



DISEÑO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA: MACRA DESIGN VS HEC-RAS

Septiembre 5, 2023

MACCAFERRI



5'

Introducción

10'

Características de nuestro software MacRA Design

25'

MacRA Design vs HEC-RAS: demostración en vivo

Sesión de P&R en vivo

Orador

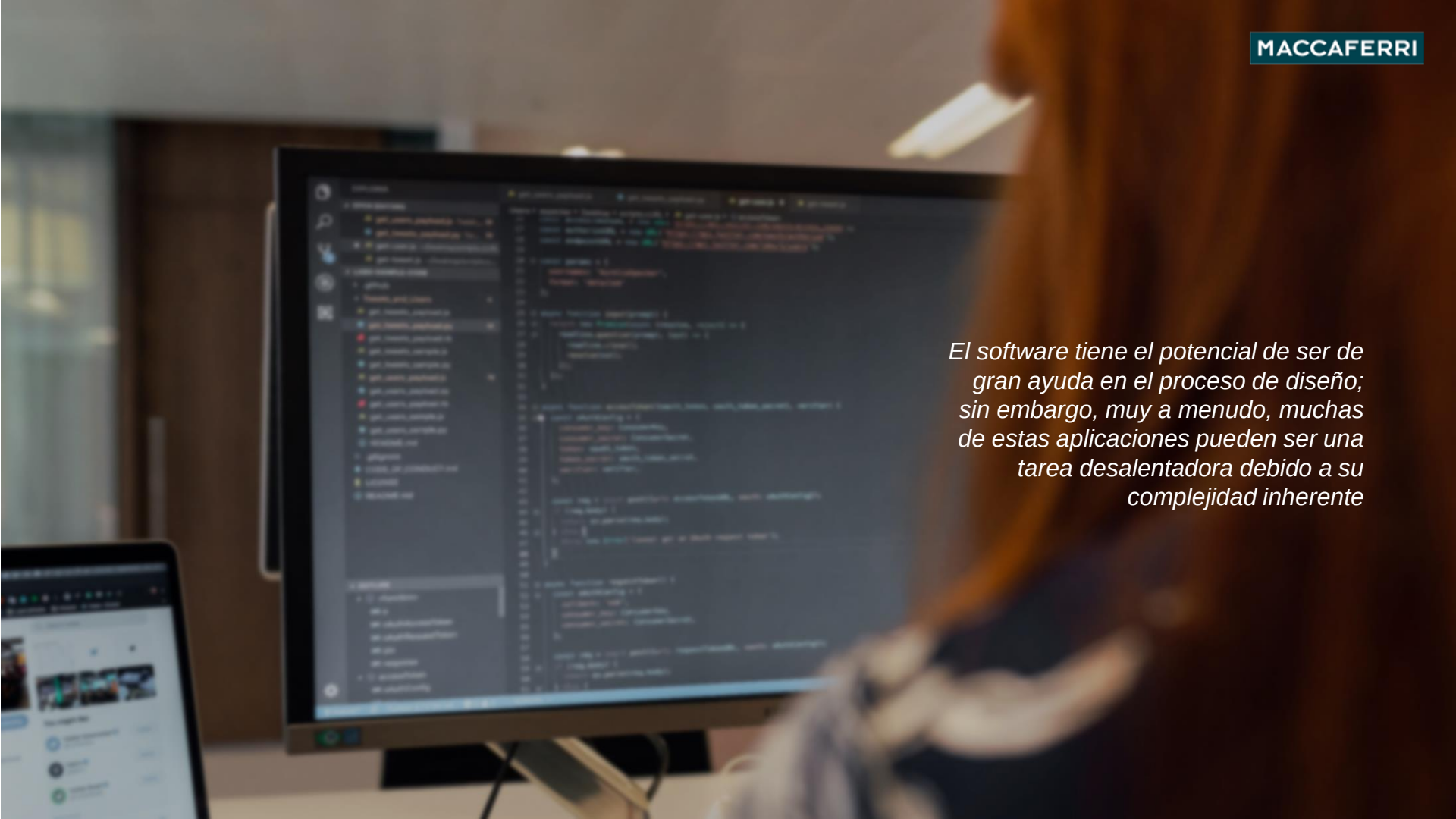
Stefano Rignanese - DT Business Development Coordinator

La integración de los sistemas de ingeniería hidráulica en el entorno natural es un aspecto crucial del desarrollo sostenible



An aerial photograph showing a wide, winding river flowing through a vast, green agricultural landscape. The river curves from the top right towards the bottom left. The fields on either side are marked with distinct, curved tracks, likely from heavy machinery. In the background, there are clusters of trees and small buildings, suggesting a rural setting. The lighting is warm, indicating late afternoon or early morning.

*Sin embargo, las complejidades que implica
el diseño de soluciones hidráulicas a menudo
presentan desafíos para los ingenieros*

A person with long hair is seen from the back, working at a desk. A large monitor displays a code editor with a dark theme, showing a file explorer on the left and code in the main area. A tablet in the foreground shows a social media or news feed. The background is a blurred office environment.

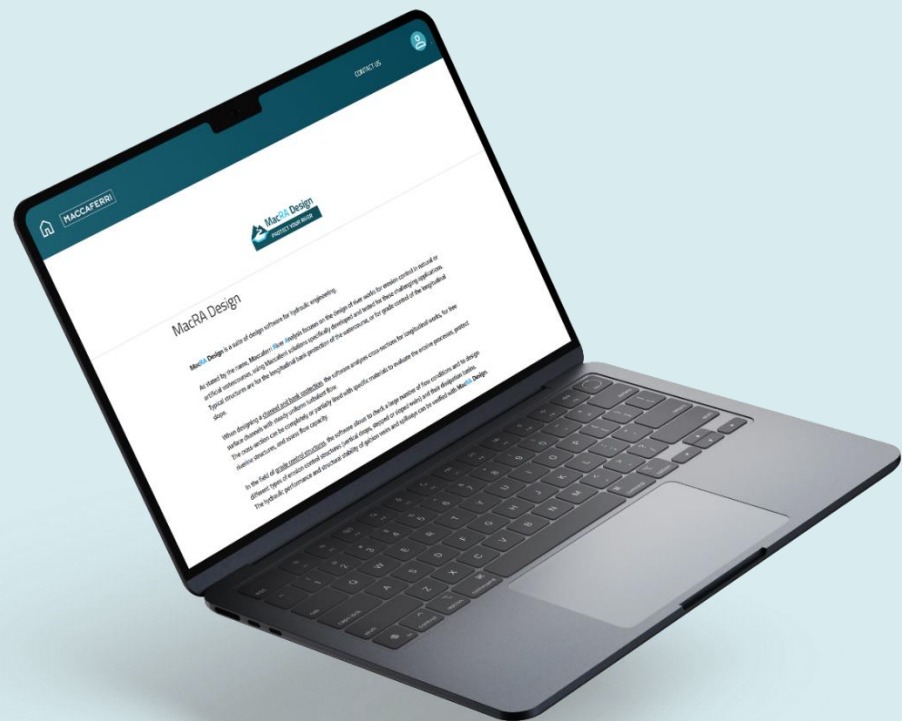
El software tiene el potencial de ser de gran ayuda en el proceso de diseño; sin embargo, muy a menudo, muchas de estas aplicaciones pueden ser una tarea desalentadora debido a su complejidad inherente

SOFTWARE HEC-RAS

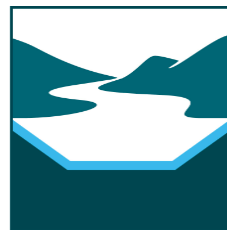
HEC-RAS es un software comúnmente utilizado para análisis hidráulico, capaz de evaluar flujos inestables con geometrías complejas.

Implementa algoritmos muy sofisticados, capaces de reproducir prácticamente cualquier condición hidráulica, y para ello requiere una gran cantidad de datos en entrada.





Maccaferri River Analysis es un conjunto de software de diseño para ingeniería hidráulica, que se centra en el diseño de obras fluviales para el control de la erosión en cursos de agua naturales o artificiales, utilizando soluciones Maccaferri específicamente desarrolladas y ensayadas en laboratorio para estas aplicaciones desafiantes.

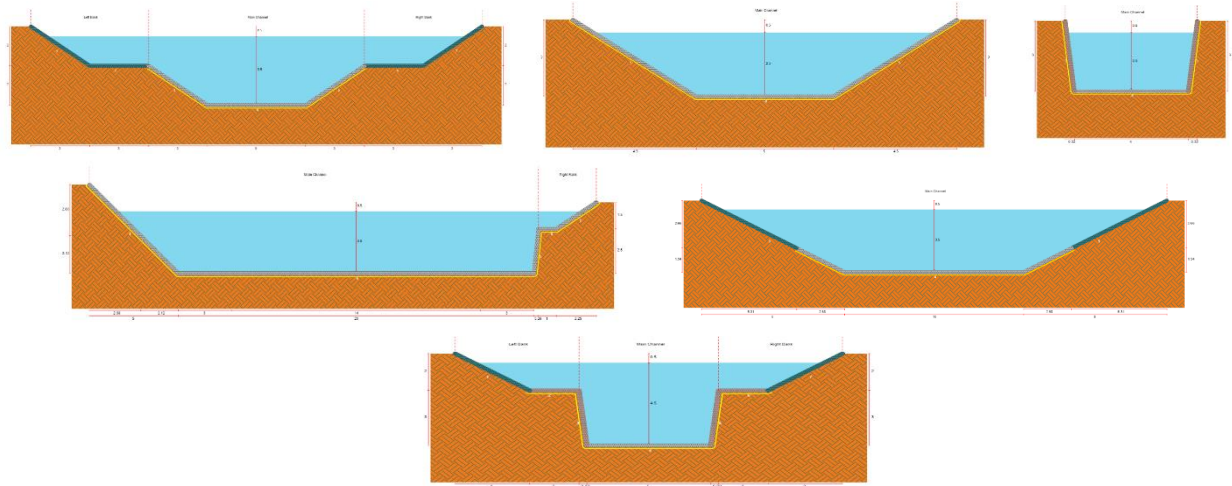


PROTECCIÓN DE
CANALES Y TALUDES

Al diseñar un canal y protección de taludes, el software analiza secciones transversales para trabajos longitudinales, para canales de superficie libre con flujo uniforme.



PROTECCIÓN DE CANALES Y TALUDES



M Sección rectangular

M Secciones trapezoidales simples y dobles

M Secciones con subsectores

M Secciones con taludes verticales



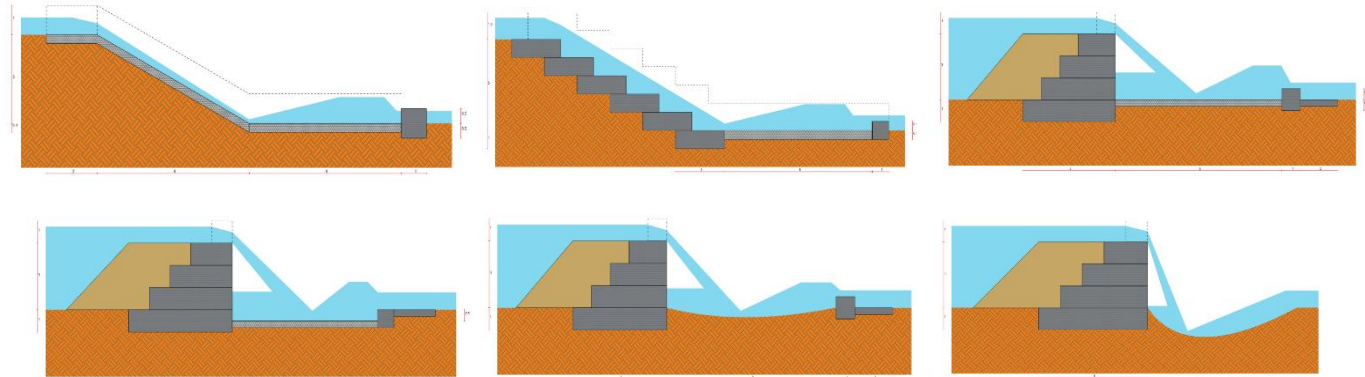
ESTRUCTURAS DE
CONTROL DE
GRADIENTE



El software permite comprobar muchas condiciones de flujo y diseñar diferentes tipos de estructuras de control de erosión y sus cuencas de disipación.



ESTRUCTURAS DE CONTROL DE GRADIENTE



M Vertedero inclinado

M Presa escalonada

M Presa con caída vertical



Pocos datos de entrada

Geometría

Plantillas de secciones transversales

Hidráulica

Descarga
Pendiente

Materiales

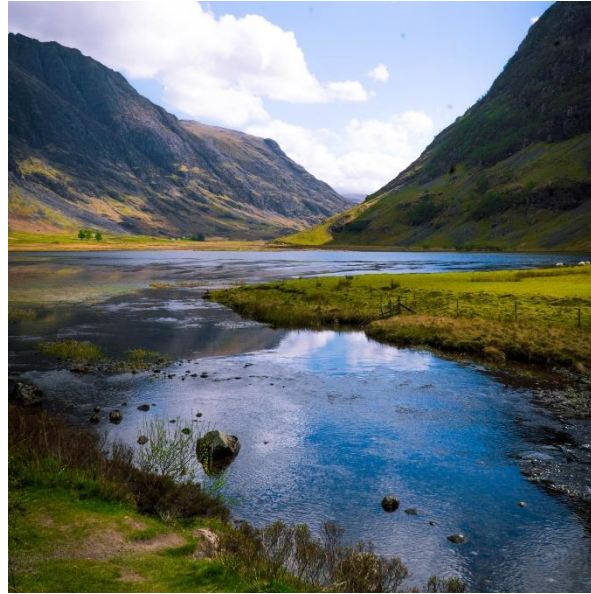
Esfuerzo cortante y rugosidad de la protección contra la erosión disponibles en una base de datos



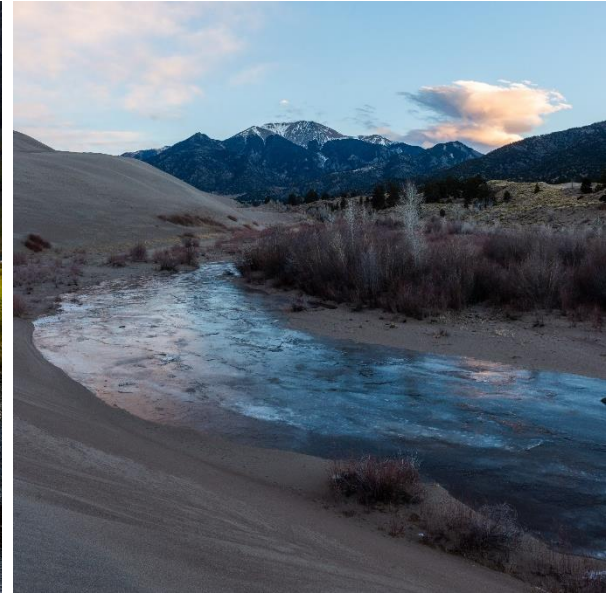
Materiales



Sistemas de protección



Bioingeniería del suelo y
vegetación natural



Suelos naturales

¿Por qué una comparación?

