



Herramienta computacional de apoyo – HEC-RAS

Modelación de inundaciones con RAS Mapper, utilizando como complemento el recurso de modelación de puentes

Fuente del recurso: El ejercicio resulta de una adaptación del caso de estudio contenido en la documentación oficial de HEC-RAS, específicamente, de "Developing 1D Geometric Data with RAS Mapper" para los datos del terreno, y como guía, el documento "HEC-RAS Mapper User's Manual". Fue desarrollado por los estudiantes de ingeniería civil en modalidad de trabajo de grado Práctica en Docencia Edwin Manrique Castañeda y Jeirson Armando Cáceres Castellanos.

1. OBJETIVOS

- Comprender la estructura y metodología de modelación de puentes en HEC-RAS, identificando las ubicaciones apropiadas de secciones transversales, los parámetros geométricos requeridos para representar adecuadamente el tablero, pilas y estribos de la estructura.
- Desarrollar habilidades prácticas en la configuración de geometría de puentes mediante la definición de secciones transversales críticas (aguas arriba y aguas abajo) y áreas de flujo ineficaz.



2. REQUERIMIENTOS

2.1 Instalación del programa

La herramienta de simulación se descarga directamente de la página oficial del ejercito de la marina de los estados <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/download.aspx>

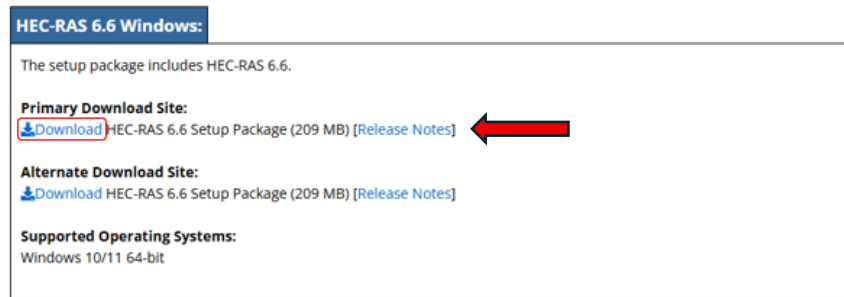


Figura 1. Descarga HEC-RAS versión 6.6

3. INTRODUCCIÓN

El software HEC-RAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System), desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, constituye una herramienta de gran utilidad en la simulación del comportamiento hidráulico. Además, ofrece capacidades específicas para el modelado de estructuras hidráulicas, incluyendo puentes.

La presente guía práctica tiene como objetivo desarrollar competencias en la modelación de puentes mediante HEC-RAS, abarcando la configuración geométrica de la estructura, la determinación de las secciones transversales y la ejecución de simulaciones. El estudio de caso presentado corresponde a la continuación del taller 2 previamente realizado, centrado en un tramo del río Tuolumne en las cercanías de Modesto, California, Estados Unidos.



4. MARCO TEÓRICO

4.1 PAUTAS GENERALES PARA EL MODELADO DE PUENTES

Ubicación de secciones transversales para puentes

Las rutinas de modelación de puentes utilizan cuatro secciones transversales definidas por el usuario en los cálculos de las pérdidas de energía debidas a la estructura. Durante los cálculos hidráulicos, el programa formula automáticamente dos secciones transversales adicionales dentro de la estructura del puente. En la figura siguiente se muestra una vista en planta de la disposición básica de las secciones transversales. Las secciones transversales en dicha figura se denominan estaciones fluviales 1, 2, 3 y 4 para fines de discusión en este capítulo.

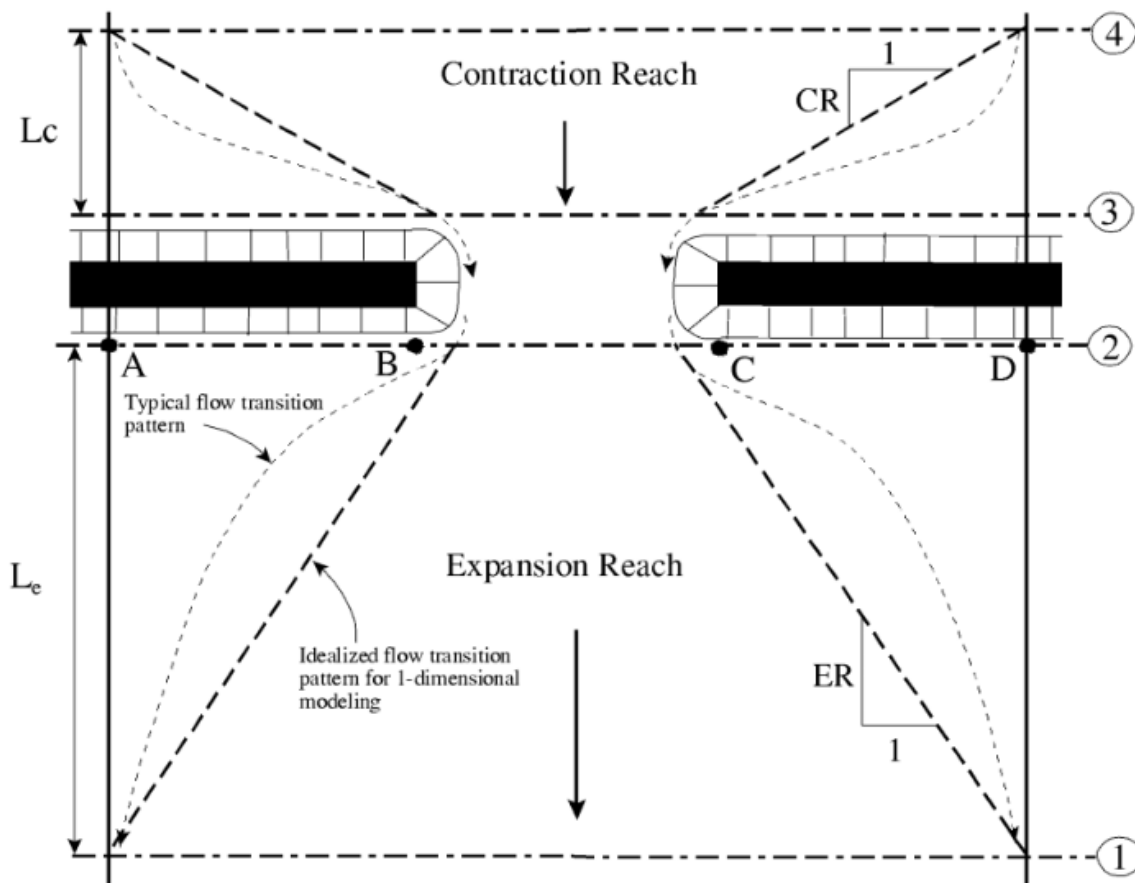


Figura 2. Ubicación de las secciones transversales

Sección transversal 1: Se ubica lo suficientemente aguas abajo de la estructura de modo que el flujo no sea afectado por esta (es decir, el flujo se ha expandido completamente). La distancia de expansión variará dependiendo del grado de constricción, la forma de la constricción, la magnitud del caudal y la velocidad del flujo.

La siguiente tabla ofrece rangos de relaciones de expansión que pueden utilizarse para diferentes grados de constricción, diferentes pendientes y diferentes proporciones entre la rugosidad de la



llanura de inundación y la rugosidad del cauce principal. Una vez seleccionada una relación de expansión, la distancia hasta el extremo aguas abajo del tramo de expansión (la distancia L_e en la figura siguiente) se determina multiplicando la relación de expansión por la longitud promedio de obstrucción (el promedio de las distancias A a B y C a D de la figura siguiente). La longitud promedio de obstrucción es la mitad de la reducción total del ancho de la llanura de inundación causada por los dos terraplenes de aproximación al puente. En la Tabla 5-1, b/B es la relación entre el ancho de la abertura del puente y el ancho total de la llanura de inundación, n_{ob} es el valor n de Manning para la llanura de inundación, n_c es el valor n para el cauce principal, y S es la pendiente longitudinal.

