

HydroBID Flood

Modelo Bidimensional de Inundaciones y
Dinámica de Ríos

Tutoriales

Junio, 2019

Hydronia LLC

El modelo RiverFlow2D[®] y su documentación han sido producidos por Hydronia, LLC, Pembroke Pines, FL. USA.
La interfaz de usuario de HydroBID Flood basada en QGIS es propiedad del Banco Interamericano de Desarrollo.
La información contenida en este documento está sujeta a cambios sin previo aviso y no representa un compromiso por parte de Hydronia, LCC. El software descrito en este documento se proporciona bajo un acuerdo de licencia.
RiverFlow2D[®], y OilFlow2D[®] son propiedad de Hydronia, LLC. 2011-2019.
OilFlow2D[™] es una marca registrada de Hydronia, LLC.
SMS[™] es una marca registrada de Aquaveo, LLC.
Todos los demás productos o nombres de servicios mencionados en este documento son marcas comerciales de sus respectivos propietarios.
Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse, almacenarse en un sistema de recuperación de datos o transmitirse en cualquier forma o por cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopia, grabación o de otro modo, sin el permiso previo por escrito de Hydronia, LLC.
Última fecha de modificación del documento: Junio, 2019.
Soporte técnico: support@hydronia.com
Página web: www.hydronia.com

Contenido

Lista de Figuras	iv
1 Introducción	1
2 Crear el primer proyecto de HydroBID Flood	2
2.1 Crear un nuevo proyecto	2
2.2 Exportar los archivos al HydroBID Flood	22
3 Simulación de Puentes	26
3.1 Crear un archivo de geometría de puente	26
3.2 Abrir un proyecto existente	29
3.3 Ingresar la polilínea del puente en la capa predeterminada	30
3.4 Generar la malla	33
3.5 Exportar los archivos a HydroBID Flood	34
3.6 Correr el Modelo	35
4 Simulación de Alcantarillas	38
4.1 Abrir un proyecto existente	39
4.2 Agregar la capa de Alcantarillas (<i>Culverts</i>) y dibujar la Alcantarilla	40
4.3 Generar la malla	43
4.4 Exportar los archivos	44
4.5 Correr el Modelo	45
4.6 Revisar los archivos de salida de la Alcantarilla	47
5 Simulación de Diques	49
5.1 Abrir un proyecto existente	50
5.2 Agregar la capa de diques y dibujar el dique	50
5.3 Generar la malla	54
5.4 Exportar los archivos a HydroBID Flood	55
5.5 Correr el Modelo	56
5.6 Revisar los archivos de salida del dique	58
6 Simulaciones hidrológicas	60
6.1 Crear el archivo de datos de series de tiempo de precipitación y evaporación	60
6.2 Crear el archivo de datos de los parámetros de infiltración	62
6.3 Abrir un proyecto existente	62
6.4 Agregar la capa del componente RainEvap y los polígonos de lluvia/evaporación	63
6.5 Agregarla capa del componente Infiltración y los polígonos de Infiltración	65
6.6 Generar la malla	68
6.7 Exportar los archivos al HydroBID Flood	69
6.8 Correr el Modelo	70

