



Apéndice C. Guía metodológica orientada al desarrollo de la Modelación de inundaciones con RAS Mapper

OBJETIVOS

- Proporcionar al tutor de turno de la asignatura Hidráulica de Canales una guía metodológica de apoyo que facilite el acompañamiento académico de los estudiantes en el análisis, validación e interpretación de resultados de modelación hidráulica de inundaciones mediante el uso de HEC-RAS y RAS Mapper, fortaleciendo el proceso de enseñanza-aprendizaje y la orientación técnica durante las sesiones prácticas.
- Brindar al tutor de turno lineamientos metodológicos y criterios técnicos generales que le permitan orientar a los estudiantes en la interpretación de resultados hidráulicos y espaciales, promoviendo una comprensión integrada entre los conceptos teóricos y su representación en el software.
- Apoyar la labor del tutor de turno mediante la presentación de recomendaciones pedagógicas y técnicas para el acompañamiento de las actividades prácticas, favoreciendo el análisis crítico de los resultados y evitando un uso meramente instrumental de las herramientas de modelación.



A.1 Análisis de Consistencia del Modelo

Evalúen sistemáticamente la calidad del modelo mediante:

1. **Revisión de mensajes de error y advertencias:** Documenten todos los errores/advertencias generadas durante la simulación. Clasifiquen los por:
 - Críticos (impiden convergencia)
 - Moderados (afectan precisión)
 - Menores (informativos)
2. **Análisis de continuidad hidráulica:** Para cada perfil, verifiquen:
 - Conservación de masa entre secciones (Q debe ser constante en cada tramo)
 - Identificar pérdidas de energía anómalas ($\Delta E/\Delta L >$ valores esperados)
 - Detectar transiciones subcrítico-supercrítico no deseadas
3. **Evaluación de secciones críticas:** Identifiquen y documenten:
 - Secciones con número de Froude cercano a 1.0 ($0.85 < Fr < 1.15$)
 - Secciones con velocidades extremas ($v > 5$ m/s o $v < 0.3$ m/s)
 - Áreas con tirantes anómalos comparados con secciones adyacentes

Entregable A.1: Tabla resumen de errores/advertencias y su resolución + gráfico del perfil longitudinal identificando secciones problemáticas.

River: Dry Creek – Tributary

Perfil1

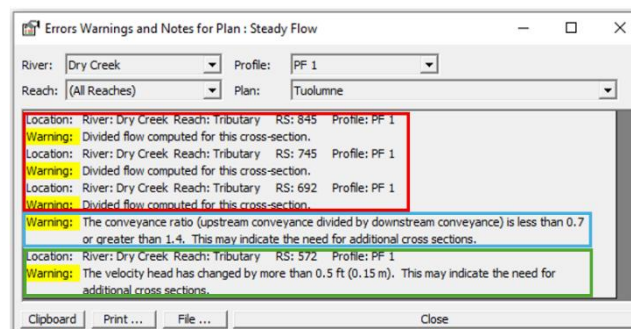


Figura 1. Ventana de advertencias y anotaciones para el perfil de flujo 1 del río tributario Dry Creek.

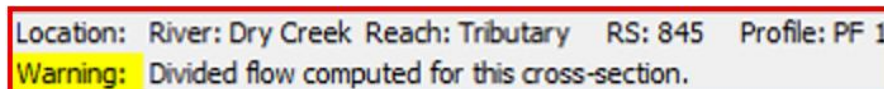


Figura 2. Advertencia de división de flujo.

Nota: Esta advertencia se repite para las Secciones transversales Rs845, Rs745, Rs692

Warning 1: “Divided flow computed for this cross-section”.

Esta advertencia sugiere que, para la geometría y condiciones de flujo, el agua no se concentra únicamente en el canal principal, sino que se divide entre el canal y los llanos de inundación, o incluso en subcanales definidos como se evidencia en la Figura 3. Ocurre comúnmente en ríos con planicie de inundación amplia y no siempre es un error; esto refleja la realidad hidráulica, pero puede ser señal de que el canal principal no está bien definido con las estaciones de ribera.

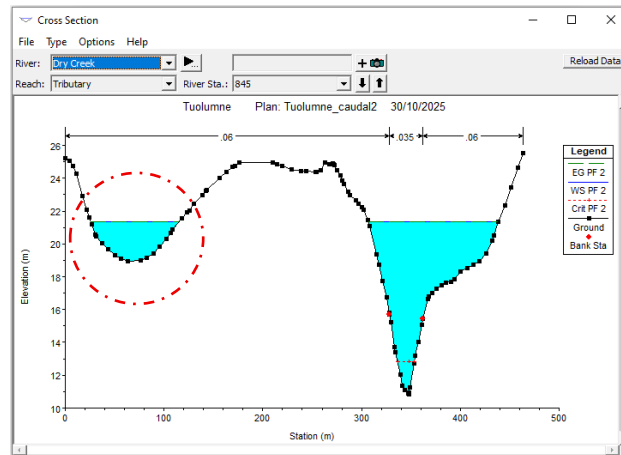


Figura 3. Estacion del rio 845, representación gráfica de advertencia por división de cause principal.

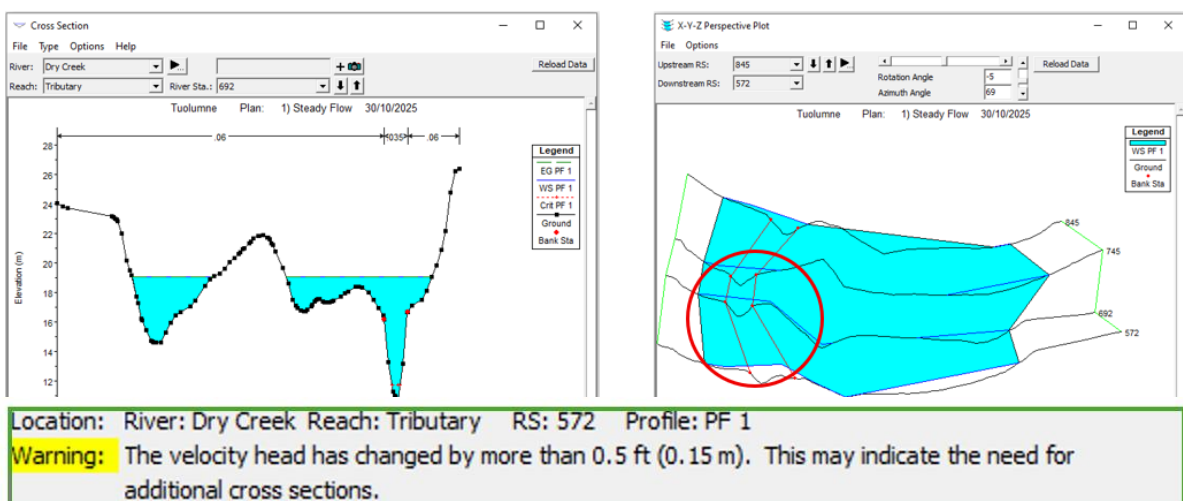
Location: River: Dry Creek Reach: Tributary RS: 692 Profile: PF 1

Warning: Divided flow computed for this cross-section.

Warning: The conveyance ratio (upstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections.

Figura 4. Advertencias por cambios en la capacidad hidráulica entre dos secciones adyacentes.

Warning 2: “The conveyance ratio (upstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections”. La relación de capacidad hidráulica (capacidad hidráulica aguas arriba dividida entre la capacidad hidráulica aguas abajo) es inferior a 0,7 o superior a 1,4. Esto podría indicar la necesidad de secciones transversales adicionales. Lo cual revela que el programa detectó un cambio brusco entre secciones por lo que se recomienda interpolar secciones intermedias.



Location: River: Dry Creek Reach: Tributary RS: 572 Profile: PF 1

Warning: The velocity head has changed by more than 0.5 ft (0.15 m). This may indicate the need for additional cross sections.

Figura 6. Advertencia por cambios drásticos en la velocidad entre secciones adyacentes.



Warning 3: La cabeza de velocidad (velocity head) representa la energía cinética del flujo: Cuando este valor es mayor a 0.15 m (≈ 0.5 ft), indica que:

- El flujo tiene velocidad alta
- Hay cambios rápidos en la energía cinética
- Las secciones transversales están muy separadas

Perfil 2

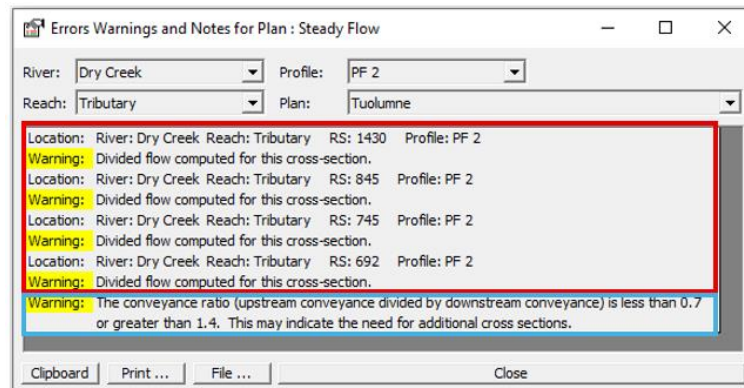
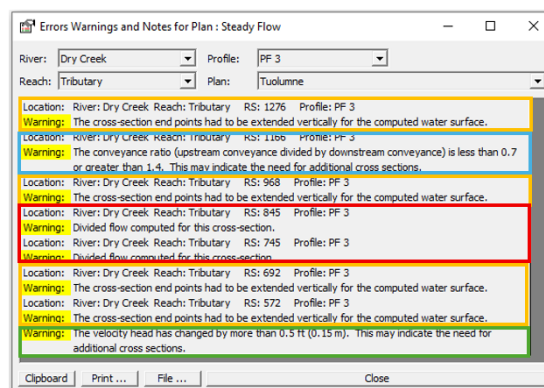


Figura 7. Ventana de advertencias y anotaciones para el perfil de flujo 2 del río tributario Dry Creek.

Al modelar bajo las condiciones de flujo del perfil 2 se evidencia que las advertencias resultantes de la modelación son iguales a las obtenidas de la modelación del perfil 1, por lo cual no es necesario conceptualizarlas.

Perfil 3



Location: River: Dry Creek Reach: Tributary RS: 1276 Profile: PF 3
Warning: The cross-section end points had to be extended vertically for the computed water surface.

Figura 9. Advertencia por desbordamiento del río por fuera de los límites establecidos por geometría ingresada.

Warning 4: Los puntos finales de la sección transversal tuvieron que ser extendidos verticalmente para la superficie de agua calculada.

Esta advertencia ocurre cuando la elevación del agua calculada por HEC-RAS es MAYOR que la elevación máxima de los puntos extremos (izquierdo o derecho) de la sección transversal.



HEC-RAS automáticamente extiende verticalmente los puntos extremos para poder calcular el área mojada y el flujo, pero esto genera una advertencia porque está extrapolando fuera de los datos topográficos reales.

River: Tuolumne – Upper

La lista de advertencias identificadas en el río principal Tuolumne sección aguas arriba son las mismas identificadas con anterioridad en el río tributario Dry Creek por lo cual no se revisarán a fondo ni conceptualizarán en el siguiente apartado.

Perfil 1

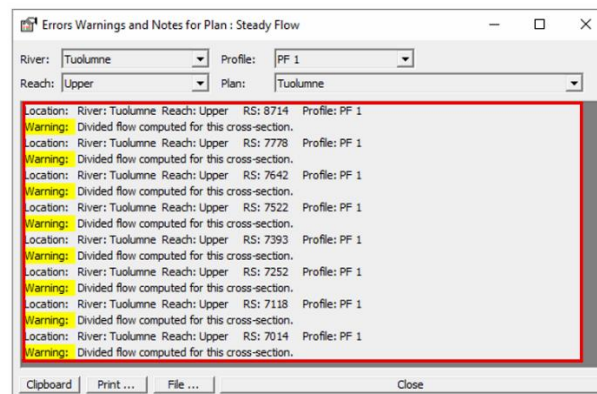


Figura 10. Ventana de advertencias y anotaciones para el perfil de flujo 1 del río principal Tuolumne aguas arriba.

Perfil 2

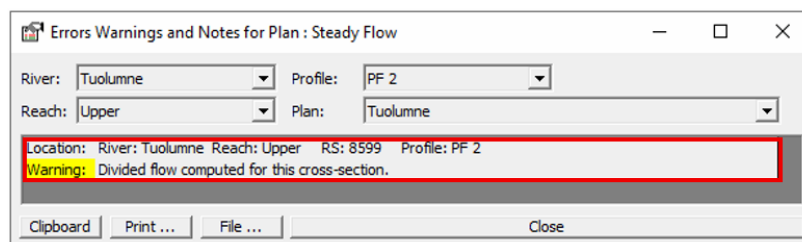


Figura 11. Ventana de advertencias y anotaciones para el perfil de flujo 2 del río principal Tuolumne aguas arriba.

Perfil 3

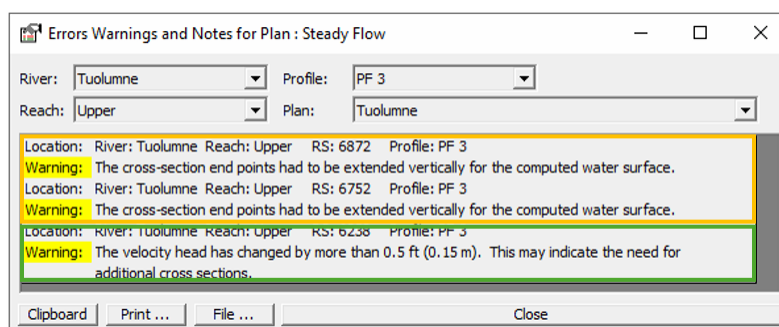


Figura 12. Ventana de advertencias y anotaciones para el perfil de flujo 3 del río principal Tuolumne aguas arriba.



River: Tuolumne – Lower

Perfil 1



Figura 13. Ventana de advertencias y anotaciones para el perfil de flujo 1 del río principal Tuolumne aguas abajo.

Warning 5: “The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m) between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections”. La pérdida de energía entre esta sección y la anterior es mayor a 0.3 m. Esto puede indicar la necesidad de secciones transversales adicionales o cambios abruptos en la geometría de secciones adyacentes.

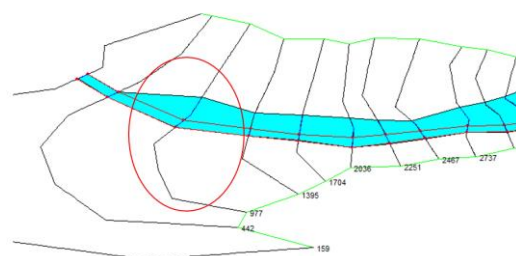
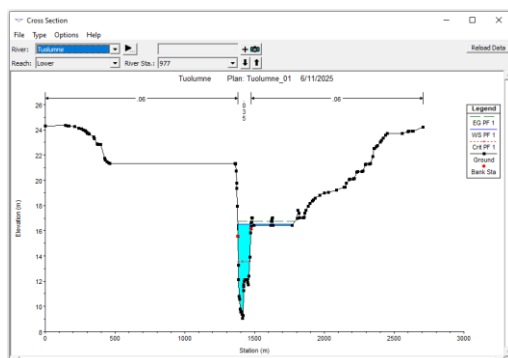


Figura 14. Secciones adyacentes con cambios abruptos en la geometría.



Perfil 2

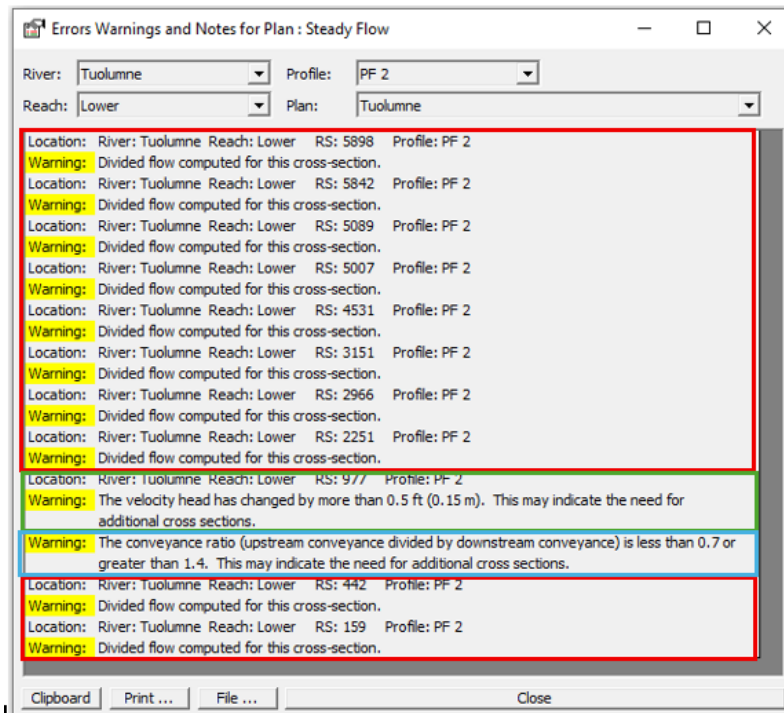


Figura 15. Ventana de advertencias y anotaciones para el perfil de flujo 2 del río principal Tuolumne aguas abajo.

Perfil 3

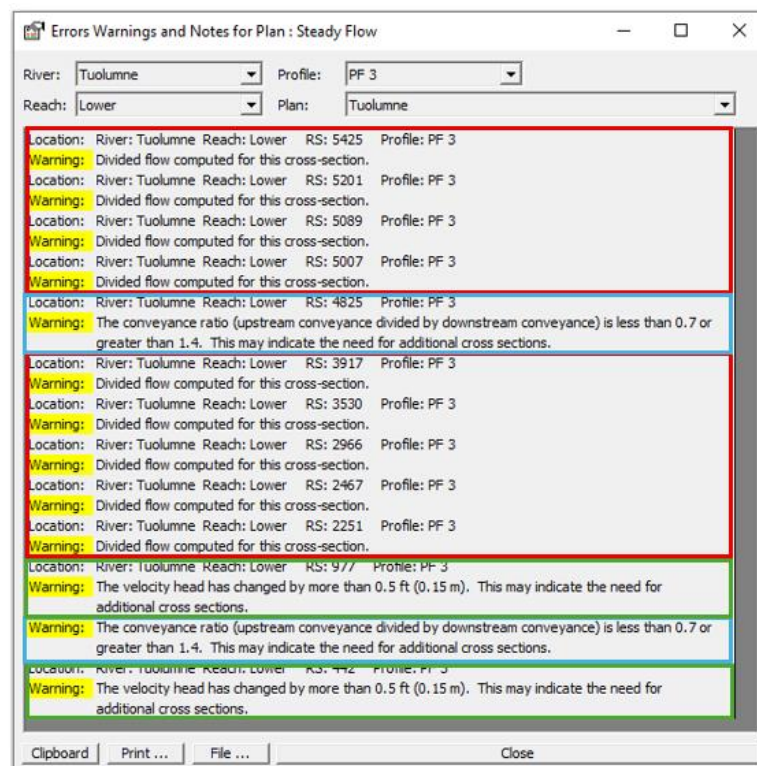


Figura 16. Ventana de advertencias y anotaciones para el perfil de flujo 3 del río principal Tuolumne aguas abajo.



Warning	Advertencia	Conceptualización (causas y soluciones)	Clasificación
The velocity head has changed by more than 0.5 ft (0.15 m). This may indicate the need for additional cross sections.	El cambio en la carga de velocidad entre secciones es significativo, lo que sugiere que la separación entre secciones transversales puede ser insuficiente para capturar adecuadamente el gradiente hidráulico.	Causa: variaciones abruptas de velocidad asociadas a espaciamiento excesivo entre secciones o cambios geométricos importantes. Solución: reducir el espaciamiento entre secciones transversales e interpolar secciones adicionales para suavizar el gradiente hidráulico.	Moderado (afecta precisión)
The conveyance ratio (upstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections.	La relación de capacidad hidráulica entre secciones consecutivas presenta un cambio abrupto, indicando posibles inconsistencias geométricas o espaciamiento inadecuado entre secciones.	Causa: cambios bruscos en área hidráulica, rugosidad o geometría entre secciones adyacentes. Solución: revisar la coherencia geométrica y agregar secciones intermedias para lograr transiciones suaves.	Moderado (afecta precisión)
Divided flow computed for this cross section.	El flujo fue dividido entre el canal principal y las planicies de inundación en esta sección transversal, indicando un comportamiento hidráulico compuesto.	Causa: niveles de agua que superan el banco del canal principal y activan el flujo en planicies de inundación. Solución: no requiere corrección; verificar únicamente que las planicies estén correctamente definidas.	Menor (informativo)
The cross-section end points had to be extended vertically for the computed water surface.	La lámina de agua calculada superó los límites verticales definidos en la sección transversal, por lo que el software extendió automáticamente la geometría.	Causa: secciones transversales con alturas insuficientes respecto a los niveles de agua simulados. Solución: ampliar manualmente los extremos de las secciones para cubrir adecuadamente los niveles de inundación.	Moderado (afecta precisión)
The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m) between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections.	La pérdida de energía entre secciones consecutivas es elevada, lo que puede indicar espaciamiento excesivo entre secciones o cambios geométricos abruptos.	Causa: transiciones abruptas de pendiente, rugosidad o geometría del cauce. Solución: revisar coeficientes de pérdida, geometría y densidad de secciones transversales.	Moderado (afecta precisión)

Figura 17. Tabla de conceptualización y caracterización de las advertencias de la modelación.

Perfil 1

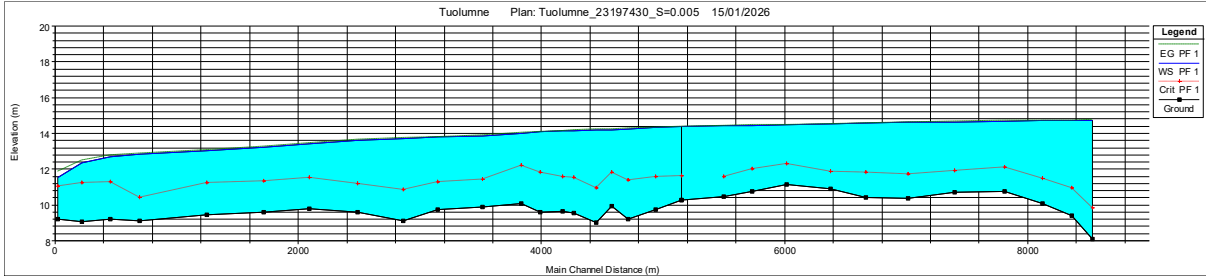


Figura 18. Perfiles longitudinales del río principal Tuolumne, Variables hidráulicas gradiente de energía, altura de tirante principal y tirante crítico.

Zona	Abscisas aproximadas (m)	Observación	Posible problema
Zona aguas arriba	0 – 700	Incremento rápido del nivel de agua y transición inicial del perfil, WS y EG muy cercanas	Alta sensibilidad a la condición de frontera aguas arriba y pendiente impuesta
Tramo medio estable inicial	700 – 3500	Perfil relativamente uniforme, variaciones suaves del fondo y de la lámina de agua	Comportamiento hidráulico estable, sin problemas relevantes
Zona crítica intermedia	3500 – 5000	Ondulaciones en el fondo y en la lámina de agua, separación variable entre WS y EG	Espaciamiento inadecuado entre secciones o geometría no suavizada
Zona de transición estructural	5000 – 6500	Cambio notable de pendiente del fondo y del tirante, posible control hidráulico local	Transición geométrica abrupta o influencia de cambios de rugosidad
Zona aguas abajo	6500 – 8500	Descenso marcado del fondo y del nivel de agua hacia la salida del tramo	Condición de frontera aguas abajo dominante o posible extrapolación del perfil

Figura 19. Tabla con zonas críticas evidenciadas en el perfil longitudinal del río principal Tuolumne.

Perfil 2

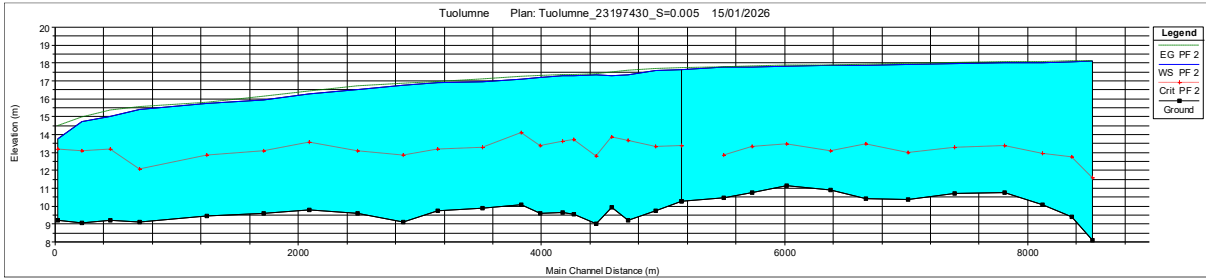


Figura 20. Perfiles longitudinales del río principal Tuolumne, Variables hidráulicas gradiente de energía, altura de tirante principal y tirante crítico.



