96	942,81	3,42	3,85	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,30	12,83	OK
227	243	938,99	942,75	3,56	3,76	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,34	10,98	OK
226	243	939,01	942,67	3,72	3,66	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,40	9,24	OK
225	243	939,03	942,50	4,07	3,47	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,53	6,51	ERROR

River Station	Q Total	Min Ch El	W,S, Elev	Vel Chnl	h	theta	cos	sen	phi	cos	sen	ds	h/ds	validez
224	243	939,03	942,48	4,06	3,45	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,53	6,50	ERROR
223	243	939,04	942,49	3,97	3,45	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,50	6,95	ERROR
222	243	939,05	942,50	3,89	3,45	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,47	7,39	ERROR
221	243	939,02	942,51	3,80	3,49	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,43	8,06	ERROR
220	243	938,87	942,54	3,66	3,67	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,38	9,74	OK
219	243	938,83	942,55	3,57	3,72	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,35	10,72	OK
218	243	938,81	942,51	3,65	3,70	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,37	9,93	OK
217	243	938,79	942,44	3,79	3,65	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,42	8,70	ERROR
216	243	938,78	942,43	3,78	3,65	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,42	8,78	ERROR
215	243	938,76	942,40	3,83	3,64	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,43	8,39	ERROR
214	243	938,74	942,39	3,80	3,65	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,42	8,63	ERROR
213	243	938,72	942,40	3,71	3,68	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,39	9,40	OK
212	243	938,71	942,39	3,69	3,68	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,39	9,55	OK
211	243	938,69	942,37	3,72	3,68	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,39	9,32	OK
210	243	938,67	942,33	3,79	3,66	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,42	8,74	ERROR
209	243	938,66	942,31	3,79	3,65	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,42	8,70	ERROR
208	243	938,64	942,30	3,79	3,66	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,42	8,73	ERROR
207	243	938,62	942,28	3,79	3,66	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,42	8,73	ERROR
206	243	938,61	942,13	4,10	3,52	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,54	6,50	ERROR
205	243	938,59	942,16	3,96	3,57	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,48	7,37	ERROR
204	243	938,57	942,15	3,92	3,58	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,47	7,63	ERROR
203	243	938,56	942,15	3,89	3,59	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,46	7,84	ERROR
202	243	938,54	942,14	3,85	3,60	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,44	8,13	ERROR
201	243	938,52	942,12	3,85	3,60	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,44	8,12	ERROR
200	243	938,51	941,99	4,11	3,48	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,55	6,35	ERROR
199	243	938,49	942,00	4,03	3,51	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,51	6,82	ERROR
198	243	938,48	941,99	4,01	3,51	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,51	6,92	ERROR
197	243	938,46	942,06	3,70	3,60	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,39	9,17	OK
196	243	938,44	942,06	3,63	3,62	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,37	9,79	OK
195	243	938,43	941,93	3,91	3,50	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,47	7,44	ERROR
194	243	938,41	941,92	3,91	3,51	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,47	7,47	ERROR
193	243	938,39	941,91	3,89	3,52	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,46	7,62	ERROR
192	243	938,37	941,91	3,85	3,54	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,45	7,93	ERROR
191	243	938,36	941,92	3,77	3,56	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,42	8,52	ERROR