6.9	Revisar los archivos de salida	72
7	Configuración de las elevaciones iniciales de la superficie del agua	74
7.1	Abrir un proyecto existente	74
7.2	Agregar la capa del componente InitialWSE y los polígonos de Profundidad inicial del agua	75
7.3	Generar la malla	78
7.4	Exportar los archivos al HydroBID Flood	79
7.5	Correr el Modelo	80
7.6	Revisar los archivos de salida	82
8	Uso de shapefiles de n de Manning	84
8.1	Abrir un proyecto existente	84
8.2	Cargar el archivo SHAPE con los polígonos <i>n</i> de Manning	85
8.3	Importar la geometría y valores de <i>n</i> de Manning a la capa <i>Manning N</i>	86
9	Simulación de transporte de sedimentos con áreas de erosión del fondo limitadas	91
9.1	Abrir un proyecto existente	91
9.2	Crear la capa <i>MaximumErosionDepth</i> y dibujar el polígono que definen el área de erosión limitada	92
9.3	Generar la malla	95
9.4	Exportar los archivos a HydroBID Flood	96
9.5	Correr el Modelo	96
9.6	Revisar los archivos de salida	98
10	Simulación de inundación por rotura de presas	100
10.1	Abrir un proyecto existente	101
10.2	Crear la capa <i>DamBreach</i> y dibujar la línea que define el eje transversal de la presa	101
10.3	Generar la malla	105
10.4	Exportar los archivos a HydroBID Flood	106
10.5	Correr el Modelo	107
10.6	Revisar los archivos de salida	109
11	Cálculos post-procesamiento	111
11.1	Abrir un proyecto existente	111
11.2	Crear las capas Puntos de Observación, Secciones Transversales y Perfiles y dibujar los controles de salida	112
11.3	Generar la malla	119
11.4	Correr el Modelo	121
11.5	Revisar los archivos de salida	123
12	Digitalización avanzada/Autoensamblado	127
12.1	Abrir un proyecto existente	128
12.2	Activar la herramienta de Autoensamblado	129
12.3	Configurar la herramienta de Autoensamblado	130
12.4	Dibujar los polígonos contiguos o adyacentes usando la herramienta de Autoensamblado	131
12.5	Eliminar un polígono	138

Lista de Figuras

2.1	Archivo con datos necesarios para el ejemplo.	2
2.2	Archivo con datos de los puntos de elevación del terreno.	3
2.3	Interfaz gráfica de QGIS.	3
2.4	Ventana de diálogo del complemento Nuevo Proyecto HydroBID Flood.	4
2.5	Capas creadas para el proyecto.	4
2.6	Ventana para crear una capa a partir de datos delimitados en un archivo de texto.	5
2.7	Como hacer un acercamiento a una capa.	6
2.8	Capa de puntos creadas a partir de datos delimitados.	6
2.9	Llamando al complemento de interpolación de QGIS.	7
2.10	Ventana del complemento de interpolación.	7
2.11	Modelo digital de elevación en formato ráster creado mediante interpolación.	8
2.12	Ventana donde cambiar el estilo visualización de una capa ráster.	9
2.13	Modelo digital de elevación con visualización en colores.	10
2.14	Menú de botones de las herramientas de digitalización.	10
2.15	Delimitación de la capa <i>Domain Outline</i>	11
2.16	Introducción del tamaño de las celdas o elementos en la capa <i>Domain Outline</i>	12
2.17	Capa <i>Domain Outline</i>	13
2.18	Malla generada.	14
2.19	Panel de mensajes del registro con los mensajes de programa de generación de mallas (GMSH).	14
2.20	Polilínea para aumentar la densidad de los elementos en el centro del canal.	16
2.21	Malla con mayor densidad en el centro del canal.	17
2.22	Polígono que engloba a los nodos con la condición de contorno aguas arriba.	18
2.23	Introducción de atributos para la capa el polígono que define la condición de contorno aguas arriba.	19
2.24	Polígono que engloba a los nodos con la condición de contorno aguas abajo.	19
2.25	Introducción de atributos para la capa el polígono que define la condición de contorno aguas abajo.	20
2.26	Polígono que define las condiciones de contorno.	21
2.27	Editando la capa <i>Manning N</i>	22
2.28	Introducción de atributos para la capa <i>Manning N</i>	22
2.29	Ventana de diálogo del complemento Exportar a HydroBID Flood con los datos del ejemplo.	23
2.30	Ventana de proyecto de QGIS al finalizar de exportar los archivos.	24
2.31	Ventana con los parámetros de entrada del HydroBID Flood.	24
2.32	Visualización de la gráfica generada por HydroBID Flood.	25
3.1	Geometrías de puentes.	27
3.2	Vista frontal del puente.	27
3.3	Datos de la geometría del puente.	28