		$n_{ob} / n_c = 1$	$n_{ob} / n_c = 2$	$n_{ob} / n_c = 4$
$b/B = 0.10$	$S = 1 \text{ ft/mile}$	1.4 – 3.6	1.3 – 3.0	1.2 – 2.1
	5 ft/mile	1.0 – 2.5	0.8 – 2.0	0.8 – 2.0
	10 ft/mile	1.0 – 2.2	0.8 – 2.0	0.8 – 2.0
$b/B = 0.25$	$S = 1 \text{ ft/mile}$	1.6 – 3.0	1.4 – 2.5	1.2 – 2.0
	5 ft/mile	1.5 – 2.5	1.3 – 2.0	1.3 – 2.0
	10 ft/mile	1.5 – 2.0	1.3 – 2.0	1.3 – 2.0
$b/B = 0.50$	$S = 1 \text{ ft/mile}$	1.4 – 2.6	1.3 – 1.9	1.2 – 1.4
	5 ft/mile	1.3 – 2.1	1.2 – 1.6	1.0 – 1.4
	10 ft/mile	1.3 – 2.0	1.2 – 1.5	1.0 – 1.4

Tabla 1 Rangos de relaciones de expansión.

Nota: El usuario no debe permitir que la distancia entre las secciones transversales 1 y 2 sea tan grande que las pérdidas por fricción no se modelen adecuadamente. Si el modelador considera que el tramo de expansión requerirá una distancia considerable, entonces deben colocarse secciones transversales intermedias dentro del tramo de expansión con el fin de modelar adecuadamente las pérdidas por fricción. La opción de flujo inefectivo puede utilizarse para limitar el área de flujo efectivo de las secciones transversales intermedias en el tramo de expansión.

Sección transversal 2: Se ubica a una corta distancia aguas abajo del puente (es decir, comúnmente se coloca en el pie aguas abajo del terraplén de la carretera). Esta sección transversal debe representar el terreno natural (cauce principal y llanura de inundación) justo aguas abajo del puente o alcantarilla. Esta sección normalmente se localiza cerca del pie del terraplén de la carretera aguas abajo. Esta sección transversal NO debe colocarse inmediatamente aguas abajo de la cara del tablero del puente o de la abertura de la alcantarilla (por ejemplo, algunas personas colocan incorrectamente esta sección transversal a 1.0 pie aguas abajo del tablero del puente o de la abertura de la alcantarilla). Incluso si el puente no tiene terraplén, esta sección transversal debe colocarse lo suficientemente alejada de la cara aguas abajo del puente para permitir suficiente distancia para alguna expansión del flujo debido a las pilas, o al flujo presurizado que sale del puente.

Sección transversal 3: Debe ubicarse a una corta distancia aguas arriba del puente (comúnmente se coloca en el pie aguas arriba del terraplén de la carretera). La distancia entre la sección transversal 3 y el puente debe reflejar únicamente la longitud requerida para la aceleración y contracción abrupta del flujo que ocurre en el área inmediata de la abertura. La sección transversal 3 representa el terreno natural del cauce y el área de la llanura de inundación justo aguas arriba del terraplén de la carretera. Esta sección normalmente se localiza cerca del pie del terraplén de la carretera aguas



arriba. Esta sección transversal NO debe colocarse inmediatamente aguas arriba del tablero del puente (por ejemplo, algunas personas colocan incorrectamente esta sección transversal a 1.0 pie aguas arriba del tablero del puente). Las rutinas de puente utilizadas entre las secciones transversales 2 y 3 tienen en cuenta las pérdidas por contracción que ocurren justo aguas arriba de la estructura (pérdidas de entrada). Por lo tanto, esta sección transversal debe colocarse justo aguas arriba del área donde ocurre la contracción abrupta del flujo para entrar en la abertura del puente. Esta distancia variará según el tamaño de la abertura del puente.

Nota: Tanto las secciones transversales 2 como 3 tendrán áreas de flujo inefectivo a cada lado de la abertura del puente durante condiciones de bajo caudal y flujo presurizado. Para modelar únicamente las áreas de flujo efectivo en estas dos secciones, el modelador debe utilizar la opción de área de flujo inefectivo. Esta opción se selecciona desde el editor de datos de la sección transversal.

Sección transversal 4: Es una sección transversal aguas arriba donde las líneas de flujo son aproximadamente paralelas y la sección transversal es completamente efectiva. En general, las contracciones del flujo ocurren en una distancia más corta que las expansiones del flujo. La distancia entre las secciones transversales 3 y 4 (la longitud del tramo de contracción, L_c) generalmente debería determinarse mediante investigación de campo durante caudales altos. Tradicionalmente, la guía del Cuerpo de Ingenieros sugiere ubicar la sección transversal aguas arriba a una distancia equivalente a la longitud promedio de la constricción lateral causada por los estribos de la estructura (el promedio de las distancias de A a B y de C a D en la figura anterior). La distancia de contracción variará dependiendo del grado de constricción, la forma de la constricción, la magnitud del caudal y la velocidad del flujo. Como se mencionó anteriormente, el estudio detallado "Transiciones de Flujo en el Análisis de Remanso de Puentes" (RD-42, HEC, 1995) se realizó para proporcionar una mejor orientación a los ingenieros hidráulicos que realizan cálculos del perfil de la superficie del agua a través de puentes. Un resumen de esta investigación y las recomendaciones finales se pueden encontrar en el Apéndice B de este documento.

Nota: Durante los cálculos hidráulicos, el programa formula automáticamente dos secciones transversales adicionales dentro de la estructura del puente. La geometría dentro del puente es una combinación de las secciones transversales límite (secciones 2 y 3) y la geometría del puente. La geometría del puente consiste en el tablero del puente y la calzada, estribos inclinados si es necesario, y cualquier pila que pueda existir. El usuario puede especificar diferente geometría del puente para los lados aguas arriba y aguas abajo de la estructura si es necesario. La sección transversal 2 y la información de la estructura en el lado aguas abajo del puente se utilizan como la geometría justo dentro de la estructura en el extremo aguas abajo. La sección transversal 3 y la información de la estructura aguas arriba se utilizan como la geometría del puente justo dentro de la estructura en el extremo aguas arriba. El usuario tiene la opción de editar estas secciones transversales internas del puente para realizar ajustes a la geometría.

Definición de áreas de flujo ineficaz

Un problema básico en la definición de los datos del puente es la definición de las áreas de flujo inefectivas cerca de la estructura del puente. Haciendo referencia a la figura a continuación, las líneas discontinuas representan el límite de flujo efectivo para condiciones de flujo bajo y flujo a



presión. Por lo tanto, para las secciones transversales 2 y 3, las áreas de flujo inefectivas a cada lado de la abertura del puente (a lo largo de la distancia AB y CD) no deben incluirse como parte del área de flujo activa para flujo bajo o flujo a presión.