1

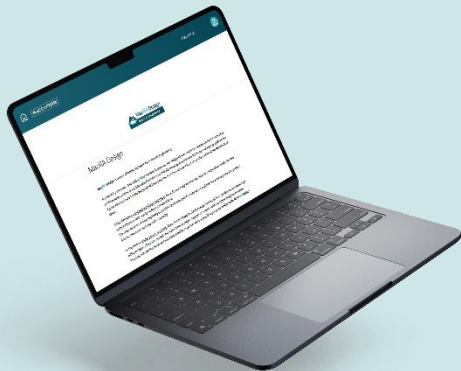
Analizar los resultados de los dos programas y ver cuándo y cómo proporcionan resultados similares.

2

Definir el nivel de precisión para cada caso, y definir los límites de una respuesta confiable.

3

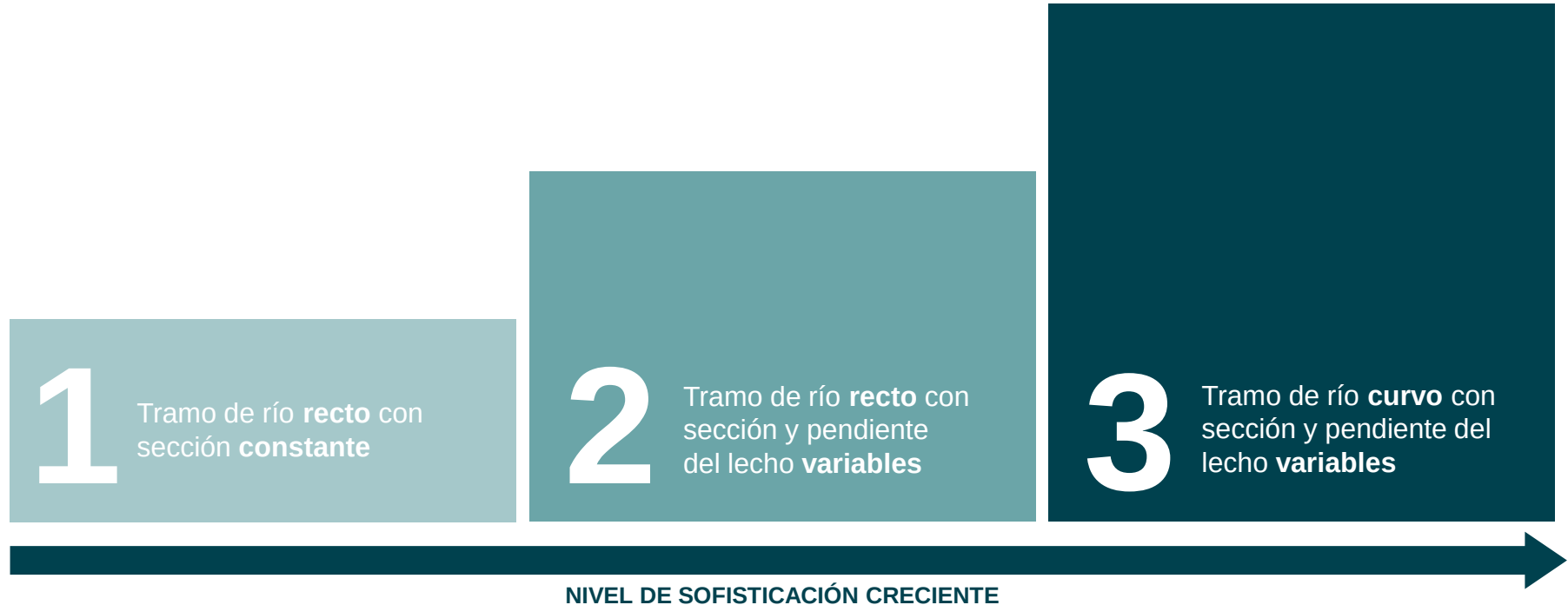
Identificar las secciones y geometrías más adecuadas en las que los resultados de MacRA Design estén en línea con los de HEC-RAS



VS

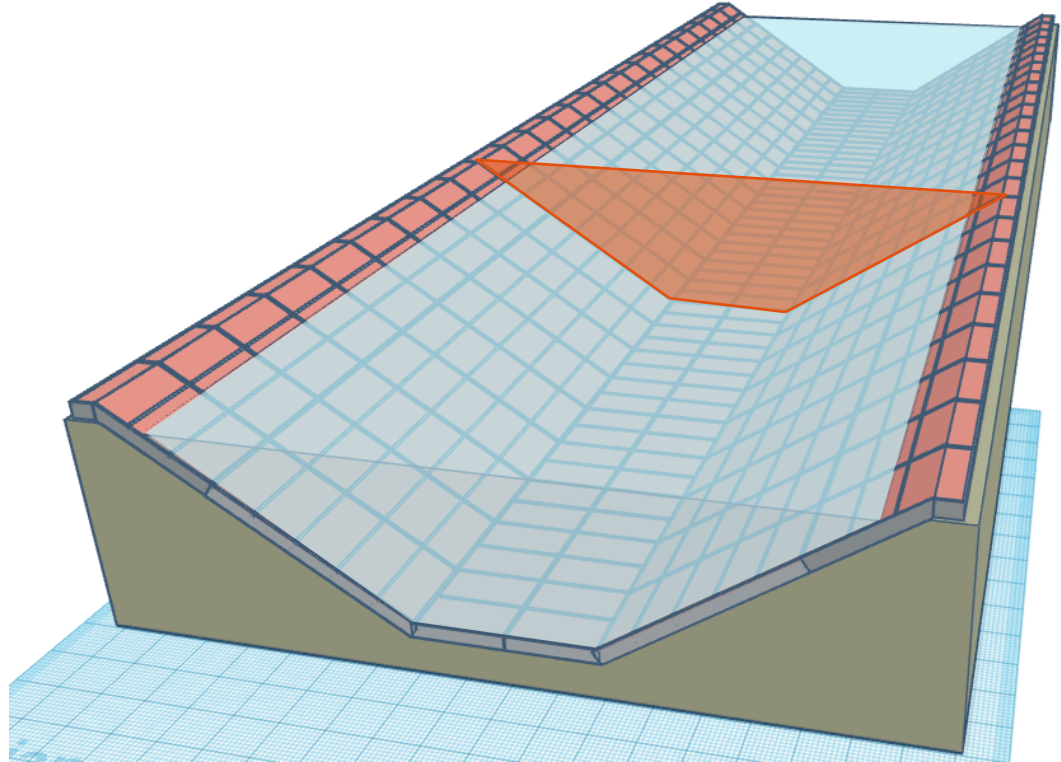
HEC-RAS
SOFTWARE





1

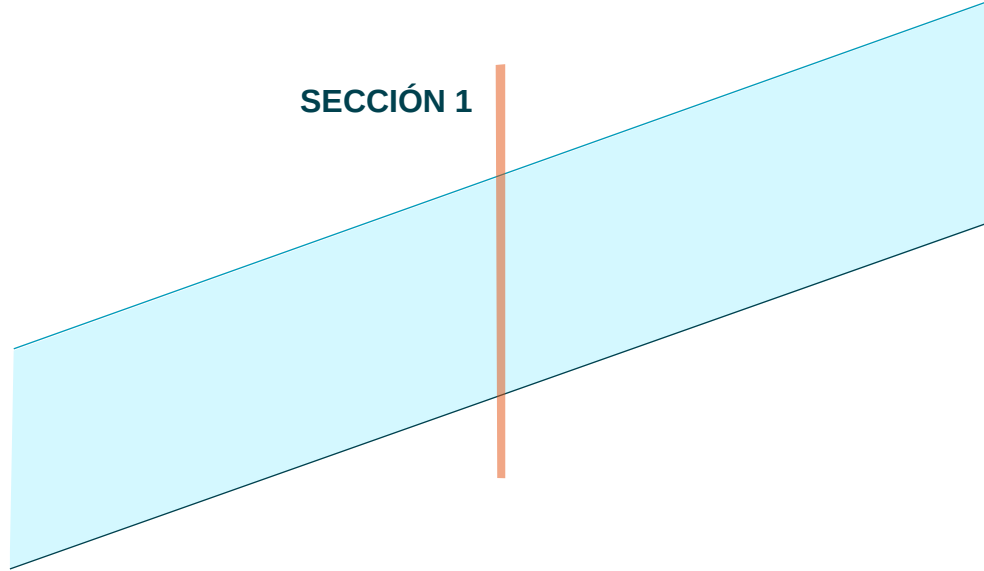
Tramo de río **recto** con
sección **constante**

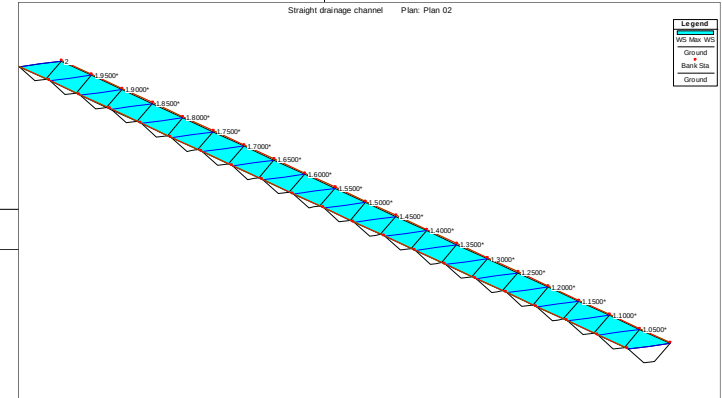
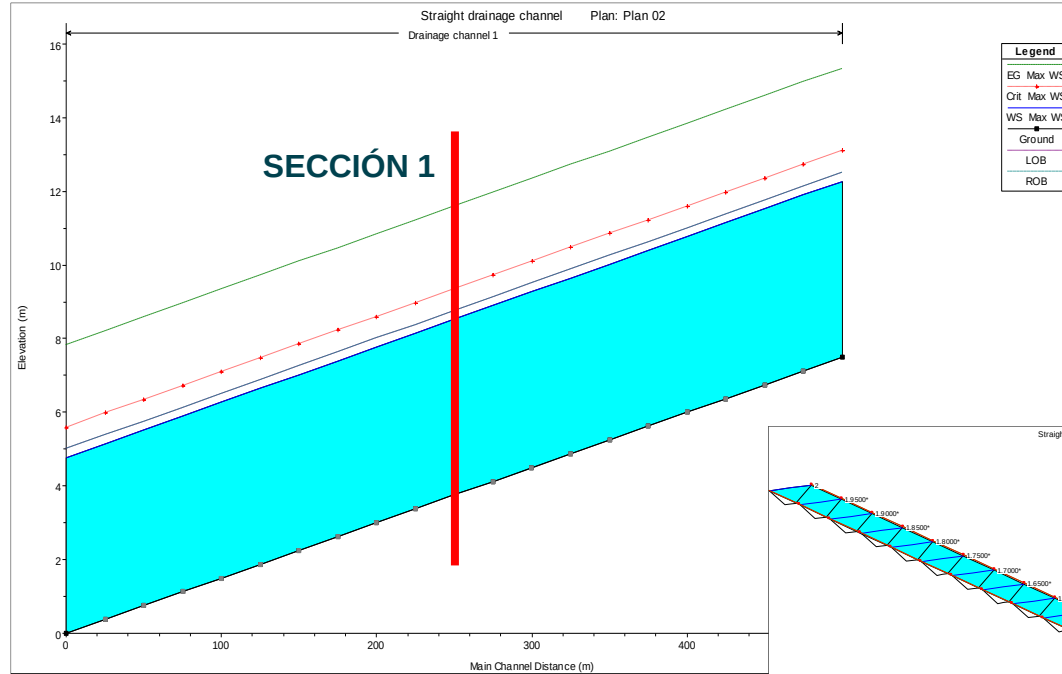