Zona	Abscisas aproximadas (m)	Observación	Posible problema
Zona aguas arriba	0 – 600	Rápido incremento del tirante y ajuste inicial del perfil, WS y EG muy próximas	Alta sensibilidad a la condición de frontera aguas arriba y a la pendiente impuesta
Tramo medio estable	600 – 3200	Perfil hidráulico continuo, fondo relativamente uniforme y separación estable WS-EG	Zona hidráulicamente consistente, resultados confiables
Zona crítica intermedia	3200 – 4700	Irregularidades en el fondo y oscilaciones en la lámina de agua	Espaciamiento excesivo entre secciones o geometría no suavizada
Zona de transición hidráulica	4700 – 6500	Cambio marcado del tirante y pendiente del fondo, posible control local	Cambios abruptos en rugosidad, pendiente o transición geométrica
Zona aguas abajo	6500 – 8600	Descenso pronunciado del fondo y del nivel de agua hacia la salida	Dominio de la condición de frontera aguas abajo

Figura 21. Tabla con zonas críticas evidenciadas en el perfil longitudinal del río principal Tuolumne.

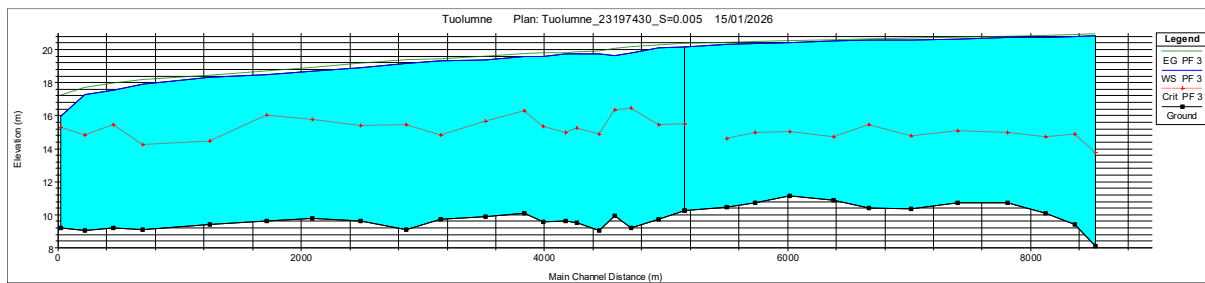


Figura 22. Perfiles longitudinales del río principal Tuolumne, Variables hidráulicas gradiente de energía, altura de tirante principal y tirante crítico.

En el perfil longitudinal de la Figura 22 las zonas problemáticas están definidas por la misma tabla del perfil 2 (Figura 21) por lo cual no es necesario su análisis.



B.1 Construcción de Curva de Duración de Caudales

1. Análisis estadístico:

- Calculen estadísticas básicas: Q_{medio} , Q_{max} , Q_{min} , desviación estándar, coeficiente de variación
- Ordenen caudales de mayor a menor
- Calculen probabilidad de excedencia: $P = (m/(n+1)) \times 100$, donde m = orden, n = total datos
- Grafiquen CDC en escala semi-logarítmica (eje Y: Q en escala log)

Inicialmente se toman los valores de caudales para una estación específica del IDEAM (para efectos del ejercicio los valores fueron proporcionados por el docente).

Se presentan algunos resultados de las tablas y la gráfica CDC, donde se resaltan los caudales de diseño que serán utilizados para llevar a cabo la modelación.

Caudal		Q (m ³ /s)	m	PE (-)
Valor				
1960		2104	1	0.032
920		1960	2	0.065
2104	Q10%	1643	3	0.097
1311		1550	4	0.129
263		1526	5	0.161
432		1311	6	0.194
1550		1292	7	0.226
1058		1216	8	0.258
1643		1058	9	0.290
819		920	10	0.323
702		878	11	0.355
1526		819	12	0.387
1292		735	13	0.419
549		702	14	0.452
442		701	15	0.484
1216	Q50%	622	16	0.516
701		622	17	0.548
878		549	18	0.581
622		521	19	0.613
622		488	20	0.645
393		442	21	0.677
148		432	22	0.710
148		393	23	0.742
148		357	24	0.774
488		357	25	0.806
218		263	26	0.839
357		218	27	0.871
357		148	28	0.903
735	Q95%	148	29	0.935
521		148	30	0.968

Figura 24. Tabla y distribución de caudales estación 23197430.

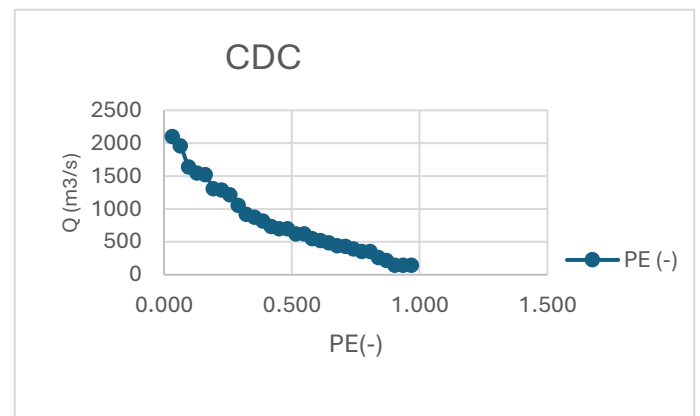


Figura 23. Curva de duración de caudal.

En la figura 24 se muestran los valores que serán asignados a cada tramo del río y a los tres diferentes periodos de retorno que para este caso son los perfiles.

Tuolumne Upper: 70% del $Q_{\text{diseño}}$

Dry Creek Tributary: 30% del $Q_{\text{diseño}}$

Tuolumne Lower: 100% del $Q_{\text{diseño}}$ (suma de Upper + Tributary)

	Tuolumne Lower	Dry Creek	Tuolumne Upper
perfil 1	148	44.35	103.49
perfil 2	622	186.73	435.71
perfil 3	1643	492.96	1150.24

Figura 25. Tabla con caudales de diseño.



B.2 Simulación de Escenarios Hidrológicos

Entregable B.2: Tabla comparativa de resultados promedio + gráficos de perfiles longitudinales superpuestos (WS Elev, Crit WS, Energy Grade) + mapas de inundación.

Para ingresar los datos de simulación y es necesario contar con los archivos de geometría, condiciones de flujo y por último el plan de simulación. En el menú principal de la ventana de inicio de Hec-Ras encontrara los accesos a las ventanas correspondientes para edición y creación de los archivos necesarios para una simulación.

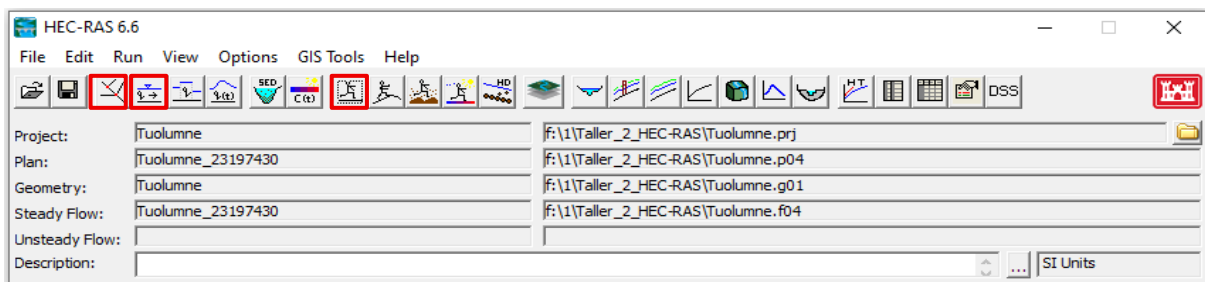


Figura 26. Ventana principal de Hec-Ras

El primer botan de izquierda a derecha es “edit Geometric data” abrirá una ventana con la información geométrica de las secciones transversales, en el segundo botón encontrará “Steady Flow Data” y en el estudiante encontrará los datos de flujo y las condiciones de frontera. Para las condiciones de flujo se definen los caudales de los tramos aguas abajo y aguas arriba al igual que el flujo del rio Tributario, en este caso en particular podrá definir mas de un perfil de flujo en la casilla “Edit Number of Profiles”.

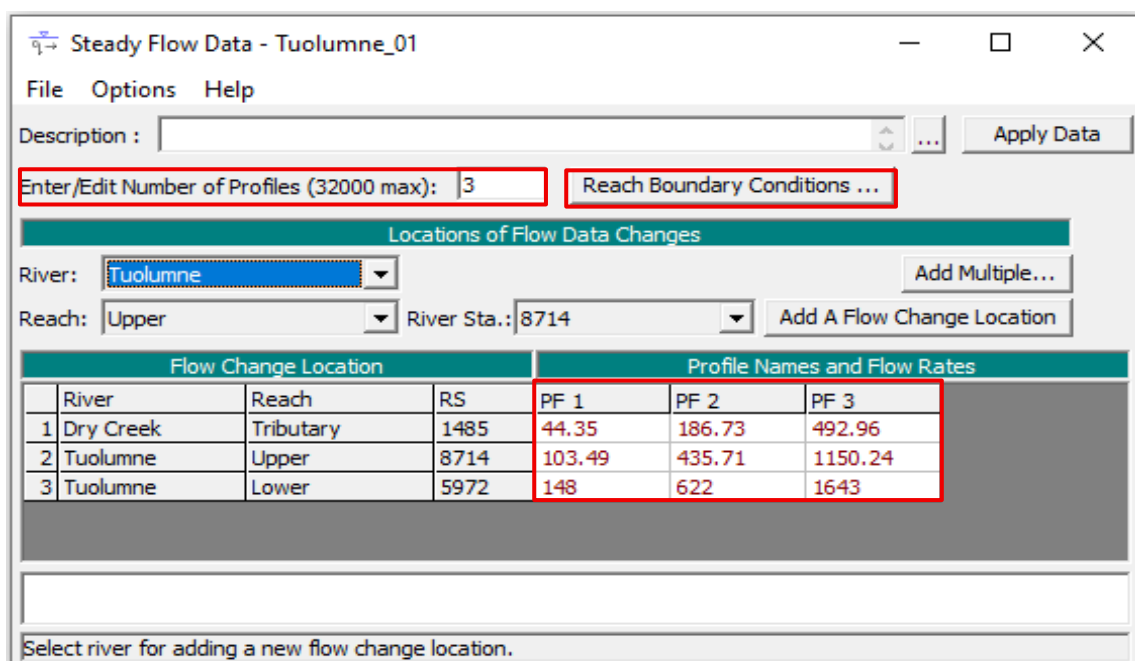


Figura 27. Subventana Steady flow Data, datos de flujo y condiciones de frontera.



Para agregar las condiciones de frontera es necesario ingresar “Reach Boundary Conditions” donde el estudiante podrá editar Normal Depth como condición de frontera agregando el valor aguas abajo al tratarse de un flujo de régimen Subcrítico.

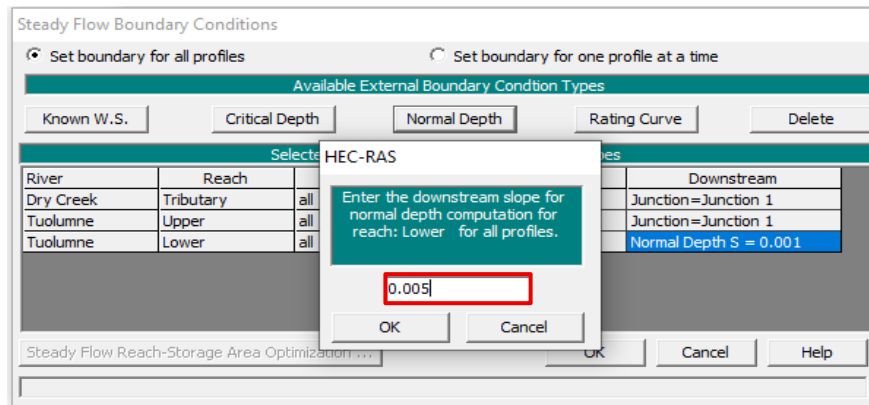


Figura 28. Ventana condiciones de frontera

El archivo correspondiente a la geometría es obtenido en la guía del taller 2 donde se extraen directamente del modelo de elevación digital (DEM) por lo cual no es necesario crearlo, pero el archivo correspondiente al plan de simulación se puede crear en la ventana emergente del botón Steady Flow Análisis donde se creará un plan de simulación y se usará un nombre explícito en nuestro caso el código del perfil de

las estaciones usadas para determinar los caudales en la curva de duración de caudal. Teniendo en cuenta que se definió las condiciones de frontera aguas abajo y esto limita nuestro análisis a un flujo a un régimen de flujo subcrítico. Por último, verificamos que los archivos que contienen la geometría y las condiciones de flujo estén cargados, por último, oprimimos “Compute”

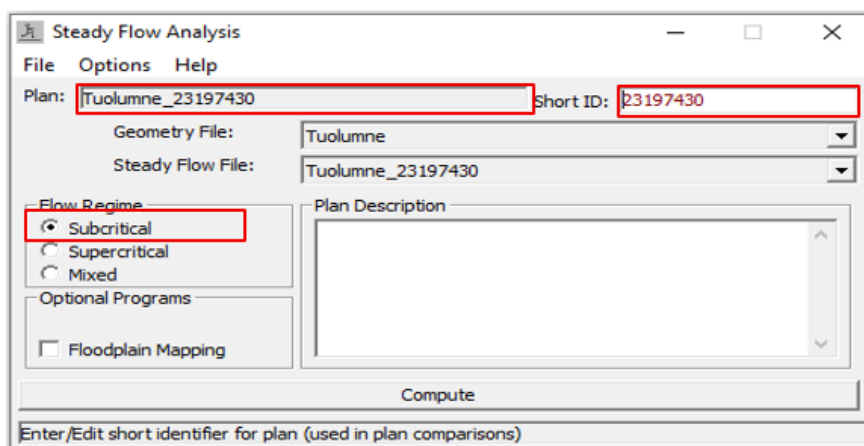


Figura 29. Ventana Criterios de análisis



Para los resultados obtenidos se promedian los valores de profundidad de flujo, velocidad media, ancho del espejo de agua y el número de Froude.

Tabla Comparativa de resultados promedio			
	PF 1	PF2	PF3
Profundidad Flujo	13.77	16.72	19.32
Velocidad media	0.96	1.69	2.26
Ancho del espejo de agua	66.35	143.69	415.63
Numero de Froude	0.20	0.25	0.27

Figura 30. Tabla de valores promedios

AREAS DE INUNDACION

Para obtener la información del área de inundación es necesario ingresar a la ventana de RAS-Mapper desde la ventana principal de Hec-Ras

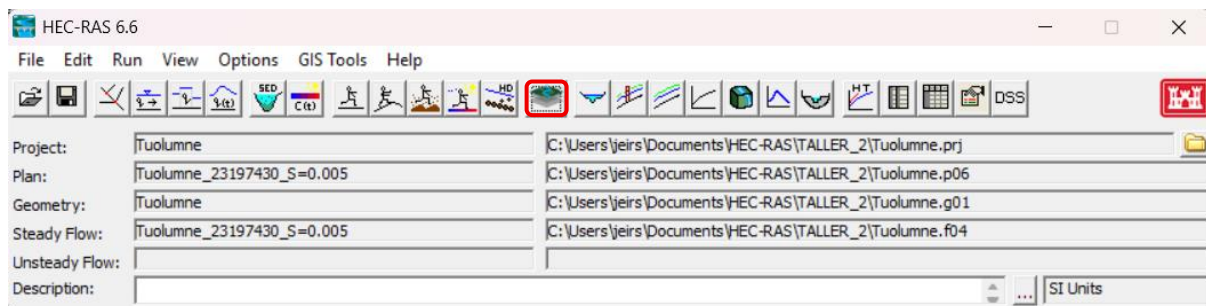


Figura 31. Ventana principal Hec-Ras

emergente se crea una nueva capa de resultado “create a new results map layer...”

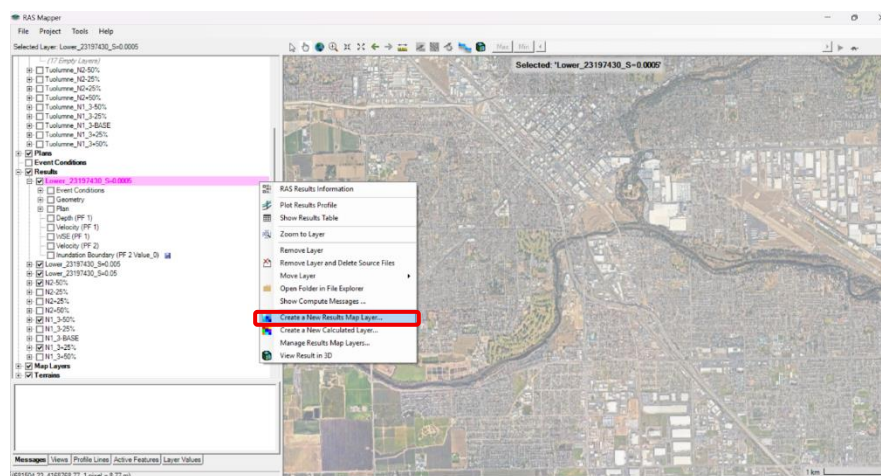


Figura 32. Ventana principal Ras-Mapper



Una subventana con diferentes mapas de resultados se visualizará, entre los mapas hidráulicos se seleccionará límites de inundación “Inundation Boundary” y el perfil para el cual se calculará el área de inundación, por último, agregamos el mapa de resultados como una capa en “add Map”

Perfil 1

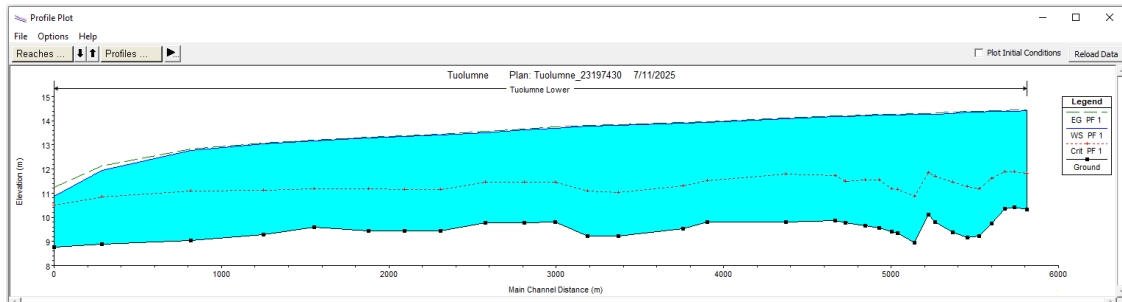


Figura 33. Ventana de perfiles longitudinales.

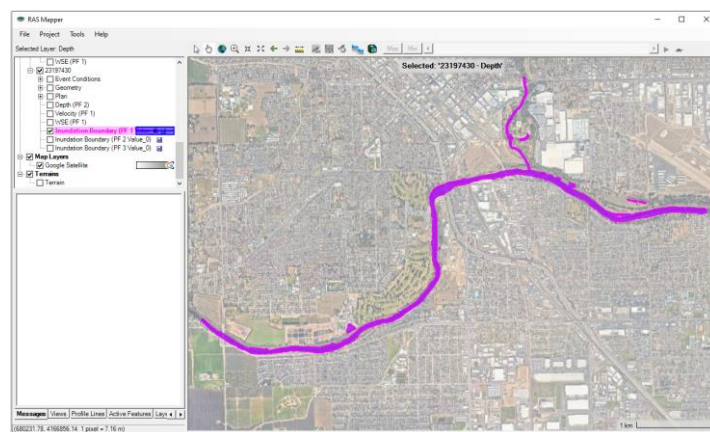


Figura 34. Capa de área de inundación.

FID	Count	Length	Area	RangeMin	RangeMax	Name
0	11536	22907.9255424	609586.300851	0	Max	{0, Max}

Figura 35. Ventana Layer Properties, área de inundación

Perfil 2

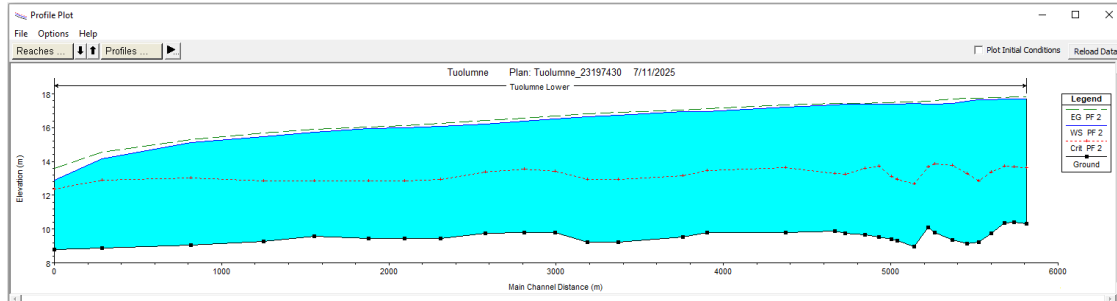


Figura 36. Ventana de perfiles longitudinales.

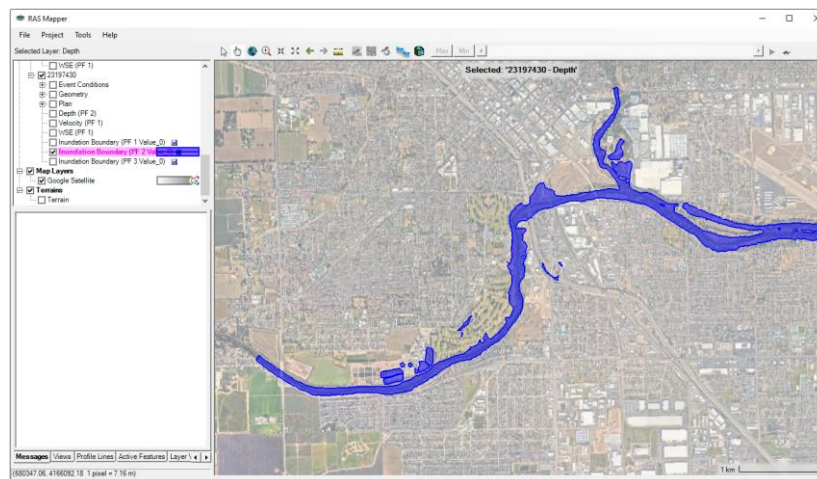


Figura 37. Capa de área de inundación.

Depth - Layer Properties

Visualization and Information Features Source Files

FID	Count	Length	Area	RangeMin	RangeMax	Name
0	15514	30978.3620988	1304915.58333	0	Max	{0, Max}

☐ Zoom To Selected
 ☐ Only Show Last Selected

Figura 38. Ventana Layer Properties, área de inundación



Perfil 3

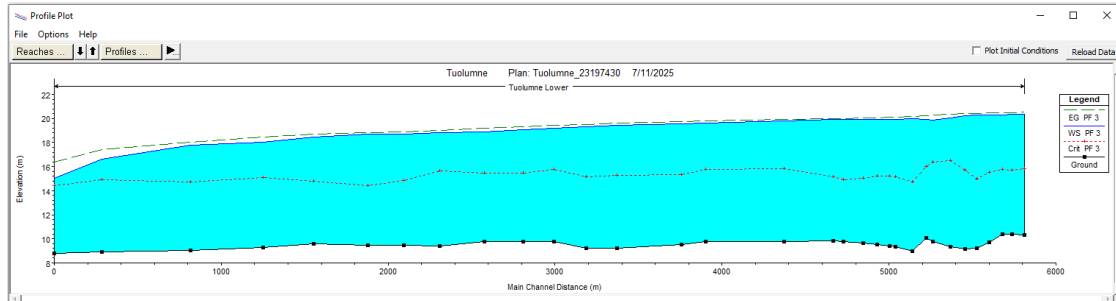


Figura 39. Ventana de perfiles longitudinales.

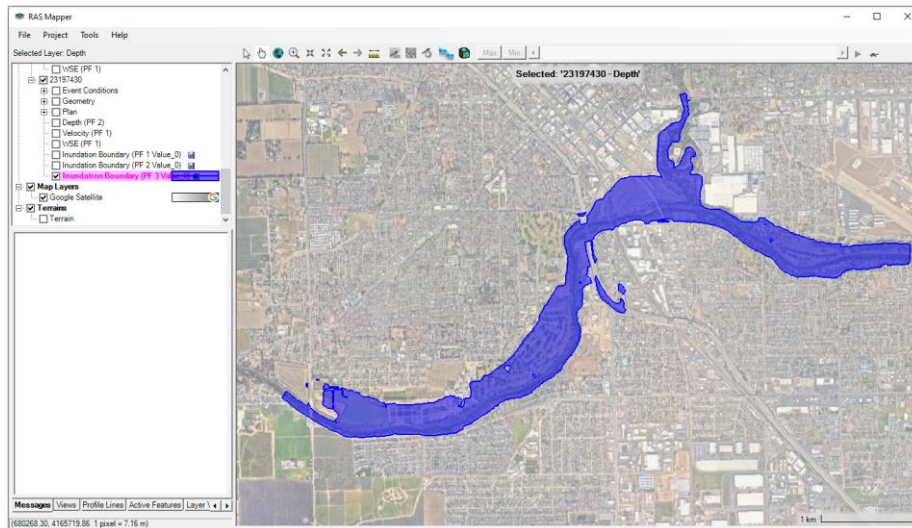


Figura 40. Capa de área de inundación.