190	243	938,34	941,92	3,70	3,58	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,39	9,08	OK
189	243	938,32	941,93	3,65	3,61	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,38	9,59	OK
188	243	938,31	941,91	3,66	3,60	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,38	9,46	OK
187	243	938,29	941,93	3,54	3,64	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,34	10,64	OK
186	243	938,27	941,93	3,49	3,66	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,33	11,19	OK
185	243	938,26	941,93	3,45	3,67	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,32	11,62	OK
184	243	938,24	941,89	3,53	3,65	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,34	10,76	OK
183	243	938,22	941,83	3,65	3,61	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,38	9,58	OK

River Station	Q Total	Min Ch El	W,S, Elev	Vel Chnl	h	theta	cos	sen	phi	cos	sen	ds	h/ds	validez
182	243	938,20	941,73	3,85	3,53	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,45	7,89	ERROR
181	243	938,19	941,68	3,94	3,49	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,48	7,24	ERROR
180	243	938,17	941,70	3,82	3,53	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,44	8,08	ERROR
179	243	938,15	941,71	3,75	3,56	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,41	8,65	ERROR
178	243	938,14	941,69	3,75	3,55	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,41	8,61	ERROR
177	243	938,12	941,70	3,65	3,58	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,38	9,46	OK
176	243	938,10	941,74	3,48	3,64	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,33	11,19	OK
175	243	938,08	941,77	3,31	3,69	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,28	13,27	OK
174	243	938,07	941,82	3,05	3,75	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,22	17,38	OK
173	243	938,04	941,82	3,03	3,78	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,21	17,94	OK
172	243	938,03	941,80	3,07	3,77	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,22	17,18	OK
171	243	938,02	941,75	3,20	3,73	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,25	14,93	OK
170	243	938,00	941,71	3,29	3,71	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,27	13,62	OK
169	243	937,98	941,73	3,19	3,75	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,25	15,19	OK
168	243	937,96	941,73	3,13	3,77	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,23	16,19	OK
167	243	937,94	941,72	3,14	3,78	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,23	16,11	OK
166	243	937,93	941,71	3,13	3,78	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,23	16,27	OK
165	243	937,95	941,71	3,11	3,76	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,23	16,45	OK
164	243	937,95	941,70	3,13	3,75	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,23	16,05	OK
163	243	937,95	941,69	3,13	3,74	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,23	15,99	OK
162	243	937,95	941,69	3,10	3,74	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,23	16,46	OK
161	243	937,95	941,66	3,15	3,71	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,24	15,50	OK
160	243	937,95	941,65	3,18	3,70	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,25	15,00	OK
159	243	937,94	941,64	3,17	3,70	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,24	15,17	OK
158	243	937,94	941,63	3,18	3,69	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,25	14,96	OK
157	243	937,94	941,62	3,15	3,68	45,00	0,71	0,71	70,00	0,34	0,94	0,24	15,33	OK
156	243	937,94	941,61	3,18	3,67	45,00	0,71	0,71	71,00	0,33	0,95	0,24	15,03	OK
155	243	937,94	941,60	3,18	3,66	45,00	0,71	0,71	72,00	0,31	0,95	0,24	15,12	OK
154	243	937,94	941,59	3,15	3,65	45,00	0,71	0,71	73,00	0,29	0,96	0,23	15,65	OK
153	243	937,94	941,59	3,12	3,65	45,00	0,71	0,71	74,00	0,28	0,96	0,22	16,27	OK
152	243	937,93	941,59	3,07	3,66	45,00	0,71	0,71	75,00	0,26	0,97	0,21	17,29	OK