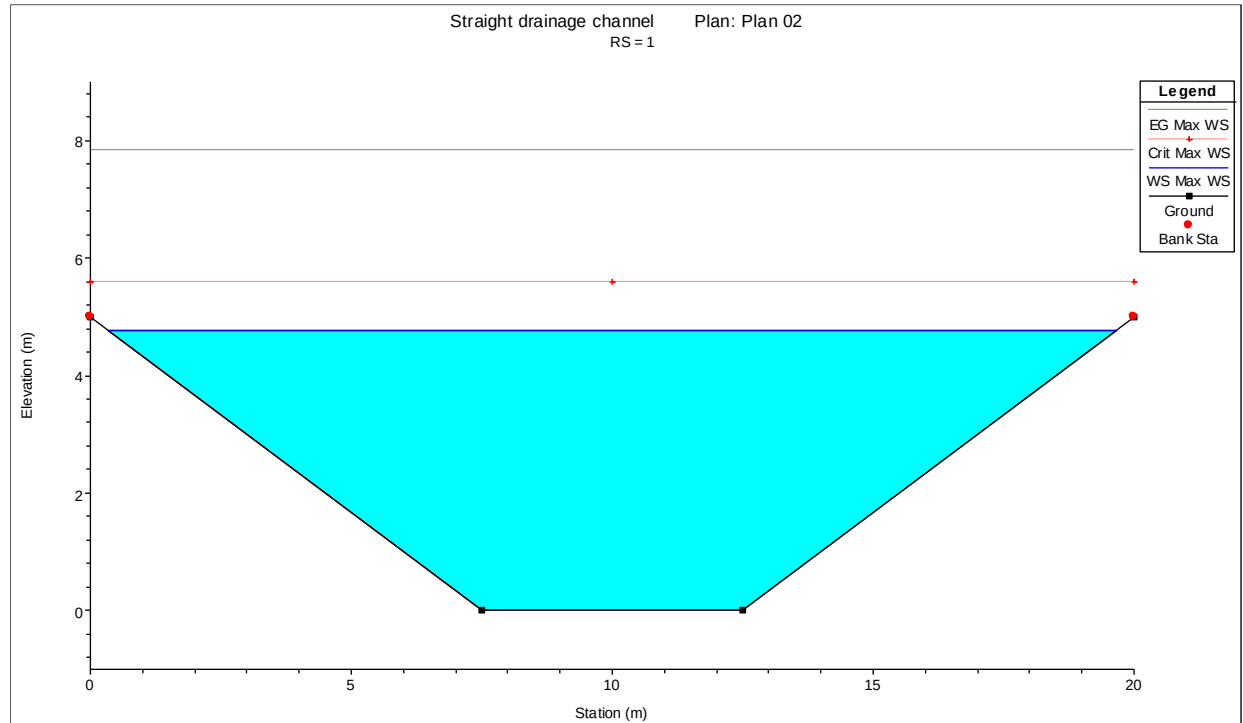
1

Tramo de río recto con
sección constante

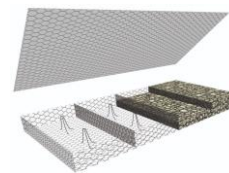
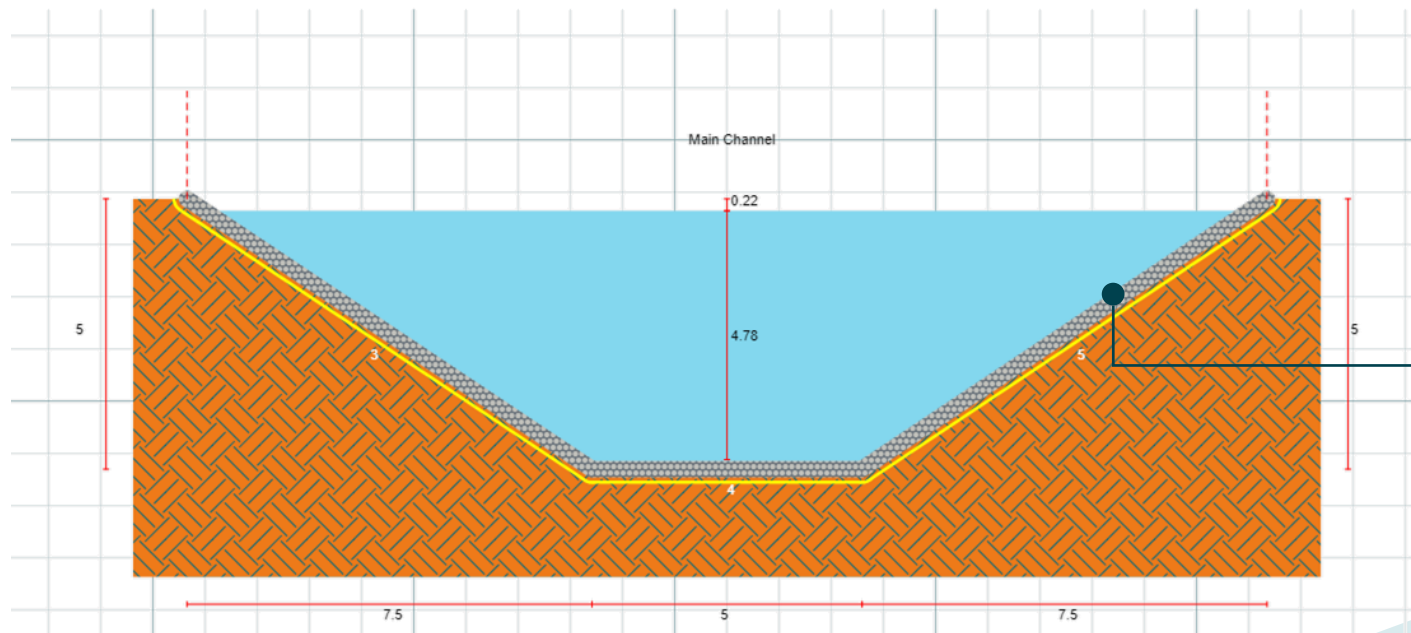
SECCIÓN 1







Discharge	Longitudinal slope	Water depth	Average velocity
450 m ³ /s	1.50 ‰	4.78 m	7.75 m/s



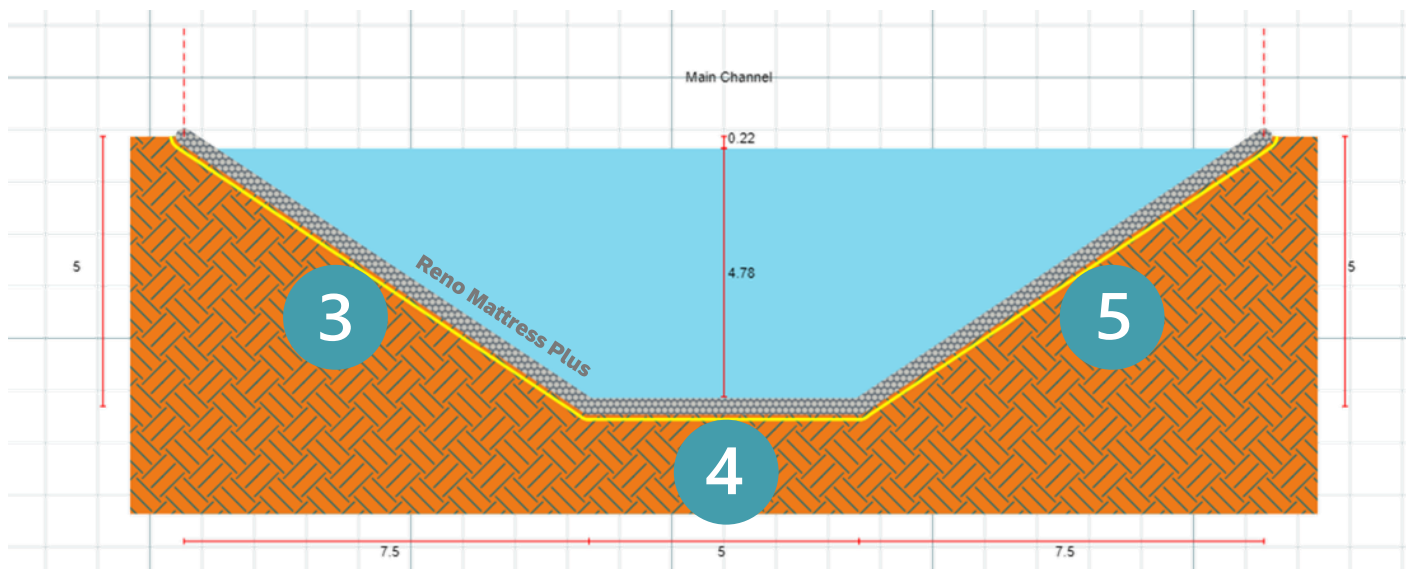
Colchón Reno Plus

	Nivel de agua [m]	Δ	Velocidad [m/s]	Δ	Esfuerzo cortante [N/m ²]	Δ
	4.77		7.75		392.08	
HEC-RAS Permanente	4.78	0.21%	7.73	- 0.26%	382.96	- 2.33%
HEC-RAS Variado	4.77	0.00%	7.75	0.00%	384.86	- 1.84%

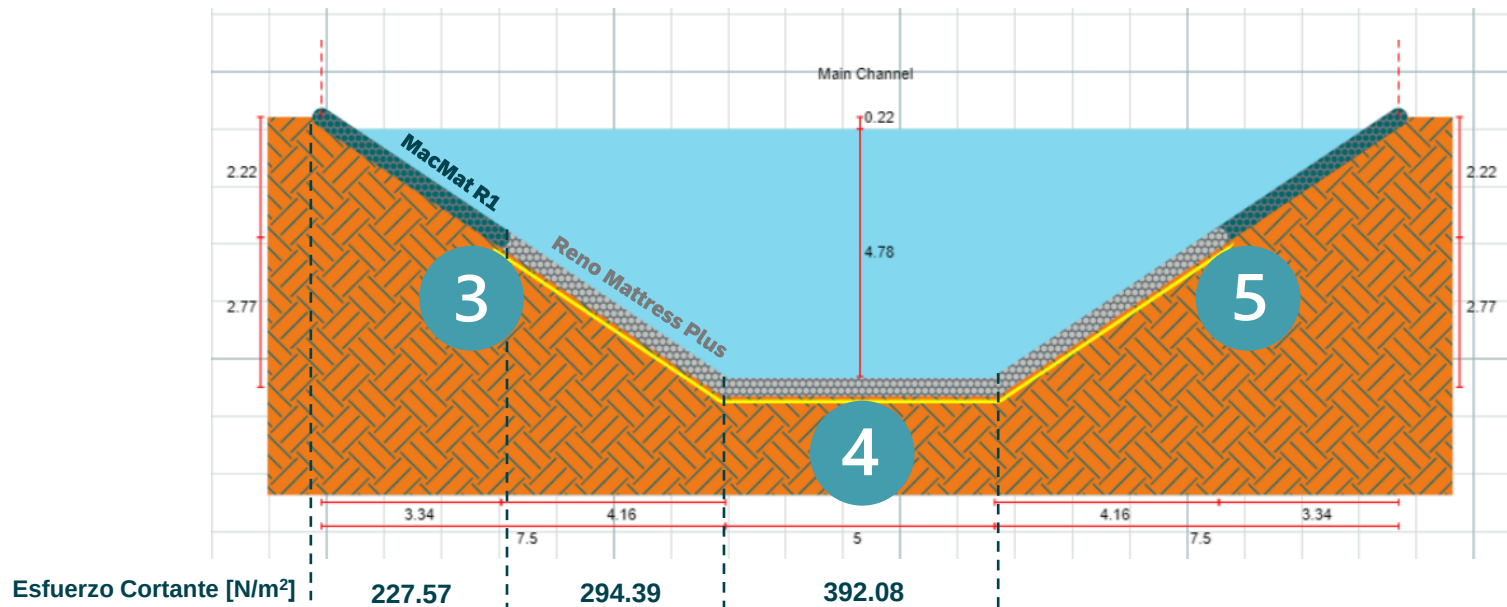
1

La diferencia en los resultados del esfuerzo cortante entre MacRA Design y HEC-RAS es de approx. 2%

- 2 **HEC-RAS** calcula el esfuerzo cortante de la sección transversal global, a diferencia de **MacRA Design**, donde el esfuerzo cortante puede obtenerse para cada segmento, incluidos los inclinados.



- 2 **HEC-RAS** calcula el esfuerzo cortante de la sección transversal global, a diferencia de **MacRA Design**, donde el esfuerzo cortante puede obtenerse para cada segmento, incluidos los inclinados.



1

Tramo de río **recto** con
sección **constante**

2

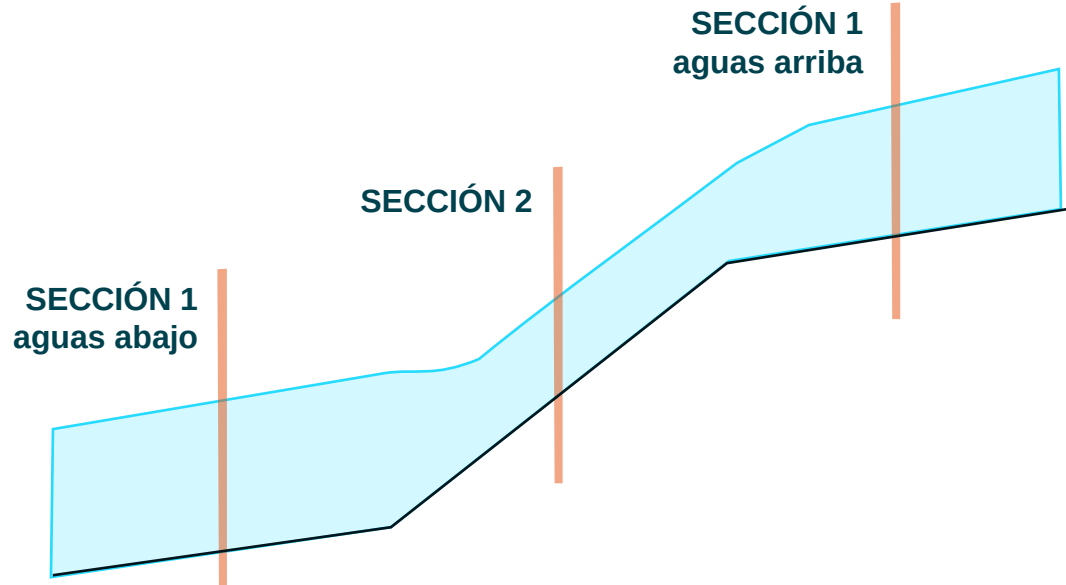
Tramo de río **recto** con
sección y pendiente
del lecho **variables**

NIVEL DE SOFISTICACIÓN CRECIENTE



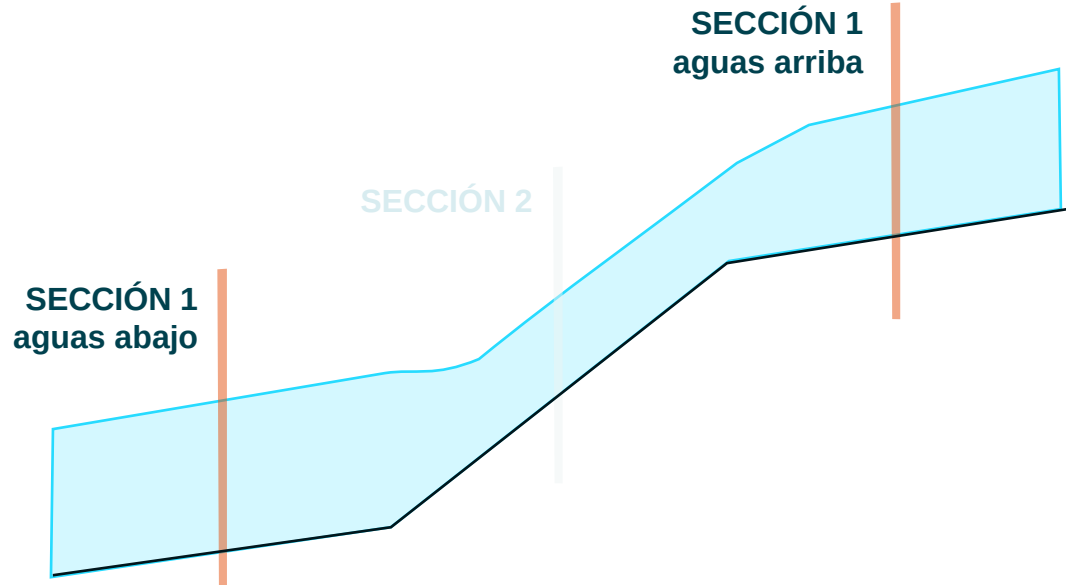
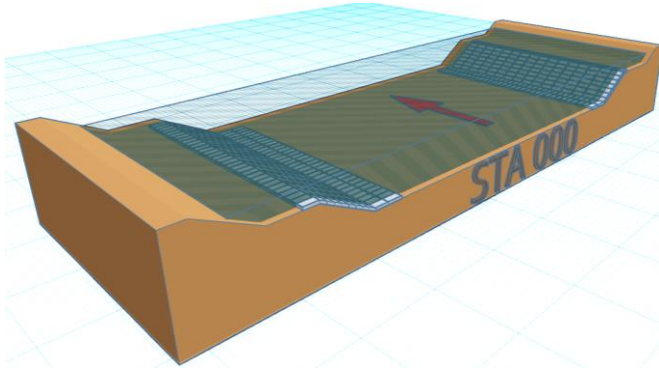
2