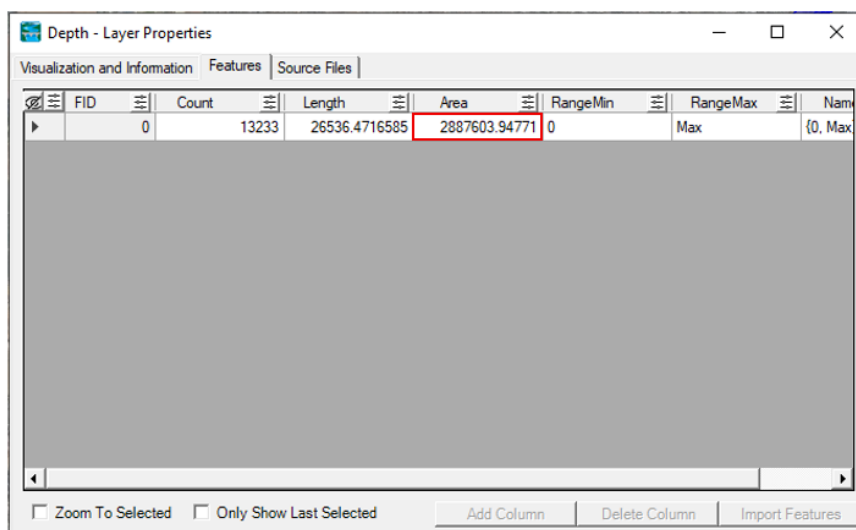


Figura 41. Ventana Layer Properties, área de inundación



PARTE C: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARAMÉTRICA

C.1 Sensibilidad a la Condición de Frontera Aguas Abajo

Objetivo: Comprender cómo la pendiente de energía en la frontera afecta el perfil de la superficie del agua y determinar la longitud de influencia de la condición de frontera.

Diseño experimental:

<u>Escenario</u>	<u>Pendiente S_0</u>	<u>Interpretación física</u>
<u>CF-1</u>	<u>0.0005</u>	<u>Remanso muy suave (río muy plano)</u>
<u>CF-2</u>	<u>0.005</u>	Caso base (pendiente moderada)
<u>CF-3</u>	<u>0.05</u>	Pendiente pronunciada (cauce montañoso)

Ruta de acceso:

El estudiante haciendo uso de la ruta de acceso a la ventana de Steady Flow Data, deberá identificar el botón de condiciones de frontera para el río “Reach Boundary Conditions” el cual permitirá cambiar las condiciones de frontera aguas arriba o aguas abajo según lo requiera. En este caso en particular las modificaciones necesarias para desarrollar este ítem hacen referencia a las condiciones de frontera aguas abajo “Normal Depth”, por lo cual el estudiante deberá identificar el botón con el mismo nombre el cual desplegará una subventana donde solicita la pendiente que definirá la condición de frontera:

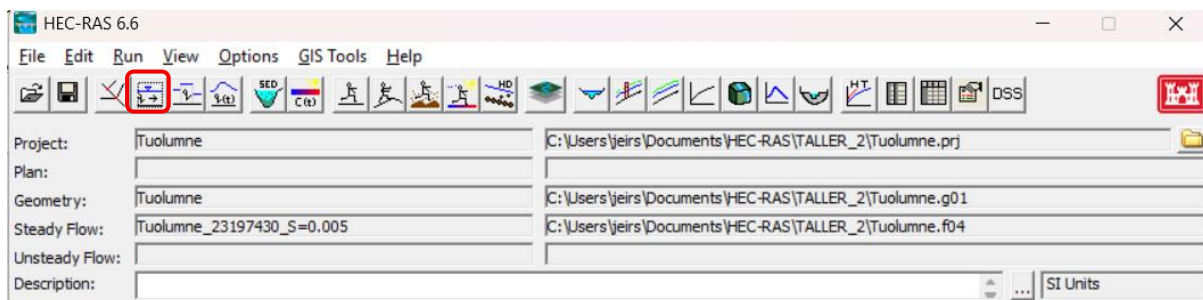


Figura 42 Ventana de interfaz principal de Hec-Ras_ Steady Flow Data

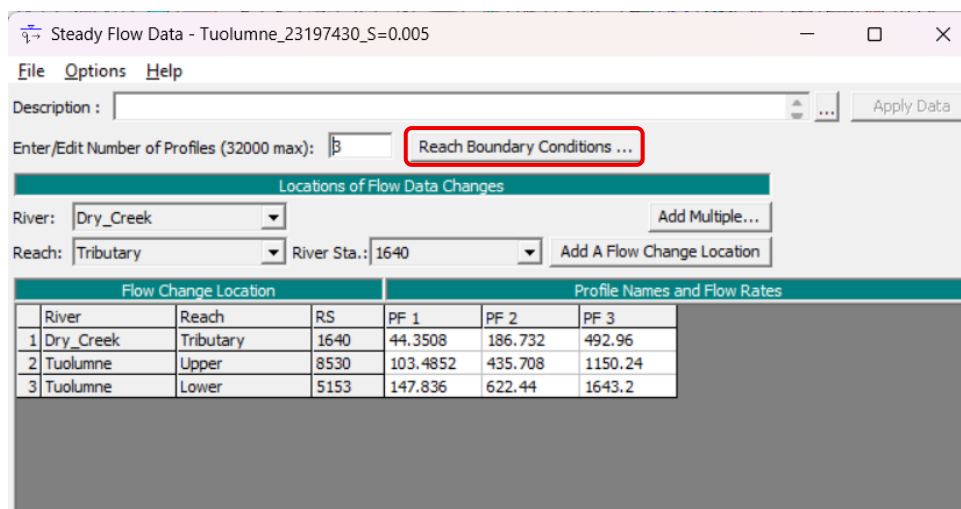


Figura 43 Subventana “Steady flow Data_ Reach boundary conditions”

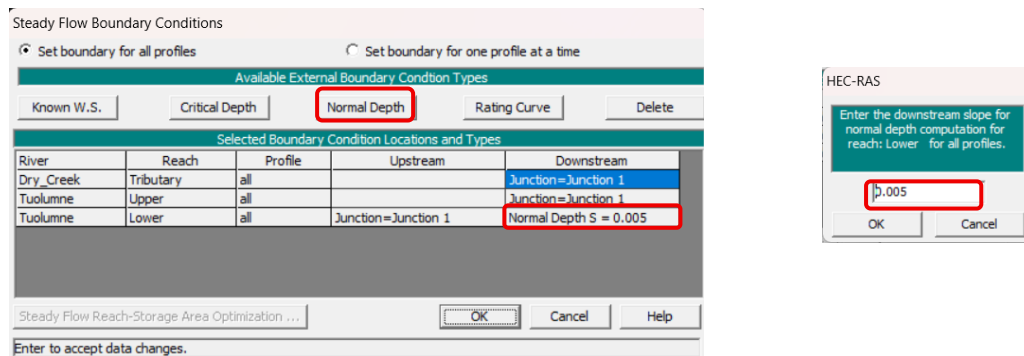


Figura 44 Subventana "Steady flow Boundary conditions" _ edición de condiciones de frontera "Normal Depth"

Recomendaciones

En la guía posterior el estudiante es conceptualizado en las variables que intervienen en la definición de las condiciones de frontera, sin embargo, es necesario que el tutor refuerce los conceptos que permiten establecer los criterios de selección, basándose en la teoría de régimen de flujo. Este proceso debe ir de la mano con el desarrollo de la guía con la finalidad de contextualizar los resultados basándose en los conocimientos previamente adquiridos en las clases teóricas y evitar interpretaciones erróneas por parte de los alumnos.

En el presente ejercicio, se realizan cálculos hidráulicos iterativos basados en la ecuación de energía y un tramo del río caracterizado en régimen de flujo subcrítico. La información hidráulica se propaga aguas arriba y las condiciones de frontera aguas abajo "Normal Depth" controla el perfil, es pertinente aclarar al estudiante que las condiciones de frontera hidráulica es una hipótesis energética que Hec-Ras utiliza para determinar el tirante normal del flujo (Y_n), donde la pendiente suministrada es asumida en la frontera como la pendiente de la línea de energía bajo el criterio de flujo uniforme ($S_0=S_w=S_f=S$) y define el tirante normal teórico en la frontera que da inicio a las iteraciones.

Nota: Es relevante hacer entender al estudiante que Hec-Ras usa condiciones de flujo uniforme únicamente en la frontera aguas abajo y continuar con cálculos iterativos aguas arriba en condiciones de flujo gradualmente variado que asemejan las condiciones reales del canal natural.

Modelación y Datos de salida

Se inicia generando tres archivos para los datos de flujo, una por cada pendiente.

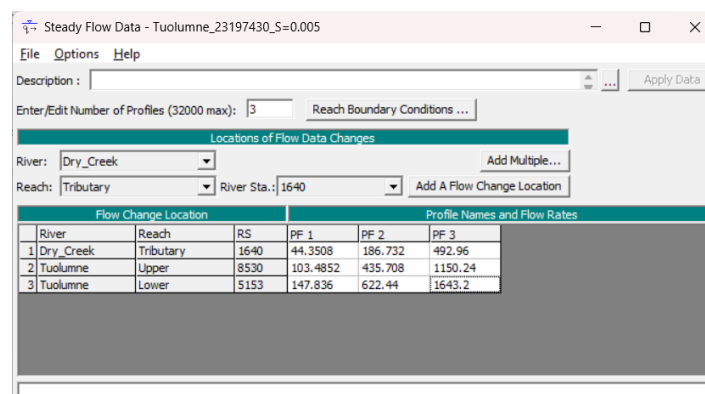


Figura 45 Subventana "steady Flow data" donde se modificarán las condiciones de frontera para cada archivo de datos de flujo.

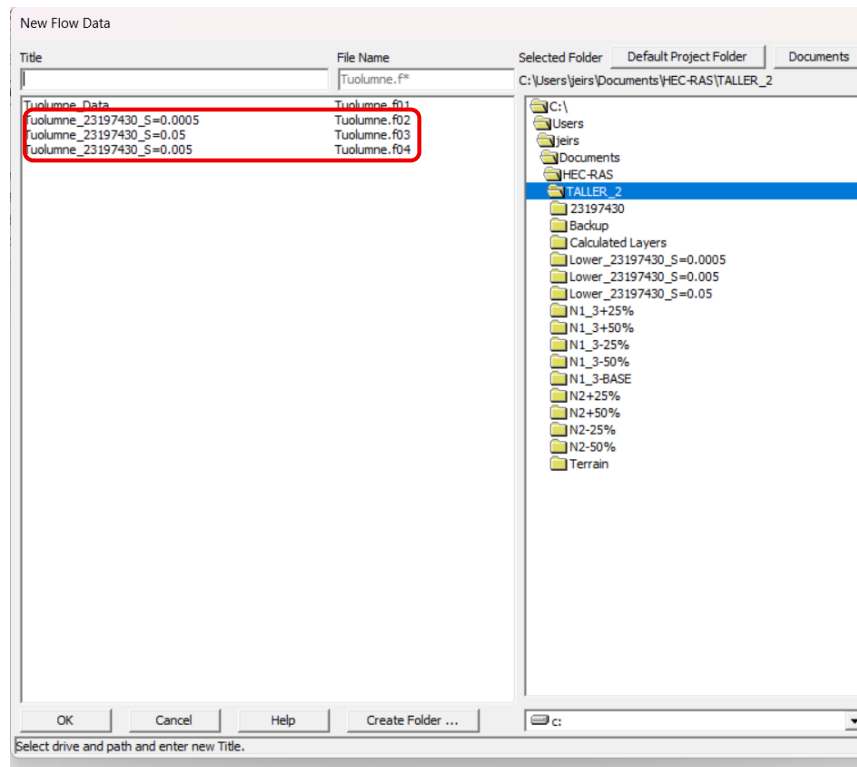


Figura 46. Subventana explorador de archivos de datos de flujo creados para cada condición de frontera solicitada

De igual manera se crearán un plan para cada condición de frontera ingresando a “Steady Flow Analysis” se identificará cada plan con información explícita de la condición de frontera correspondiente.

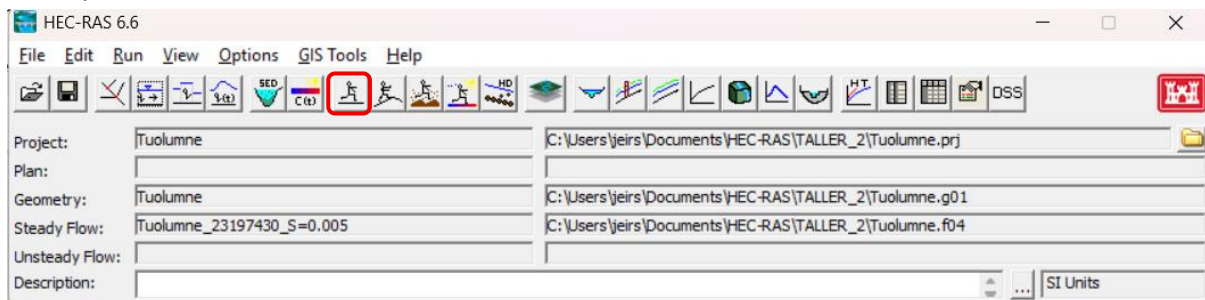


Figura 47. Ventana de interfaz principal_ ruta de acceso "steady flow analysis"

Una vez agregado el nombre del plan y su ID correspondiente es necesario guardarlo en la carpeta creada por defecto para esto en la barra principal en la opción file se guardara los tres planes uno por pendiente o condición de frontera.

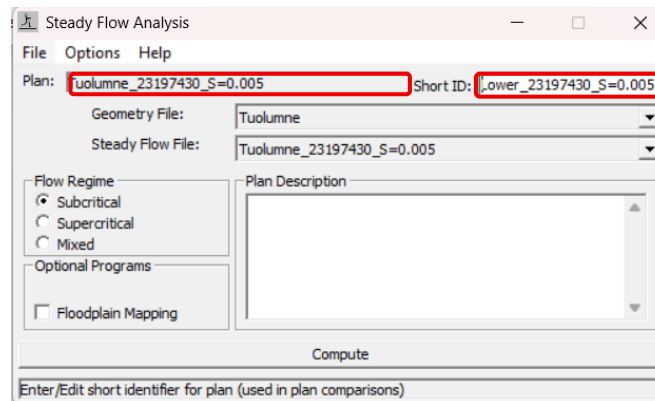


Figura 48. Subventana “Steady flow Analysis” _ nombre del plan con información explícita de la condición de frontera

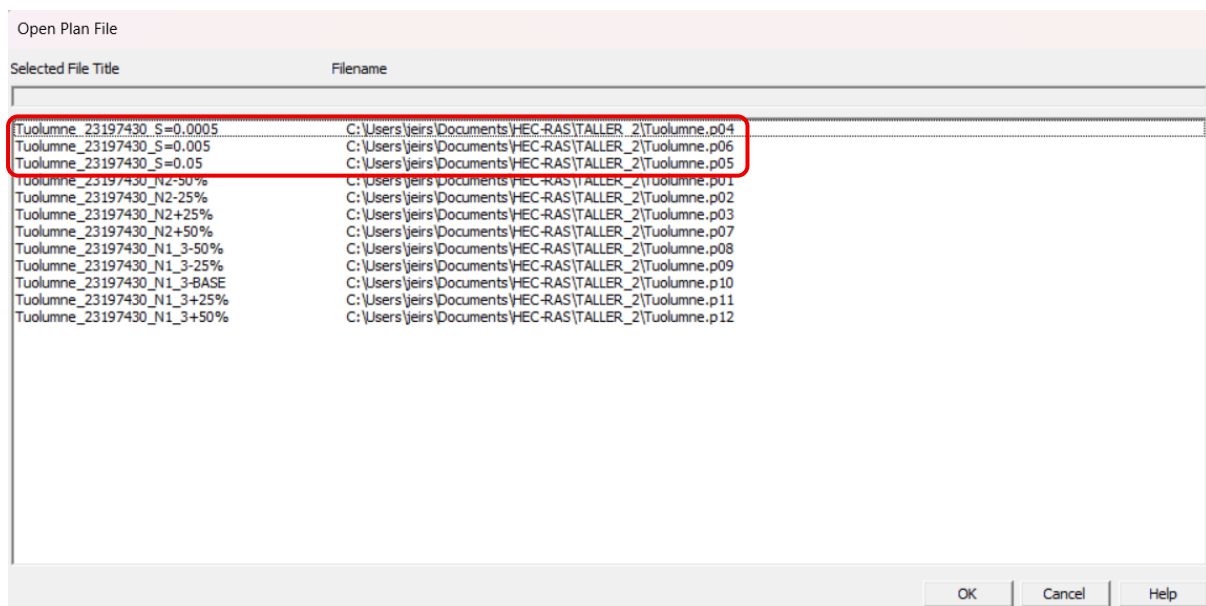


Figura 49. Ventana de selección de plan _ Planes creados por cada condición de frontera

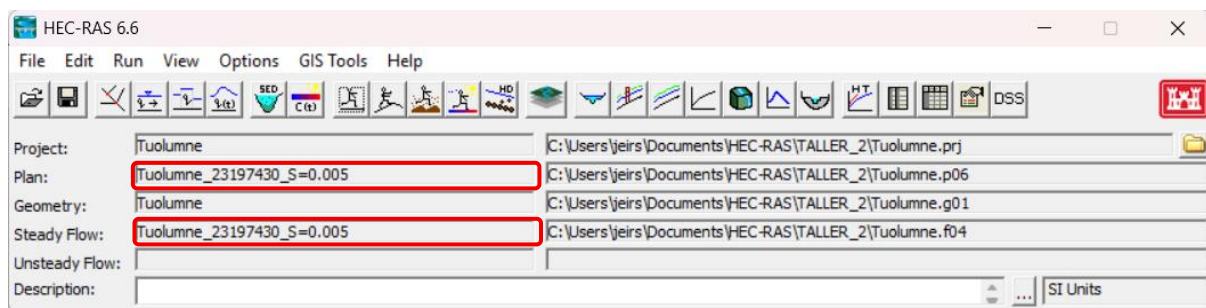


Figura 50. Ventana principal Hec_Ras con plan y steady flow correspondiente a condición de frontera de interés

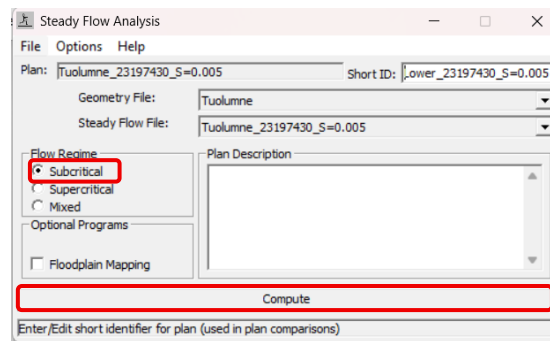


Figura 51. Subventana "steady flow analysis" _Selección régimen de flujo Subcrítico.

Nota: Es importante aclarar al estudiante que bajo las condiciones de frontera establecidas la selección de régimen de flujo para los planes debe ser siempre "Subcritical"

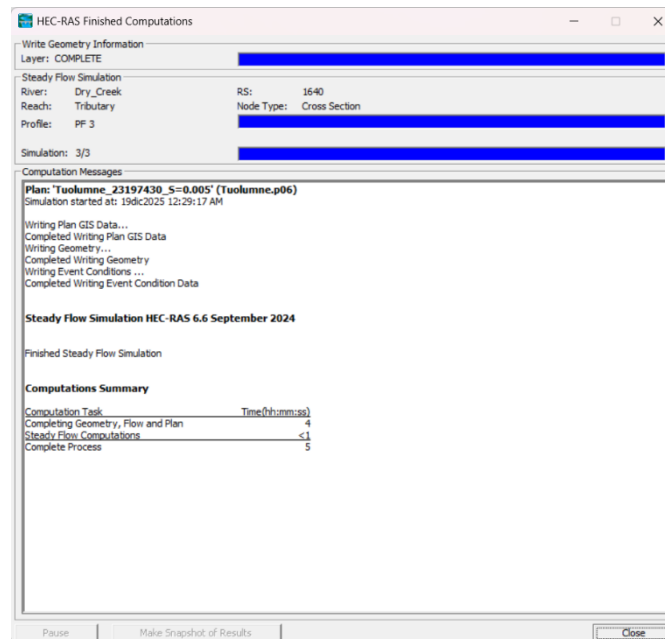


Figura 52. Subventana de carga para modelación de los planes.

Una vez modelado los tres planes se usan las herramientas que ofrece Hec-Ras para comparar y filtrar los datos de salida, a continuación, se determina el proceso:

Posteriormente en la guía básica se familiarizó al estudiante como puede acceder a los diferentes formatos en los que Hec-ras evidencia los resultados obtenidos en los cálculos iterativos del modelado, entre ella encontramos las tablas de resultados, para acceder a ellas es necesario ingresar desde la ventana principal.

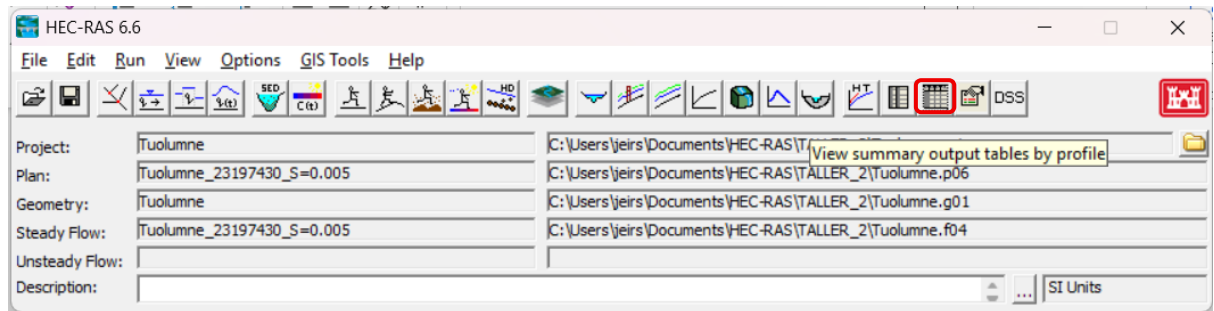


Figura 53. Ventana principal Hec_Ras_ Ruta de acceso a tablas de resultados

Una vez estando en la ventana de tablas de resultados es necesario filtrar los planes a comparar, el perfil del flujo y el tramo del río.

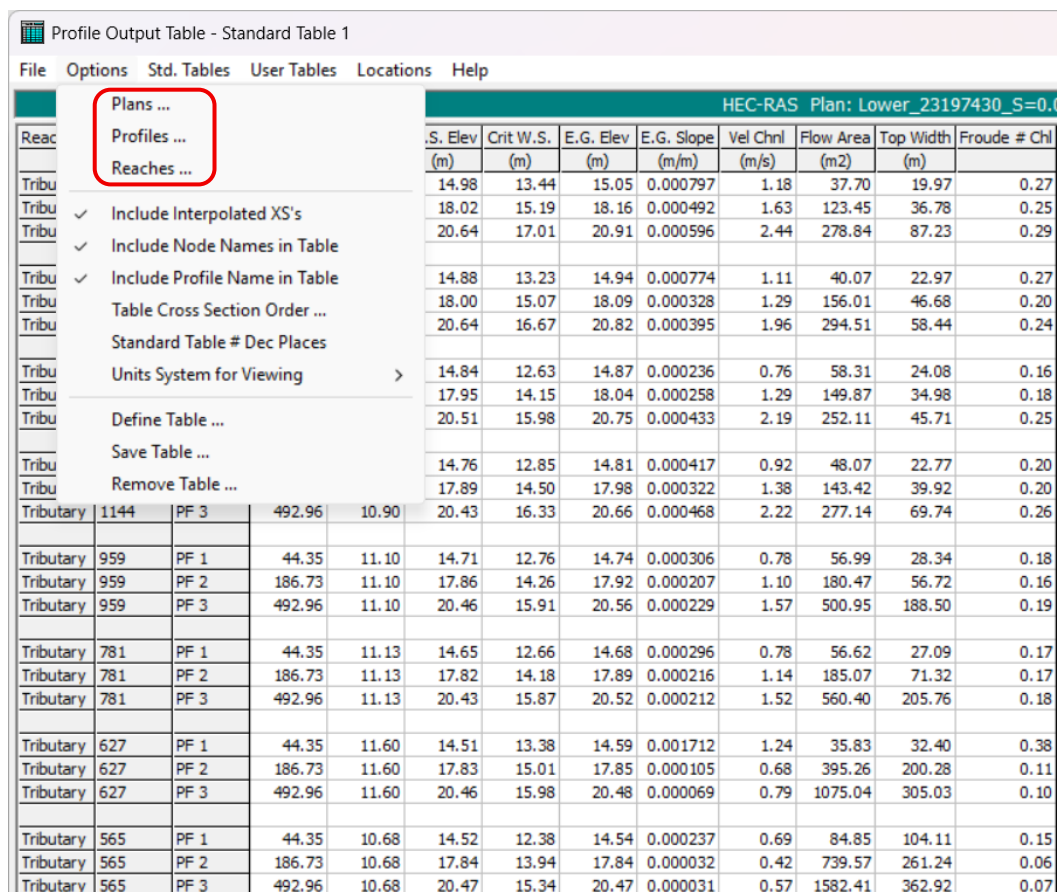


Figura 54. Subventana tabla de resultados _ Ruta de acceso a la selección de plan, perfiles y tramo del río.