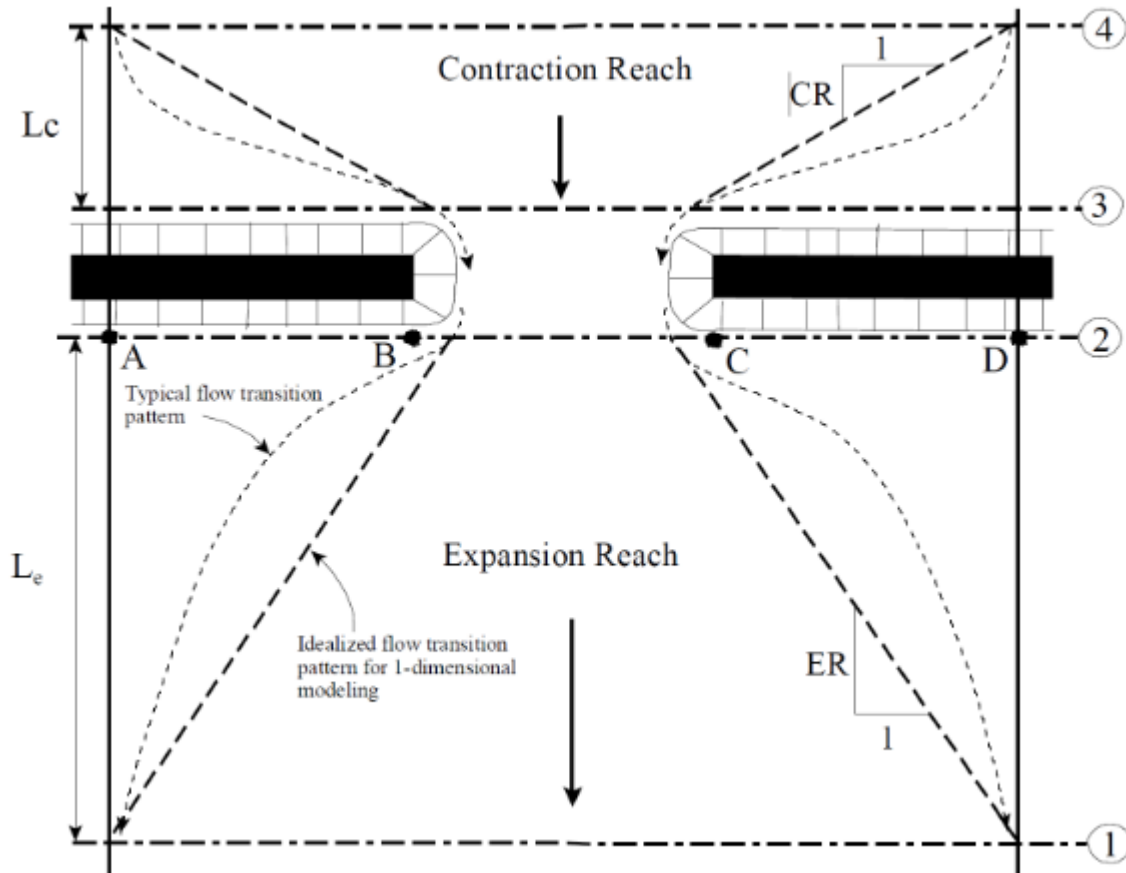


Figura 3. Áreas de flujo ineficaz

La eliminación de las áreas inefectivas de las márgenes puede lograrse redefiniendo la geometría en las secciones transversales 2 y 3 o utilizando el perfil del terreno natural y solicitando la opción de área inefectiva del programa para eliminar el uso del área de las márgenes (como se muestra en la parte C de la figura a continuación). Además, para flujos altos (flujos que sobrepasan el tablero del puente), el área fuera de la abertura principal del puente puede dejar de ser inefectiva y necesitará incluirse como área de flujo activa. Si el modelador elige redefinir la sección transversal, se utiliza un límite fijo en los lados de la sección transversal para contener el flujo, cuando de hecho no hay físicamente un límite sólido allí. El uso de la opción de área inefectiva es más apropiado y no añade perímetro mojado al límite de flujo activo por encima del perfil del terreno dado.

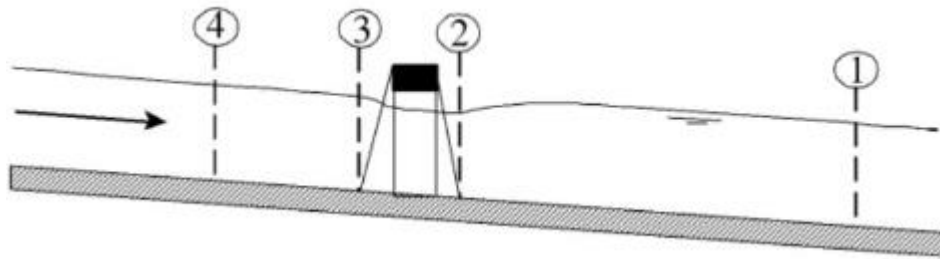


Figura 4. Perfil del canal y ubicaciones de las secciones transversales.

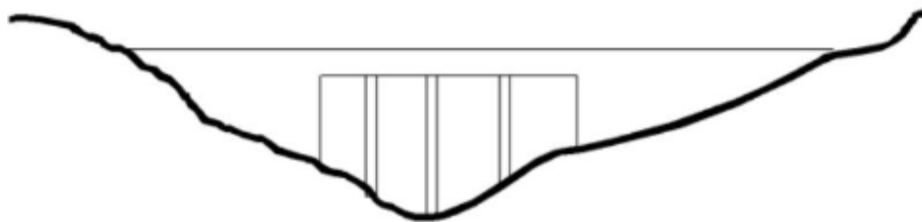


Figura 5. Sección transversal del puente sobre terreno natural.



Figura 6. Porción de las secciones transversales 2 y 3 que es inefectiva para flujo bajo.

La opción de área inefectiva se utiliza en las secciones 2 y 3 para mantener todo el flujo activo en el área de la abertura del puente hasta que las elevaciones asociadas con las áreas de flujo inefectivas izquierda y/o derecha sean excedidas por la elevación de la superficie del agua calculada. El programa permite que las estaciones y elevaciones de control de las áreas de flujo inefectivas izquierda y derecha sean especificadas por el usuario. Además, las estaciones de las áreas de flujo inefectivas no tienen que coincidir con las estaciones del perfil del terreno, el programa interpolará la estación del terreno.

Las áreas de flujo inefectivas deben establecerse en estaciones que describan adecuadamente el área de flujo activa en las secciones transversales 2 y 3. En general, estas estaciones deben colocarse fuera de los bordes de la abertura del puente para permitir la contracción y expansión del flujo que ocurre en las inmediaciones del puente. En el lado aguas arriba del puente (sección 3) el flujo se está contrayendo rápidamente. Un método práctico para colocar las estaciones de las áreas de flujo inefectivas es asumir una tasa de contracción de 1:1 en las inmediaciones del puente. En otras palabras, si la sección transversal 3 está a 10 pies de la cara aguas arriba del puente, las áreas de flujo inefectivas deben colocarse a 10 pies de distancia de cada lado de la abertura del puente. En el lado aguas abajo del puente (sección 2), se puede aplicar una suposición similar. El área de flujo activa en el lado aguas abajo del puente puede ser menor que, igual a, o mayor que el ancho de la



abertura del puente. A medida que el flujo converge hacia la abertura del puente, dependiendo de lo abrupto de los estribos, el área de flujo activa puede constreñirse para ser menor que la abertura del puente. A medida que el flujo pasa a través y sale del puente, comienza a expandirse. Debido a este fenómeno, estimar el estacionamiento de las áreas de flujo inefectivas en la sección transversal 2 puede ser muy difícil. En general, el usuario debe hacer que el área de flujo activa sea igual al ancho de la abertura del puente o más ancha (para tener en cuenta la expansión del flujo), a menos que los estribos del puente sean muy abruptos (estribos de muro vertical sin muros de ala).

Las elevaciones especificadas para el flujo inefectivo deben corresponder a elevaciones donde pasa un flujo de vertedero significativo sobre el puente. Para la sección transversal aguas abajo, la elevación umbral de la superficie del agua para el flujo de vertedero generalmente no se conoce en la corrida inicial, por lo que debe hacerse una estimación. Una elevación por debajo del mínimo de la parte superior del camino, tal como un promedio entre la cuerda baja y el mínimo de la parte superior del camino, puede usarse como primera estimación.

Usar la opción de área inefectiva para definir las áreas de flujo inefectivas permite que las áreas de las márgenes se vuelvan efectivas tan pronto como se excedan las elevaciones de área inefectiva. La suposición es que, bajo condiciones de flujo de vertedero, el agua generalmente puede fluir a través de toda la longitud del puente y toda la margen en las inmediaciones del puente estaría efectivamente transportando flujo hacia y sobre el puente.