Tramo de río **recto** con
sección y pendiente del
lecho **variables**



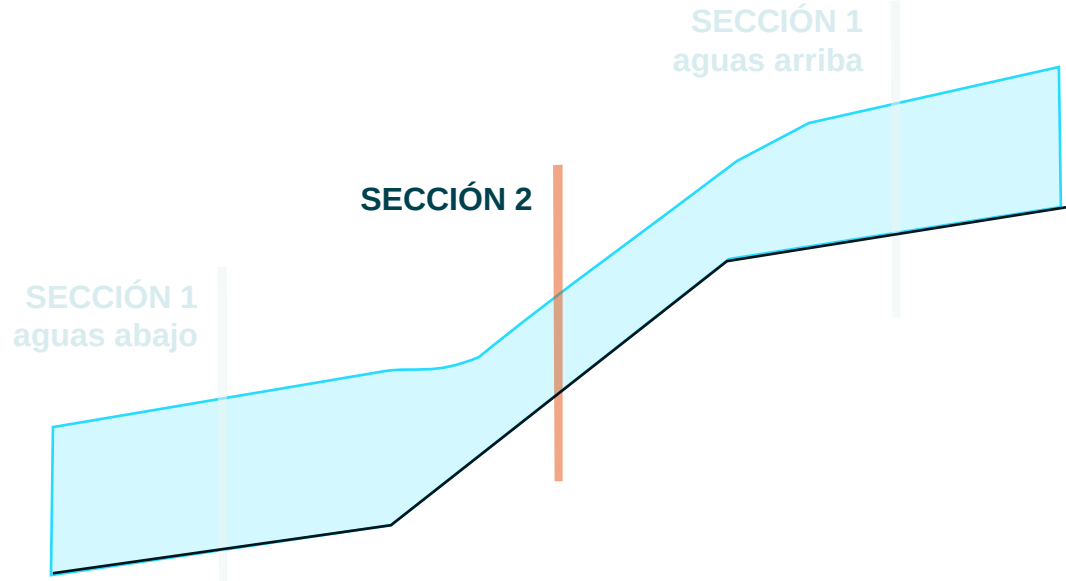
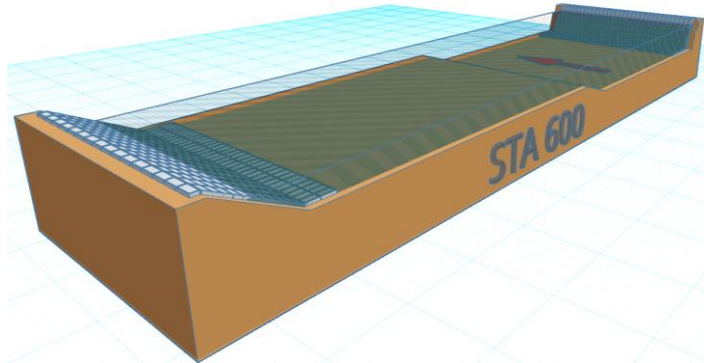
2

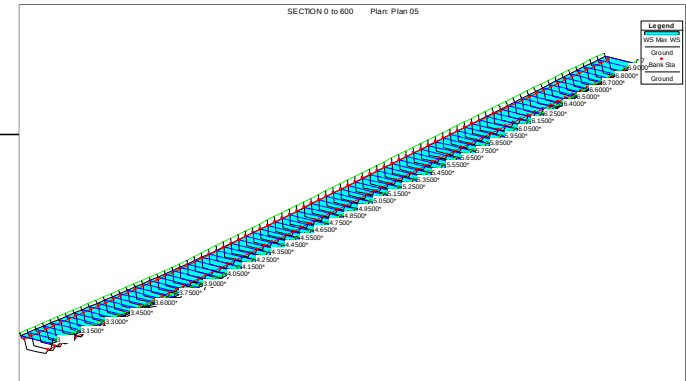
Tramo de río **recto** con
sección y pendiente del
lecho **variables**



2

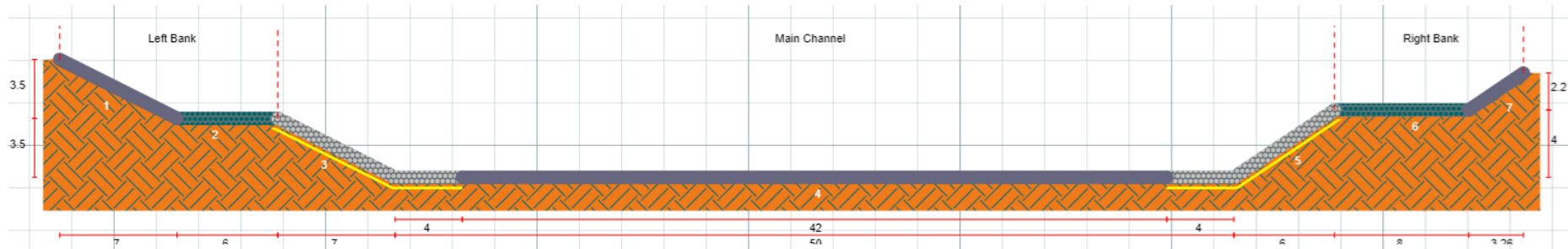
Tramo de río **recto** con
sección y pendiente del
lecho **variables**





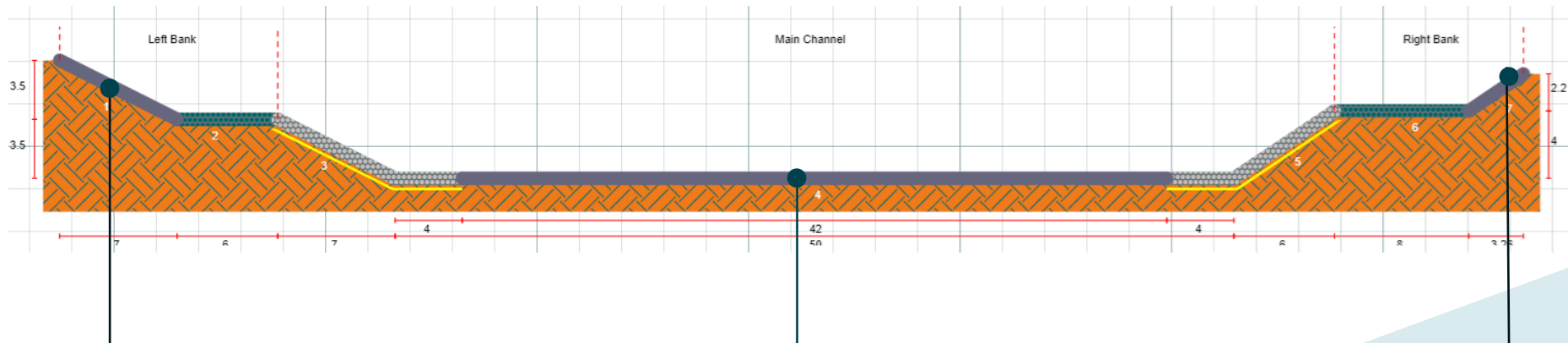
SECCIÓN 1
aguas abajo y
aguas arriba

2000 m³/s



SECCIÓN 1
aguas abajo y
aguas arriba

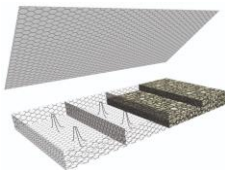
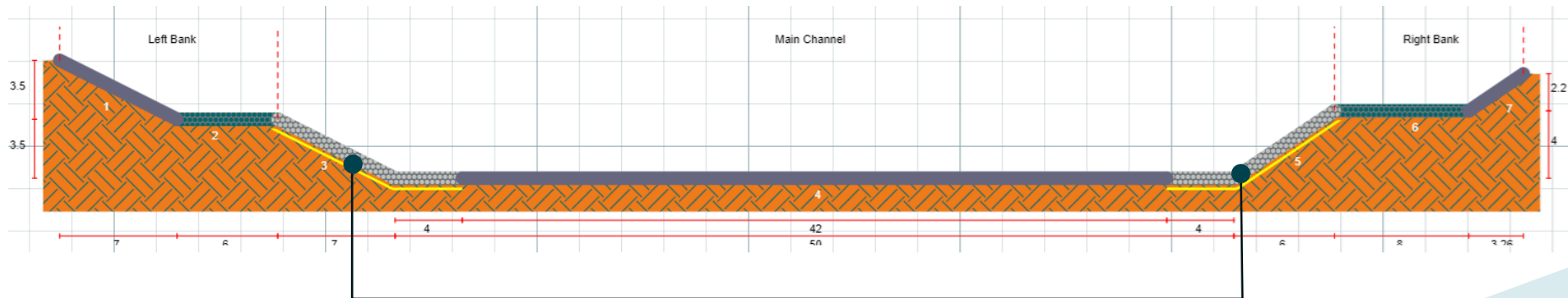
2000 m³/s



Suelo natural

SECCIÓN 1
aguas abajo y
aguas arriba

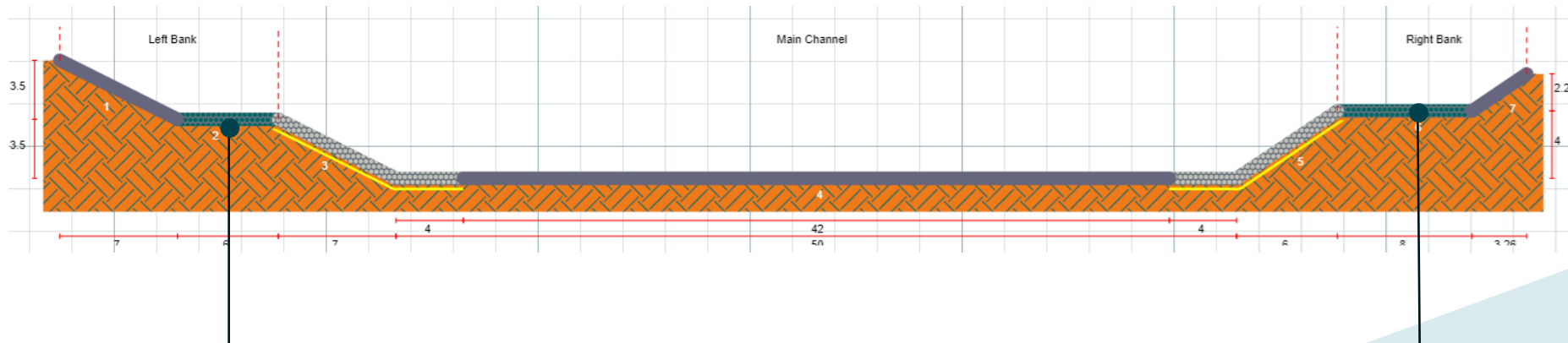
2000 m³/s



Colchón Reno Plus

SECCIÓN 1 aguas abajo y aguas arriba

2000 m³/s



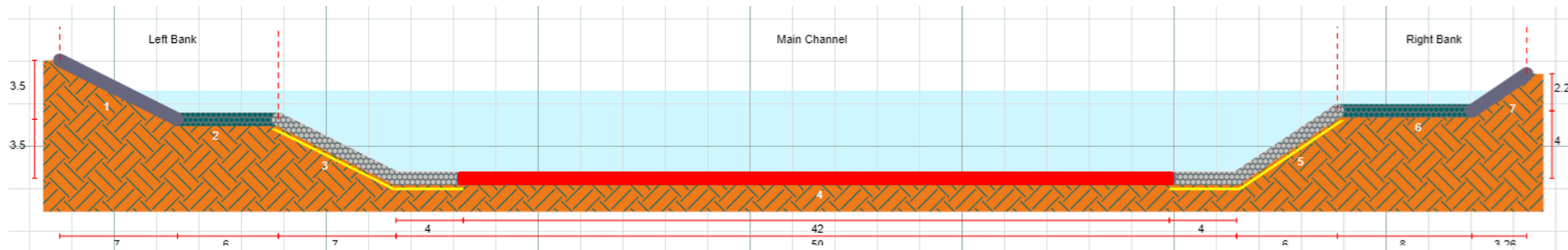
MacMat R



MacRA Design
PROTECT YOUR RIVER

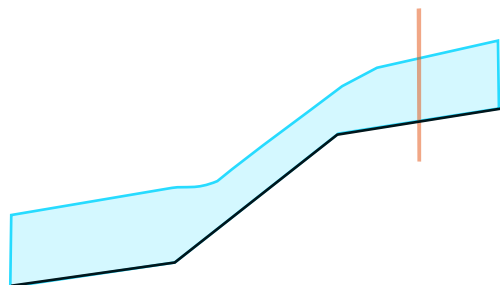
SECCIÓN 1
aguas abajo y
aguas arriba

2000 m³/s



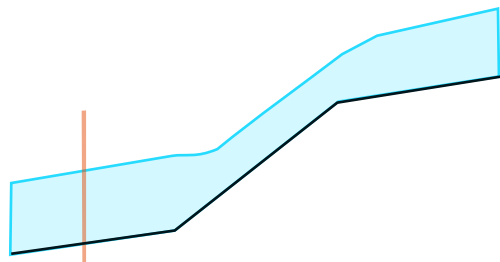
SEGUNDO CASO: ANÁLISIS DE RESULTADOS

MACCAFERRI



SECCIÓN 1 AGUAS ARRIBA

	Nivel de agua [m]	Δ	Velocidad [m/s]	Δ	Esfuerzo cortante [N/m ²]	Δ
 MacRA Design PROTECT YOUR RIVER	5.12		6.51		229.34	
HEC-RAS Permanente	5.16	0.78%	6.45	- 0.92%	220.72	- 3.76%
HEC-RAS Variado	5.08	- 0.78%	6.58	1.08%	230.66	0.58%