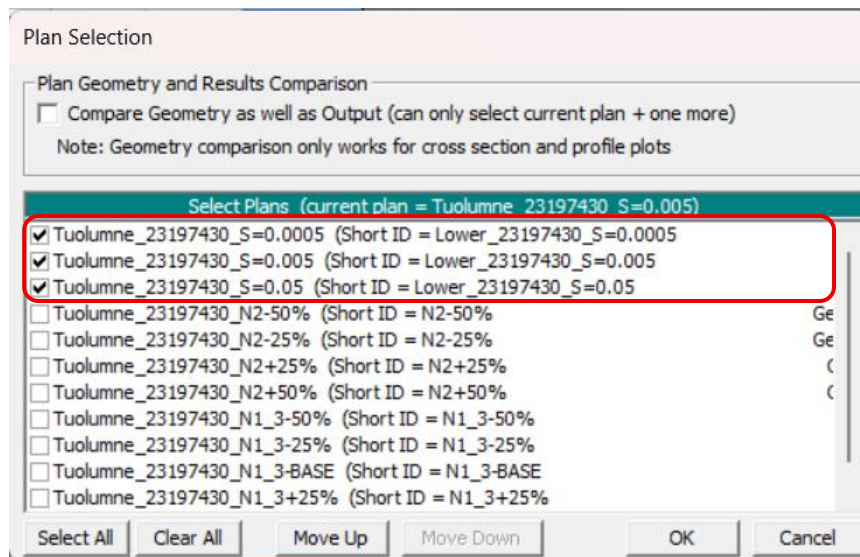


Figura 55. Subventana de selección de planes a comparar en la tabla de resultados.

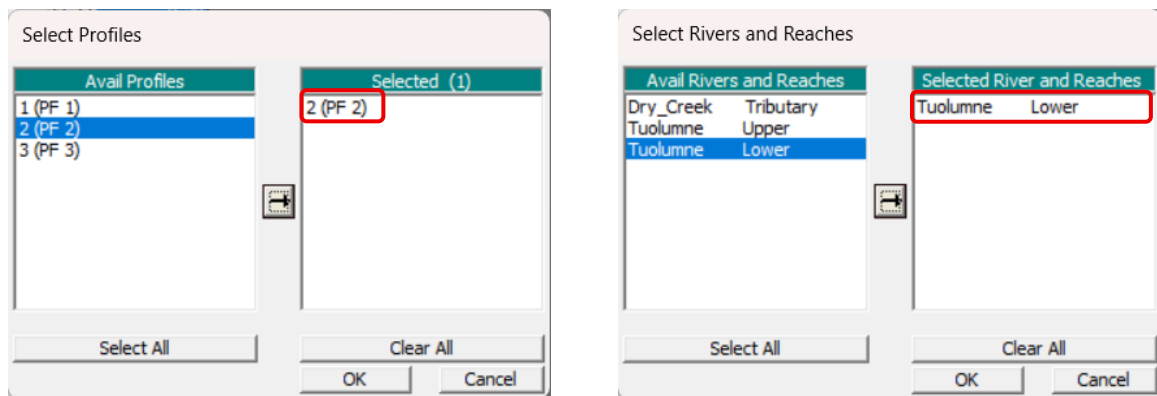


Figura 56. Subventanas para selección de perfiles y tramo del río del que se requiere los datos de salida

Es necesario filtrar los datos relevantes para identificar la longitud de influencia y los deltas correspondientes. Esto se logra creando una plantilla de la tabla de resultado, como se indica a continuación

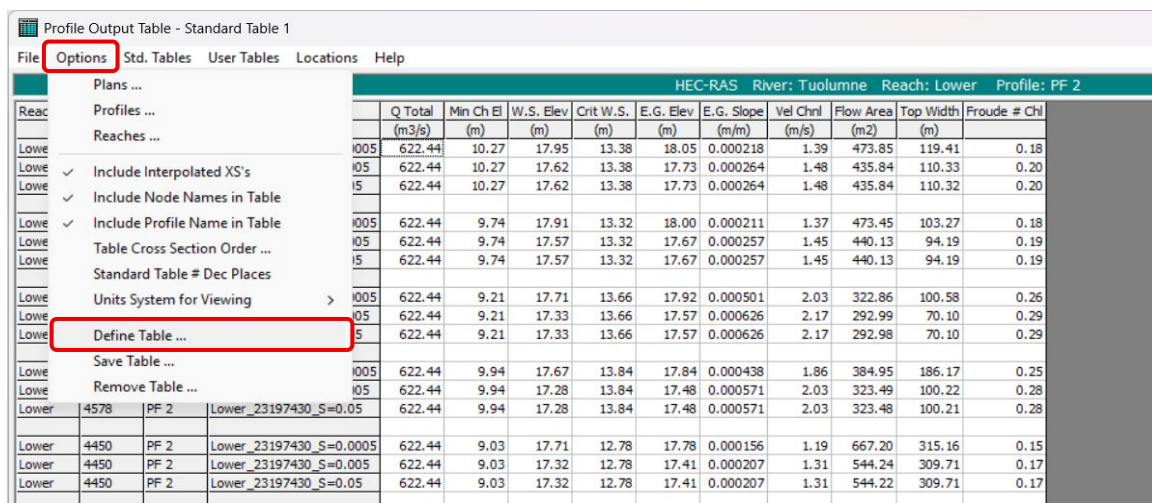


Figura 57. Subventana tablas de resultados _ Ruta de acceso para definir las variables de salida en la tabla de resultados.



En la opción de “Define Table...” se abrirá una subventana donde el estudiante podrá definir los datos de salida necesarios en una lista de variables de salida, de igual manera el estudiante podrá eliminar columnas con datos de salida innecesarios que puedan generar ruido a la hora de interpretar los resultados.

Create a Table Heading

Select Variables | Additional Options |

Table Column Headings					
Column	1	2	3	4	5
Variable	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev
Units	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)
Decimal Pts	2	2	2	2	2

◀ ▶

Delete Column Insert Column Clear All Table Headings

Available Variables Filter:

# Barrels	Number of barrels in a culvert.
Alpha	Alpha - energy weighting coefficient.
Area	Flow area of the entire cross section including ineffective flow.
Area Channel	Flow area of the main channel including ineffective flow.
Area Left	Flow area of the left overbank including ineffective flow.
Area Right	Flow area of the right overbank including ineffective flow.
Base WS	Water surface for first profile (used in comparison of encroachments).
Beta	Beta - momentum weighting coefficient.
BR Open Area	Total area of the entire bridge opening.
BR Open Vel	Average velocity inside the bridge opening (Maximum of BU and BD).
BR Sel Method	Selected bridge method.
BR Sluice Coef	Bridge Sluice Flow Coefficient.
Breach Avg Velocit	Average flow velocity through a breach.
Breach Bottom El	Bottom Elevation of weir breach.
Breach CL	Center line of weir breach.
Breach Flow Area	Flow area through a breach.
Breach SSL	Left side slope of weir breach.
Breach SSN	Right side slope of weir breach.

OK Cancel

Figura 58 Subventana para el diseño de tablas de datos de salida.



A continuación, se propone un diseño de tabla donde se puede evidenciar la información requerida para el análisis de influencia de las condiciones de frontera, se puede identificar a simple vista el tramo del río, el perfil correspondiente al Q_{50} (PF2) al igual que los tres planes relacionados a las condiciones de frontera.

Profile Output Table - Standard Table 1						
File Options Std. Tables User Tables Locations Help						
Reach	River Sta	Profile	Plan	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Froude # Chl
Lower	5153	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.95	1.39	0.18
Lower	5153	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	17.62	1.48	0.20
Lower	5153	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	17.62	1.48	0.20
Lower	4940	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.91	1.37	0.18
Lower	4940	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	17.57	1.45	0.19
Lower	4940	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	17.57	1.45	0.19
Lower	4712	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.71	2.03	0.26
Lower	4712	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	17.33	2.17	0.29
Lower	4712	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	17.33	2.17	0.29
Lower	4578	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.67	1.86	0.25
Lower	4578	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	17.28	2.03	0.28
Lower	4578	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	17.28	2.03	0.28
Lower	4450	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.71	1.19	0.15
Lower	4450	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	17.32	1.31	0.17
Lower	4450	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	17.32	1.31	0.17
Lower	4265	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.70	0.97	0.14
Lower	4265	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	17.30	1.07	0.16
Lower	4265	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	17.30	1.07	0.16
Lower	4175	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.70	0.82	0.12
Lower	4175	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	17.30	0.89	0.14
Lower	4175	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	17.30	0.89	0.14
Lower	3988	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.63	1.23	0.17
Lower	3988	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	17.21	1.34	0.20
Lower	3988	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	17.21	1.34	0.20
Lower	3834	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.56	1.42	0.22
Lower	3834	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	17.10	1.65	0.27
Lower	3834	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	17.10	1.65	0.27
Lower	3514	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.47	1.35	0.19
Lower	3514	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	16.96	1.56	0.23
Lower	3514	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	16.96	1.56	0.23
Lower	3145	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.43	1.03	0.14

Calculated water surface from energy equation.

Figura 59. Diseño sugerido para la tabla de resultados



Una vez definido el formato de la tabla con los datos de salida relevantes para el análisis, el estudiante tiene la opción de guardar este formato para usarlo posteriormente.

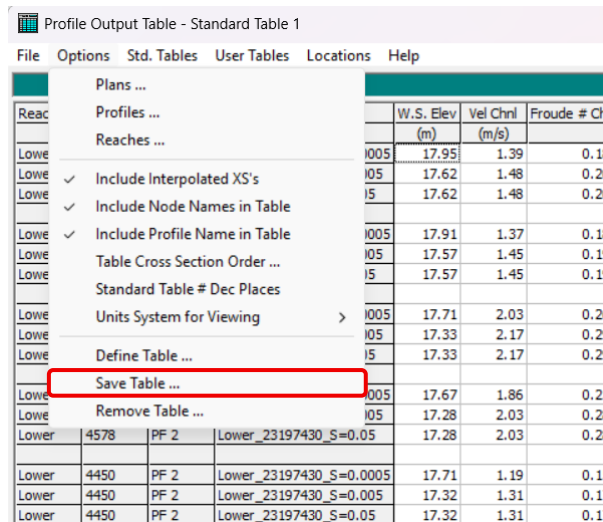


Figura 60. Ruta de acceso para guardar el formato de tabla cread.

Para acceder a los formatos de tablas definidos por el estudiante la subventana "User Tables" permite visualizar un listado, esto permitirá crear tablas predefinidas para el análisis de posteriores modelados.

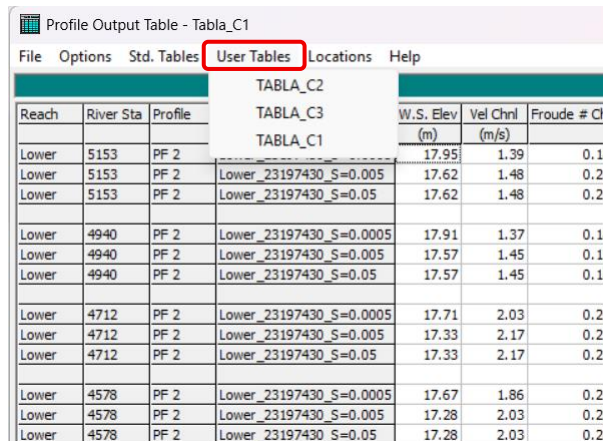


Figura 61. Ruta de acceso listado de tablas disponibles



ANÁLISIS DATOS DE SALIDA

Hec-Ras permite exportar las tablas con los datos de salida a una hoja de cálculo (Excel) para el análisis de datos por parte del estudiante y para el diseño de los gráficos correspondientes.

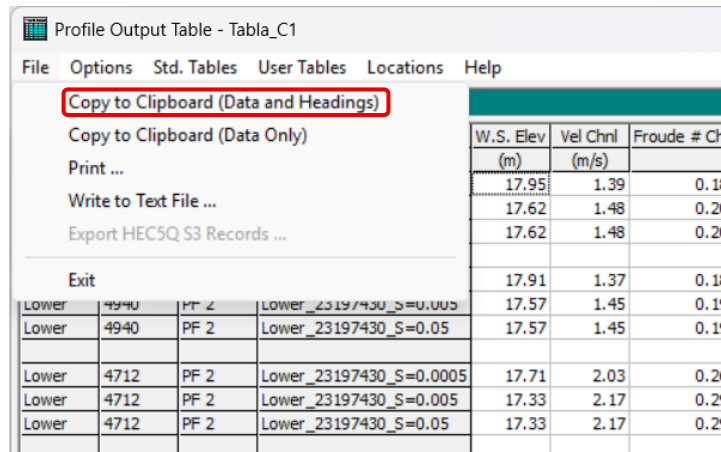


Figura 62. Ruta de acceso para exportar contenido de tablas

La tabla con los datos de salida quedará copiada en el portapapeles donde posteriormente se agregará a una hoja de cálculo con ayuda del CTRL+V. Filtrar los datos necesarios para realizar la gráfica de los perfiles longitudinales hacen parte del trabajo que el estudiante deberá realizar y depende de su destreza con las hojas de cálculo. El formato de la tabla muestra los datos de tres planes diferentes en una misma estación del río y con los caudales correspondientes al perfil $Q_{50\%}$, es necesario aislar en su totalidad cada plan con sus correspondientes datos de salida para lograr graficar una curva de perfil por cada condición de frontera.

Reach	River Sta	Profile	Plan	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Froude # Chl		Δy (m)	Δv (m/s)	ΔF_r (+/-)
Lower	5153	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.33	1.23	0.17	CF ₁ vs CF ₂	0.31	-0.08	-0.01
Lower	5153	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	17.02	1.31	0.18	CF ₂ vs CF ₃	0	0	0
Lower	5153	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	17.02	1.31	0.18	CF ₂ vs CF ₃	0	0	0
Lower	4940	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.29	1.21	0.16	CF ₁ vs CF ₂	0.32	-0.08	-0.02
Lower	4940	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	16.97	1.29	0.18				
Lower	4940	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	16.97	1.29	0.18	CF ₂ vs CF ₃	0	0	0
Lower	4712	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.13	1.78	0.24	CF ₁ vs CF ₂	0.35	-0.13	-0.03
Lower	4712	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	16.78	1.91	0.27				
Lower	4712	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	16.78	1.91	0.27	CF ₂ vs CF ₃	0	0	0
Lower	4578	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.09	1.67	0.24	CF ₁ vs CF ₂	0.37	-0.13	-0.02
Lower	4578	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	16.72	1.8	0.26				
Lower	4578	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	16.72	1.8	0.26	CF ₂ vs CF ₃	0	0	0
Lower	4450	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.12	1.08	0.15	CF ₁ vs CF ₂	0.37	-0.08	-0.01
Lower	4450	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	16.75	1.16	0.16				
Lower	4450	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	16.75	1.16	0.16	CF ₂ vs CF ₃	0	0	0
Lower	4265	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.11	0.89	0.14	CF ₁ vs CF ₂	0.38	-0.09	-0.02
Lower	4265	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	16.73	0.98	0.16				
Lower	4265	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	16.73	0.98	0.16	CF ₂ vs CF ₃	0	0	0
Lower	4175	PF 2	Lower_23197430_S=0.0005	17.1	0.74	0.11	CF ₁ vs CF ₂	0.37	-0.07	-0.02
Lower	4175	PF 2	Lower_23197430_S=0.005	16.73	0.81	0.13				
Lower	4175	PF 2	Lower_23197430_S=0.05	16.72	0.81	0.13	CF ₂ vs CF ₃	-0.01	0	0

Figura 63. tablas exportadas a una hoja de cálculo (Excel)

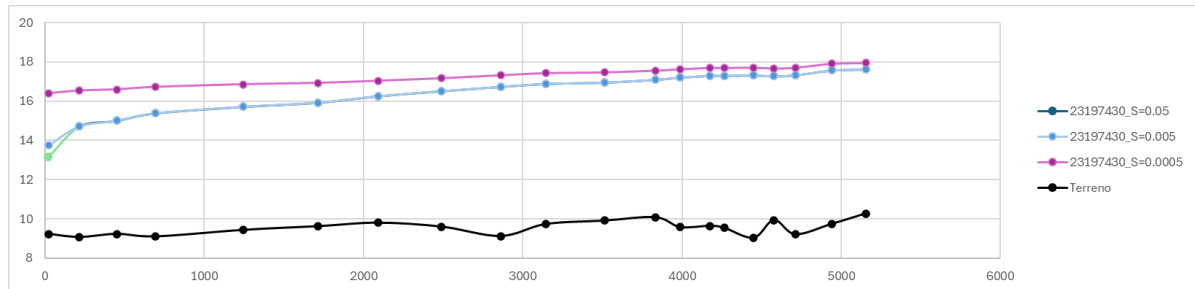


Figura 64. Gráficas de perfiles longitudinales obtenidas desde el análisis de datos exportados a hoja de cálculo (Excel)

Los cálculos comparativos están comprendidos en la solución que el estudiante debe realizar, como guía se plantea un formato que puede ser usado para facilitar el análisis y obtener las gráficas necesarias.

Estacion	Δy		Δv		Δ_{Fr}	
	CF ₁ vs CF ₂	CF ₂ vs CF ₃	CF ₁ vs CF ₂	CF ₂ vs CF ₃	CF ₁ vs CF ₂	CF ₂ vs CF ₃
5153	0.31	0	-0.08	0	-0.01	0
4940	0.32	0	-0.08	0	-0.02	0
4712	0.35	0	-0.13	0	-0.03	0
4578	0.37	0	-0.13	0	-0.02	0
4450	0.37	0	-0.08	0	-0.01	0
4265	0.38	0	-0.09	0	-0.02	0
4175	0.37	-0.01	-0.07	0	-0.02	0
3988	0.39	0	-0.1	0	-0.03	0
3834	0.42	0	-0.18	0	-0.05	0
3514	0.48	0	-0.18	0	-0.04	0
3145	0.5	0	-0.11	-0.01	-0.02	0
2862	0.54	-0.01	-0.17	0	-0.04	0
2491	0.61	0	-0.2	0	-0.04	0
2091	0.72	-0.01	-0.32	0	-0.07	0
1712	0.94	-0.01	-0.6	0	-0.12	0
1244	1.06	-0.01	-0.36	0	-0.08	0
693	1.21	-0.01	-0.37	-0.01	-0.07	0
452	1.43	-0.02	-0.8	-0.01	-0.19	0
216	1.68	-0.02	-0.8	-0.02	-0.19	0.01
23	2.48	-0.65	-1.98	-1.16	-0.49	0.26
$\Delta_{PROMEDIO}$	0.7465	-0.0375	-0.3415	-0.0605	-0.078	0.0135

Figura 65. Tabla con el tratamiento de datos de salida exportados a hoja de cálculo (Excel)

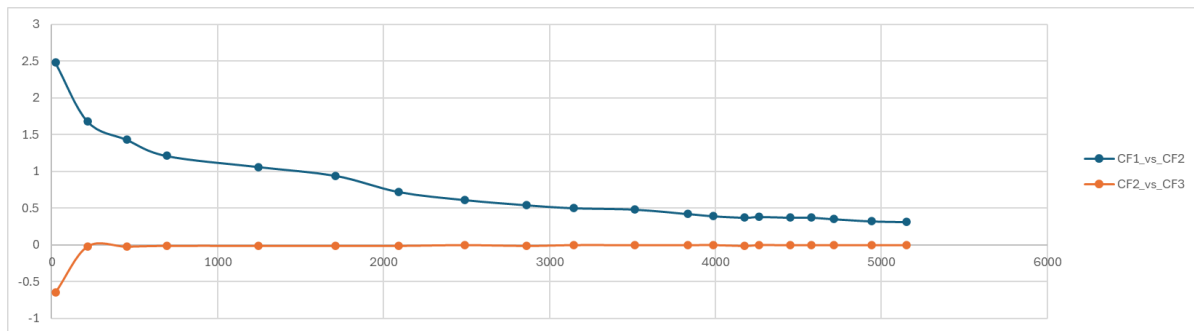


Figura 66. Graficas comparativas entre condiciones de frontera (Delta WS)

LONGITUD DE INFLUENCIA

La gráfica de perfiles longitudinales obtenida con en el análisis de las tablas de resultados, también se pueden obtener directamente de Hec-Ras, para ello es necesario acceder a los datos de salida de forma gráfica. Al oprimir el botón de vista de perfiles “View profiles” se despliega una ventana que evidenciara los datos resultados de la modelación de forma gráfica. La interfaz de la subventana “Profile Plot” guarda similitud con la ventana de tablas de resultados, la pestaña “Options” despliega un menú de opciones donde el estudiante puede seleccionar los perfiles, el tramo del rio, los planes, variables proyectadas entre otras opciones que pueden limitar el ruido en las graficas y exponer la información relevante. Adicional a la información de salida que se puede filtrar de forma directa el estudiante puede modificar la simbología, líneas y colores de las curvas representativas en la opción “Lines and Symbols”, esto con la finalidad de facilitar la interpretación de las gráficas.

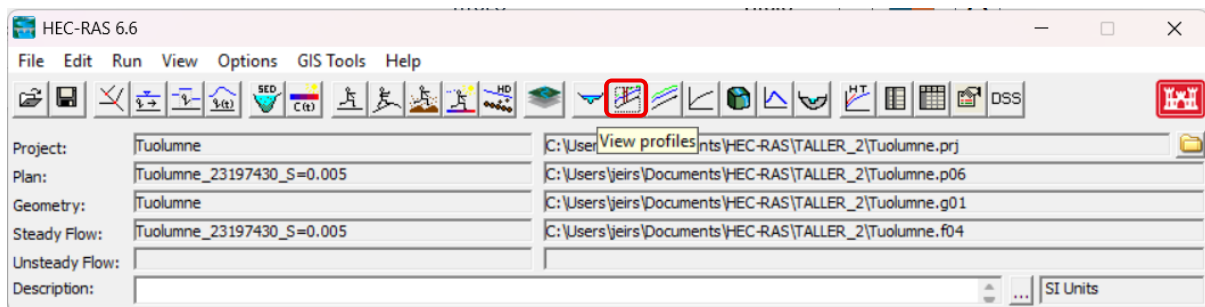


Figura 67. Ruta de acceso a perfiles longitudinales

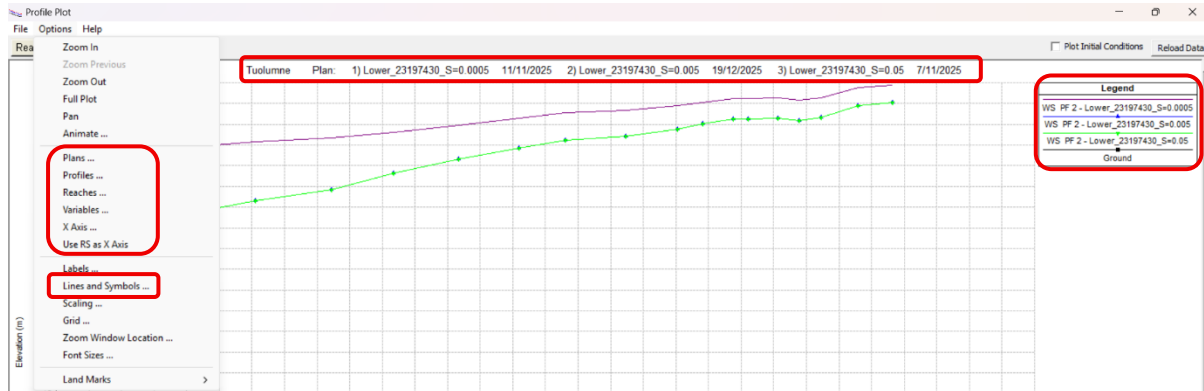


Figura 68. Ruta de acceso a parámetros de graficas de perfiles longitudinales.

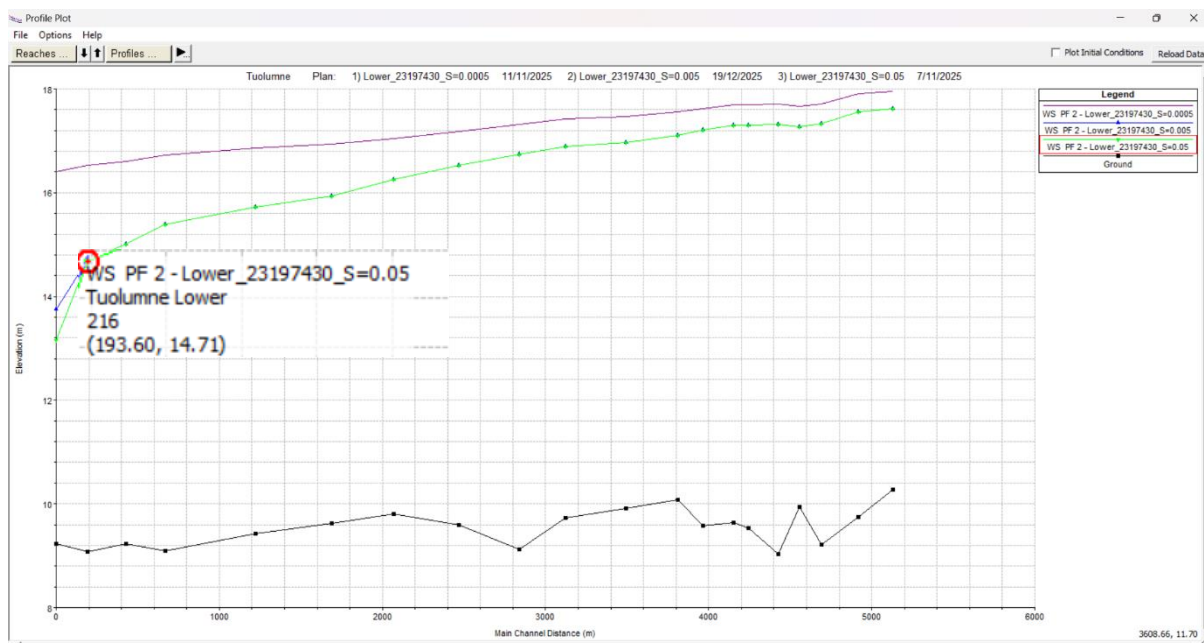


Figura 69. Longitud de influencia evidenciado en perfiles de pendientes moderadas.