151	243	937,93	941,59	3,05	3,66	45,00	0,71	0,71	76,00	0,24	0,97	0,21	17,76	OK
150	243	937,93	941,58	3,06	3,65	45,00	0,71	0,71	77,00	0,22	0,97	0,21	17,64	OK
149	243	937,93	941,57	3,04	3,64	45,00	0,71	0,71	78,00	0,21	0,98	0,20	18,03	OK
148	243	937,94	941,57	3,02	3,63	45,00	0,71	0,71	79,00	0,19	0,98	0,20	18,42	OK
147	243	937,94	941,56	3,01	3,62	45,00	0,71	0,71	80,00	0,17	0,98	0,19	18,62	OK
146	243	937,94	941,54	3,06	3,60	45,00	0,71	0,71	81,00	0,16	0,99	0,20	17,66	OK
145	243	937,95	941,56	2,95	3,61	45,00	0,71	0,71	82,00	0,14	0,99	0,18	19,87	OK
144	243	937,95	941,54	2,97	3,59	45,00	0,71	0,71	83,00	0,12	0,99	0,19	19,38	OK
143	243	937,96	941,55	2,91	3,59	45,00	0,71	0,71	84,00	0,10	0,99	0,17	20,69	OK

Tabla D-2 – Resultados cálculo de enrocados según la fórmula de Lopardo-Estellé para un enrocado con talud 1,5:1 (33,7°)

River Station	Q Total	Min Ch El	W,S, Elev	Vel Chnl	h	theta	cos	sen	phi	cos	sen	ds	h/ds	validez
	(m3/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(°)	(-)	(-)	(°)	(-)	(-)	(m)	(-)	
263	243	939,50	943,06	3,98	3,56	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,36	9,81	OK
262	243	939,47	943,07	3,91	3,60	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,34	10,52	OK
261	243	939,44	943,09	3,80	3,65	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,31	11,69	OK
260	243	939,38	943,14	3,55	3,76	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,25	15,00	OK
259	243	939,34	943,16	3,45	3,82	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,23	16,73	OK
258	243	939,31	943,15	3,42	3,84	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,22	17,31	OK
257	243	939,29	943,12	3,50	3,83	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,24	16,09	OK
256	243	939,27	943,10	3,52	3,83	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,24	15,81	OK
255	243	939,25	943,09	3,51	3,84	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,24	16,01	OK
254	243	939,23	943,08	3,51	3,85	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,24	16,08	OK
253	243	939,20	943,05	3,56	3,85	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,25	15,41	OK
252	243	939,18	943,01	3,65	3,83	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,27	14,18	OK
251	243	939,16	942,98	3,70	3,82	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,28	13,56	OK
250	243	939,13	942,97	3,68	3,84	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,28	13,89	OK
249	243	939,11	942,99	3,59	3,88	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,26	15,20	OK
248	243	939,08	942,98	3,57	3,90	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,25	15,58	OK
247	243	939,04	942,96	3,57	3,92	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,25	15,70	OK
246	243	939,00	942,96	3,55	3,96	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,24	16,21	OK
245	243	938,96	942,97	3,47	4,01	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,23	17,69	OK
244	243	938,93	942,97	3,42	4,04	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,22	18,68	OK
243	243	938,91	942,97	3,37	4,06	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,21	19,67	OK
242	243	938,90	942,97	3,37	4,07	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,21	19,74	OK
241	243	938,89	942,95	3,38	4,06	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,21	19,50	OK
240	243	938,87	942,94	3,38	4,07	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,21	19,57	OK
239	243	938,85	942,94	3,37	4,09	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,21	19,89	OK
238	243	938,82	942,93	3,36	4,11	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,20	20,21	OK
237	243	938,79	942,93	3,30	4,14	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,19	21,57	OK
236	243	938,77	942,93	3,29	4,16	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,19	21,93	OK
235	243	938,74	942,93	3,26	4,19	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,18	22,78	OK