Nota: En general, cuando las áreas de flujo inefectivas se desactivan, y el área de las márgenes de las secciones transversales 2 y 3 es libre de moverse, la cantidad calculada de capacidad de transporte (flujo) en las áreas de las márgenes es demasiado alta comparada con el flujo que pasa sobre el camino en esas mismas áreas. Esto se debe al hecho de que en el modelado 1D la distribución del flujo en cada sección transversal se basa únicamente en esa sección transversal y los valores de n de Manning. Por lo tanto, para reducir la capacidad de transporte en las áreas de las márgenes de las secciones transversales 2 y 3 para que coincida más estrechamente con el flujo que pasa sobre el camino, los modeladores deben aumentar los valores de n de Manning para las áreas de las márgenes de las secciones transversales 2 y 3. Este será un proceso de prueba y error, hasta que el flujo/capacidad de transporte de las áreas de las márgenes sea constante con la hidráulica del flujo que se está calculando para el puente en las áreas de las márgenes.



5. DESARROLLO DEL MODELO

5.1 Descripción del problema

Para este ejercicio se continuará con el modelo desarrollado en el taller 2. En esta etapa se incorporará una estructura hidráulica tipo puente al sistema. Los datos necesarios para el modelado del puente normalmente se obtienen mediante levantamientos topográficos y mediciones en campo. Sin embargo, para efectos prácticos de este ejercicio, los valores requeridos se asumirán a partir de la misma simulación.



Figura 7. Imagen real del puente.

5.2 Ubicación del puente

Se retoma el ejercicio teniendo en cuenta en este caso la ubicación del puente.

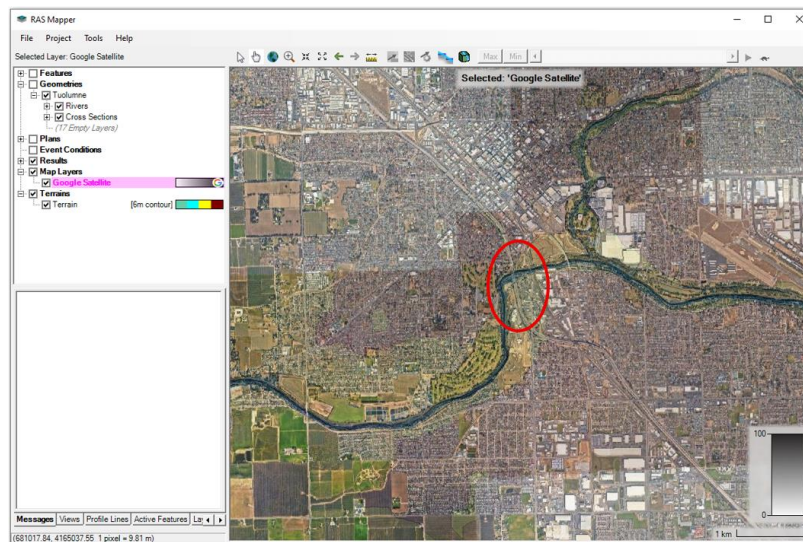


Figura 8. Ubicación del puente.

En el taller 2 en el capítulo “5.4.9 Creación de las secciones transversales” se hace referencia al trazado de las secciones transversales cuando está presente una estructura (puente).



“Se continúa con las secciones transversales aguas abajo hasta visualizar el puente localizado en el río “Tuolumne”. Cuando está presente una estructura en la trayectoria del cauce principal, es necesario crear secciones transversales paralelas a la estructura justo aguas arriba y aguas abajo, esto con el fin de evaluar la hidráulica transitoria al pasar por los estribos del puente y sus pilares”.

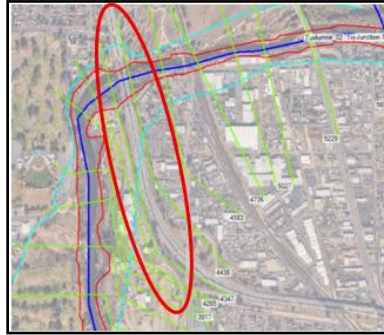


Figura 9. Secciones cerca de una estructura.

5.3 Información del puente

Ingrese a la herramienta “edit geometry data” con el botón de acceso rápido presentado al inicio de la guía.

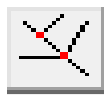


Figura 10. Acceso rápido a herramienta RAS Mapper.

Se abrirá la ventana

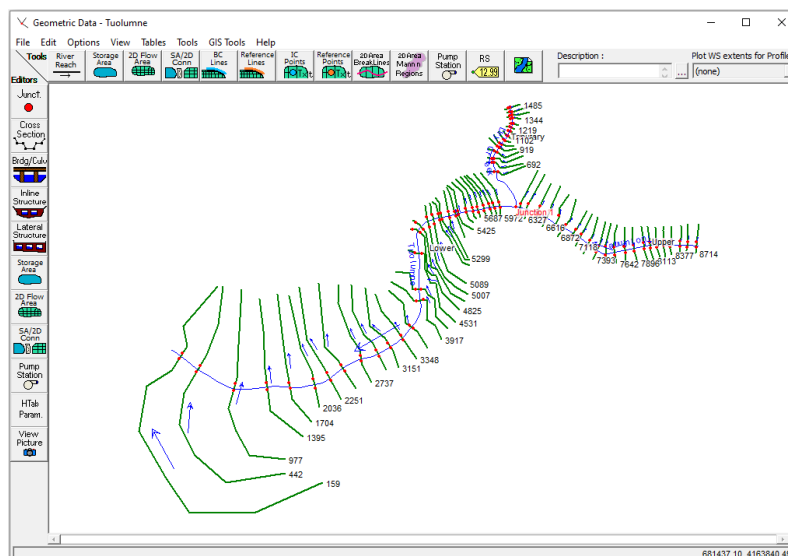


Figura 11. Ventana Geometric data



Una vez ingresa a la ventana, revise la ubicación del puente teniendo en cuenta las abscisas.

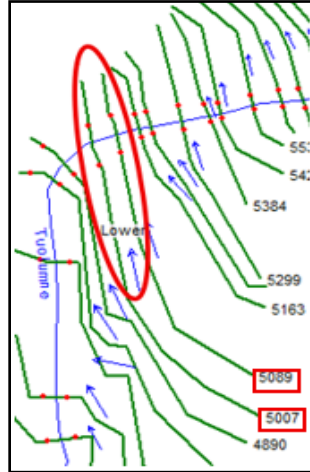


Figura 12. Abscisas del puente.

Es necesario tener las dimensiones del puente, igual que las distancias aguas arriba y aguas debajo con las secciones transversales.

Para facilitar la visualización de la ubicación del puente, se activa la capa de terreno. A continuación, para medir la distancia entre el puente y la sección transversal aguas arriba, se presiona la tecla Ctrl para activar la herramienta de medición, se desplaza el cursor hasta la sección transversal y se suelta. Inmediatamente aparece una ventana que muestra el valor de longitud (Length) requerido.

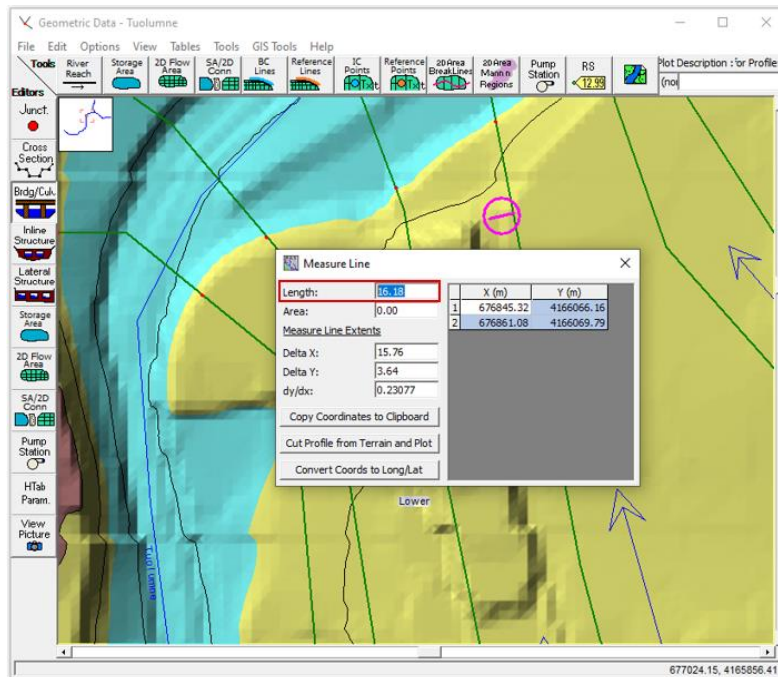


Figura 13. Ventana de medición libre (Longitud del puente).