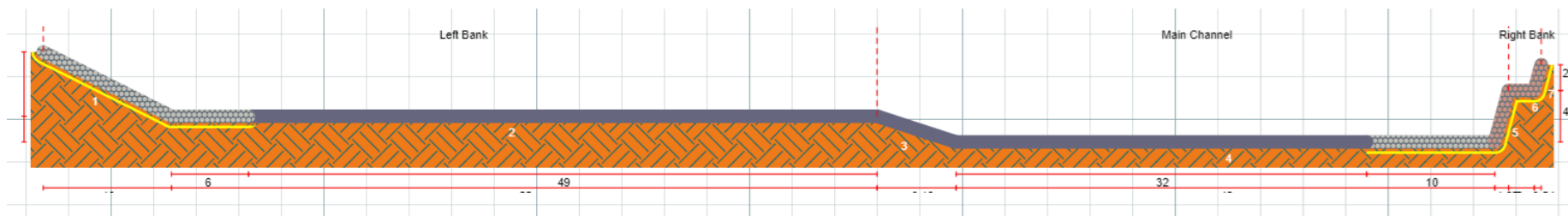


SECCIÓN 1 AGUAS ABAJO

	Nivel de agua [m]	Δ	Velocidad [m/s]	Δ	Esfuerzo cortante [N/m ²]	Δ
	5.12		6.51		229.34	
HEC-RAS Permanente	4.96	- 3.13%	6.44	- 1.08%	220.74	- 3.75%
HEC-RAS Variado	4.94	- 3.52 %	6.46	- 0.77%	222.45	- 3.00%

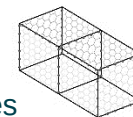
SECCIÓN 2

2000 m³/s

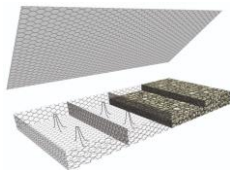
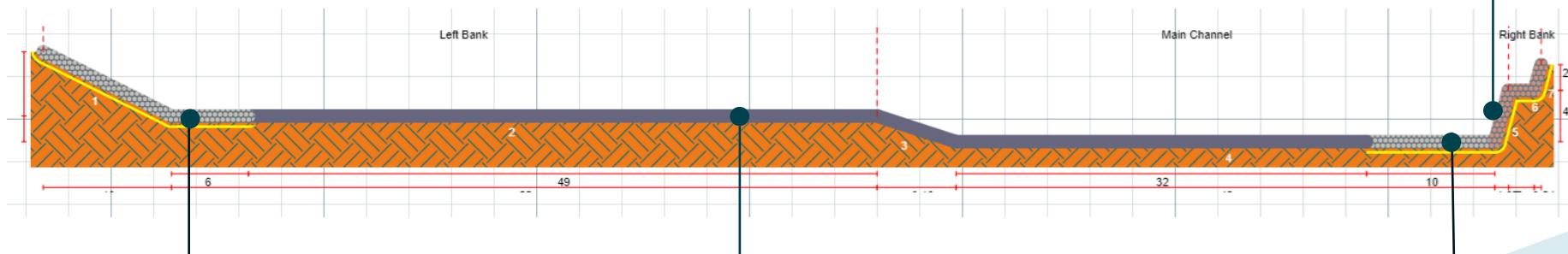


SECCIÓN 2

2000 m³/s



Gaviones



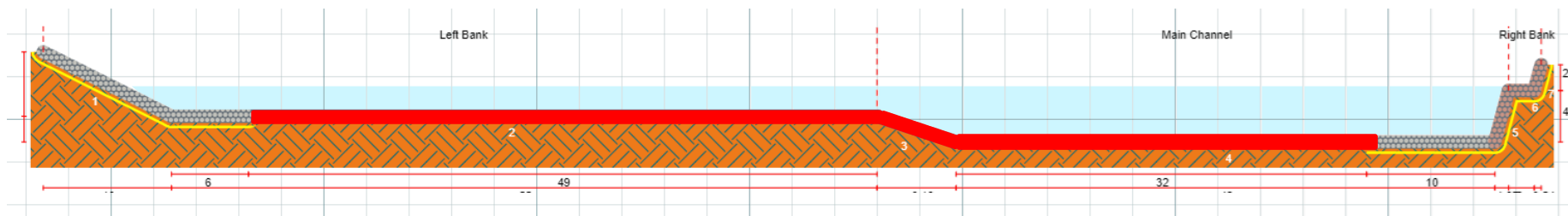
Colchón Reno Plus



Suelo natural

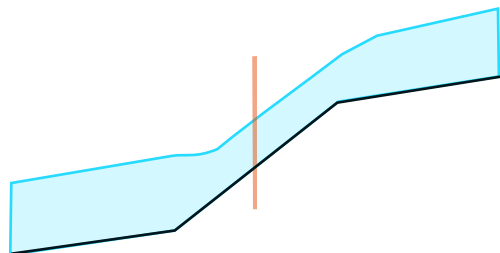
SECCIÓN 2

2000 m³/s



SEGUNDO CASO: ANÁLISIS DE RESULTADOS

MACCAFERRI



SECCIÓN 2

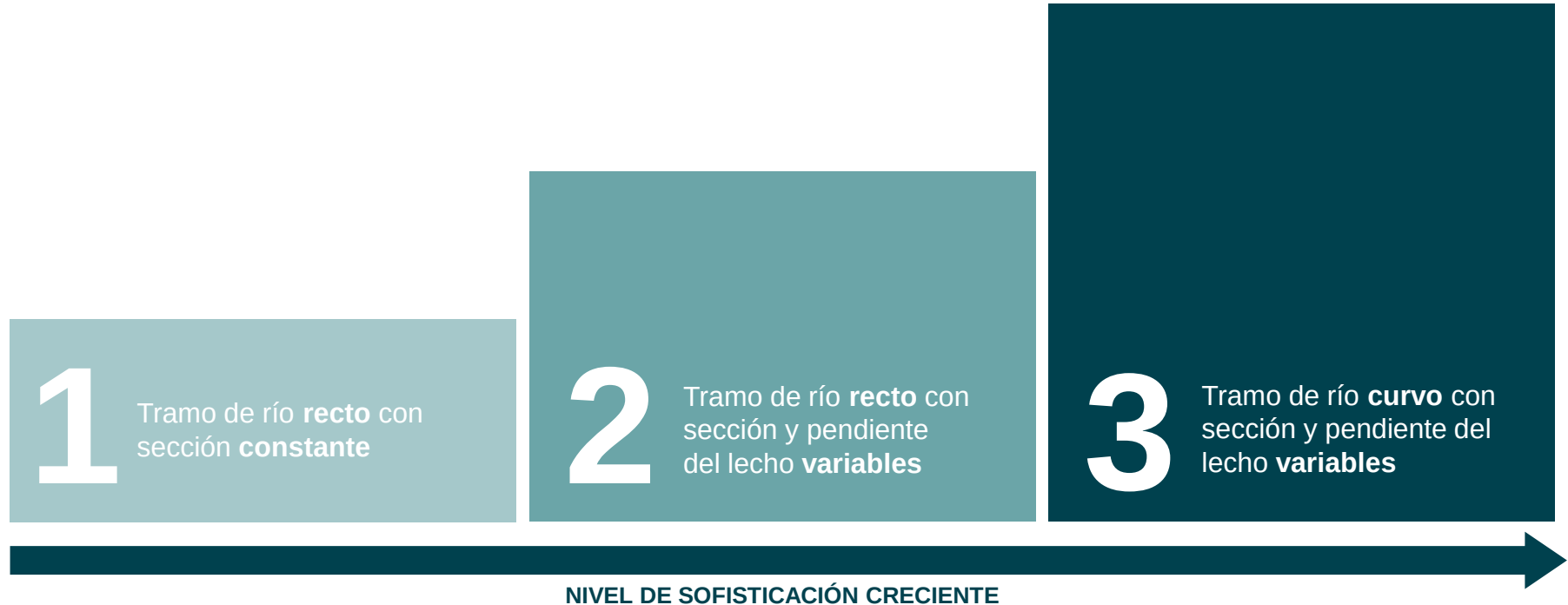
	Nivel de agua [m]	Δ	Velocidad [m/s]	Δ	Esfuerzo cortante [N/m ²]	Δ
	3.86		8.00		381.90	
HEC-RAS Permanente	3.95	2.33%	7.72	- 3.50%	344.68	- 9.75%
HEC-RAS Variado	3.95	2.33%	7.72	- 3.50%	345.17	- 9.62%

Elegir las secciones transversales correctas:

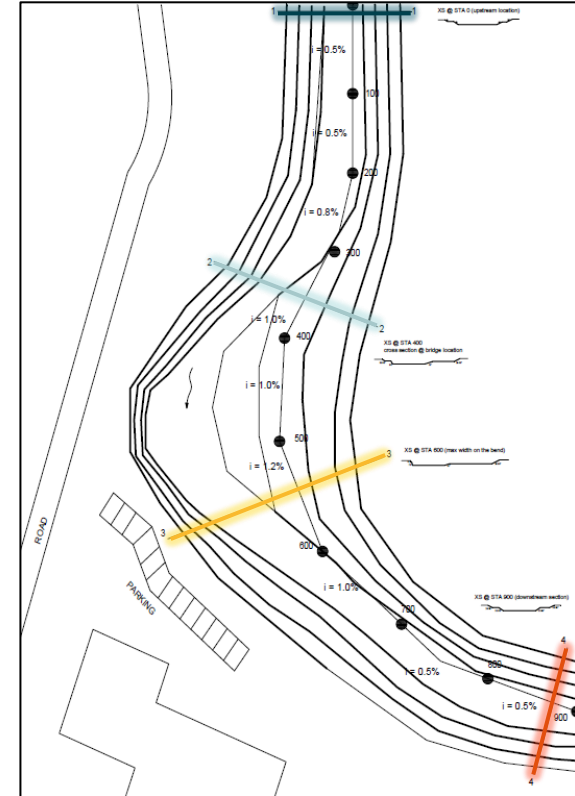
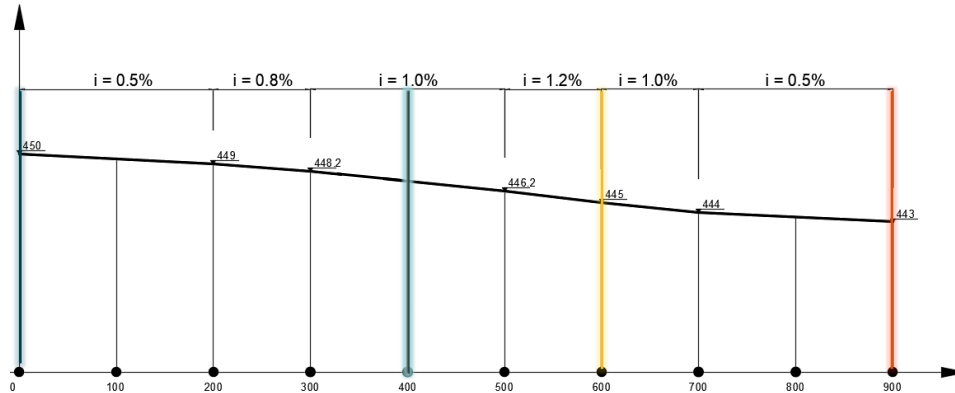
- ➡ En medio de un tramo homogéneo
- ➡ NO en un cambio de sección o de pendiente

RESULTADOS:

- ➡ Approx. un 3% de diferencia entre **MacRA Design** y **HEC-RAS** en tramos rectos
- ➡ Menos del 10% de diferencia entre **MacRA Design** y **HEC-RAS** en el medio de los tramos con cambio de pendiente y de sección transversal
- ➡ **MacRA Design** arroja resultados más conservadores que **HEC-RAS**