Una representación limpia de los perfiles de WS vs Abciscado del tramo aguas abajo permitirá al estudiante identificar el punto de intersección de las curvas, la longitud comprendida antes de dicha intersección es conocida como la longitud de influencia de la condición de frontera suministrada. Los resultados muestran que para pendientes de energía moderadas y altas ($S = 0.005$ y 0.05), los perfiles convergen rápidamente, indicando una influencia limitada de la condición de frontera. Sin embargo, para una pendiente muy suave ($S = 0.0005$), el perfil permanece controlado por la frontera aguas abajo en toda la longitud del tramo, lo que evidencia una longitud de influencia mayor que la extensión del modelo. El estudiante puede acceder a los resultados numéricos posicionando el cursor sobre el punto de intersección, se desplegará una pequeña ventana con la información de las coordenadas.



AREAS DE INUNDACION

Para obtener la información del área de inundación es necesario ingresar a la ventana de RAS-Mapper desde la ventana principal de Hec-Ras

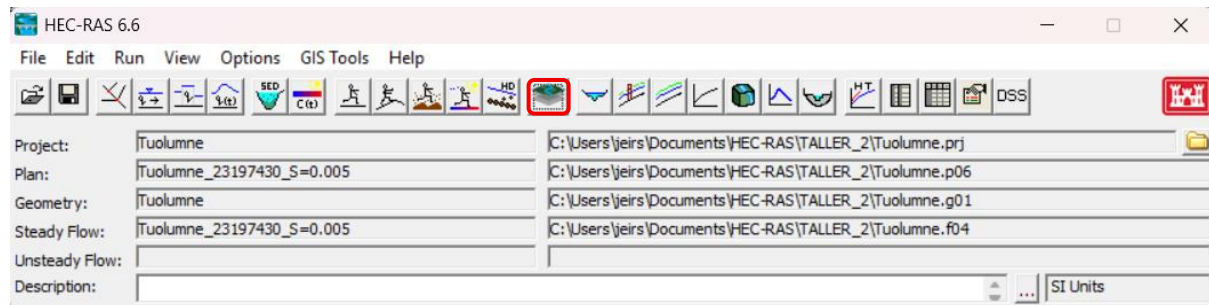


Figura 70. Ruta de acceso a RAS-Mapper

En la capaz de resultado "Results" se hace clic derecho sobre las capas de interés y en la subventana emergente se crea una nueva capa de resultado "create a new results map layer..."

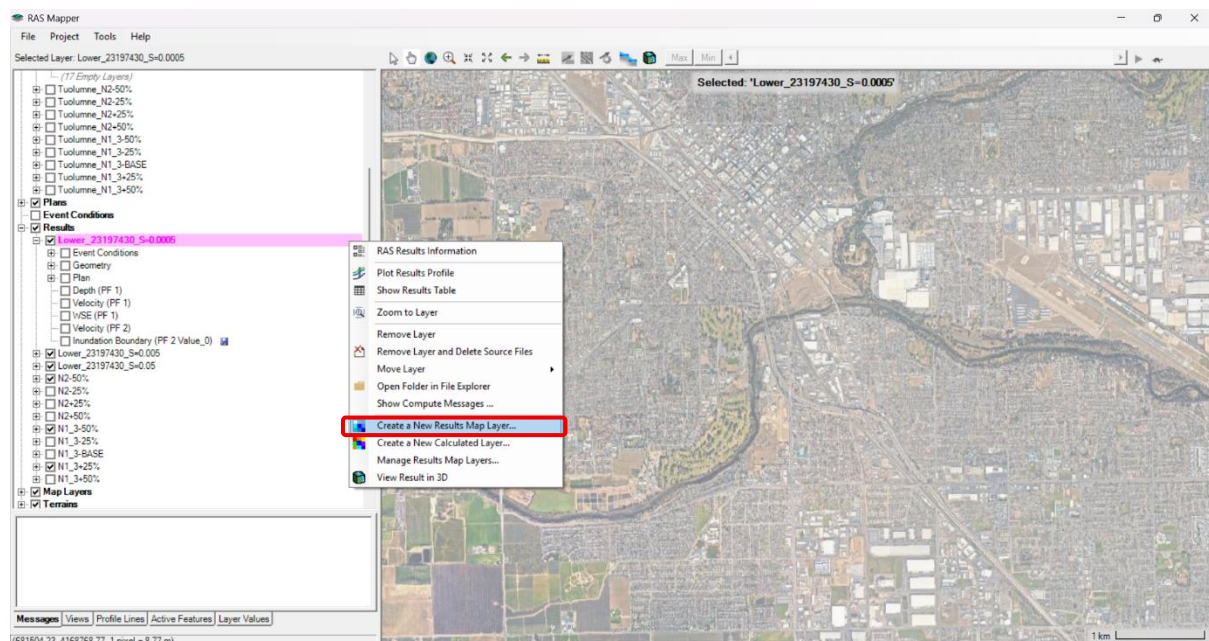


Figura 71. Ruta de acceso para crear una nueva capa de resultados.

En la subventana "Results Map Parameters" se selecciona la opción de límites de inundación y el perfil bajo el cual se creará el mapa de resultados, por último agregamos el mapa de resultados en "Add Map"

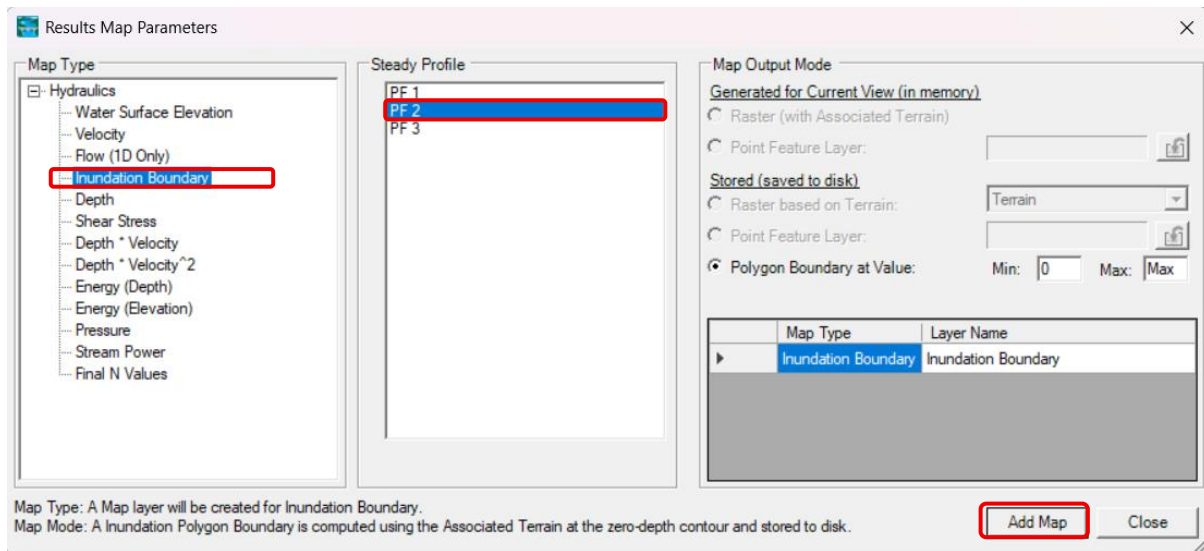


Figura 72. selección de características para obtener el área de inundación.

Es necesario hacer este mismo proceso para cada uno de los planes correspondientes a cada pendiente

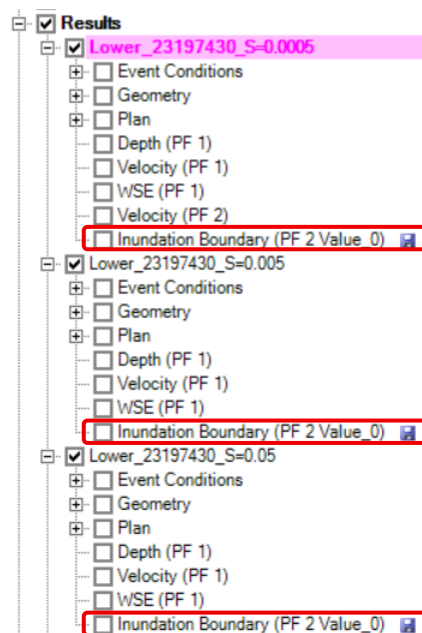


Figura 73. Capas de resultados correspondientes al área de inundación para cada condición de frontera.



Existen dos maneras de visualizar los cambios en los límites de inundación (área de inundación) según una de ellas es de forma gráfica la cual permite una interpretación de resultados menos abstracta para los estudiantes.

Para obtener el resultado gráfico o numérico, es necesario computar los datos de cada mapa de resultado creado, para lograr esto, el estudiante deberá hacer clic sobre la capa “Inundation Boundary” y en la lista de opciones emergente seleccionar “Compute/Update stored Map (Map files up to date)”.

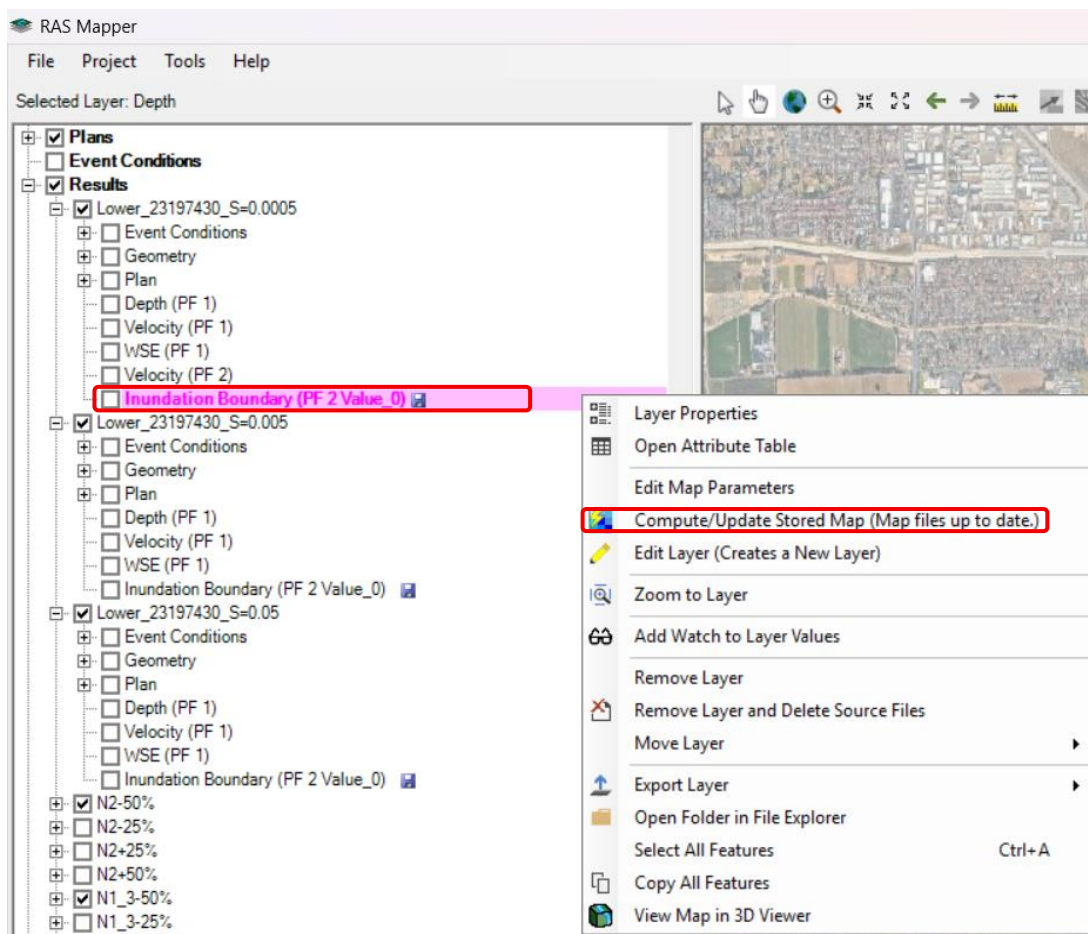


Figura 74. Ruta de acceso para computar datos de área de inundación.

Para visualizar sobre la capa de terreno las áreas de inundación es necesario chequear la casilla junto a la capa “Inundation Boundary”, adicional a esto el estudiante podrá modificar los colores que representan el área de inundación a igual que su transparencia, esto permitirá al estudiante visualizar



de manera más clara las diferencias entre las múltiples áreas seleccionadas y realizar comparativos visuales que ayudaran a entender los datos numéricos obtenidos.

NOTA: Para poder visualizar más de un área de inundación a la vez es necesario chequear que la casilla correspondiente a la capa de inundación este chuleada de esta forma y modificando las propiedades de las capas se pueden visualizar las variaciones entre zonas de inundación.

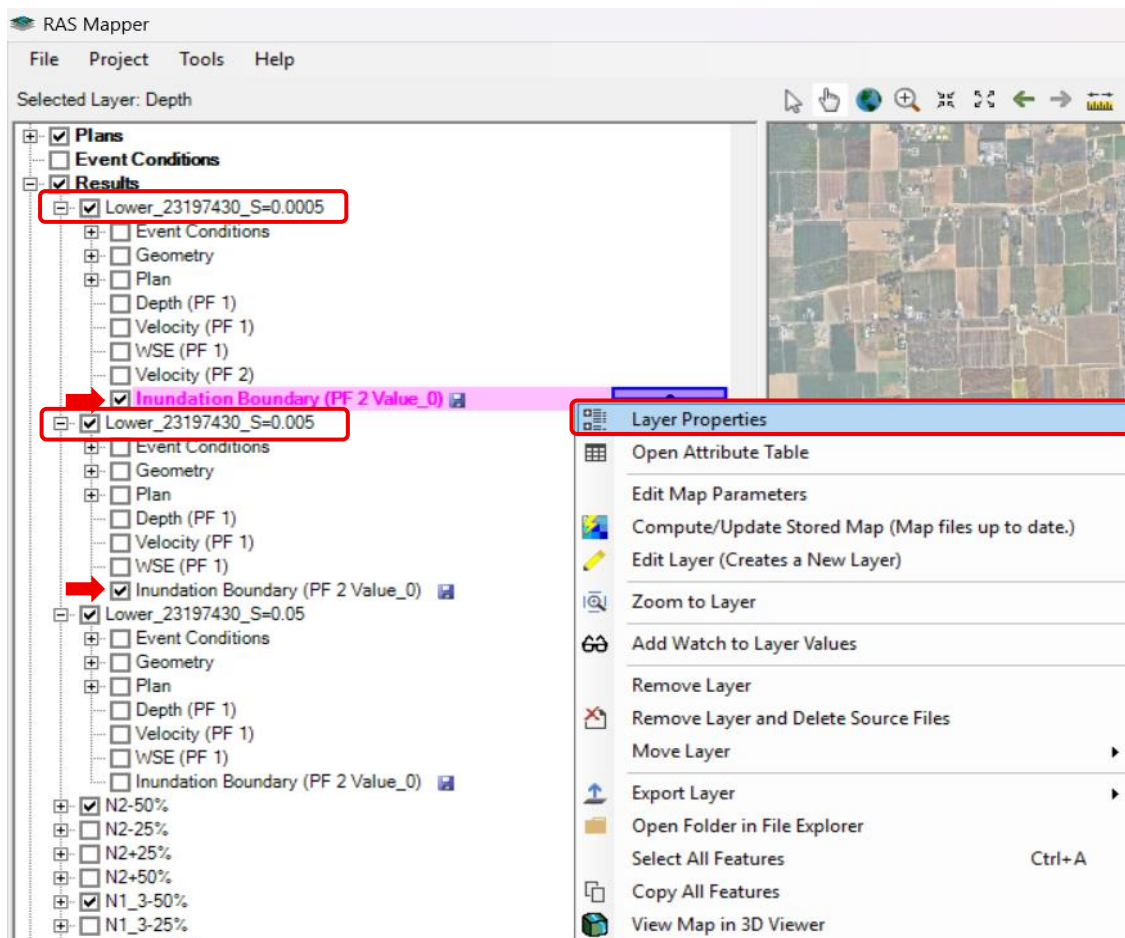


Figura 75. Uta de acceso para modificar estilos de línea, contornos, transparencia y características generales de la representación gráfica del área de inundación.

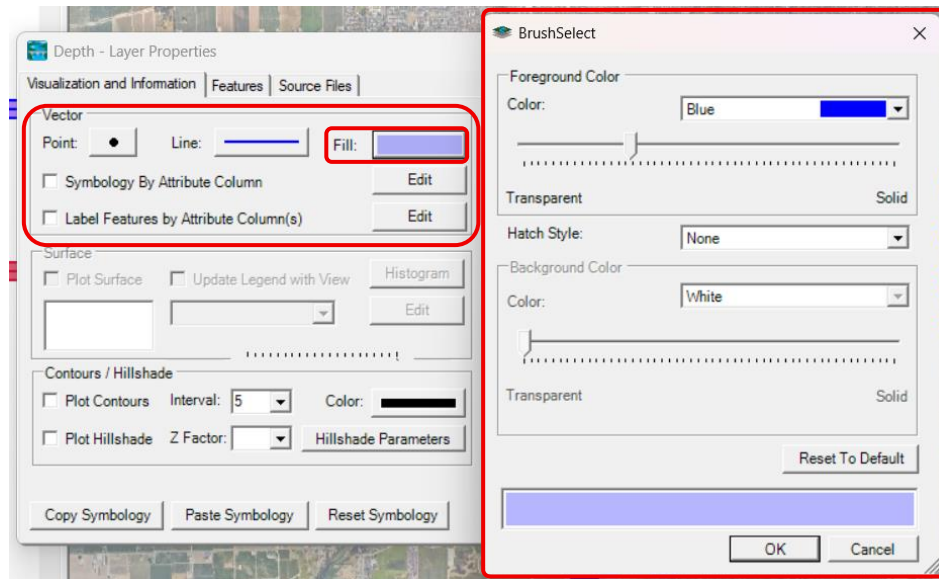


Figura 76. Subventana para la configuración de propiedades y característica de la capa que representa el área de inundación.

Una vez modificadas las propiedades de las capas (color, contorno y transparencia) el estudiante podrá identificar las diferencias entre las áreas de inundación. Como ejemplo tenemos las áreas de inundación para la pendiente $S=0.0005$ (área azul) y $S=0.005$ (área roja), como es de esperarse con una pendiente menor las áreas de inundación serán mayores y este tipo de comparativos son los que se espera que el estudiante evidencie.

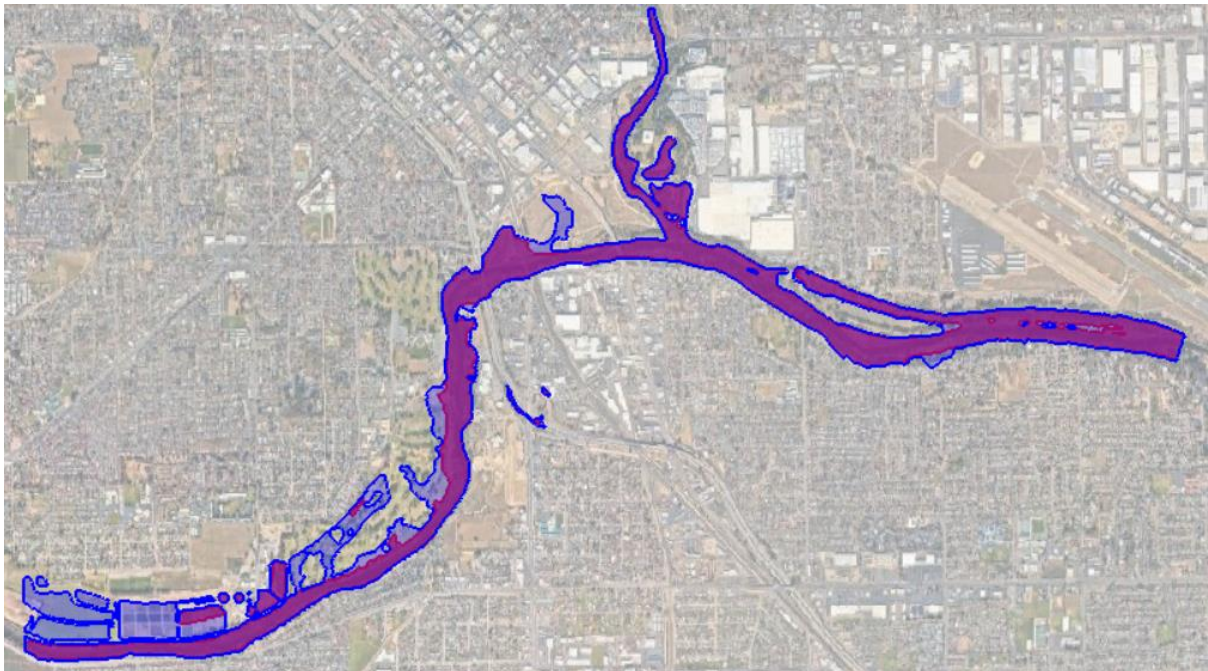


Figura 77. Representación de dos áreas de inundación visualmente diferenciables luego de modificar las propiedades de capa.



A continuación, se explicará el proceso para obtener los resultados numéricos y calcular los porcentajes diferenciales entre las áreas para cada pendiente tomando como base la pendiente de $S = 0.005$.

En la ventana de RAS Mapper en las capas de resultados y con clic derecho sobre la sección de “inundation Boundary” se desplegará una lista de opciones para acceder a los atributos geométricos del área de inundación es necesario hacer clic en la opción abrir tabla de atributos “Open Attribute Table” y enseguida se abrirá una subventana “Depth_Layer Properties” en ella encontraremos la información correspondiente al área de inundación. Este valor correspondiente a la pendiente $S = 0.005$ será el valor de referencia para determinar la influencia de las demás pendientes en el área de inundación, para determinar los valores numéricos de las pendientes restantes se debe seguir el mismo proceso.

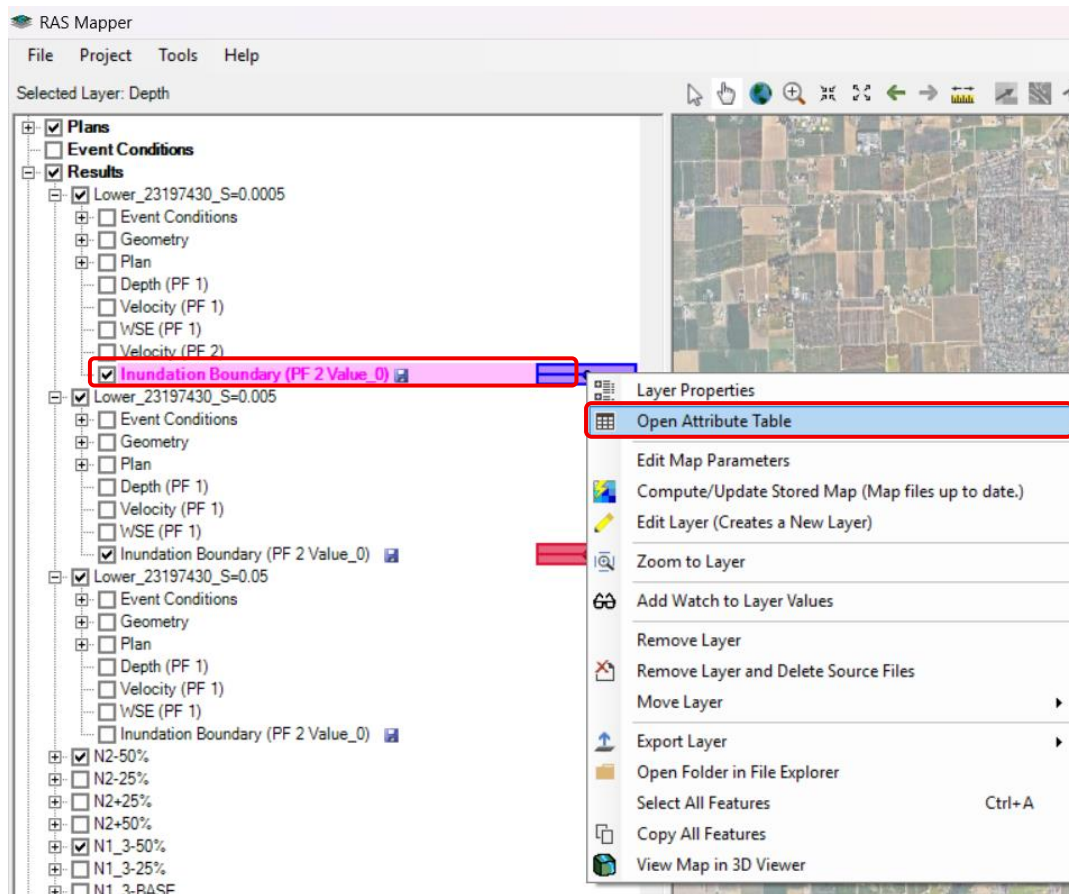


Figura 78. Ruta de acceso a tablas de atributos donde encontrara el valor numérico del área de inundación.