A continuación, se debe aplicar el mismo procedimiento para obtener el valor del ancho del puente

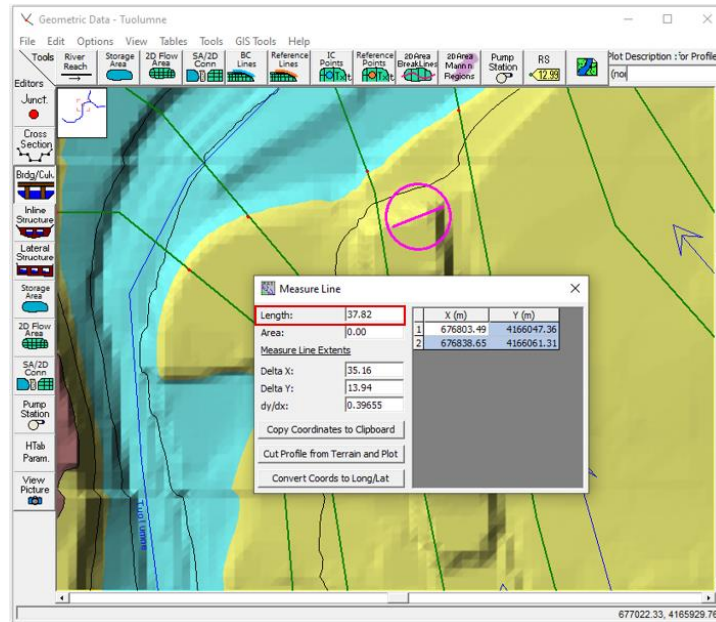


Figura 14. Ventana de medición libre (Ancho del puente).

5.4 Generar el puente

Ingresa a la herramienta de edición de puentes con el botón de acceso rápido presentado en la ventana de “Geometric data”.



Figura 15. Acceso directo de puentes.

- Se abrirá la siguiente ventana donde debe verificar el tramo donde se encuentra el puente entrando en river (Toulumne) y reach (Lower).
- En la ventana de opciones diríjase a la primera pestaña que dice “Add a Bridge and/or Culvert”.

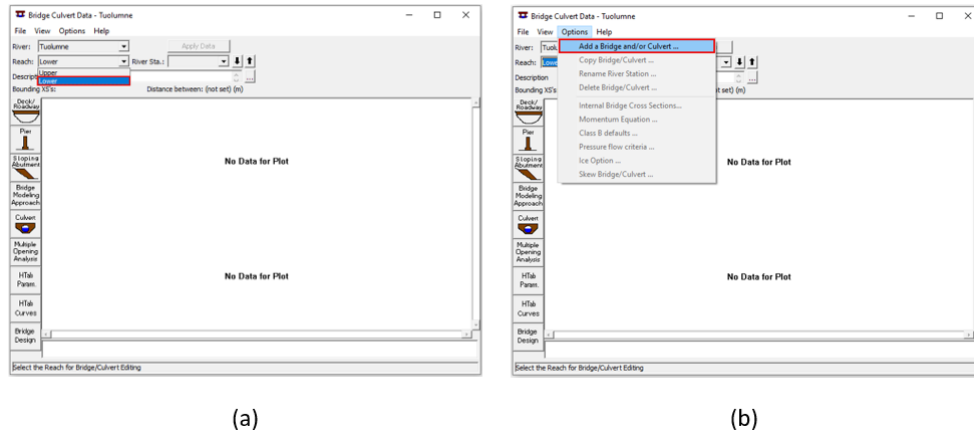


Figura 16. Guardado del archivo.

Se abrirá la siguiente ventana. Se ingresa un número de estación, que tenga un valor medio entre las abscisas (figura 11) para este caso los valores de las abscisas son 5007 y 5089, y se asignará para el ejercicio el valor de 5048.

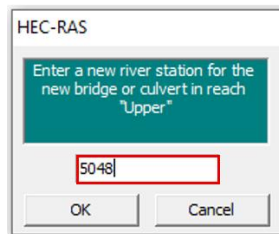


Figura 17. Abscisa de trabajo.

Se abrirá la siguiente ventana donde se puede evidenciar las secciones aguas arriba y aguas abajo del puente (Upstream y downstream). En este punto se deben seleccionar y tomar los valores de los puntos por donde se desea trazar el puente (haciendo clic sobre los puntos de la sección transversal).

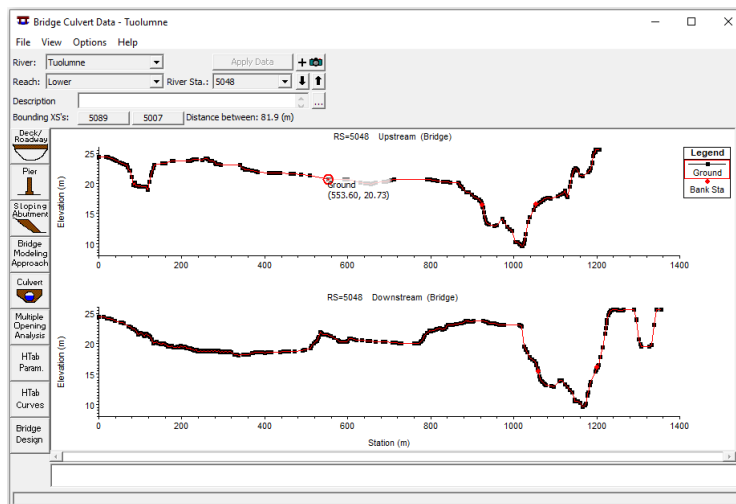


Figura 18. Secciones transversales del puente.



5.5 Creación de la plataforma

Ingresa a la herramienta “Deck/Roadway” con el botón de acceso rápido presentado en la ventana de “Bridge Culvert Data”.



Figura 19. Botón de acceso a Deck/Roadway.

Se abrirá la siguiente ventana la cual le permite al usuario ingresar los datos de: Distancia (Distance) y anchura (width) del puente.

Posteriormente ingrese el valor de puntos tomados anteriormente como coordenadas aguas arriba y aguas abajo del puente para las casillas de station, high chord y Low chord.

Deck/Roadway Data Editor

Distance	Width	Weir Coef
16.18	37.82	1.4

Clear Del Row Ins Row Copy US to DS

Upstream				Downstream		
	Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1	508.2	22	20.73	534.1	22	20.73
2	1206.2	26	23.55	1248.3	26	23.55
3						
4						
5						
6						
7						
8						

U.S Embankment SS 0 D.S Embankment SS 0

Weir Data

Max Submergence: 0.98 Min Weir Flow El:

Weir Crest Shape

☒ Broad Crested

☐ Ogee

OK Cancel

Enter distance between upstream cross section and deck/roadway. (m)

Figura 20. Ingreso de coordenadas del puente.

Se abrirá la siguiente ventana donde se puede visualizar la plataforma del puente.