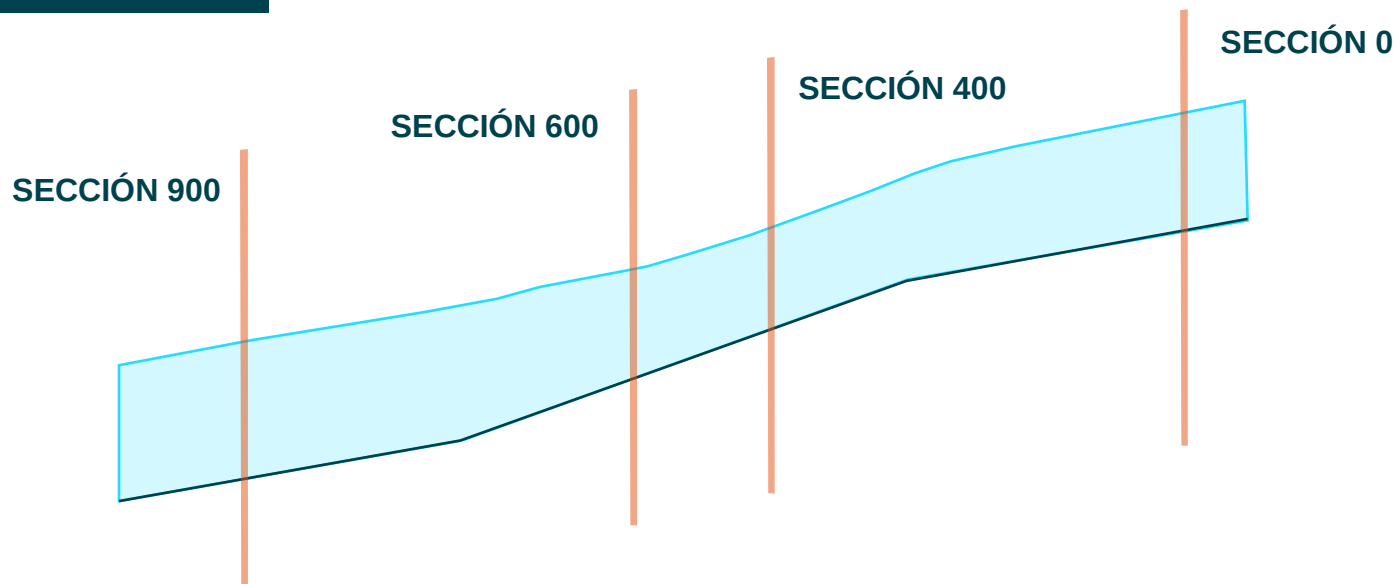


3 Tramo de río **curvo** con sección y pendiente del lecho **variables**



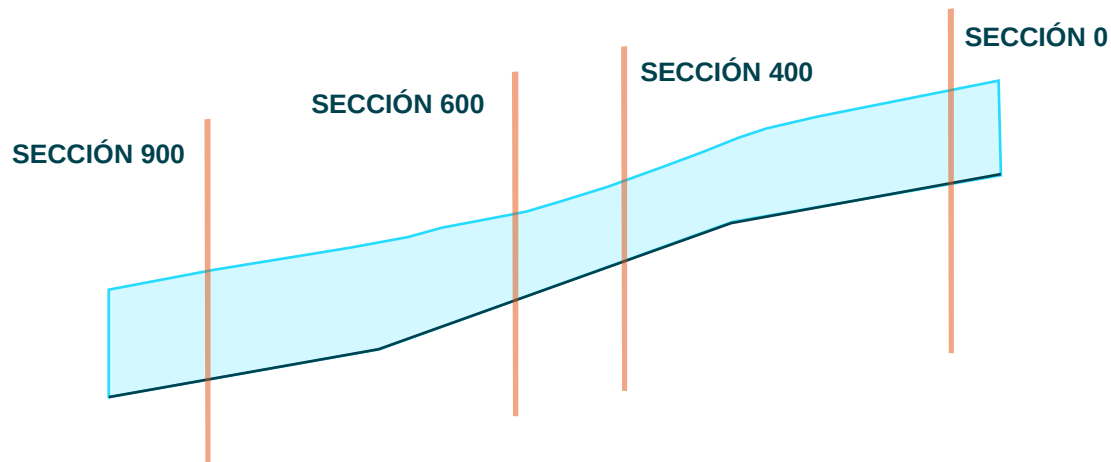
3

Tramo de río **curvo** con
sección y pendiente del
lecho **variables**



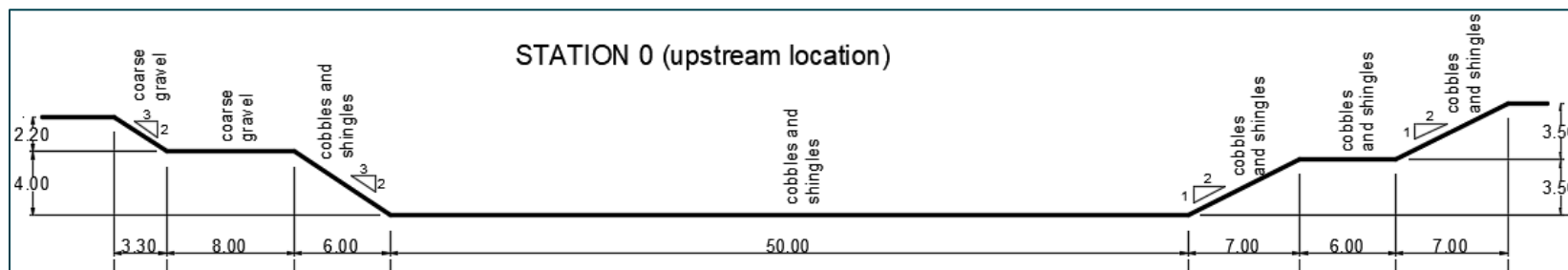
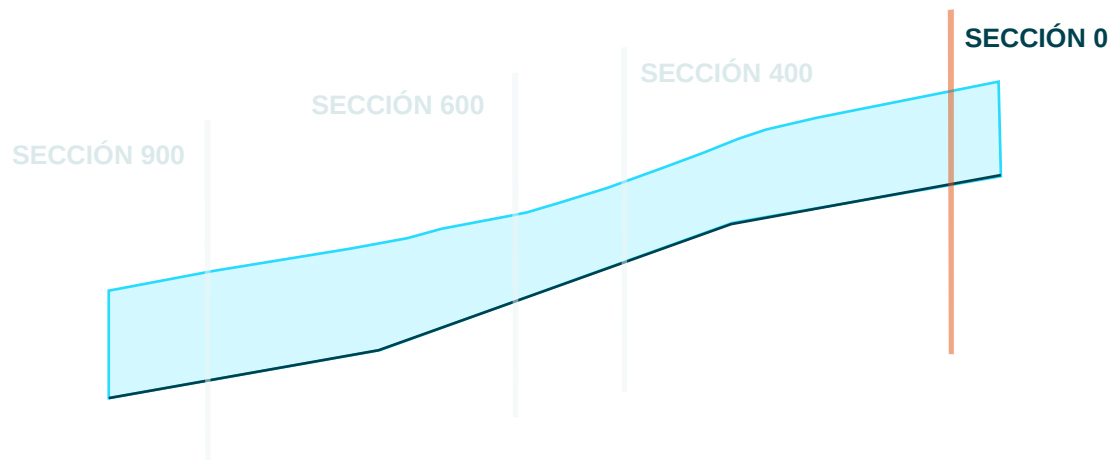
3

Tramo de río **curvo** con
sección y pendiente del
lecho **variables**



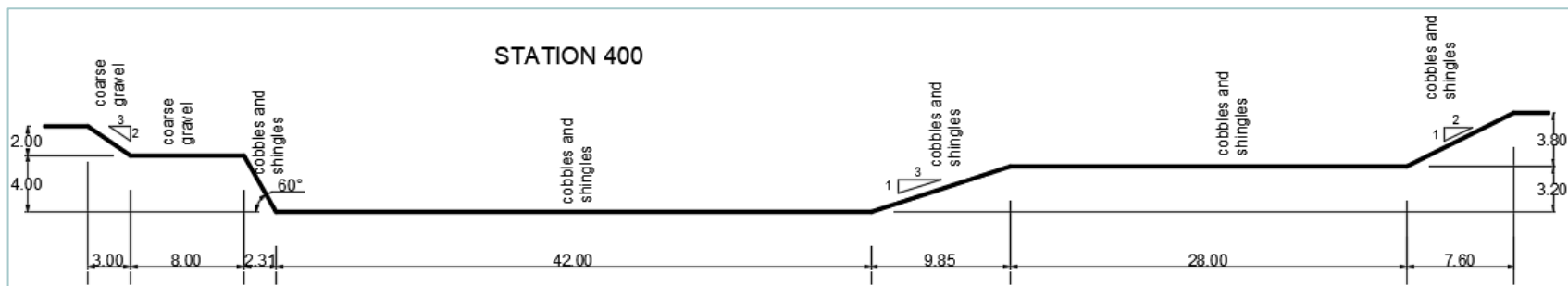
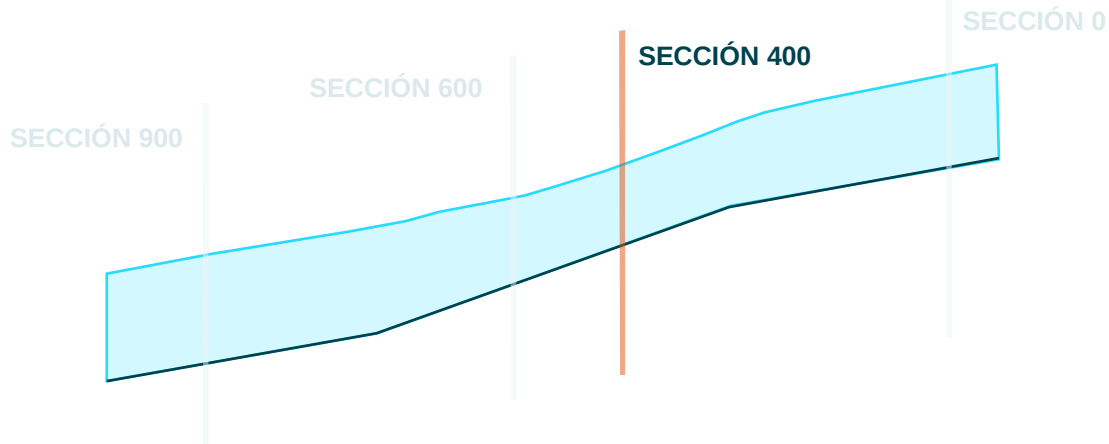
3

Tramo de río **curvo** con
sección y pendiente del
lecho **variables**



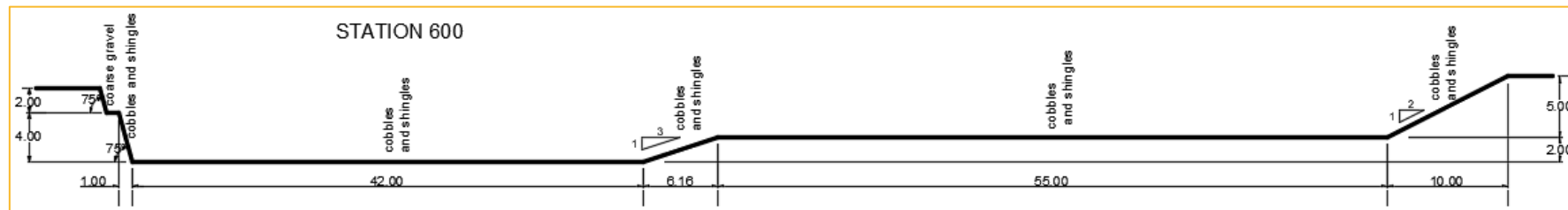
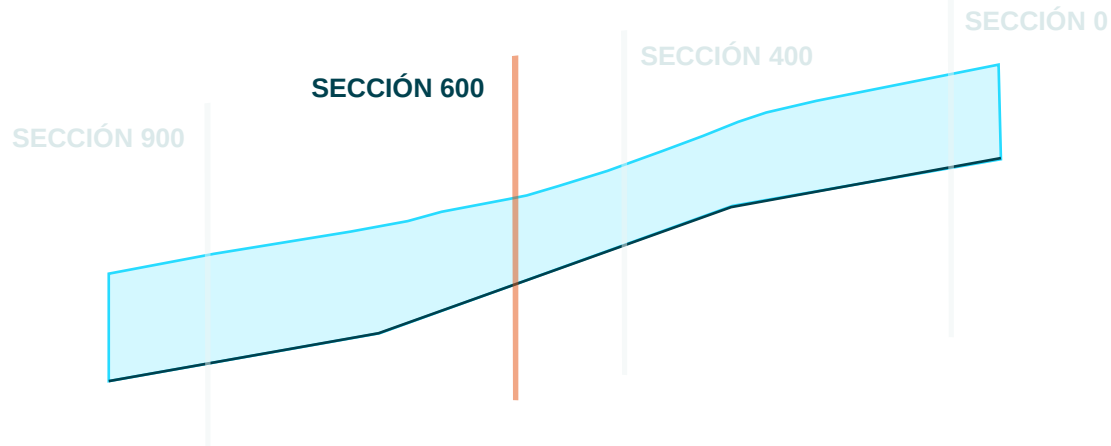
3

Tramo de río **curvo** con
sección y pendiente del
lecho **variables**



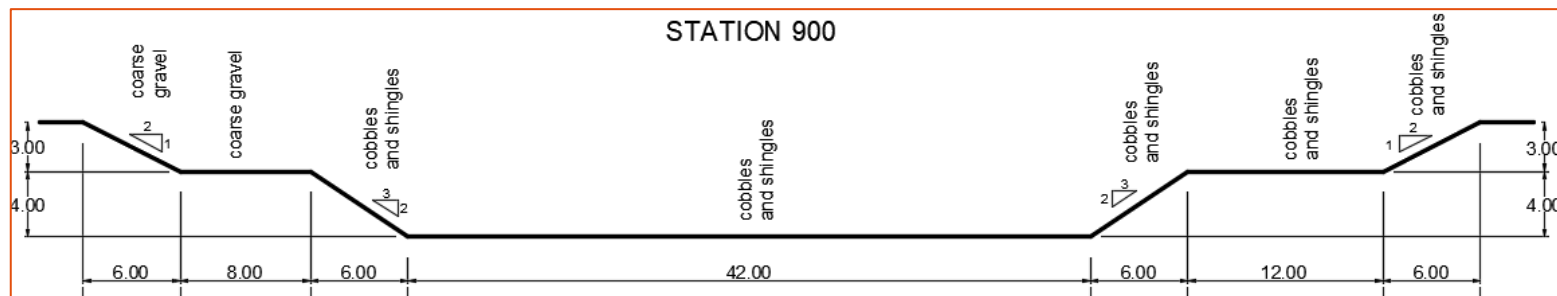
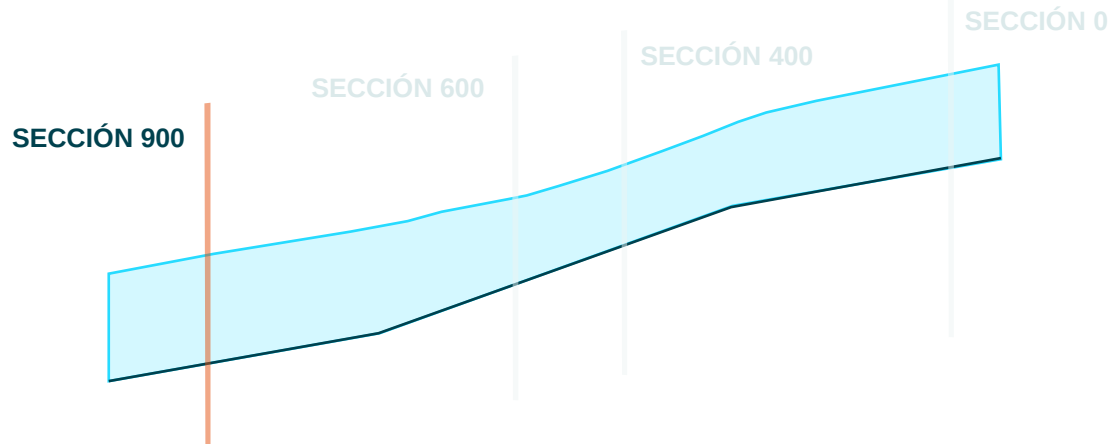
3