234	243	938,72	942,93	3,22	4,21	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,18	23,81	OK
233	243	938,79	942,92	3,25	4,13	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,18	22,50	OK
232	243	938,85	942,90	3,27	4,05	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,19	21,45	OK
231	243	938,90	942,88	3,31	3,98	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,20	20,15	OK
230	243	938,92	942,85	3,37	3,93	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,21	18,73	OK
229	243	938,94	942,84	3,38	3,90	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,21	18,35	OK
228	243	938,96	942,81	3,42	3,85	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,22	17,38	OK
227	243	938,99	942,75	3,56	3,76	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,25	14,87	OK
226	243	939,01	942,67	3,72	3,66	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,29	12,52	OK
225	243	939,03	942,50	4,07	3,47	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,39	8,82	ERROR

River Station	Q Total	Min Ch El	W,S, Elev	Vel Chnl	h	theta	cos	sen	phi	cos	sen	ds	h/ds	validez
224	243	939,03	942,48	4,06	3,45	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,39	8,81	ERROR
223	243	939,04	942,49	3,97	3,45	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,37	9,42	OK
222	243	939,05	942,50	3,89	3,45	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,34	10,02	OK
221	243	939,02	942,51	3,80	3,49	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,32	10,93	OK
220	243	938,87	942,54	3,66	3,67	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,28	13,20	OK
219	243	938,83	942,55	3,57	3,72	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,26	14,51	OK
218	243	938,81	942,51	3,65	3,70	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,27	13,47	OK
217	243	938,79	942,44	3,79	3,65	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,31	11,79	OK
216	243	938,78	942,43	3,78	3,65	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,31	11,88	OK
215	243	938,76	942,40	3,83	3,64	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,32	11,37	OK
214	243	938,74	942,39	3,80	3,65	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,31	11,69	OK
213	243	938,72	942,40	3,71	3,68	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,29	12,72	OK
212	243	938,71	942,39	3,69	3,68	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,28	12,93	OK
211	243	938,69	942,37	3,72	3,68	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,29	12,62	OK
210	243	938,67	942,33	3,79	3,66	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,31	11,84	OK
209	243	938,66	942,31	3,79	3,65	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,31	11,79	OK
208	243	938,64	942,30	3,79	3,66	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,31	11,84	OK
207	243	938,62	942,28	3,79	3,66	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,31	11,84	OK
206	243	938,61	942,13	4,10	3,52	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,40	8,82	ERROR
205	243	938,59	942,16	3,96	3,57	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,36	10,00	OK
204	243	938,57	942,15	3,92	3,58	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,35	10,35	OK
203	243	938,56	942,15	3,89	3,59	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,34	10,63	OK
202	243	938,54	942,14	3,85	3,60	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,33	11,01	OK
201	243	938,52	942,12	3,85	3,60	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,33	11,01	OK
200	243	938,51	941,99	4,11	3,48	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,40	8,60	ERROR
199	243	938,49	942,00	4,03	3,51	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,38	9,25	OK
198	243	938,48	941,99	4,01	3,51	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,37	9,38	OK
197	243	938,46	942,06	3,70	3,60	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,29	12,41	OK