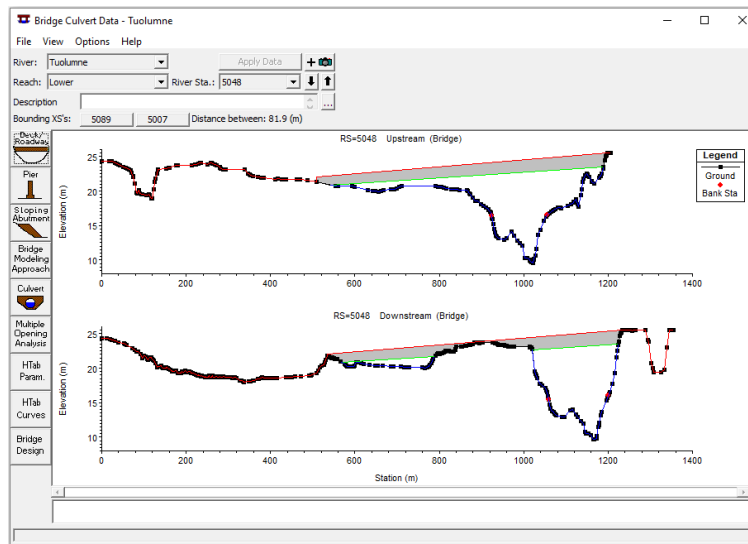


Figura 21. Vista plataforma del puente.

5.6 Creación de estribos

Ingrese a la herramienta “Sloping Abutment” con el botón de acceso rápido presentado en la ventana de “Bridge Culvert Data”.



Figura 22. Botón de acceso a sloping abutment.

- Se abre la siguiente ventana. En la casilla Abutment seleccione el número 1 para el lado izquierdo aguas arriba y aguas abajo del puente. Esto permite ingresar los datos de estación y elevación.
- En la casilla Abutment seleccione el número 2 para el lado derecho aguas arriba y aguas abajo del puente. Esto permite ingresar los datos de estación y elevación.

(a) Abutment # 1

	Upstream		Downstream	
	Station	Elevation	Station	Elevation
1	508.2	20.73	566.4	20.91
2	866.2	22.2	1013.4	23.12
3				
4				
5				
6				
7				

(b) Abutment # 2

	Upstream		Downstream	
	Station	Elevation	Station	Elevation
1	1105.2	23.4	1224	26
2	1186.74	23.4	1355.6	26
3				
4				
5				
6				
7				

(a)

(b)

Figura 23. Ingreso del valor de las bancas.



Una vez ingresados los datos, podrá observar los estribos creados.

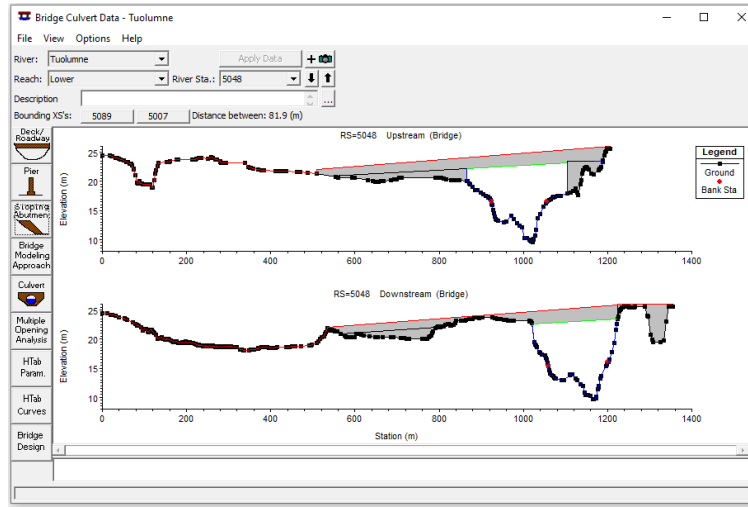


Figura 24. Visualización de los estribos creados.

5.7 Creación de pilares

Ingresa a la herramienta “Pier” con el botón de acceso rápido presentado en la ventana de “Bridge Culvert Data”.



Figura 25. Botón de acceso a Pier.

- Se abre la siguiente ventana. En la casilla “Pier #” se puede observar el pilar en que se está trabajando en este caso el primero. Diríjase a “Centerline Station Upstream” e introduzca el valor de la estación donde se ubicará el primer pilar. Repita el proceso para la casilla “Centerline Station Downstream”. Por último, introduzca los valores de ancho del pilar (*Pier width*) y de elevación de los pilares aguas arriba y aguas abajo.
- Para generar los demás pilares. Haga clic en “Copy” e introduzca los datos correspondientes. Repita el proceso por cada uno de los pilares, en este caso se realizaron 7.



Pier Data Editor

Add Copy Delete Pier # 1

Del Row Centerline Station Upstream 896.08

Ins Row Centerline Station Downstream 1045.15

Floating Pier Debris

All On ... All Off ... ☐ Apply floating debris to this pier

Set Wd/Ht for all ... Debris Width: Debris Height:

Upstream			Downstream		
	Pier Width	Elevation	Pier Width	Elevation	
1	1.22	10	1.22	19.12	
2	1.22	23	1.22	22.8	
3					
4					
5					

OK Cancel Help Copy Up to Down

Select the Pier to Edit

Pier Data Editor

Add Copy Delete Pier # 7

Del Row Centerline Station Upstream 1075.33

Ins Row Centerline Station Downstream 1198.45

Floating Pier Debris

All On ... All Off ... ☐ Apply floating debris to this pier

Set Wd/Ht for all ... Debris Width: Debris Height:

Upstream			Downstream		
	Pier Width	Elevation	Pier Width	Elevation	
1	1.22	10	1.22	10	
2	1.22	23.4	1.22	23.45	
3					
4					
5					

OK Cancel Help Copy Up to Down

Enter to move to previous Pier

Figura 26. Ingreso de datos para pilares.

Una vez ingresados los datos, podrá observar los pilares creados.

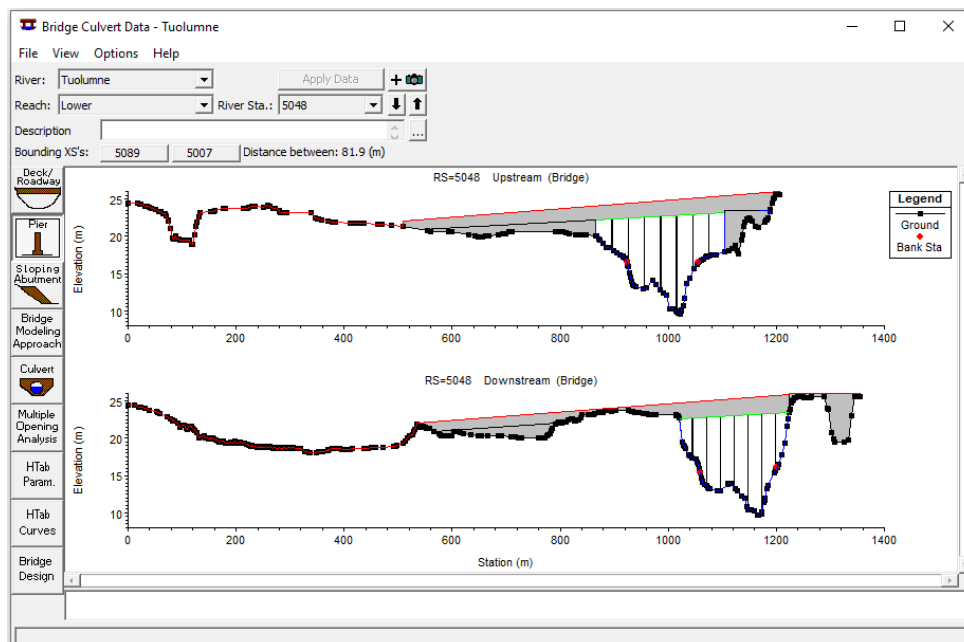


Figura 27. Visualización de pilares.



Salga de la ventana de puentes dirigiéndose a “File” > “Exit”.