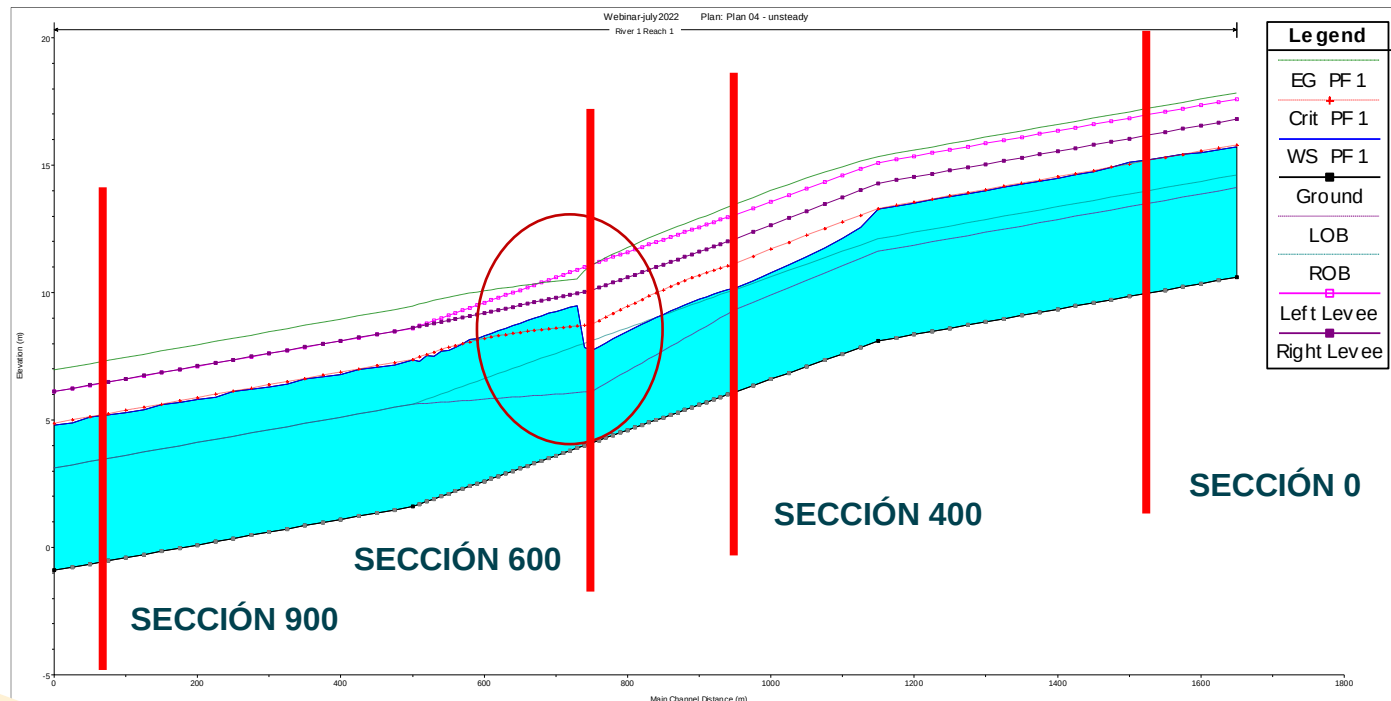
Tramo de río **curvo** con
sección y pendiente del
lecho **variables**

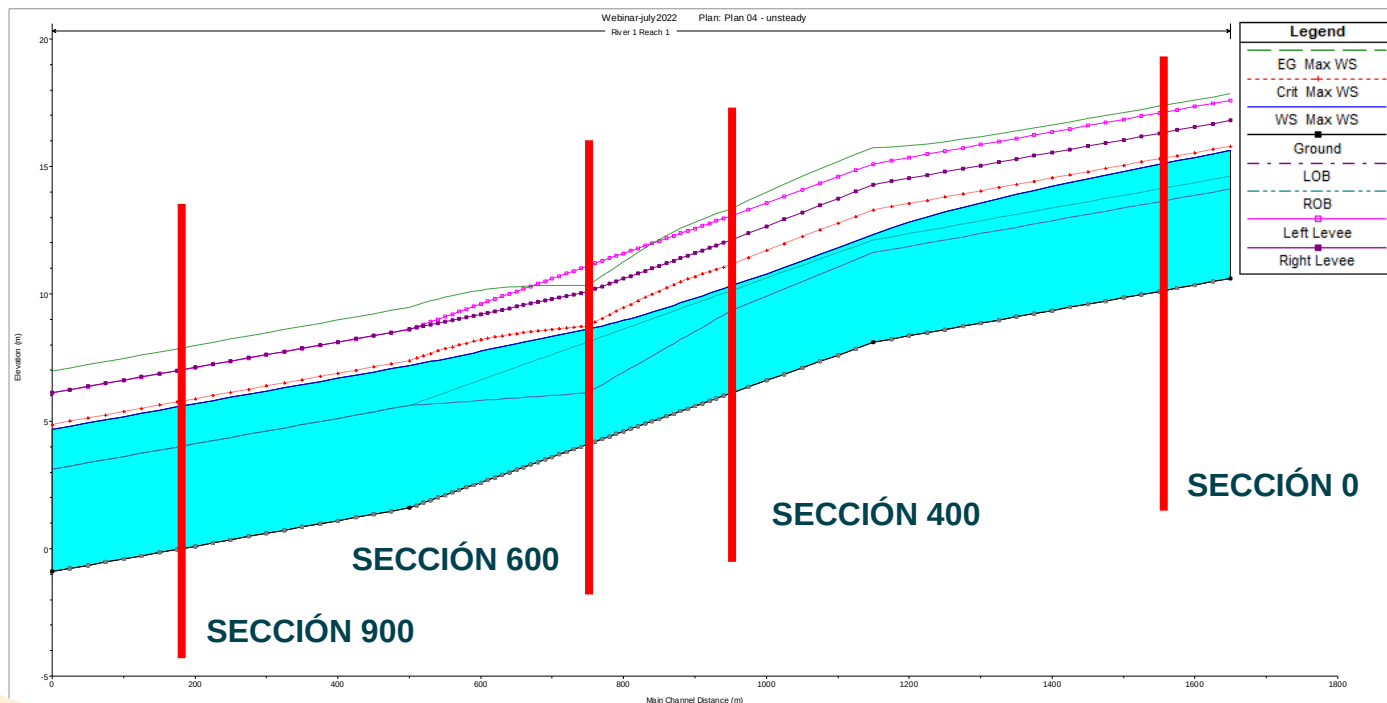


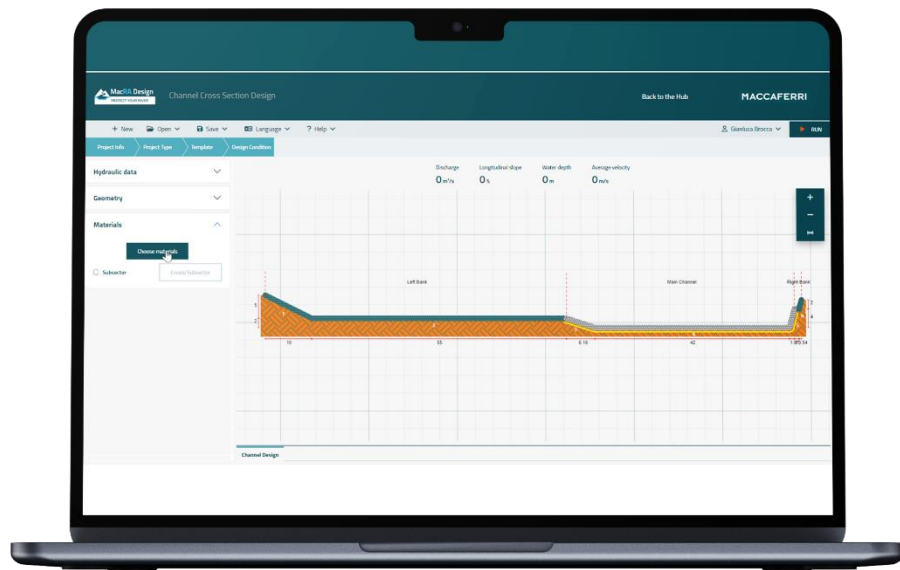
3

Tramo de río **curvo** con
sección y pendiente del
lecho **variables**

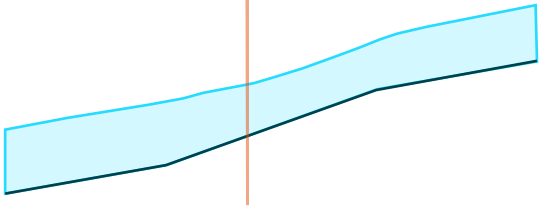




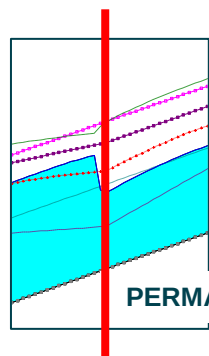




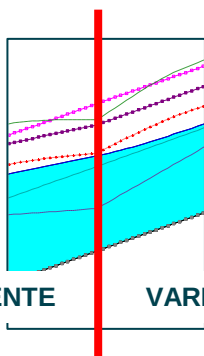
DEMO
EN
VIVO

		SECCIÓN 600					
		Nivel de agua [m]	Δ	Velocidad [m/s]	Δ	Esfuerzo cortante [N/m ²]	Δ
		3.86		8.02		381.90	
HEC-RAS Permanente		3.63	- 5.96%	8.82	9.98%	462.60	21.13%
HEC-RAS Variado		4.27	10.62%	7.67	- 4.36%	332.56	- 12.92%

TERCER CASO: ANÁLISIS DE RESULTADOS



PERMANENTE



VARIADO

SECCIÓN 600



Nivel de agua
[m]

Δ

Velocidad
[m/s]

Δ

Esfuerzo
cortante
[N/m²]

Δ

3.86

8.02

381.90

HEC-RAS
Permanente

3.63

- 5.96%

8.82

9.98%

462.60

21.13%

HEC-RAS
Variado

4.27

10.62%

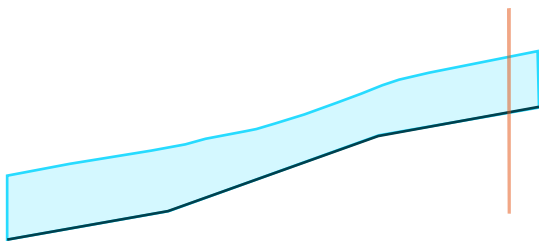
7.67

- 4.36%

332.56

- 12.92%

TERCER CASO: ANÁLISIS DE RESULTADOS

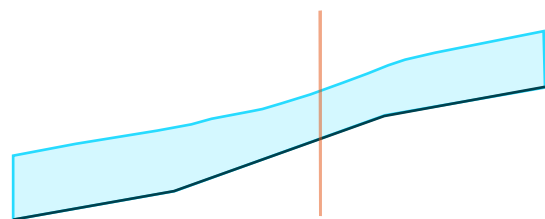


SECCIÓN 0

	Nivel de agua [m]	Δ	Velocidad [m/s]	Δ	Esfuerzo cortante [N/m²]	Δ
	5.12		6.51		229.34	
HEC-RAS Permanente	5.14	0.39%	6.48	- 0.46%	222.42	- 3.02%
HEC-RAS Variado	4.91	- 4.10%	6.85	5.22%	252.87	10.29%

TERCER CASO: ANÁLISIS DE RESULTADOS

MACCAFERRI

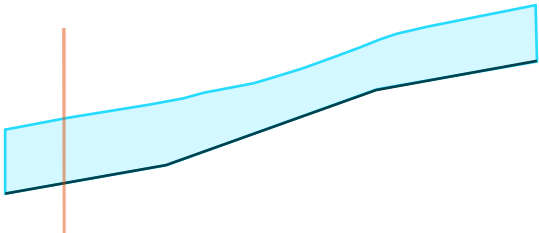


SECCIÓN 400

	Nivel de agua [m]	Δ	Velocidad [m/s]	Δ	Esfuerzo cortante [N/m ²]	Δ
 MacRA Design PROTECT YOUR RIVER	4.50		8.30		392.83	
HEC-RAS Permanente	4.06	- 9.78%	8.11	- 2.29%	379.45	- 3.41%
HEC-RAS Variado	4.20	- 6.67%	7.78	- 6.27%	344.69	- 12.25%