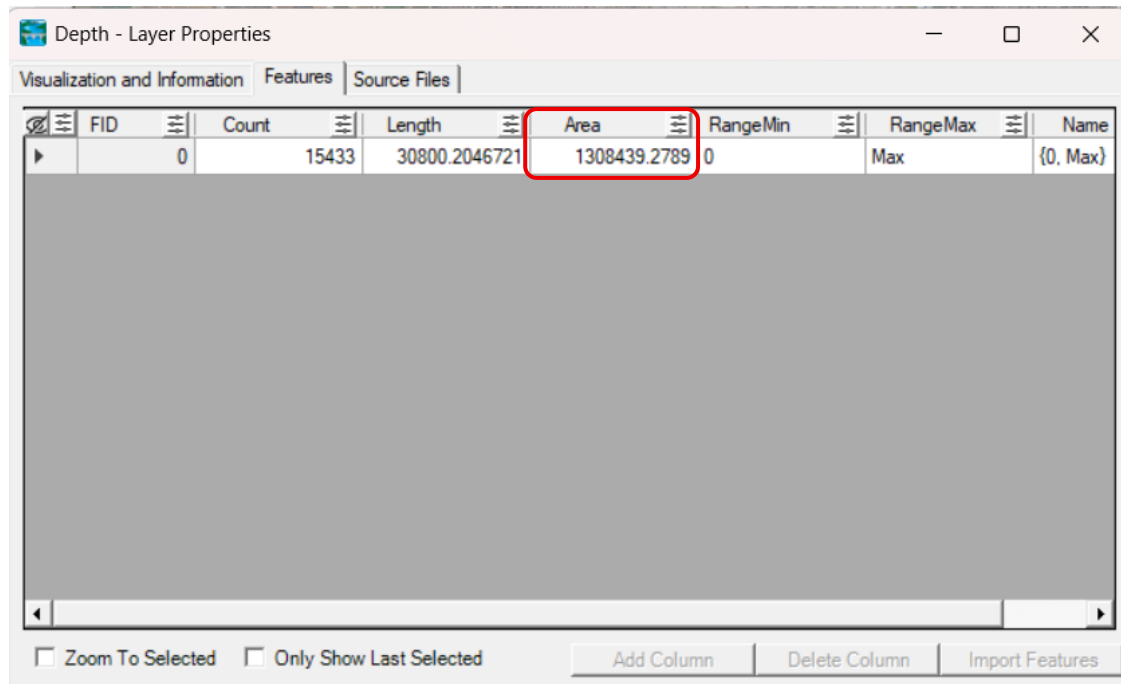


Figura 79. Subventana de propiedades de capa, valor numérico del área de inundación en metros.

AREA DE INUNDACION	
CF ₁	1849331.43
CF ₂	1308439.28
CF ₃	1307943.63

Figura 80. Areas de Inundación para los escenarios propuestos según su condición de frontera.

Una vez obtenidos los valores numéricos lo que resta son operaciones básicas que el estudiante puede realizar con ayuda de una hoja de cálculo, los valores deltas siempre usan un valor de referencia para evidenciar la influencia del cambio de pendiente en las condiciones de frontera, en este caso en específico se solicita al estudiante usar como valor base (valor de referencia) los resultados obtenidos con la pendiente $S = 0.005$, esto debido a que es un valor de pendiente comúnmente encontrada en canales naturales (ríos).

VARIABLE	CF ₁ vs CF ₂	CF ₂ vs CF ₃
Δy	0.7465	0.0375
Δv	0.3415	0.0605
Δ_{Fr}	0.078	0.0135

Figura 81. Tabla comparativa de influencia por cambios de condiciones de frontera.



C.2 Sensibilidad a la Rugosidad del Canal Principal

Verifiquen cómo las variaciones en la rugosidad del canal principal (n_2) afectan la velocidad y la elevación de la superficie del agua.

Diseño experimental:

Escenario	Factor n_2	Valor típico ($n_{2_base}=0.032$)
$n_2 - 1$	-50%	0.016
$n_2 - 2$	-25%	0.024
$n_2 - 3$	0% (base)	0.032
$n_2 - 4$	+25%	0.040
$n_2 - 5$	+50%	0.048

Análisis gráfico:

1. **Gráfico 1:** n_2 (eje X) vs WSE (eje Y)
2. **Gráfico 2:** n_2 (eje X) vs V_{Chnl} (eje Y)
3. **Gráfico 3:** n_2 (eje X) vs Área inundación (eje Y)

Es necesario hacer los cambios correspondientes a la geometría del tramo del río aguas abajo para cada variación en el coeficiente de rugosidad del canal principal. Se obtendrá un archivo de geometría por cada variación de Manning evaluado. Para esto es necesario ingresar al “edit geomtric date” en el menu principal de la ventana principal de Hec-Ras, una vez desplegada la subventana de edición de geometría nos oprimimos la opción “Tables” del menú principal y seleccionando por último la opción “Manning’s n or k values”, una vez ubicadas las tablas de coeficiente de Maning se editaran los valores correspondientes , cabe aclarar que el proceso para realizar los cambios se desarrollaron en detalle en las guías de los talleres 1 y 2.

Edit Manning's n or k Values

River: Tuolumne Reach: Lower All Regions Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Selected Area Edit Options: Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ... Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	5153	n	0.06	0.032	0.06
2	4940	n	0.06	0.032	0.06
3	4712	n	0.06	0.032	0.06
4	4578	n	0.06	0.032	0.06
5	4450	n	0.06	0.032	0.06
6	4265	n	0.06	0.032	0.06
7	4175	n	0.06	0.032	0.06
8	3988	n	0.06	0.032	0.06
9	3834	n	0.06	0.032	0.06
10	3514	n	0.06	0.032	0.06
11	3145	n	0.06	0.032	0.06
12	2862	n	0.06	0.032	0.06
13	2491	n	0.06	0.032	0.06
14	2091	n	0.06	0.032	0.06
15	1712	n	0.06	0.032	0.06
16	1244	n	0.06	0.032	0.06
17	693	n	0.06	0.032	0.06
18	452	n	0.06	0.032	0.06
19	216	n	0.06	0.032	0.06
20	23	n	0.06	0.032	0.06

Figura 82. Tabla coeficiente de Manning base ($n_2=0.032$) para el tramo aguas abajo del río Tuolumne.



De igual manera es necesario crear un plan por cada nuevo archivo de geometría creado de esta forma el estudiante puede comparar los resultados y evidenciar las tendencias desde los resultados numéricos garantizando así que los archivos usados en cada plan son correctos.

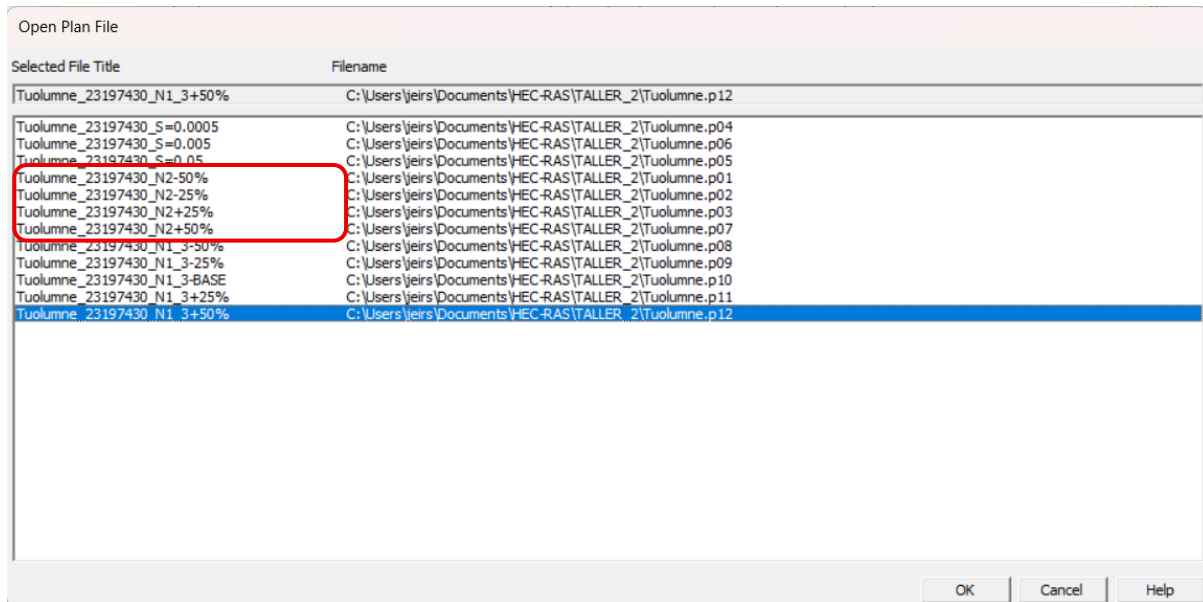


Figura 83. Planes creados para las variantes de coeficiente de Manning correspondiente al canal principal (n2).

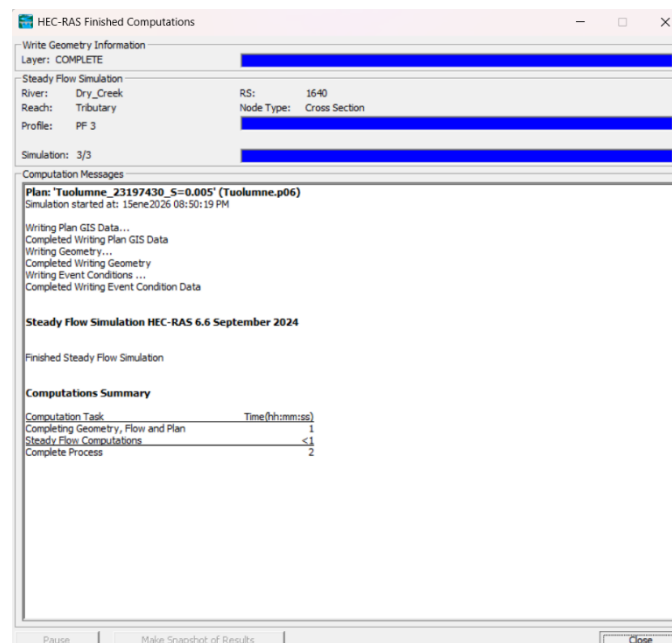


Figura 84. Subventana de iteraciones para los planes propuestos.



Una vez modelados todos los escenarios es necesario filtrar los datos de salida relevantes y editar las tablas de resultados según los requerimientos para el correspondiente análisis requerido, para esto es necesario definir el río y el tramo que serán evaluados, al igual que los planes y el perfil de flujo necesario, recuerde que todo esto se realiza en la pestaña de opciones en la ventana de tablas de resultados. El proceso se realizó con detalle en el ítem anterior por lo cual en este caso solo se hará un leve recorrido de la ruta de acceso y hace un seguimiento visual del proceso.

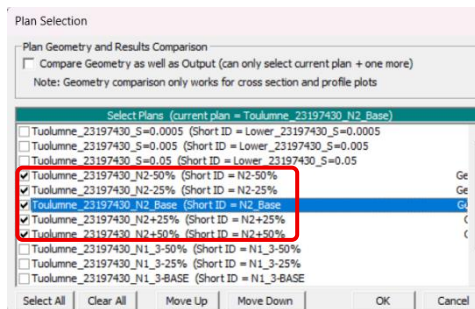


Figura 85. Subventana de selección de planes a comparar.

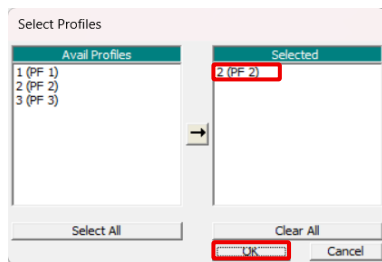


Figura 87. Subventana de selección de perfiles a evaluar.

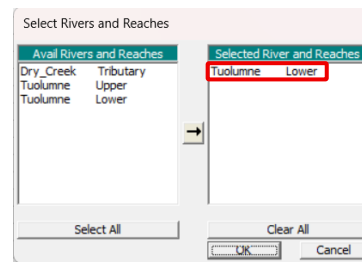


Figura 86. Subventana de selección

Profile Output Table - Standard Table 1					
File Options Std. Tables User Tables Locations Help					
Reach	River Sta	Profile	Plan	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)
Lower	5153	PF 2	N2-50%	16.15	1.98
Lower	5153	PF 2	N2-25%	16.84	1.71
Lower	5153	PF 2	N2_Base	17.62	1.48
Lower	5153	PF 2	N2+25%	17.91	1.40
Lower	5153	PF 2	N2+50%	18.31	1.29
Lower	4940	PF 2	N2-50%	16.12	1.95
Lower	4940	PF 2	N2-25%	16.80	1.68
Lower	4940	PF 2	N2_Base	17.57	1.45
Lower	4940	PF 2	N2+25%	17.85	1.38
Lower	4940	PF 2	N2+50%	18.24	1.29
Lower	4712	PF 2	N2-50%	15.78	2.99
Lower	4712	PF 2	N2-25%	16.53	2.54
Lower	4712	PF 2	N2_Base	17.33	2.17
Lower	4712	PF 2	N2+25%	17.63	2.06
Lower	4712	PF 2	N2+50%	18.03	1.90
Lower	4578	PF 2	N2-50%	15.76	2.85
Lower	4578	PF 2	N2-25%	16.49	2.40
Lower	4578	PF 2	N2_Base	17.28	2.03
Lower	4578	PF 2	N2+25%	17.56	1.91
Lower	4578	PF 2	N2+50%	17.96	1.72
Lower	4450	PF 2	N2-50%	15.92	1.75
Lower	4450	PF 2	N2-25%	16.58	1.52
Lower	4450	PF 2	N2_Base	17.32	1.31
Lower	4450	PF 2	N2+25%	17.59	1.22
Lower	4450	PF 2	N2+50%	17.97	1.08
Lower	4265	PF 2	N2-50%	15.92	1.56
Lower	4265	PF 2	N2-25%	16.58	1.29
Lower	4265	PF 2	N2_Base	17.30	1.07
Lower	4265	PF 2	N2+25%	17.57	1.00
Lower	4265	PF 2	N2+50%	17.94	0.91
Lower	4175	PF 2	N2-50%	15.94	1.29
Lower	4175	PF 2	N2-25%	16.58	1.07
Lower	4175	PF 2	N2_Base	17.30	0.89
Lower	4175	PF 2	N2+25%	17.57	0.84
Lower	4175	PF 2	N2+50%	17.93	0.78

Figura 88. Tabla editada con datos de salida relevantes para el desarrollo de la actividad.



Dado que el área de inundación es un resultado espacial y no estrictamente hidráulico el estudiante debe acudir a lo visto en el ítem anterior para poder determinar el área de inundación para cada variación del Manning del canal principal. Es necesario crear la capa de resultado correspondiente al área de inundación y computar el resultado para cada una de ellas, el estudiante debe seguir los pasos realizados en el ítem C1 donde se evidencia paso a paso el proceso.

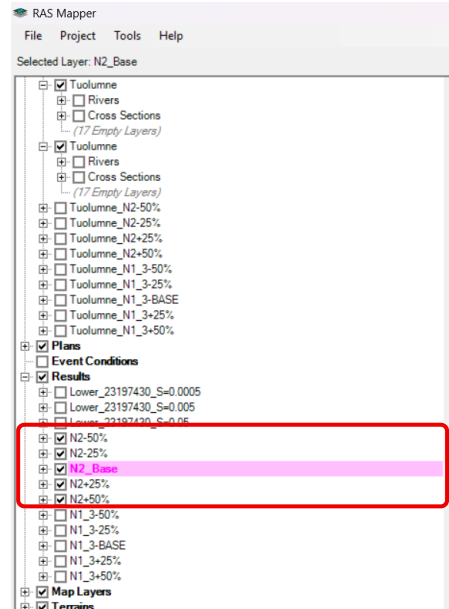


Figura 89. Panel de capas con capas de resultados para cada escenario.

Como se mostró en el ítem anterior el área de inundación puede ser editada para poder visualizar los cambios de forma directa sobre la capa de terreno, de esta forma el estudiante podrá observar los resultados de una forma menos abstracta.

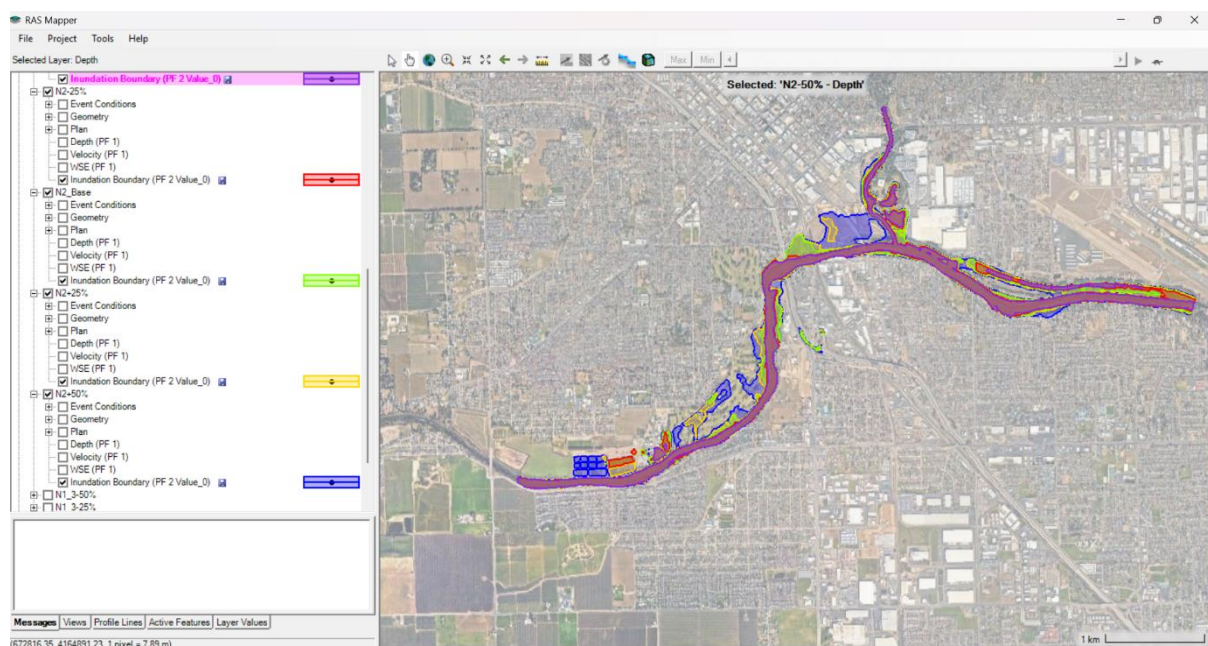


Figura 90. Grafico de superficies de inundación editadas para visualizar las variaciones en las áreas para cada escenario.



También se explicó con anterioridad la manera de acceder a los resultados numéricos en la opción que despliega la tabla de atributos. Hec-Ras no permite comparar en una sola tabla los valores de todas las áreas de inundación de los diferentes planes por lo cual deberá hacer el proceso de manera individual y recolectar los datos de salida en una hoja de cálculo para su posterior análisis.

FID	Count	Length	Area	RangeMin	RangeMax	Name
0	13866	27338.0440224	854642.059564	0	Max	{0, Max}

Figura 91. Subventana de propiedades de capa para n#2-50%

FID	Count	Length	Area	RangeMin	RangeMax	Name
0	15211	30186.9178529	1016636.33905	0	Max	{0, Max}

Figura 92. Subventana de propiedades de capa para n#2-25%

FID	Count	Length	Area	RangeMin	RangeMax	Name
0	15434	30799.1187804	1308183.26114	0	Max	{0, Max}

Figura 93. Subventana de propiedades de capa para n#2-Base

FID	Count	Length	Area	RangeMin	RangeMax	Name
0	16543	33015.0461578	1483435.04191	0	Max	{0, Max}

Figura 94. Subventana de propiedades de capa para n#2+25%

FID	Count	Length	Area	RangeMin	RangeMax	Name
0	18103	36198.0229947	1915370.00037	0	Max	{0, Max}

Figura 95. Subventana de propiedades de capa para n#2+50



Los resultados obtenidos deberán ser exportados a una hoja de cálculo y debidamente procesados por el estudiante para obtener las gráficas correspondientes. Para determinar la tendencia debido al aumento del coeficiente de rugosidad del canal principal es necesario trabajar con los promedios de los valores de W.S. Elev y Vel Chnl.

N2-50%		N2-25%		N2_Base		N2+25%		N2+50%	
W.S. Elev	Vel Chnl	W.S. Elev	Vel Chnl	W.S. Elev	Vel Chnl	W.S. Elev	Vel Chnl	W.S. Elev	Vel Chnl
16.15	1.98	16.84	1.71	17.62	1.48	17.91	1.4	18.31	1.29
16.12	1.95	16.8	1.68	17.57	1.45	17.85	1.38	18.24	1.29
15.78	2.99	16.53	2.54	17.33	2.17	17.63	2.06	18.03	1.9
15.76	2.85	16.49	2.4	17.28	2.03	17.56	1.91	17.96	1.72
15.92	1.75	16.58	1.52	17.32	1.31	17.59	1.22	17.97	1.08
15.92	1.56	16.58	1.29	17.3	1.07	17.57	1	17.94	0.91
15.94	1.29	16.58	1.07	17.3	0.89	17.57	0.84	17.93	0.78
15.81	1.89	16.48	1.58	17.21	1.34	17.48	1.27	17.85	1.17
15.54	2.75	16.32	2.08	17.1	1.65	17.38	1.5	17.77	1.29
15.5	2.33	16.2	1.91	16.96	1.56	17.25	1.43	17.64	1.25
15.53	1.63	16.18	1.37	16.89	1.15	17.16	1.09	17.54	1
15.33	2.28	16.01	1.89	16.74	1.59	17.01	1.5	17.4	1.37
15.17	2.51	15.82	2.14	16.52	1.83	16.78	1.74	17.14	1.62
14.94	2.81	15.59	2.28	16.26	1.88	16.51	1.76	16.86	1.57
14.76	2.87	15.27	2.49	15.93	1.91	16.19	1.7	16.56	1.45
14.82	1.79	15.2	1.59	15.72	1.35	15.96	1.25	16.32	1.1
14.64	2.13	14.95	1.98	15.39	1.8	15.61	1.72	15.95	1.6
14.21	3.29	14.57	2.9	15.01	2.51	15.23	2.35	15.57	2.13
14.22	2.63	14.42	2.45	14.71	2.22	14.89	2.11	15.18	1.93
13.16	4.78	13.16	4.78	13.74	3.76	14	3.4	14.37	2.99

Figura 96. Tabla de datos procesados en Excel

Manning Chnl	Promedios		Áreas de inundación [Km ²]
	WS Elev	Vel Chnl	
N2-50%	15.261	2.403	0.855
N2-25%	15.8285	2.0825	1.017
N2-Base	16.495	1.7475	1.308
N2+25%	16.7565	1.6315	1.483
N2+50%	17.1265	1.472	1.915

Figura 97. Tabla de promedios y áreas de inundación por cada variante de coeficiente de Manning

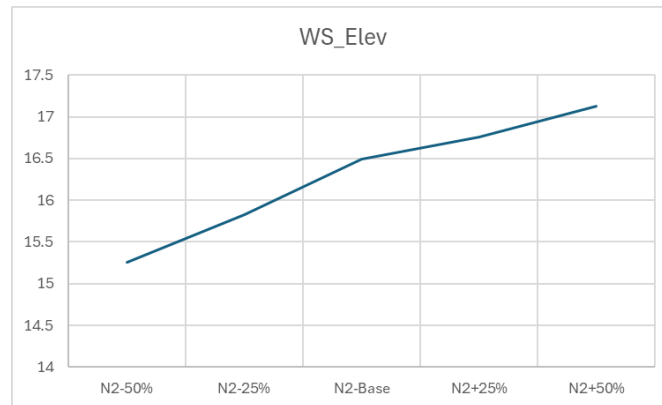


Figura 98. Grafica de tendencia WS Elev

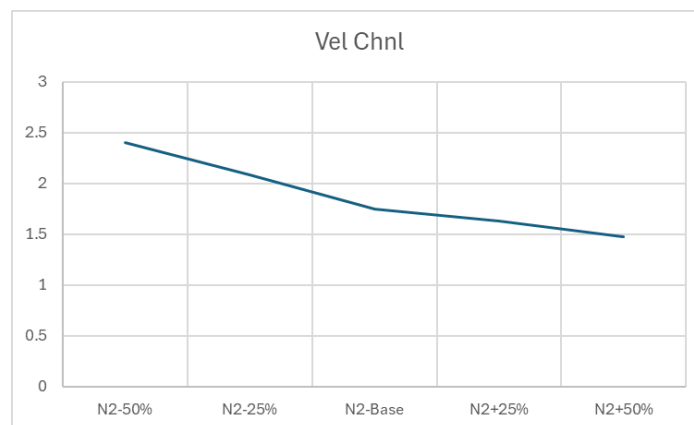


Figura 99. Grafica de tendencia Vel Chnl

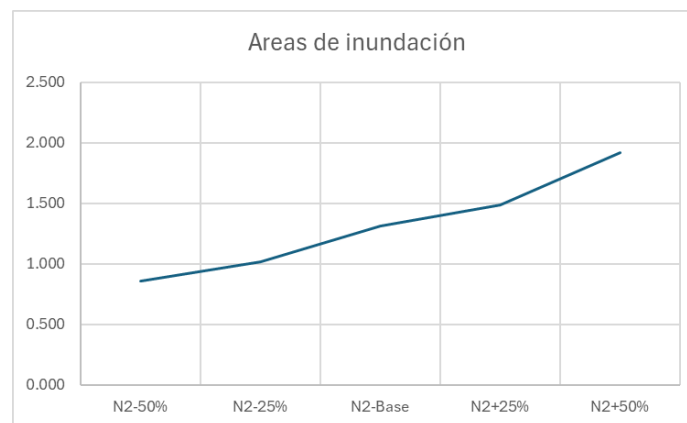


Figura 100. Grafica de tendencia Areas de inundación

Como es de esperar los resultados están acorde a los conceptos teóricos un aumento de pérdida de energía a causa de los coeficientes de rugosidad revela una tendencia al aumento de remansos a lo largo del tramo de río lo que se traduce en un aumento del WS Elev promedio y por consecuencia ocasiona una disminución en la velocidad. También es evidente un aumento de las áreas de inundación en las capas de resultados de Hec-Ras se puede visualizar los cambios esperados en concordancia con la línea de tendencia.