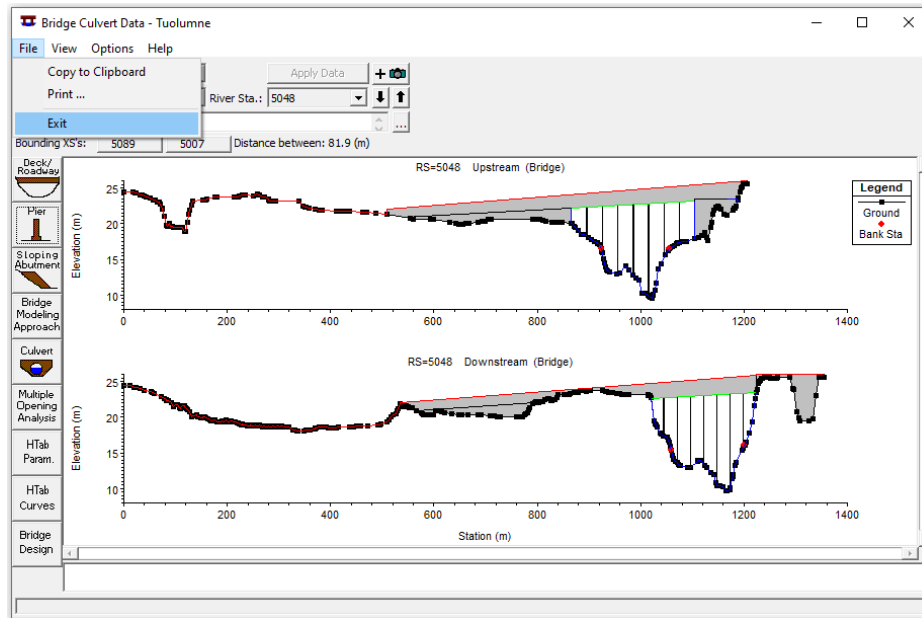


Figura 28. Salir de la ventana de Puentes.

En la ventana de Geometric Data se puede visualizar el puente anteriormente creado. Para guardar los cambios diríjase a File > Save Geometric Data.

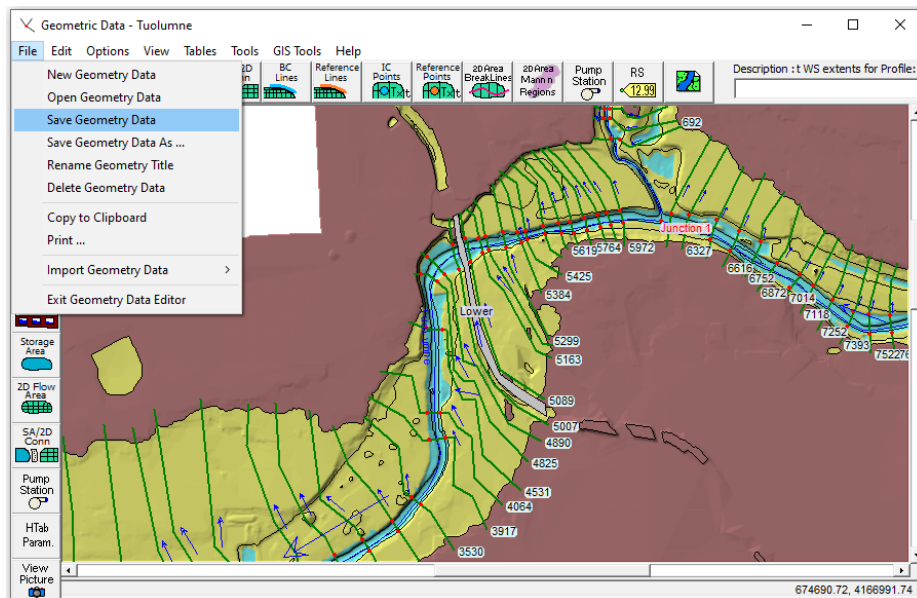


Figura 29. Guardar los datos del puente.



5.8 Ingreso de zonas inefectivas

Para introducir los datos de las zonas inefectivas. Diríjase y haga clic sobre la estación aguas arriba y aguas abajo.

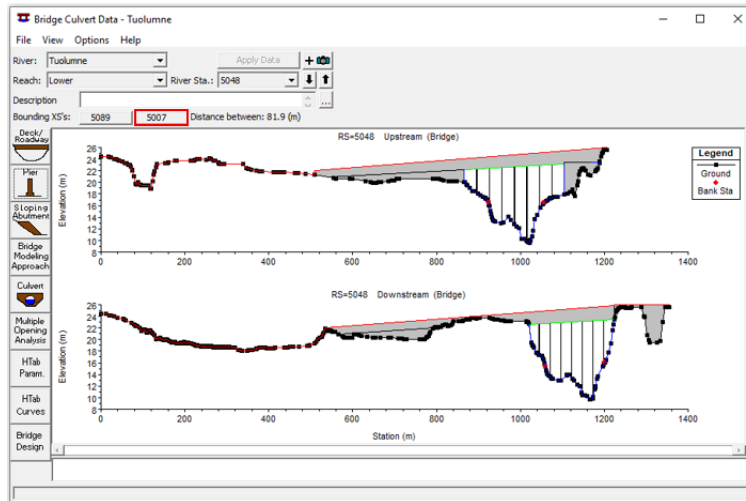


Figura 30. Zonas inefectivas.

Se abrirá la siguiente ventana. Introduzca los valores de estación y elevación de los estribos para los lados derecho e izquierdo. Haga clic en OK.

Figura 31. Ingreso de datos para las áreas inefectivas aguas abajo.



Una vez ingresados los datos, podrá observar la siguiente ventana.

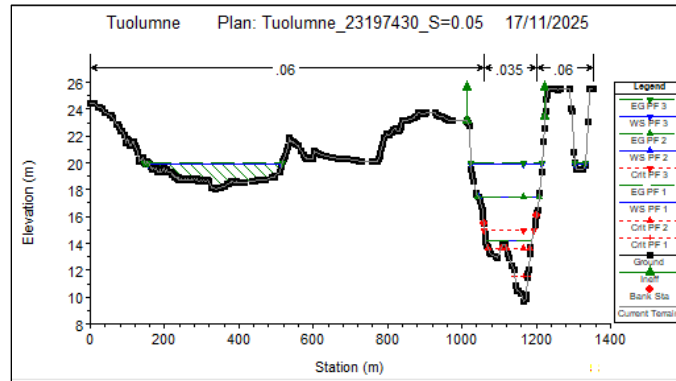


Figura 32. Visualización de las áreas inefectivas aguas abajo.

Se repite el proceso para las áreas inefectivas aguas arriba.

Figura 33. Ingreso de datos para las áreas inefectivas aguas arriba.

Una vez ingresados los datos, podrá observar la siguiente ventana.

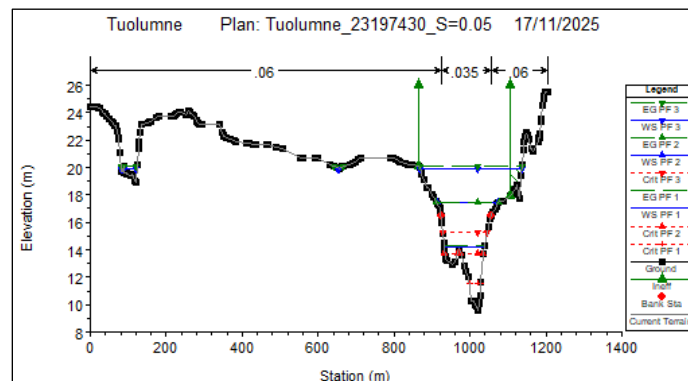


Figura 34. Visualización de las áreas inefectivas aguas arriba.



Finalmente se corre el programa, para comprobar que los cambios se guardaron correctamente se realiza las siguientes verificaciones:

Ingresa al visor de resultados del análisis de las secciones transversales “view cross section”, se busca la abscisa con la que se guardo el puente.