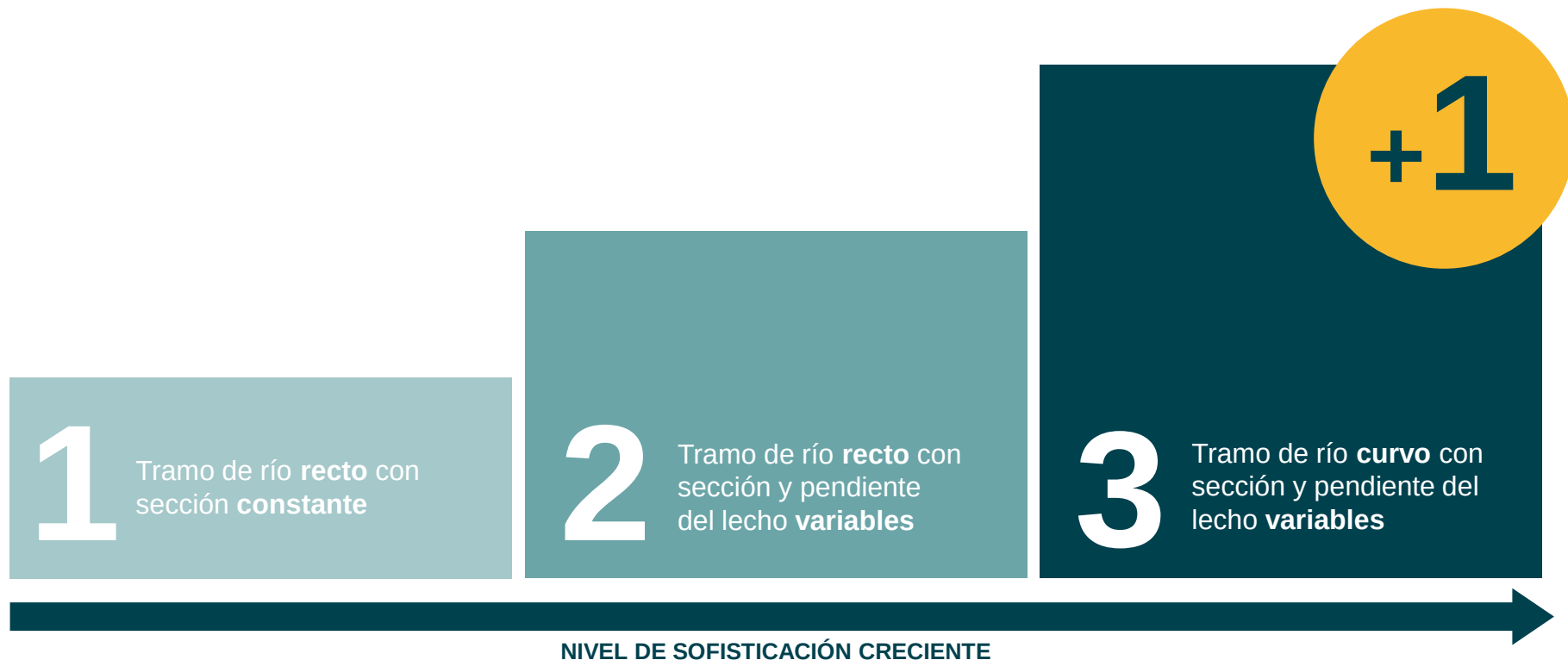
TERCER CASO: ANÁLISIS DE RESULTADOS

MACCAFERRI



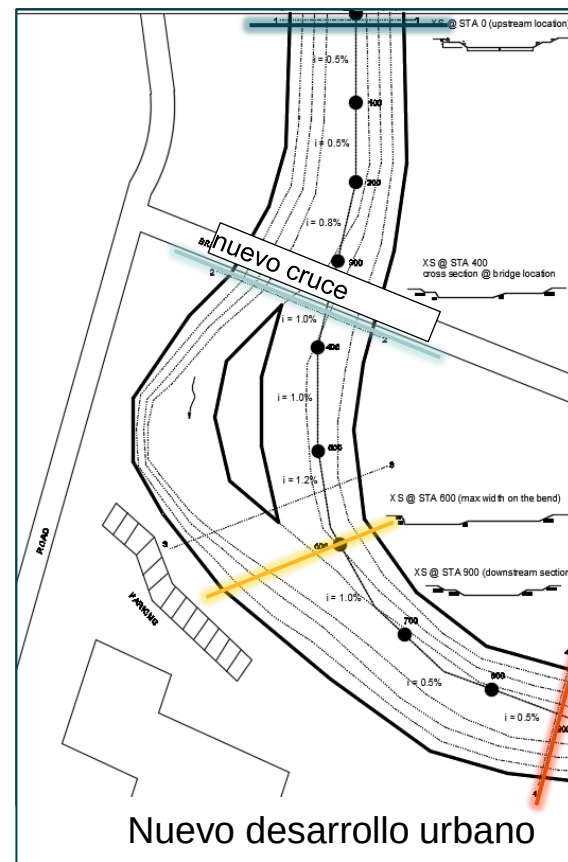
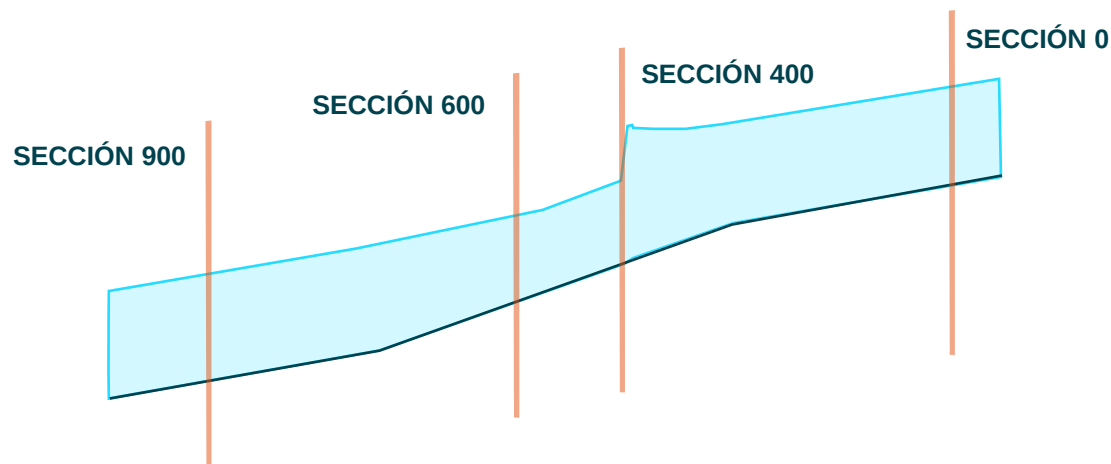
SECCIÓN 900

	Nivel de agua [m]	Δ	Velocidad [m/s]	Δ	Esfuerzo cortante [N/m ²]	Δ
	5.54		6.78		243.84	
HEC-RAS Permanente	5.75	3.79%	6.57	- 3.10%	221.31	- 9.24%
HEC-RAS Variado	5.59	0.90%	6.82	- 0.59%	241.33	- 1.03%



+1

Tramo de río **curvo** con
sección y pendiente del
lecho **variables** & **ponte**

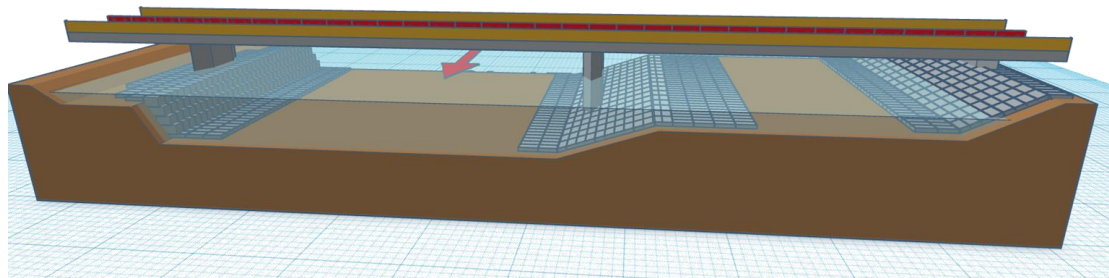
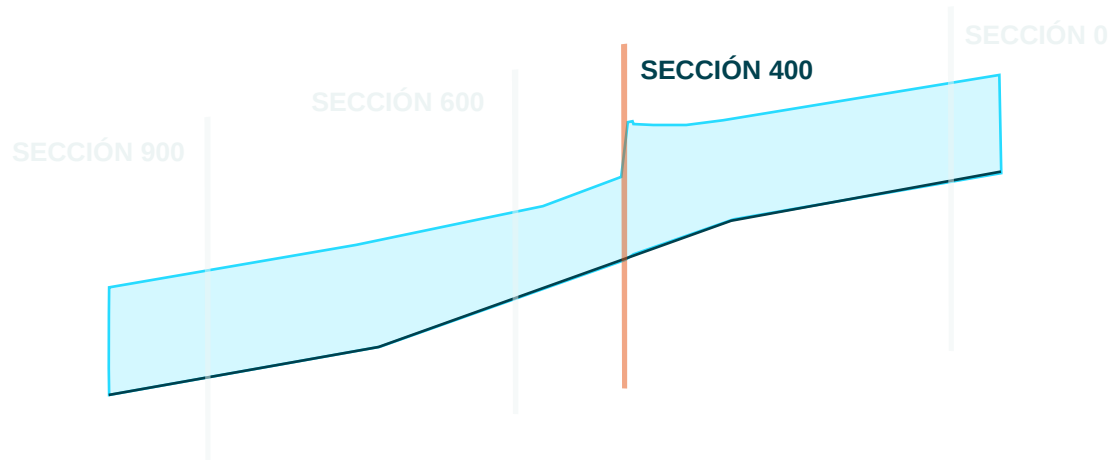


A HEAD-TO-HEAD COMPARISON: THIRD CASE

MACCAFERRI

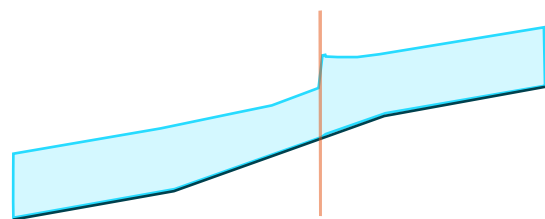
+1

Tramo de río **curvo** con
sección y pendiente del
lecho **variables** & **ponte**



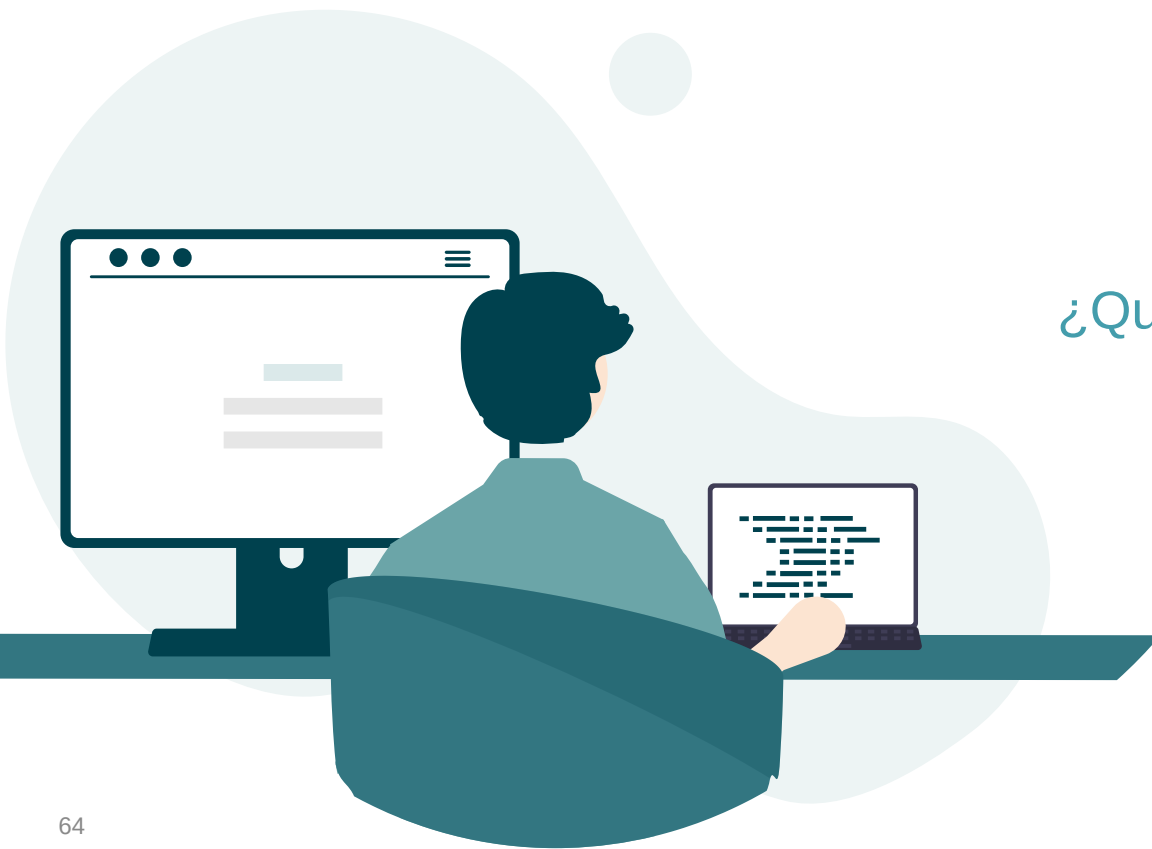
TERCER CASO +1: ANÁLISIS DE RESULTADOS

MACCAFERRI



SECCIÓN 400

	Nivel de agua [m]	Δ	Velocidad [m/s]	Δ	Esfuerzo cortante [N/m ²]	Δ
 MacRA Design PROTECT YOUR RIVER	4.50		8.30		392.83	
HEC-RAS Permanente	4.67	3.78%	7.85	-5.42%	340.07	-13.43%
HEC-RAS Variado	4.37	-2.89%	8.61	3.73%	419.05	6.67%



¿Qué tal la comparación?

1

Analizar los resultados de los dos programas y ver cuándo y cómo proporcionan resultados similares



MacRA Design arroja resultados muy similares a los de las simulaciones de flujo permanente de HEC-RAS sin incurrir en resultados poco realistas, como la presencia del salto hidráulico del ejemplo 3.



MacRA Design arroja resultados muy similares a los de las simulaciones de flujo variado de HEC-RAS, si las secciones transversales se eligen adecuadamente.



En presencia de una estructura hidráulica (puente, etc.) **MacRA Design** no puede simular la variación de las condiciones hidráulicas debidas a la estructura, pero los resultados pueden utilizarse como punto de partida para un análisis hidráulico local y de socavación.



Para flujo permanente, las diferencias son del orden del **1-5%**



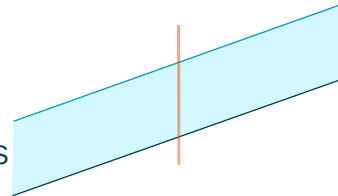
Para flujo variado, las diferencias son del orden del **1-10%**



MacRA Design suele arrojar resultados **conservadores!**

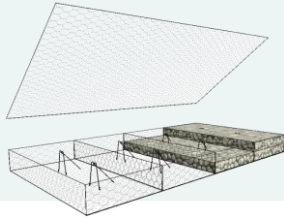
3

Identificar las secciones y geometrías más adecuadas en las que los resultados de MacRA Design estén en línea con HEC-RAS



Elija las secciones transversales correctas: en el centro de los tramos y NO donde varíe la sección o la pendiente

		SECCIÓN	ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO [N/m ²]	ESPESOR [m]	ESFUERZO CORTANTE ADMISIBLE [N/m ²]
1	Tramo de río recto con sección constante	1	392,08	0.23	385 - 534 ✓
2	Tramo de río recto con sección y pendiente del lecho variables	1	230.66	0.23	385 - 534 ✓
		2	381.90		
3	Tramo de río curvo con sección y pendiente del lecho variables	0	252.95	0.23	385 - 534 ✓
		400	392.83		
		600	381.90		
		900	243.84		



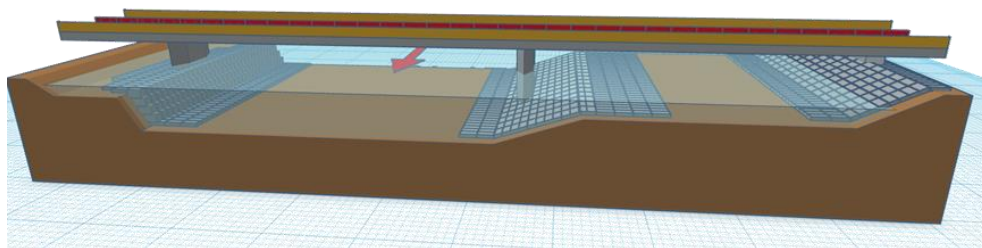


Colchón Reno Plus
con X-Ties

+1

Tramo de río **curvo** con
sección y pendiente del
lecho **variables** & **punto**

SECCIÓN	ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO [N/m ²]
0	229.34
400	419.05
600	381.90
900	243.84



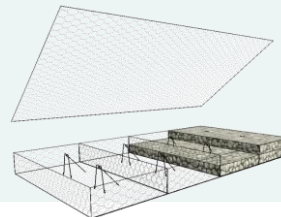
STATION 400

ESPESOR [m]

ESFUERZO CORTANTE ADMISIBLE
[N/m²]

0.30

459 - 637 ✓



Colchón Reno Plus
con X-Ties