196	243	938,44	942,06	3,63	3,62	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,27	13,25	OK
195	243	938,43	941,93	3,91	3,50	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,35	10,08	OK
194	243	938,41	941,92	3,91	3,51	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,35	10,12	OK
193	243	938,39	941,91	3,89	3,52	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,34	10,32	OK
192	243	938,37	941,91	3,85	3,54	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,33	10,74	OK
191	243	938,36	941,92	3,77	3,56	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,31	11,54	OK
190	243	938,34	941,92	3,70	3,58	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,29	12,31	OK
189	243	938,32	941,93	3,65	3,61	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,28	12,98	OK
188	243	938,31	941,91	3,66	3,60	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,28	12,82	OK
187	243	938,29	941,93	3,54	3,64	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,25	14,41	OK
186	243	938,27	941,93	3,49	3,66	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,24	15,16	OK
185	243	938,26	941,93	3,45	3,67	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,23	15,76	OK
184	243	938,24	941,89	3,53	3,65	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,25	14,59	OK
183	243	938,22	941,83	3,65	3,61	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,28	12,98	OK

River Station	Q Total	Min Ch El	W,S, Elev	Vel Chnl	h	theta	cos	sen	phi	cos	sen	ds	h/ds	validez
182	243	938,20	941,73	3,85	3,53	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,33	10,69	OK
181	243	938,19	941,68	3,94	3,49	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,36	9,81	OK
180	243	938,17	941,70	3,82	3,53	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,32	10,95	OK
179	243	938,15	941,71	3,75	3,56	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,30	11,72	OK
178	243	938,14	941,69	3,75	3,55	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,30	11,67	OK
177	243	938,12	941,70	3,65	3,58	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,28	12,82	OK
176	243	938,10	941,74	3,48	3,64	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,24	15,16	OK
175	243	938,08	941,77	3,31	3,69	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,21	17,99	OK
174	243	938,07	941,82	3,05	3,75	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,16	23,55	OK
173	243	938,04	941,82	3,03	3,78	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,16	24,31	OK
172	243	938,03	941,80	3,07	3,77	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,16	23,28	OK
171	243	938,02	941,75	3,20	3,73	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,18	20,23	OK
170	243	938,00	941,71	3,29	3,71	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,20	18,47	OK
169	243	937,98	941,73	3,19	3,75	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,18	20,59	OK
168	243	937,96	941,73	3,13	3,77	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,17	21,97	OK
167	243	937,94	941,72	3,14	3,78	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,17	21,84	OK
166	243	937,93	941,71	3,13	3,78	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,17	22,05	OK
165	243	937,95	941,71	3,11	3,76	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,17	22,30	OK
164	243	937,95	941,70	3,13	3,75	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,17	21,79	OK
163	243	937,95	941,69	3,13	3,74	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,17	21,70	OK
162	243	937,95	941,69	3,10	3,74	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,17	22,34	OK
161	243	937,95	941,66	3,15	3,71	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,18	21,04	OK
160	243	937,95	941,65	3,18	3,70	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,18	20,37	OK
159	243	937,94	941,64	3,17	3,70	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,18	20,56	OK