Se considera que el análisis de sensibilidad hace parte del trabajo que el estudiante debe realizar en la interpretación de resultados, por lo cual no se ahonda en los cálculos relacionados con ello. La guía del taller 2 comparten información explícita de como realizar dichos cálculos y los datos se obtienen siguiendo los debidos procesos expuestos en esta guía en los ítems anteriores.

C.3 Sensibilidad a la Rugosidad de las Planicies de Inundación

Verifiquen si la rugosidad de las planicies controla la capacidad de transporte durante crecientes, afectando significativamente el área inundada.

Diseño experimental:

Escenario	Factor n#1, n#3	Valor típico (si n_base=0.050)
n#1 & n#3 -1	-50%	0.025
n#1 & n#3 -2	-25%	0.0375
n#1 & n#3 -3	0% (base)	0.050
n#1 & n#3 -4	+25%	0.0625
n#1 & n#3 -5	+50%	0.075

Procedimiento (para perfil Q₁₀%, caudales más altos):

- Corran el modelo para los 5 escenarios
- Extraigan para **Tuolumne Lower**: Ancho total inundado (promedio para el tramo – Top Width)
- Porcentaje de caudal en planicies: $Q_{fp}/Q_{total} \times 100$ (Standard Table 2)
- Área total de inundación (desde RAS Mapper)

Nota: Cabe aclarar que Q_{fp} hace referencia a el caudal que circula por las planicies de inundación de sus siglas en ingles (*Floodplain flow*). Por lo cual hace referencia a la suma de caudales de las bancas de inundación derecha e izquierda.

Al igual que el item anterior donde modificamos parámetros correspondientes a la geometría del canal, en este caso es necesario crear geometrías con las variaciones del coeficiente de rugosidad en las planicies de inundación a lo largo del tramo.

Escenario	T _{total} (m)	Q _{fp} /Q (%)	Área inund (km ²)	% cambio área
n#1 & n#3 - 1				
n#1 & n#3 - 2				
n#1 & n#3 (base)				
n#1 & n#3 -4				
n#1 & n#3 -5				



Entregable C.3: Tabla de resultados + gráficos de sensibilidad (n#1,3 vs Área inundación) + mapas comparativos de inundación (N13-1 vs N13-5) + análisis de implicaciones.

Las variaciones del coeficiente de rugosidad en este caso hacen referencia a las planicies de inundación que en la tabla de Manning hacen referencia a las columnas n#1 y n#2 estos parámetros serán nuestras variantes para cada uno de los escenarios propuestos.

River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1 5153	n	0.05	0.035	0.05
2 4940	n	0.05	0.035	0.05
3 4712	n	0.05	0.035	0.05
4 4578	n	0.05	0.035	0.05
5 4450	n	0.05	0.035	0.05
6 4265	n	0.05	0.035	0.05
7 4175	n	0.05	0.035	0.05
8 3988	n	0.05	0.035	0.05
9 3834	n	0.05	0.035	0.05
10 3514	n	0.05	0.035	0.05
11 3145	n	0.05	0.035	0.05
12 2862	n	0.05	0.035	0.05
13 2491	n	0.05	0.035	0.05
14 2091	n	0.05	0.035	0.05
15 1712	n	0.05	0.035	0.05
16 1244	n	0.05	0.035	0.05
17 693	n	0.05	0.035	0.05
18 452	n	0.05	0.035	0.05
19 216	n	0.05	0.035	0.05
20 23	n	0.05	0.035	0.05

Figura 101. Tablas coeficiente de Manning

Es necesario crear un archivo por cada variación en los coeficientes de Manning se recomienda ser explícito en el nombre para poder identificar la geometría necesaria para cada plan.

Selected File Title	Filename
Tuolumne	C:\Users\jeirs\Documents\HEC-RAS\TALLER_2\Tuolumne.g01
Tuolumne	C:\Users\jeirs\Documents\HEC-RAS\TALLER_2\Tuolumne.g01
Tuolumne_N2-50%	C:\Users\jeirs\Documents\HEC-RAS\TALLER_2\Tuolumne.g02
Tuolumne_N2-25%	C:\Users\jeirs\Documents\HEC-RAS\TALLER_2\Tuolumne.g03
Tuolumne_N2+25%	C:\Users\jeirs\Documents\HEC-RAS\TALLER_2\Tuolumne.g04
Tuolumne_N2+50%	C:\Users\jeirs\Documents\HEC-RAS\TALLER_2\Tuolumne.g05
Tuolumne_N1_3-50%	C:\Users\jeirs\Documents\HEC-RAS\TALLER_2\Tuolumne.g06
Tuolumne_N1_3-25%	C:\Users\jeirs\Documents\HEC-RAS\TALLER_2\Tuolumne.g07
Tuolumne_N1_3-BASE	C:\Users\jeirs\Documents\HEC-RAS\TALLER_2\Tuolumne.g08
Tuolumne_N1_3+25%	C:\Users\jeirs\Documents\HEC-RAS\TALLER_2\Tuolumne.g09
Tuolumne_N1_3+50%	C:\Users\jeirs\Documents\HEC-RAS\TALLER_2\Tuolumne.g10

Figura 102. Lista de archivos de geometrías con las variables de cada escenario.

Para cada escenario se crea un plan con la geometría y las condiciones de flujo específicas, en este caso las condiciones de flujo no presentan ninguna variación, los caudales y condiciones de frontera se mantienen constantes con los valores base por lo cual para cada modelación solo será necesario cambiar la geometría con la variante adecuada.

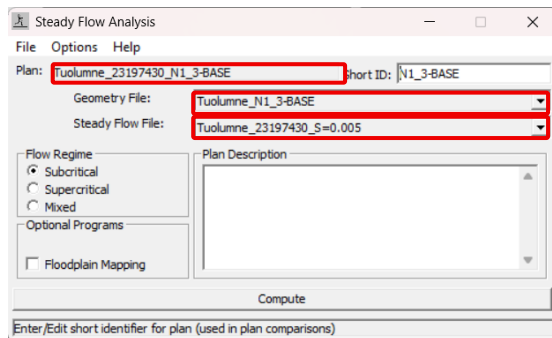


Figura 103. Configuración de plan para el análisis de geometría base.

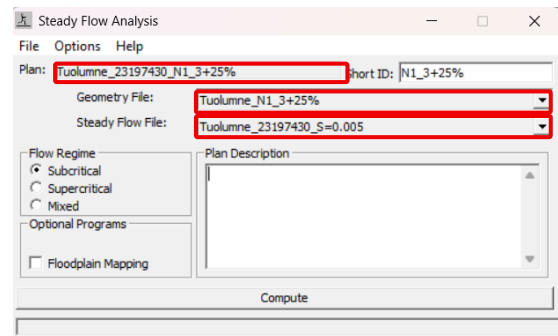


Figura 104. Configuración de plan para geometría n#1 y n#2 +25%

Una vez modelado cada uno de los escenarios es necesario identificar el caudal correspondiente al $Q_{10\%}$ entre los perfiles de flujo de nuestra ventana Steady Flow Data de esta manera nos aseguraremos de analizar el perfil correspondiente a los caudales mas altos y que solo serán superados un 10% de las veces.

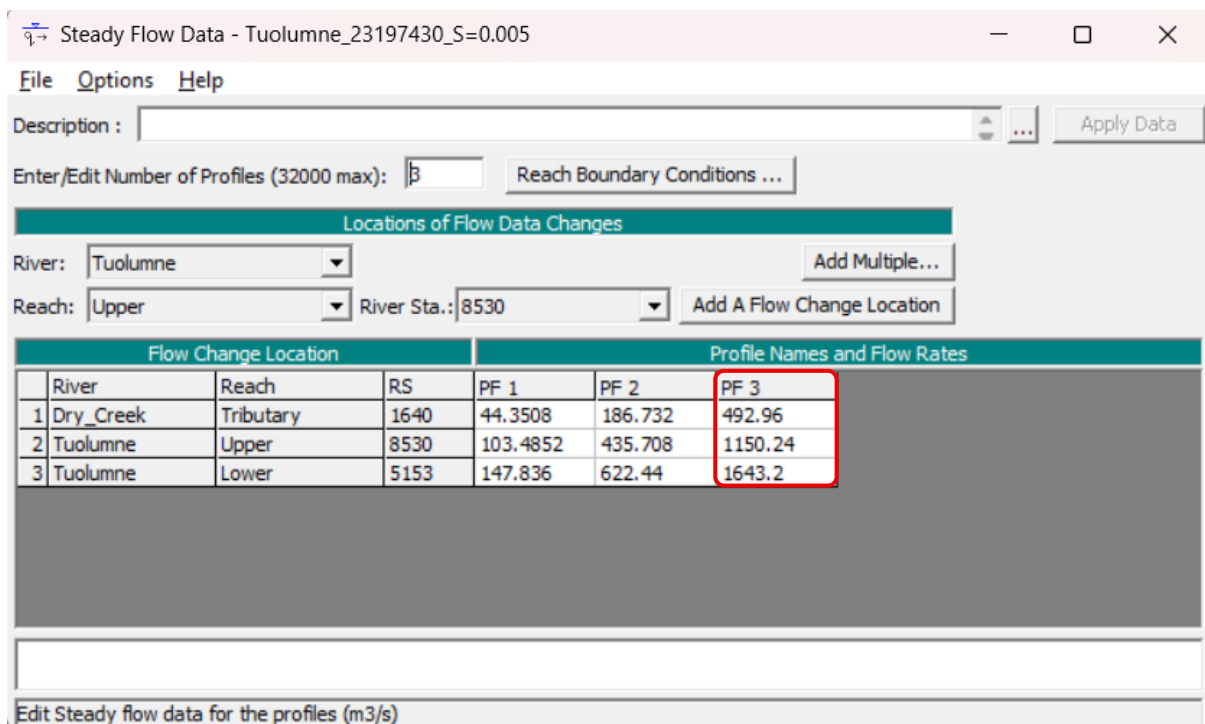


Figura 105. Ventana Steady Flow Data, Perfil correspondiente al $Q_{10\%}$.

El estudiante identificara que el perfil 3 pertenece al caudal $Q_{10\%}$ por lo que los datos de salida de interés en las tablas de resultados estarán relacionados con este perfil y el tramo aguas abajo del rio Tuolumne. Se analizará los diferentes escenarios para las condiciones de flujo del perfil 3 ($Q_{10\%}$) del tramo “Lower” perteneciente al rio “Tuolumne” estas selecciones se realizan en la pestaña “Option” del menú principal de la ventana de

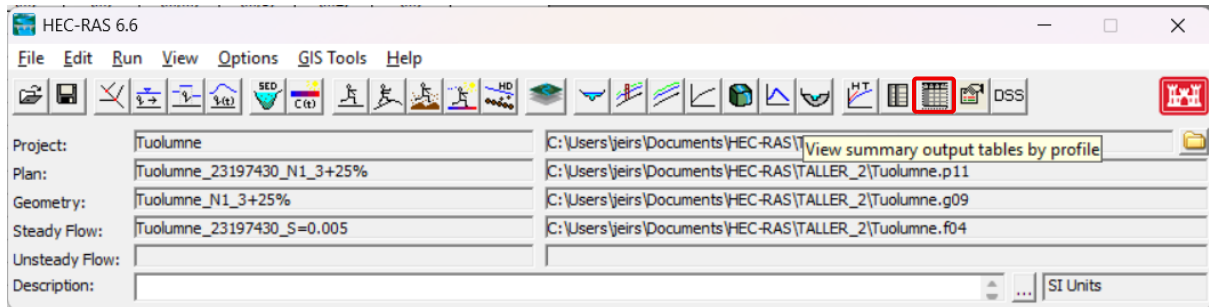


Figura 106. Ruta de acceso a tablas de resultados.

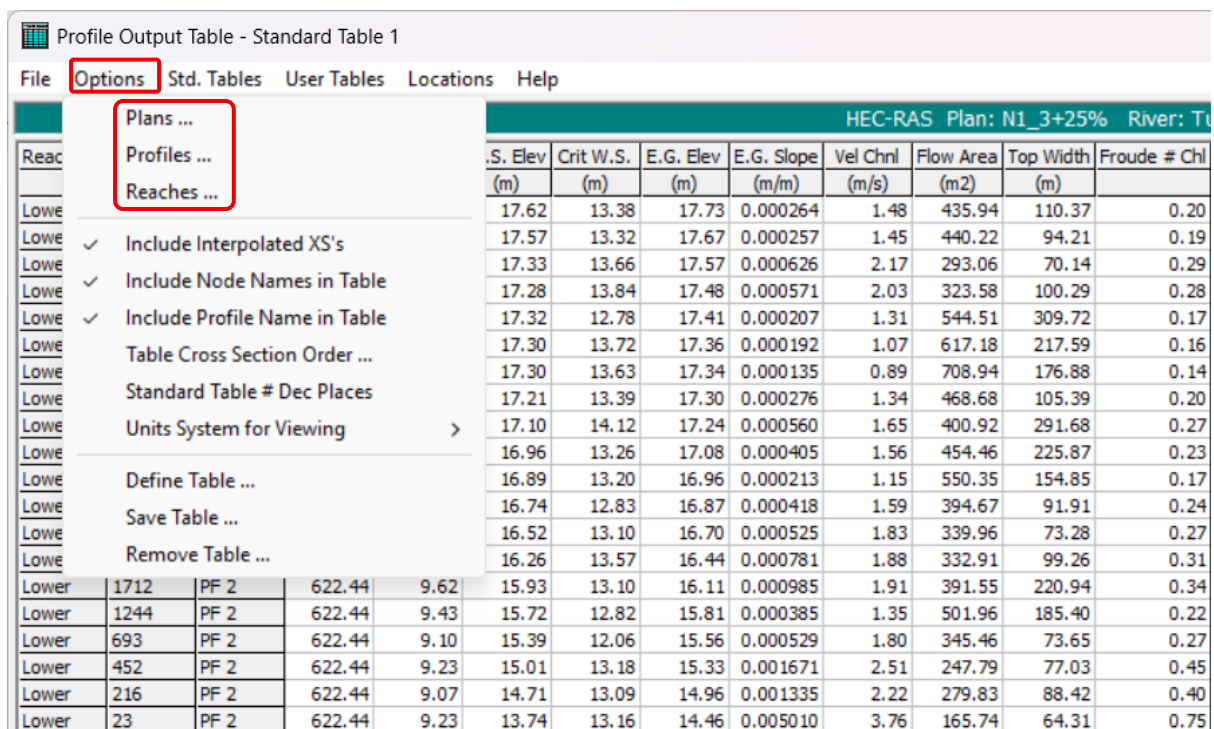


Figura 107 Ruta de acceso a opciones de selección de planes, perfiles y tramo del río para el análisis.

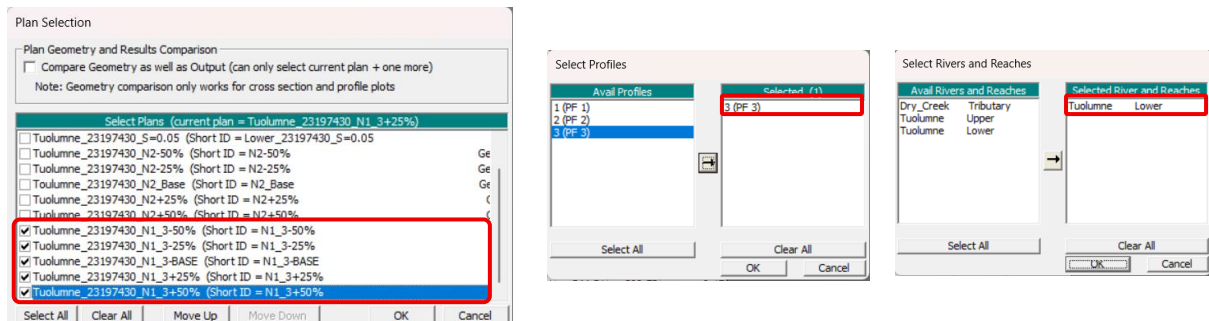


Figura 108. Selección de Planes, Perfil y Tramo según los criterios del entregable.



Por último, el estudiante puede acceder a los valores porcentuales de los caudales en las planicies de inundación de forma directa en los datos de salida, para ello es necesario diseñar un estilo de tabla que nos entregue como datos de salida solo la información relevante.

Nota: Los valores porcentuales de caudal en las planicies de inundación pueden hallarse de forma manual como lo indica el entregable, con ayuda de la formula planteada (Porcentaje de caudal en planicies: $Q_{fp}/Q_{total} \times 100$), pero para fines prácticos se realizará un proceso directo que evidencia la ventaja de manipular los datos de salida en nuestra tabla de resultados.

El estudiante deberá desplegar la subventana relacionada con la opción “Define Table ...” del menú de “Options”

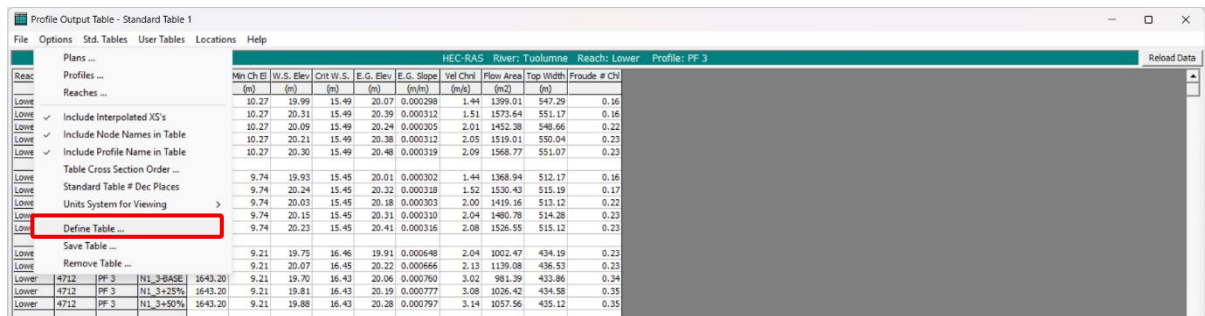


Figura 109. Ruta de acceso para definir diseño de tabla.

Se despliega una subventana donde el estudiante puede editar como lo hemos visto con anterioridad la tabla de resultados borrando o agregando columnas con datos de salida según se requieran, para integrar columnas nuevas se busca entre las opciones de la lista ubicada en la parte inferior pero antes de elegir los datos que se quieren visualizar en la tabla se borrara las columnas existentes con el botón “clear all table headings” para minimizar el ruido ocasionado por información innecesaria.

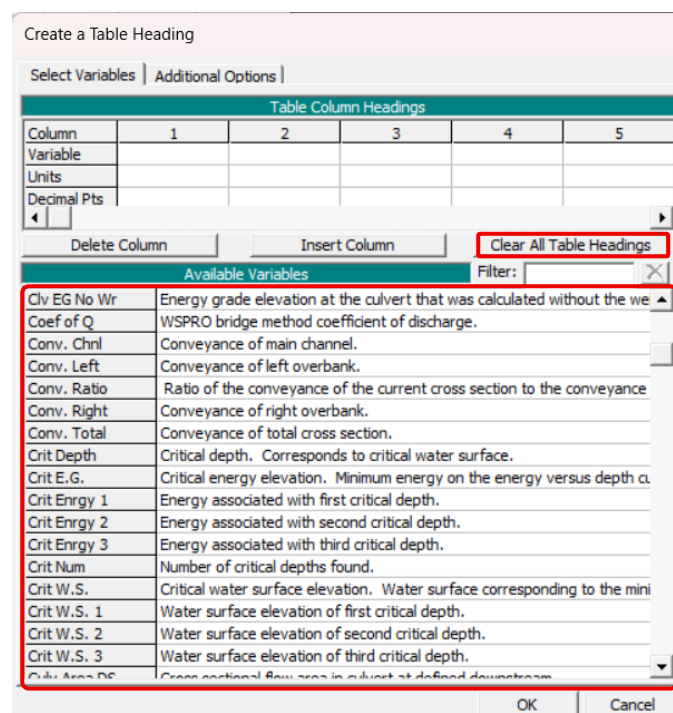


Figura 110. Subventana para el diseño de tablas según los requerimientos.



Para este caso en particular el estudiante deberá identificar los caudales del canal principal, el caudal de las planicies de inundación y el caudal total, esto para realizar los cálculos como se indican en el entregable. Como alternativa para obtener los datos porcentuales directamente del Hec_Ras es necesario identificar datos de salida más específicos, a continuación, se entregará una lista con las variables usadas en la modelación de canales y que son de importancia para el análisis de resultados de los ejercicios propuestos en las guías, esta información debe ser conceptualizada por parte del tutor de turno garantizando que el estudiante adquiera la destreza para el procesamiento de datos de salida.

Variable (HEC-RAS)	Definition (English)	Variable (Español)	Definición (Español)
Spc Force	Specific force at cross section	Fuerza específica	Fuerza específica del flujo en la sección transversal
Spc Force PR	Specific force prime	Fuerza específica modificada	Fuerza específica asociada a régimen no controlador
Beta	Momentum weighting coefficient	Coefficiente beta	Coefficiente de ponderación del momento
Froude # Chl	Froude number for main channel	Número de Froude (canal)	Indicador del régimen de flujo en el canal principal
Froude # XS	Froude number for entire cross section	Número de Froude (sección)	Indicador del régimen de flujo en la sección completa
WS	Water surface elevation	Nivel de agua	Elevación de la lámina de agua
Energy WS	Water surface elevation used for energy method	Nivel de agua (energía)	Nivel de agua asociado al método de energía
EG Elev	Energy grade elevation	Línea de energía	Elevación de la línea de energía
Delta WS	Change in water surface	Variación del nivel de agua	Cambio en la elevación de la lámina de agua
Delta EG	Change in energy grade	Variación de energía	Cambio en la línea de energía
Headloss	Total energy loss	Pérdida de energía	Pérdida total de energía entre secciones
Crit Depth	Critical depth	Profundidad crítica	Profundidad asociada al régimen crítico
Q Channel	Flow in main channel	Caudal en canal principal	Caudal que circula por el canal principal
Q Left	Flow in left overbank	Caudal en planicie izquierda	Caudal en la planicie de inundación izquierda
Q Right	Flow in right overbank	Caudal en planicie derecha	Caudal en la planicie de inundación derecha
Q Total	Total flow in cross section	Caudal total	Suma de los caudales en canal y planicies
Q Perc Chan	Percent of flow in main channel	Porcentaje de caudal en canal	Porcentaje del caudal total en el canal principal
Q Perc L	Percent of flow in left overbank	Porcentaje de caudal en planicie izquierda	Porcentaje del caudal total en la planicie izquierda
Q Perc R	Percent of flow in right overbank	Porcentaje de caudal en planicie derecha	Porcentaje del caudal total en la planicie derecha
Vel Total	Average velocity in cross section	Velocidad media	Velocidad promedio del flujo
Vel Chnl	Average velocity in main channel	Velocidad en canal principal	Velocidad promedio en el canal principal
Vel Left	Average velocity of flow in left overbank	Velocidad en planicie izquierda	Velocidad media del flujo en la planicie de inundación izquierda
Vel Right	Average velocity of flow in right overbank	Velocidad en planicie derecha	Velocidad media del flujo en la planicie de inundación derecha
Flow Area	Total flow area	Área hidráulica	Área total de flujo
Top W Act Chan	Top width of the wetted channel, not including ineffective flow.	Ancho superficial activo del canal	Ancho de la lámina de agua en el canal principal excluyendo áreas de flujo inefectivo.
Top W Act Left	Top width of the wetted left bank, not including ineffective flow.	Ancho superficial activo de planicie izquierda	Ancho de la lámina de agua en la planicie izquierda excluyendo flujo inefectivo.
Top W Act Right	Top width of the wetted right bank, not including ineffective flow.	Ancho superficial activo de planicie derecha	Ancho de la lámina de agua en la planicie derecha excluyendo flujo inefectivo.
Top W Chnl	Top width of the main channel. Includes ineffective flow, excludes islands.	Ancho superficial del canal	Ancho de la lámina de agua en el canal principal incluyendo flujo inefectivo.
Top W Left	Top width of the left overbank. Includes ineffective flow, excludes islands.	Ancho superficial de planicie izquierda	Ancho de la lámina de agua en la planicie izquierda incluyendo flujo inefectivo.
Top W Right	Top width of the right overbank. Includes ineffective flow, excludes islands.	Ancho superficial de planicie derecha	Ancho de la lámina de agua en la planicie derecha incluyendo flujo inefectivo.
Top Width Act	Top width of the wetted cross section, not including ineffective flow.	Ancho superficial activo total	Ancho total de la lámina de agua excluyendo áreas de flujo inefectivo.
W.P. Total	Wetted perimeter of cross section	Perímetro mojado	Longitud del contorno en contacto con el flujo

Figura 111. Tabla con principales variables para el análisis de canales.