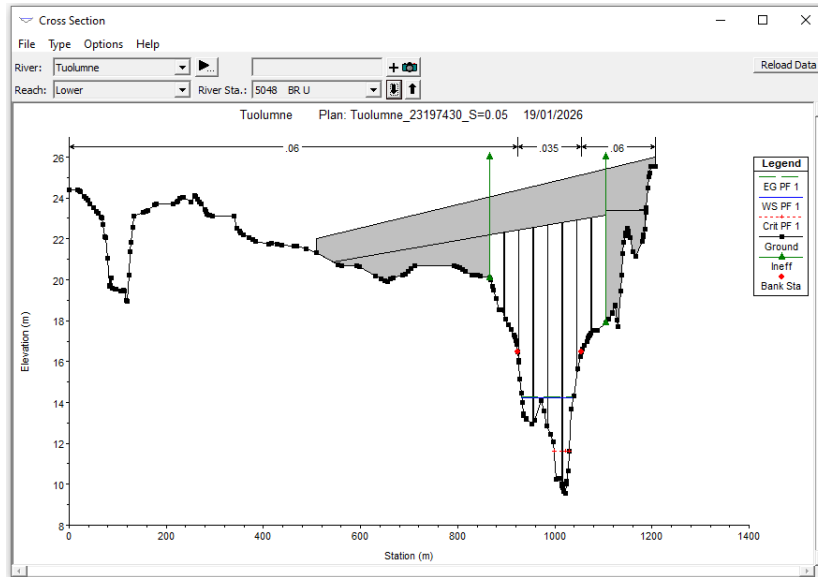


Figura 35. Vista del puente aguas arriba.

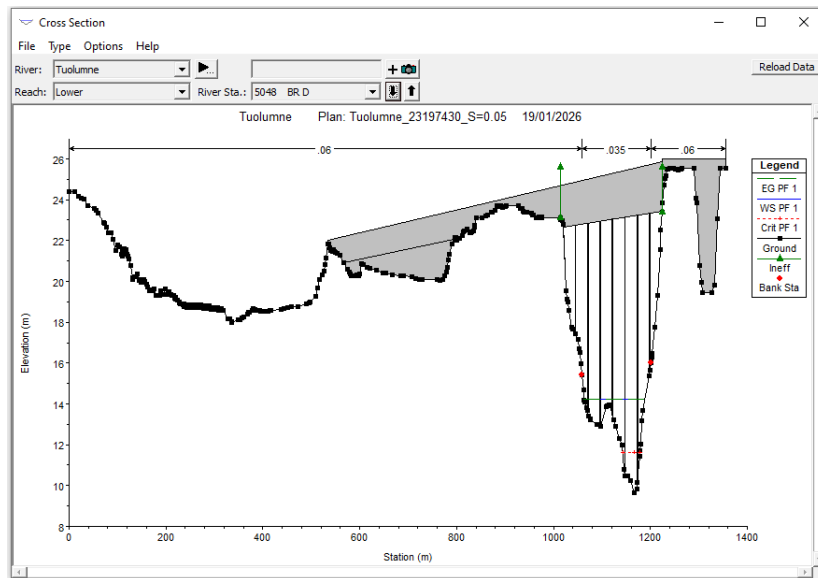


Figura 36. Vista del puente aguas abajo.



También se puede visualizar el puente en 3D y desde la ventana de RAS Mapper.

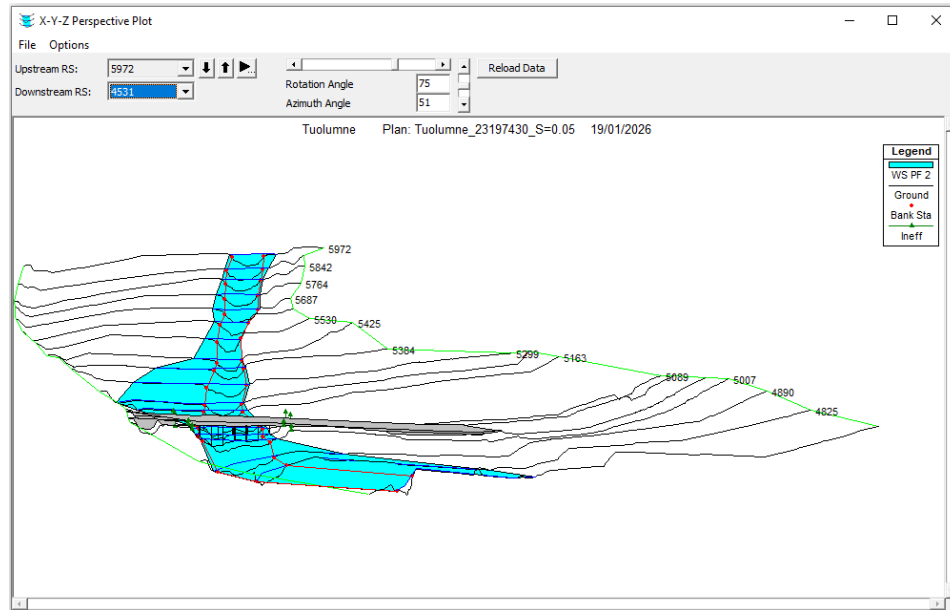


Figura 37. Vista del puente 3D.

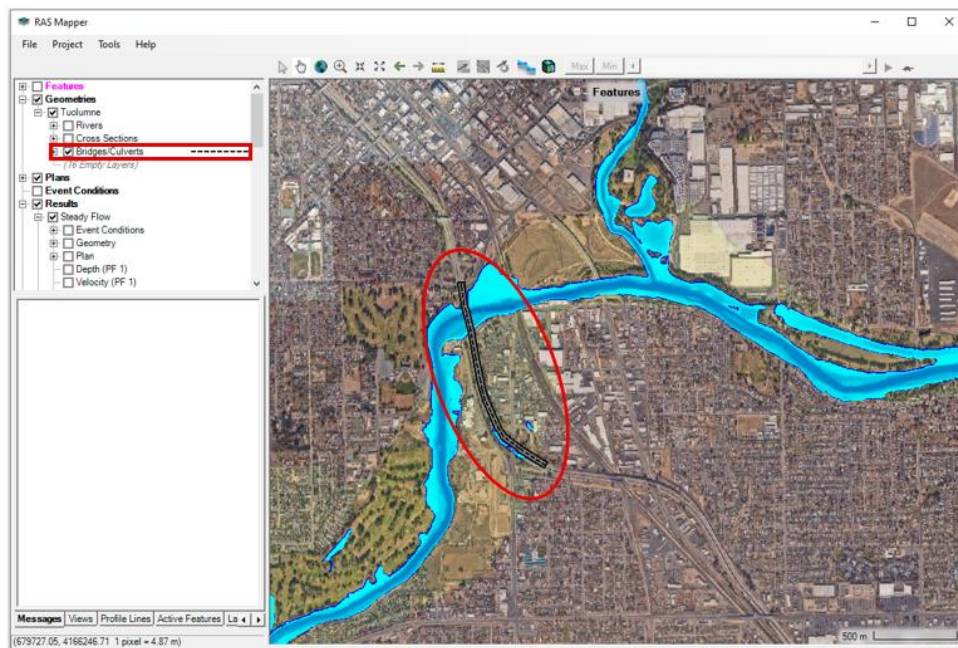


Figura 38. Vista del puente desde RAS Mapper.



Universidad
Industrial de
Santander

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
HIDRÁULICA



6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Béjar, M. V. (1995). *Hidráulica de canales*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Chow, V. Te. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. Editorial McGraw-Hill.

Hydrologic Engineering Center, 2024. HEC-RAS River Analysis System, HEC-RAS Mapper User's Manual, U.S. [HEC-RAS Mapper User's Manual](#)

Hydrologic Engineering Center, 2025. HEC-RAS River Analysis System, HEC-RAS Hydraulic Reference Manual, U.S. <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/ras1dtechref/6.6/introduction>

Knighton, D. (1998). *Fluvial Forms and Processes: A New Perspective*. Routledge.