158	243	937,94	941,63	3,18	3,69	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,18	20,28	OK
157	243	937,94	941,62	3,15	3,68	33,70	0,83	0,55	70,00	0,34	0,94	0,18	20,78	OK
156	243	937,94	941,61	3,18	3,67	33,70	0,83	0,55	71,00	0,33	0,95	0,18	20,22	OK
155	243	937,94	941,60	3,18	3,66	33,70	0,83	0,55	72,00	0,31	0,95	0,18	20,24	OK
154	243	937,94	941,59	3,15	3,65	33,70	0,83	0,55	73,00	0,29	0,96	0,18	20,80	OK
153	243	937,94	941,59	3,12	3,65	33,70	0,83	0,55	74,00	0,28	0,96	0,17	21,52	OK
152	243	937,93	941,59	3,07	3,66	33,70	0,83	0,55	75,00	0,26	0,97	0,16	22,76	OK
151	243	937,93	941,59	3,05	3,66	33,70	0,83	0,55	76,00	0,24	0,97	0,16	23,29	OK
150	243	937,93	941,58	3,06	3,65	33,70	0,83	0,55	77,00	0,22	0,97	0,16	23,04	OK
149	243	937,93	941,57	3,04	3,64	33,70	0,83	0,55	78,00	0,21	0,98	0,16	23,46	OK
148	243	937,94	941,57	3,02	3,63	33,70	0,83	0,55	79,00	0,19	0,98	0,15	23,88	OK
147	243	937,94	941,56	3,01	3,62	33,70	0,83	0,55	80,00	0,17	0,98	0,15	24,08	OK
146	243	937,94	941,54	3,06	3,60	33,70	0,83	0,55	81,00	0,16	0,99	0,16	22,78	OK
145	243	937,95	941,56	2,95	3,61	33,70	0,83	0,55	82,00	0,14	0,99	0,14	25,59	OK
144	243	937,95	941,54	2,97	3,59	33,70	0,83	0,55	83,00	0,12	0,99	0,14	24,93	OK
143	243	937,96	941,55	2,91	3,59	33,70	0,83	0,55	84,00	0,10	0,99	0,14	26,50	OK

Anexo E

(Resultados Modelación Hidráulica para caudal de operación de 0,4 m³/s)

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Froude # Chl
139	0.4	939.44	939.91	939.49	939.91	0.07	5.97	0.03
138.02*	0.4	939.44	939.91	939.49	939.91	0.07	5.97	0.03
137.04*	0.4	939.44	939.91	939.49	939.91	0.07	5.97	0.03
136.06*	0.4	939.44	939.91	939.49	939.91	0.07	5.97	0.03
135.08*	0.4	939.44	939.91	939.49	939.91	0.07	5.97	0.03
134.1	0.4	939.44	939.91	939.49	939.91	0.07	5.97	0.03
134	0.4	939.44	939.78	939.77	939.9	1.5	0.27	0.96
133.00*	0.4	939.44	939.77	939.77	939.89	1.53	0.26	0.99
132.00*	0.4	939.43	939.77	939.76	939.89	1.51	0.26	0.98
131.00*	0.4	939.43	939.77	939.76	939.88	1.49	0.27	0.96
130.00*	0.4	939.42	939.77	939.75	939.88	1.47	0.27	0.94
129.00*	0.4	939.42	939.77	939.76	939.88	1.44	0.28	0.92
128.00*	0.4	939.41	939.75	939.74	939.87	1.54	0.26	1
127.00*	0.4	939.41	939.75	939.74	939.87	1.52	0.26	0.98
126.00*	0.4	939.4	939.75	939.74	939.86	1.5	0.27	0.96
125.00*	0.4	939.4	939.75	939.73	939.86	1.47	0.27	0.94
124.00*	0.4	939.39	939.75	939.72	939.85	1.45	0.28	0.92
123.00*	0.4	939.39	939.75	939.73	939.85	1.42	0.28	0.9
122.00*	0.4	939.39	939.75	939.72	939.85	1.4	0.29	0.88
121.00*	0.4	939.38	939.75	939.71	939.84	1.38	0.29	0.86
120.00*	0.4	939.38	939.75	939.71	939.84	1.35	0.3	0.84
119.00*	0.4	939.37	939.75	939.71	939.84	1.33	0.3	0.82
118.00*	0.4	939.37	939.75	939.7	939.83	1.31	0.31	0.8
117.00*	0.4	939.36	939.75	939.7	939.83	1.28	0.31	0.78
116.00*	0.4	939.36	939.75	939.7	939.83	1.26	0.32	0.76
115.00*	0.4	939.35	939.75	939.68	939.83	1.24	0.32	0.74
114.00*	0.4	939.35	939.75	939.68	939.82	1.22	0.33	0.72
113.00*	0.4	939.34	939.75	939.68	939.82	1.2	0.33	0.71
112.00*	0.4	939.34	939.75	939.67	939.82	1.18	0.34	0.69
111.00*	0.4	939.33	939.75	939.67	939.82	1.16	0.34	0.67
110.00*	0.4	939.33	939.75	939.67	939.81	1.14	0.35	0.66
109.00*	0.4	939.33	939.75	939.66	939.81	1.12	0.36	0.64
108.00*	0.4	939.32	939.75	939.66	939.81	1.11	0.36	0.63
107.00*	0.4	939.32	939.75	939.65	939.81	1.09	0.37	0.62
106.00*	0.4	939.31	939.75	939.64	939.81	1.07	0.37	0.6
105.00*	0.4	939.31	939.75	939.64	939.81	1.06	0.38	0.59
104.00*	0.4	939.3	939.75	939.63	939.81	1.04	0.38	0.58
103.00*	0.4	939.3	939.75	939.63	939.8	1.03	0.39	0.57
102.00*	0.4	939.29	939.75	939.62	939.8	1.01	0.4	0.55
101.00*	0.4	939.29	939.75	939.62	939.8	1	0.4	0.54
100.00*	0.4	939.28	939.75	939.62	939.8	0.98	0.41	0.53
99.00*	0.4	939.28	939.75	939.62	939.8	0.97	0.41	0.52

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	
98.00*	0.4	939.27	939.75	939.61	939.8	0.96	0.42	0.51