Se utilizará las variables, Q Total, Q Left, Q Right, Q Perc L, Q Perc R, Top Width, las áreas de inundación serán tomadas del Ras- Mapper como se hizo en los ítems anteriores. Para agregar la columna de la variable a la tabla basta con hacer doble clic sobre el nombre de la variable y se verá reflejado en la representación en la parte superior.

Como resultado el estudiante obtendrá una tabla para el río “Tuolumne” donde se analizará el tramo “Lower” para un perfil PF3 equivalente al caudal Q_{10%} para los escenarios planteados y las variables de salida seleccionados.

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m³/s)	Q Left (m³/s)	Q Right (m³/s)	Q Perc L	Q Perc R	Top Width (m)
Lower	4712	PF 3	N1_2-50%	1643.20	10.86	797.42	0.66	46.53	434.19
Lower	4712	PF 3	N1_2-25%	1643.20	9.34	731.58	0.57	44.52	436.53
Lower	4712	PF 3	N1_2-BAUSE	1643.20	5.66	409.69	0.34	24.93	433.66
Lower	4712	PF 3	N1_2+25%	1643.20	4.96	370.09	0.30	22.52	434.58
Lower	4712	PF 3	N1_2+50%	1643.20	4.43	335.70	0.27	20.43	435.12
Lower	4578	PF 3	N1_2-50%	1643.20	28.03	603.97	1.71	36.76	375.02
Lower	4578	PF 3	N1_2-25%	1643.20	22.03	558.64	1.34	34.00	379.73
Lower	4578	PF 3	N1_2-BAUSE	1643.20	13.40	278.15	0.82	16.93	375.10
Lower	4578	PF 3	N1_2+25%	1643.20	11.37	254.03	0.69	15.46	376.45
Lower	4578	PF 3	N1_2+50%	1643.20	9.93	232.31	0.60	14.14	377.55
Lower	4450	PF 3	N1_2-50%	1643.20	42.41	716.70	2.58	43.62	326.79
Lower	4450	PF 3	N1_2-25%	1643.20	34.89	610.83	2.12	37.17	330.02
Lower	4450	PF 3	N1_2-BAUSE	1643.20	22.23	374.71	1.35	22.80	326.96
Lower	4450	PF 3	N1_2+25%	1643.20	19.53	327.20	1.19	19.91	327.46
Lower	4450	PF 3	N1_2+50%	1643.20	16.93	296.37	1.03	17.67	328.75
Lower	4265	PF 3	N1_2-50%	1643.20	77.98	333.42	4.75	20.29	256.86
Lower	4265	PF 3	N1_2-25%	1643.20	68.55	263.38	4.17	16.03	271.13
Lower	4265	PF 3	N1_2-BAUSE	1643.20	35.56	149.12	2.16	9.01	268.12
Lower	4265	PF 3	N1_2+25%	1643.20	31.54	125.84	1.92	7.66	269.75
Lower	4265	PF 3	N1_2+50%	1643.20	28.26	109.41	1.72	6.66	270.84
Lower	4175	PF 3	N1_2-50%	1643.20	263.43	31.09	16.93	1.89	696.73
Lower	4175	PF 3	N1_2-25%	1643.20	271.21	25.89	16.50	1.58	723.18
Lower	4175	PF 3	N1_2-BAUSE	1643.20	122.69	13.50	7.47	0.82	709.78
Lower	4175	PF 3	N1_2+25%	1643.20	118.04	11.89	7.18	0.72	716.39
Lower	4175	PF 3	N1_2+50%	1643.20	111.10	10.63	6.76	0.65	722.82

Figura 112. Tabla editada con los parámetros solicitados y las variables de interés.



Para obtener las áreas de inundación es necesario ingresar a los resultados espaciales que entrega Ras-Mapper en su ventana de capas de resultados, el proceso ya se ha documentado a lo largo de la segunda guía y en los ítems anteriores de esta guía por lo cual solo se presentará una imagen con los resultados de forma gráfica y por último los valores correspondientes a las áreas de inundación relacionadas a cada escenario.

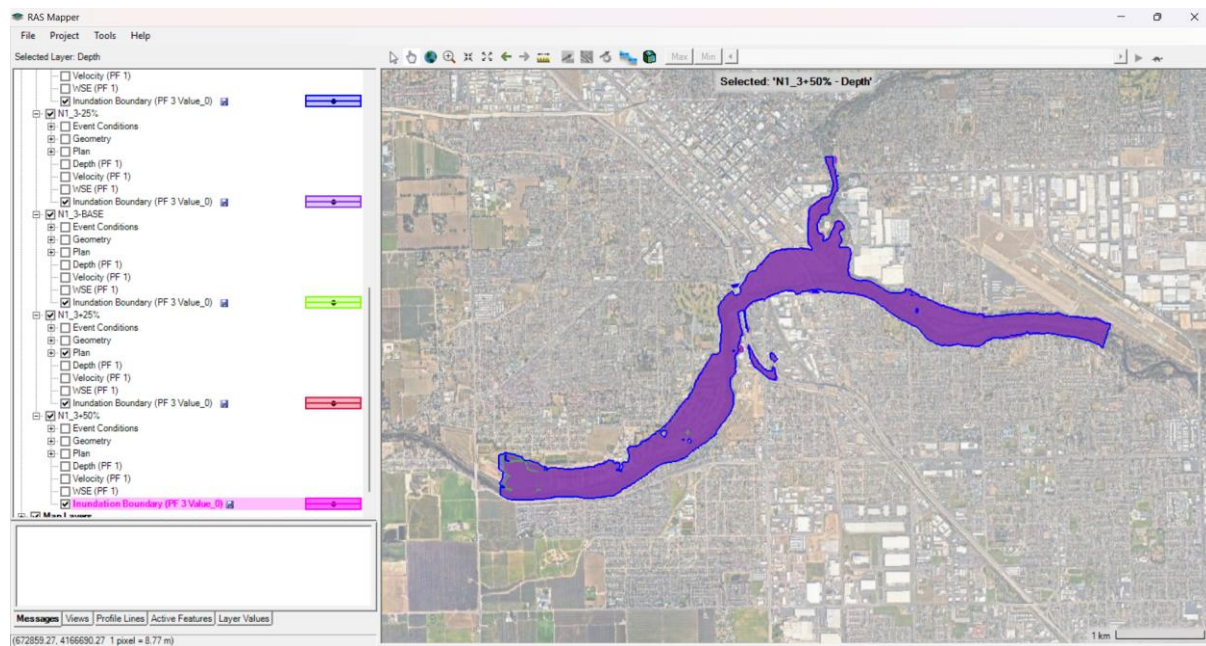


Figura 113. Áreas de inundación, representación gráfica de los escenarios propuestos.

Nota: Como se evidencia en la Figura 71 la variación entre las áreas de inundación es mínima tal y como se representa gráficamente, lo que determina que los cambios de coeficiente de rugosidad en las banquetas de inundación no influyen en gran medida en el aumento o disminución de la superficie afectada por inundaciones, este tipo de análisis es el que se espera por parte de los estudiantes e identificar las herramientas que pueden facilitar su comprensión garantizan un proceso de aprendizaje integral.

A continuación, se determinará las áreas de inundación con la ayuda del Ras-Mapper debe considerar las unidades de los datos de salida y que la unidad de área superficial está en metros cuadrados por lo cual la conversión correspondiente es un proceso importante para dar respuestas según las unidades requeridas.



Depth - Layer Properties

Visualization and Information Features Source Files

FID	Count	Length	Area	RangeMin	RangeMax	Name
0	12572	25559.4992825	2896214.2502	0	Max	{0, Max}

Showing 0/1 Column Groups

Figura 114. Área de inundación para el escenario n#1-n#3 - 50%.

Depth - Layer Properties

Visualization and Information Features Source Files

FID	Count	Length	Area	RangeMin	RangeMax	Name
0	12737	25876.7169456	2953571.17139	0	Max	{0, Max}

Figura 115. Área de inundación para el escenario n#1-n#3 - 25%.

Depth - Layer Properties

Visualization and Information Features Source Files

FID	Count	Length	Area	RangeMin	RangeMax	Name
0	13122	26521.3890897	2875268.97053	0	Max	{0, Max}

Figura 116. Área de inundación para el escenario n#1-n#3 - Base

Depth - Layer Properties

Visualization and Information Features Source Files

FID	Count	Length	Area	RangeMin	RangeMax	Name
0	13089	26521.130205	2895890.94513	0	Max	{0, Max}

Figura 117. Área de inundación para el escenario n#1-n#3 + 25%.

Depth - Layer Properties

Visualization and Information Features Source Files

FID	Count	Length	Area	RangeMin	RangeMax	Name
0	13156	26722.6731327	2911335.2495	0	Max	{0, Max}

Figura 118. Área de inundación para el escenario n#1-n#3 + 50%.

Los datos se exportan a Excel para su posterior análisis y procesamiento para obtener los resultados requeridos por el entregable.



Se realizarán los cálculos para dos estaciones en específico y así evidenciar que se puede obtener los datos del porcentaje de flujo en las bancas de inundación con la ayuda de la ecuación o simplemente sumando los términos $Q_{Perc R}$ y $Q_{Perc L}$.

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m ³ /s)	Q Left (m ³ /s)	Q Right (m ³ /s)	Q Perc L	Q Perc R	Top Width (m)	Plan	Ecuacion $Qfp\% = (Q_{left} + Q_{right} / Q_{total}) * 100$	Datos de salida Hec-Ras $Qfp\% = Q_{Perc L} + Q_{Perc R}$
Lower	5153	PF 3	N1_3-50%	1643.2	159.12	634.21	9.68	38.6	547.29	N1_3-50%	48%	48%
Lower	5153	PF 3	N1_3-25%	1643.2	139.63	577.06	8.5	35.12	551.17	N1_3-25%	44%	44%
Lower	5153	PF 3	N1_3-BASE	1643.2	87.22	352.55	5.31	21.46	548.66	N1_3-BASE	27%	27%
Lower	5153	PF 3	N1_3+25%	1643.2	77.76	318.37	4.73	19.38	550.04	N1_3+25%	24%	24%
Lower	5153	PF 3	N1_3+50%	1643.2	70.17	289.76	4.27	17.63	551.07	N1_3+50%	22%	22%
Lower	4940	PF 3	N1_3-50%	1643.2	57.46	715.22	3.5	43.53	512.17	N1_3-50%	47%	47%
Lower	4940	PF 3	N1_3-25%	1643.2	49.34	643.25	3	39.15	515.19	N1_3-25%	42%	42%
Lower	4940	PF 3	N1_3-BASE	1643.2	30.99	392.16	1.89	23.87	513.12	N1_3-BASE	26%	26%
Lower	4940	PF 3	N1_3+25%	1643.2	27.35	352.16	1.66	21.43	514.28	N1_3+25%	23%	23%
Lower	4940	PF 3	N1_3+50%	1643.2	24.5	319.19	1.49	19.42	515.12	N1_3+50%	21%	21%

Figura 119. Cálculos de verificación para obtener el porcentaje de caudal de las bancas de inundación por dos métodos uno con ecuación y otro directo.

Como se evidencia en la figura 77 se pueden obtener los resultados del porcentaje de caudal para las bancas de inundación de dos formas diferentes con resultados iguales, queda a criterio del estudiante cual usar, cabe aclarar que lo importante del ejercicio es introducir el concepto de manipulación de tablas para obtener datos de salida más explícitos y que pueden facilitar la interpretación directa.

Para obtener los resultados requeridos el estudiante deberá hacer uso de su destreza en el procesamiento de datos en Excel y así determinar los promedios para los valores requeridos para el análisis.

Plan	Ecuacion Qfp%	Top Width	Plan	Ecuacion Qfp%	Top Width	Plan	Ecuacion Qfp%	Top Width	Plan	Ecuacion Qfp%	Top Width	Plan	Ecuacion Qfp%	Top Width
N1_3-50%	48%	547.29	N1_3-25%	44%	551.17	N1_3-BASE	27%	548.66	N1_3+25%	24%	550.04	N1_3+50%	22%	551.07
N1_3-50%	47%	512.17	N1_3-25%	42%	515.19	N1_3-BASE	26%	513.12	N1_3+25%	23%	514.28	N1_3+50%	21%	515.12
N1_3-50%	49%	434.19	N1_3-25%	45%	436.53	N1_3-BASE	25%	433.86	N1_3+25%	23%	434.58	N1_3+50%	21%	435.12
N1_3-50%	38%	375.02	N1_3-25%	35%	379.73	N1_3-BASE	18%	373.1	N1_3+25%	16%	376.45	N1_3+50%	15%	377.55
N1_3-50%	46%	326.79	N1_3-25%	39%	330.02	N1_3-BASE	24%	326.96	N1_3+25%	21%	327.46	N1_3+50%	19%	328.75
N1_3-50%	25%	266.86	N1_3-25%	20%	271.13	N1_3-BASE	11%	268.12	N1_3+25%	10%	269.75	N1_3+50%	8%	270.84
N1_3-50%	18%	696.73	N1_3-25%	18%	723.18	N1_3-BASE	8%	709.78	N1_3+25%	8%	718.28	N1_3+50%	7%	722.82
N1_3-50%	39%	509.24	N1_3-25%	33%	598.85	N1_3-BASE	20%	512.29	N1_3+25%	16%	590.9	N1_3+50%	15%	596.09
N1_3-50%	53%	421.84	N1_3-25%	45%	443.23	N1_3-BASE	29%	424.08	N1_3+25%	26%	428.46	N1_3+50%	23%	434.82
N1_3-50%	43%	269.71	N1_3-25%	36%	273.4	N1_3-BASE	22%	269.97	N1_3+25%	19%	271.21	N1_3+50%	16%	272.16
N1_3-50%	32%	412.36	N1_3-25%	27%	417	N1_3-BASE	15%	412.96	N1_3+25%	13%	414.57	N1_3+50%	12%	415.96
N1_3-50%	45%	490.66	N1_3-25%	40%	492.17	N1_3-BASE	23%	490.64	N1_3+25%	20%	491.11	N1_3+50%	18%	491.49
N1_3-50%	50%	483.62	N1_3-25%	44%	485.79	N1_3-BASE	26%	483.09	N1_3+25%	23%	483.74	N1_3+50%	20%	484.21
N1_3-50%	45%	397.75	N1_3-25%	39%	400.6	N1_3-BASE	22%	396.92	N1_3+25%	19%	397.67	N1_3+50%	17%	398.2
N1_3-50%	53%	350.75	N1_3-25%	45%	354.66	N1_3-BASE	28%	349.27	N1_3+25%	24%	350.12	N1_3+50%	21%	350.77
N1_3-50%	42%	380.63	N1_3-25%	35%	382.76	N1_3-BASE	20%	379.41	N1_3+25%	17%	380	N1_3+50%	15%	380.43
N1_3-50%	44%	331.58	N1_3-25%	36%	332.81	N1_3-BASE	20%	329.67	N1_3+25%	17%	329.87	N1_3+50%	15%	330
N1_3-50%	42%	430.95	N1_3-25%	34%	437.14	N1_3-BASE	16%	405.56	N1_3+25%	14%	404.37	N1_3+50%	11%	403.16
N1_3-50%	37%	518.71	N1_3-25%	29%	522.55	N1_3-BASE	11%	490.75	N1_3+25%	9%	490.12	N1_3+50%	7%	489.64
N1_3-50%	2%	244.07	N1_3-25%	2%	246.45	N1_3-BASE	0%	83.66	N1_3+25%	0%	83.66	N1_3+50%	0%	83.66
PROMEDIO	40%	420.05	PROMEDIO	34%	429.72	PROMEDIO	20%	410.09	PROMEDIO	17%	415.33	PROMEDIO	15%	416.59

Figura 120. Tabla de valores promedios para las variables de interés.

Escenario	T _{total} (m)	Q _{fp} /Q (%)	Área inund (km ²)	% cambio área
n#1 & n#3 - 1	420.05	40%	2.896	0.7%



Escenario	T _{total} (m)	Q _{fp} /Q (%)	Área inund (km ²)	% cambio área
n#1 & n#3 - 2	429.72	34%	2.954	2.7%
n#1 & n#3 (base)	410.09	20%	2.875	0
n#1 & n#3 -4	415.33	17%	2.896	0.7%
n#1 & n#3 -5	416.59	15%	2.911	1.25%

Figura 121. Tabla de resultados promedios y comparativos.

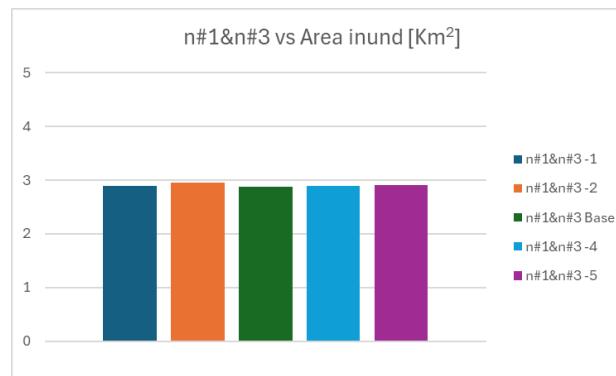


Figura 122. Tabla de sensibilidad del área de inundación a cambios de coeficiente de Manning en las banquetas de inundación

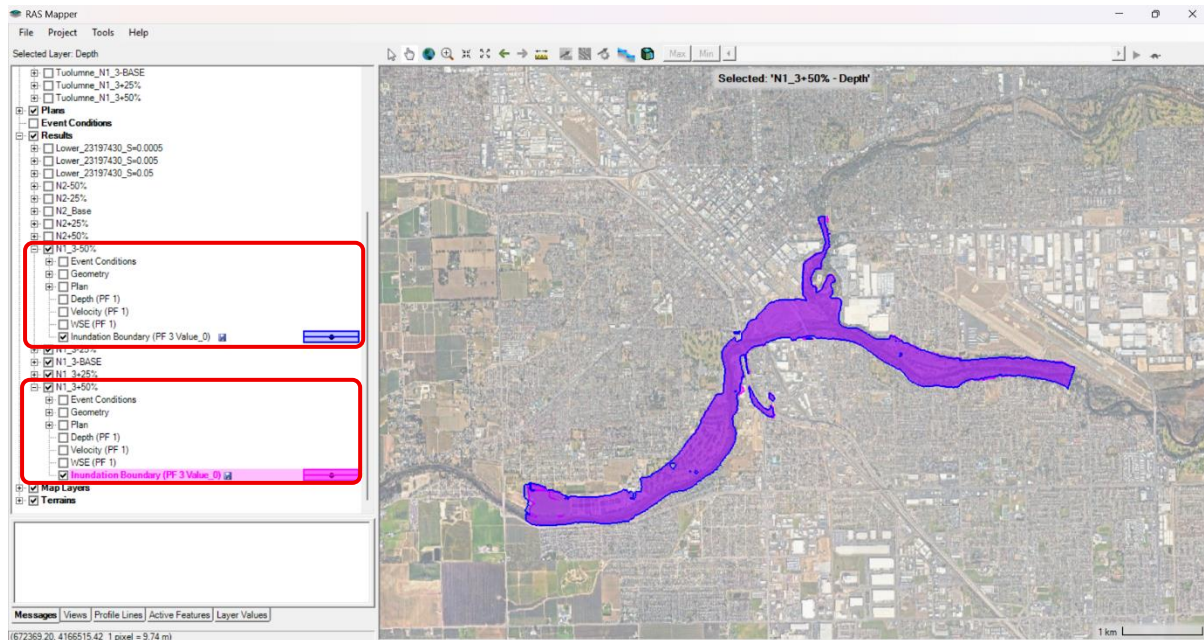


Figura 123. Imagen comparativa de las áreas de inundación n#1-n#3-50% vs n#1-n#3+50%.



Como se había identificado con anterioridad la influencia del cambio de coeficiente de rugosidad en las bancas de inundación no influyen en grandes cambios en el área de inundación, pero con respecto a la redistribución de caudal se puede observar un efecto significativo, esto nos permite decir que el área de inundación se ve estrictamente controlada en este caso por la geometría del canal, mientras que la rugosidad influye en redistribución interna del flujo.

PARTE D: ANÁLISIS INTEGRADO Y CONCLUSIONES

D.1 Síntesis de Resultados

Parámetro variado	Rango de variación	Variable respuesta	Sensibilidad (%)	Ranking
Pendiente frontera	0.0005 - 0.05	Área inundación	4%	3
n canal (n#2)	-50% a +50%	Profundidad canal	11%	2
n canal (n#2)	-50% a +50%	Velocidad canal	53%	1
n planicies (n#1,3)	-50% a +50%	Área inundación	0.5%	4

Ranking: Ordenen de 1 (más sensible) a 4 (menos sensible)

Análisis de incertidumbre:

- Identifiquen cuál parámetro genera mayor variabilidad en los resultados
- Calculen sensibilidad normalizada: $S = (\Delta y / y_{base}) / (\Delta n / n_{base})$

AREA DE INUNDACION	
CF ₁	1849331.43
CF ₂	1308439.28
CF ₃	1307943.63

$$S_{\text{Area de inundacion}} = \frac{1849331.43 - 1307943.63 / 1308439.28}{0.05 - 0.0005 / 0.005} = 0.04$$

Figura 124. Cálculos de sensibilidad normalizada para Areas de inundación.

Escenario	Factor n#2	Valor típico (n#2_base=0.032)
n#2 - 1	-50%	0.016
n#2 - 2	-25%	0.024
n#2 - 3	0% (base)	0.032
n#2 - 4	+25%	0.040
n#2 - 5	+50%	0.048

$$S_{WS \text{ Elev}} = \frac{17.13 - 15.26 / 16.49}{0.048 - 0.016 / 0.032} = 0.11$$

Manning Chnl	Promedios		Áreas de inundación
	WS Elev	Vel Chnl	[Km ²]
N2-50%	15.261	2.403	0.855
N2-25%	15.8285	2.0825	1.017
N2-Base	16.495	1.7475	1.308
N2+25%	16.7565	1.6315	1.483
N2+50%	17.1265	1.472	1.915

$$S_{Vel \text{ Chnl}} = \frac{2.403 - 1.472 / 1.75}{0.048 - 0.016 / 0.032} = 0.53$$

Figura 125. Cálculos de sensibilidad normalizada para WS y Vel Chnl.



Escenario	Factor n#1, n#3	Valor típico (si n_base=0.050)
n#1 & n#3 -1	-50%	0.025
n#1 & n#3 -2	-25%	0.0375
n#1 & n#3 -3	0% (base)	0.050
n#1 & n#3 -4	+25%	0.0625
n#1 & n#3 -5	+50%	0.075

Escenario	T_total (m)	Q_fp/Q (%)	Área inund (km²)	% cambio área
n#1 & n#3 - 1	420.05	40%	2.896	0.7%
n#1 & n#3 - 2	429.72	34%	2.954	2.7%
n#1 & n#3 (base)	410.09	20%	2.875	0
n#1 & n#3 -4	415.33	17%	2.896	0.7%
n#1 & n#3 -5	416.59	15%	2.911	1.25%

$$S_{\text{Área de inundación}} = \frac{2.911 - 2.896 / 2.875}{0.075 - 0.025 / 0.05} = 0.005$$

Figura 126. Cálculos de sensibilidad normalizada para Áreas de inundación

D.2 Conclusiones Técnicas

Este ítem hace parte del trabajo de interpretación de resultados que debe realizar el estudiante por lo cual su solución es exclusiva por parte de cada grupo y sus escenarios, esta guía se limita al desarrollo de los ítems relacionados con el modelado y su proceso guiado dentro del software Hec-Ras.