97.00*	0.4	939.27	939.75	939.6	939.8	0.94	0.42	0.5
96.00*	0.4	939.27	939.75	939.6	939.8	0.93	0.43	0.49
95.00*	0.4	939.26	939.75	939.59	939.8	0.92	0.43	0.48
94.00*	0.4	939.26	939.75	939.59	939.79	0.91	0.44	0.48
93.00*	0.4	939.25	939.75	939.59	939.79	0.9	0.45	0.47
92.00*	0.4	939.25	939.75	939.58	939.79	0.89	0.45	0.46
91.00*	0.4	939.24	939.75	939.58	939.79	0.87	0.46	0.45
90.00*	0.4	939.24	939.75	939.57	939.79	0.86	0.46	0.44
89.00*	0.4	939.23	939.75	939.56	939.79	0.85	0.47	0.43
88.00*	0.4	939.23	939.75	939.57	939.79	0.84	0.47	0.43
87.00*	0.4	939.22	939.75	939.55	939.79	0.83	0.48	0.42
86.00*	0.4	939.22	939.75	939.56	939.79	0.82	0.49	0.41
85.00*	0.4	939.22	939.75	939.55	939.79	0.81	0.49	0.4
84.00*	0.4	939.21	939.75	939.55	939.79	0.8	0.5	0.4
83.00*	0.4	939.21	939.75	939.54	939.79	0.8	0.5	0.39
82.00*	0.4	939.2	939.75	939.53	939.79	0.79	0.51	0.38
81.00*	0.4	939.2	939.75	939.53	939.79	0.78	0.51	0.38
80.00*	0.4	939.19	939.75	939.52	939.78	0.77	0.52	0.37
79.00*	0.4	939.19	939.75	939.52	939.78	0.76	0.53	0.37
78.00*	0.4	939.18	939.75	939.51	939.78	0.75	0.53	0.36
77.00*	0.4	939.18	939.75	939.51	939.78	0.75	0.54	0.36
76.00*	0.4	939.17	939.76	939.51	939.78	0.74	0.54	0.35
75.00*	0.4	939.17	939.76	939.5	939.78	0.73	0.55	0.34
74.00*	0.4	939.16	939.76	939.5	939.78	0.72	0.55	0.34
73.00*	0.4	939.16	939.76	939.49	939.78	0.72	0.56	0.33
72.00*	0.4	939.16	939.76	939.49	939.78	0.71	0.56	0.33
71.00*	0.4	939.15	939.76	939.49	939.78	0.7	0.57	0.29
70.00*	0.4	939.15	939.76	939.48	939.78	0.69	0.58	0.28
69.00*	0.4	939.14	939.76	939.48	939.78	0.69	0.58	0.28
68.00*	0.4	939.14	939.76	939.47	939.78	0.68	0.59	0.28
67.00*	0.4	939.13	939.76	939.46	939.78	0.67	0.59	0.27
66.00*	0.4	939.13	939.76	939.47	939.78	0.67	0.6	0.27
65.00*	0.4	939.12	939.76	939.46	939.78	0.66	0.6	0.27
64.00*	0.4	939.12	939.76	939.46	939.78	0.66	0.61	0.26
63.00*	0.4	939.11	939.76	939.44	939.78	0.65	0.62	0.26
62.00*	0.4	939.11	939.76	939.44	939.78	0.64	0.62	0.26
61.00*	0.4	939.1	939.76	939.44	939.78	0.64	0.63	0.25
60.00*	0.4	939.1	939.76	939.43	939.78	0.63	0.63	0.25
59.00*	0.4	939.09	939.76	939.43	939.78	0.63	0.64	0.25
58.00*	0.4	939.09	939.76	939.42	939.78	0.62	0.64	0.24
57.00*	0.4	939.09	939.76	939.42	939.78	0.62	0.65	0.24

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	
56.00*	0.4	939.08	939.76	939.42	939.78	0.61	0.65	0.24
55.00*	0.4	939.08	939.76	939.41	939.78	0.61	0.66	0.23
54.00*	0.4	939.07	939.76	939.41	939.78	0.6	0.67	0.23
53.00*	0.4	939.07	939.76	939.41	939.77	0.6	0.67	0.23
52.00*	0.4	939.06	939.76	939.4	939.77	0.59	0.68	0.23
51.00*	0.4	939.06	939.76	939.39	939.77	0.59	0.68	0.22
50.00*	0.4	939.05	939.76	939.39	939.77	0.58	0.69	0.22
49.00*	0.4	939.05	939.76	939.39	939.77	0.58	0.69	0.22
48.00*	0.4	939.04	939.76	939.37	939.77	0.57	0.7	0.22
47.00*	0.4	939.04	939.76	939.37	939.77	0.57	0.7	0.21
46.00*	0.4	939.03	939.76	939.37	939.77	0.56	0.71	0.21
45.00*	0.4	939.03	939.76	939.36	939.77	0.56	0.71	0.21
44.00*	0.4	939.03	939.76	939.36	939.77	0.56	0.72	0.21
43.00*	0.4	939.02	939.76	939.36	939.77	0.55	0.73	0.21
42.00*	0.4	939.02	939.76	939.35	939.77	0.55	0.73	0.2
41.00*	0.4	939.01	939.76	939.34	939.77	0.54	0.74	0.2
40.00*	0.4	939.01	939.76	939.34	939.77	0.54	0.74	0.2
39.00*	0.4	939	939.76	939.34	939.77	0.54	0.75	0.2
38.00*	0.4	939	939.76	939.33	939.77	0.53	0.75	0.2
37.00*	0.4	938.99	939.76	939.33	939.77	0.53	0.76	0.19
36.00*	0.4	938.99	939.76	939.33	939.77	0.52	0.76	0.19
35	0.4	938.98	939.76	939.31	939.77	0.52	0.77	0.19
34.99	0.4	938.98	939.76	939.21	939.77	0.43	0.93	0.16
33.991*	0.4	938.98	939.76	939.2	939.77	0.43	0.94	0.15
32.992*	0.4	938.97	939.76	939.2	939.77	0.42	0.94	0.15
31.993*	0.4	938.97	939.76	939.19	939.77	0.42	0.95	0.15
30.994*	0.4	938.97	939.76	939.19	939.77	0.42	0.95	0.15
29.995*	0.4	938.96	939.76	939.19	939.77	0.42	0.96	0.15
28.996*	0.4	938.96	939.76	939.18	939.77	0.41	0.97	0.15
27.997*	0.4	938.95	939.76	939.18	939.77	0.41	0.97	0.15
26.998*	0.4	938.95	939.76	939.17	939.77	0.41	0.98	0.14
25.999*	0.4	938.94	939.76	939.17	939.77	0.41	0.98	0.14
25	0.4	938.94	939.76	939.16	939.77	0.4	0.99	0.14
24.99	0.4	938.94	939.76	939.16	939.77	0.4	0.99	0.14
24.000*	0.4	938.93	939.76	939.16	939.77	0.4	0.99	0.14
23.010*	0.4	938.93	939.76	939.15	939.77	0.4	1	0.14
22.020*	0.4	938.92	939.76	939.15	939.77	0.4	1.01	0.14
21.030*	0.4	938.92	939.76	939.14	939.77	0.4	1.01	0.14
20.040*	0.4	938.91	939.76	939.14	939.77	0.39	1.02	0.14
19.050*	0.4	938.91	939.76	939.13	939.77	0.39	1.02	0.14
18.060*	0.4	938.9	939.76	939.13	939.77	0.39	1.03	0.13
17.070*	0.4	938.9	939.76	939.12	939.77	0.39	1.03	0.13

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	
16.080*	0.4	938.89	939.76	939.12	939.77	0.39	1.04	0.13
15.090*	0.4	938.89	939.76	939.11	939.77	0.38	1.04	0.13
14.100*	0.4	938.88	939.76	939.11	939.77	0.38	1.05	0.13
13.110*	0.4	938.88	939.76	939.1	939.77	0.38	1.06	0.13
12.120*	0.4	938.88	939.76	939.1	939.77	0.38	1.06	0.13
11.130*	0.4	938.87	939.76	939.09	939.77	0.37	1.07	0.13
10.140*	0.4	938.87	939.76	939.09	939.77	0.37	1.07	0.13
9.150*	0.4	938.86	939.76	939.08	939.77	0.37	1.08	0.12
8.160*	0.4	938.86	939.76	939.08	939.77	0.37	1.08	0.12
7.170*	0.4	938.85	939.76	939.08	939.77	0.37	1.09	0.12
6.180*	0.4	938.85	939.76	939.07	939.77	0.37	1.1	0.12
5.19	0.4	938.84	939.76	939.07	939.77	0.36	1.1	0.12
5.18	0.4	938.84	939.76	939.07	939.77	0.36	1.1	0.12
4.3233*	0.4	938.84	939.76	939.06	939.77	0.36	1.11	0.12
3.4667*	0.4	938.83	939.76	939.06	939.77	0.36	1.11	0.12
2.61	0.4	938.83	939.76	939.05	939.76	0.36	1.12	0.12
2.6	0.4	939.4	939.69	939.62	939.76	1.13	0.35	0.67
2.5	Inl Struct							
2.29	0.4	939.4	939.63	939.62	939.74	1.42	0.28	0.93
1.5267*	0.4	939.39	939.63	939.62	939.73	1.42	0.28	0.93
0.7633*	0.4	939.39	939.63	939.61	939.73	1.41	0.28	0.93
0	0.4	939.39	939.61	939.61	939.72	1.48	0.27	1
-0.8750*	0.4	939.38	939.65	939.56	939.69	0.91	0.44	0.57
-1.7500*	0.4	939.38	939.66	939.53	939.68	0.66	0.6	0.41
-2.6250*	0.4	939.38	939.66	939.51	939.68	0.52	0.76	0.32
-3.5	0.4	939.37	939.67	939.49	939.68	0.43	0.92	0.26
-4.4500*	0.4	939.37	939.67	939.49	939.68	0.41	0.97	0.25
-5.4000*	0.4	939.37	939.67	939.48	939.68	0.39	1.02	0.23
-6.3500*	0.4	939.36	939.67	939.47	939.68	0.37	1.07	0.22
-7.3000*	0.4	939.36	939.67	939.47	939.68	0.36	1.12	0.21
-8.2500*	0.4	939.35	939.67	939.46	939.68	0.34	1.17	0.2
-9.2000*	0.4	939.35	939.67	939.46	939.67	0.33	1.22	0.19
-10.150*	0.4	939.35	939.67	939.45	939.67	0.31	1.27	0.18
-11.100*	0.4	939.34	939.67	939.44	939.67	0.3	1.33	0.17
-12.050*	0.4	939.34	939.67	939.44	939.67	0.29	1.38	0.16
-13	0.4	939.33	939.67	939.43	939.67	0.28	1.44	0.16
-13.944*	0.4	939.33	939.67	939.43	939.67	0.27	1.46	0.15
-14.888*	0.4	939.33	939.67	939.42	939.67	0.27	1.49	0.15
-15.833*	0.4	939.32	939.67	939.42	939.67	0.26	1.52	0.14
-16.777*	0.4	939.32	939.67	939.42	939.67	0.26	1.55	0.14
-17.722*	0.4	939.32	939.67	939.41	939.67	0.25	1.58	0.14
-18.666*	0.4	939.31	939.67	939.41	939.67	0.25	1.61	0.13

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	
-19.611*	0.4	939.31	939.67	939.4	939.67	0.24	1.64	0.13
-20.555*	0.4	939.3	939.67	939.4	939.67	0.24	1.67	0.13
-21.5	0.4	939.3	939.67	939.39	939.67	0.24	1.7	0.13
-22.500*	0.4	939.3	939.67	939.39	939.67	0.25	1.6	0.13
-23.500*	0.4	939.29	939.67	939.4	939.67	0.27	1.5	0.14
-24.500*	0.4	939.29	939.67	939.4	939.67	0.29	1.39	0.15
-25.500*	0.4	939.29	939.67	939.4	939.67	0.31	1.29	0.16
-26.500*	0.4	939.28	939.67	939.4	939.67	0.34	1.18	0.18
-27.500*	0.4	939.28	939.67	939.41	939.67	0.37	1.07	0.19
-28.500*	0.4	939.27	939.66	939.41	939.67	0.42	0.95	0.22
-29.500*	0.4	939.27	939.66	939.42	939.67	0.48	0.84	0.25
-30.500*	0.4	939.27	939.66	939.44	939.67	0.56	0.72	0.29
-31.500*	0.4	939.26	939.65	939.45	939.67	0.68	0.59	0.35
-32.500*	0.4	939.26	939.63	939.48	939.67	0.88	0.46	0.46
-33.5	0.4	939.25	939.55	939.52	939.66	1.45	0.28	0.86