3.4	Panel de puentes en Hydronia Data Input Program.	29
3.5	Pantalla de proyecto cargado en QGIS.	30
3.6	Ventana del complemento para agregar nuevas capas.	31
3.7	Lineamiento del puente.	32
3.8	Ventana de diálogo de atributos de la capa <i>Bridges</i>	32
3.9	Ventana de diálogo de atributos de la capa <i>Bridges</i>	33
3.10	Ventana de diálogo de atributos de la capa <i>Bridges</i>	34
3.11	Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.	35
3.12	Panel de datos del componente Puentes (<i>Bridges</i>).	35
3.13	Gráficos de salida de HydroBID Flood.	36
3.14	Archivo .BRIDGEH con el hidrograma de cada puente.	37
4.1	Esquema de la alcantarilla.	38
4.2	Ejemplo del tutorial cargado en QGIS.	40
4.3	Complemento para agregar una nueva capa.	41
4.4	Alineamiento de la alcantarilla.	42
4.5	Ventana para introducir los parámetros de la Alcantarilla.	43
4.6	La malla generada.	44
4.7	Ventana del complemento para exportar los archivos.	45
4.8	Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.	45
4.9	Panel de datos del componente de Alcantarillas (<i>Culverts</i>).	46
4.10	Gráficos de salida de HydroBID Flood.	47
4.11	Archivo de salida de la alcantarilla Culv1.	48
5.1	Trazado del dique a modelar.	49
5.2	Ejemplo del tutorial cargado en QGIS.	50
5.3	Archivo de texto con la información del alineamiento del dique.	51
5.4	Complemento para agregar una nueva capa.	52
5.5	Ventana para introducir los parámetros del dique.	53
5.6	Ventana para los datos de la geometría del dique.	53
5.7	Alineamiento del dique cargado desde el archivo.	54
5.8	La malla generada.	55
5.9	Ventana del complemento para exportar los archivos a HydroBID Flood.	56
5.10	Panel de entrada de datos del Hydronia Data Input Program.	56
5.11	Panel de datos del componente <i>Vertederos</i>	57
5.12	Gráficos de salida del HydroBID Flood.	58
5.13	Extracto del archivo de salida de la Dique1.	59
6.1	Serie de tiempo de intensidad de lluvia.	61
6.2	Ejemplo del tutorial cargado en QGIS.	63
6.3	Complemento para agregar una nueva capa.	64
6.4	Polígono con la distribución espacial de los datos de Lluvia/evaporación.	65
6.5	Complemento para agregar una nueva capa.	66
6.6	Zonas de infiltración de la cuenca.	67
6.7	Polígono de la zona de infiltración2 de la cuenca.	67
6.8	Ventana para introducir los parámetros del polígono de infiltración2.	68
6.9	Polígonos de la zonas de infiltración de la cuenca.	68
6.10	Ventana para introducir los parámetros del polígono de infiltración1.	68
6.11	La malla generada.	69
6.12	Ventana del complemento para exportar los archivos a HydroBID Flood.	70
6.13	Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.	70

6.14	Panel de datos del componente Lluvia/Evaporación (<i>Rainfall/Evaporation</i>).	71
6.15	Panel de datos del componente Infiltración (<i>Infiltration</i>).	71
6.16	Gráficos de salida del HydroBID Flood.	72
6.17	Hidrograma de salida.	73
7.1	Ventana el proyecto del tutorial cargado.	75
7.2	Complemento para agregar una nueva capa.	76
7.3	Polígono del área con elevación inicial del agua.	77
7.4	Ventana para introducir los parámetros del polígono de InitialWSE.	78
7.5	La malla generada.	79
7.6	Ventana del complemento para exportar los archivos a HydroBID Flood.	80
7.7	Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.	81
7.8	Gráficos de salida del HydroBID Flood.	82
7.9	Mapas de la elevación del agua para el tiempo inicial y al final de la corrida.	83
8.1	Pantalla de proyecto cargado en QGIS.	85
8.2	Ventana para buscar y abrir el archivo SHAPE.	86
8.3	Capa SaltRiver_ManningsN.	86
8.4	Tabla de atributos de la capa SaltRiver_ManningsN.	87
8.5	Propiedades de los campos de la capa SaltRiver_ManningsN.	88
8.6	Propiedades de los campos de la capa SaltRiver_ManningsN editada.	88
8.7	Tabla de atributos de la capa <i>Manning N</i>	90
9.1	Pantalla de proyecto cargado en QGIS.	92
9.2	Complemento para agregar una nueva capa.	93
9.3	Polígono del área con erosión limitada.	94
9.4	Ventana para introducir los parámetros del polígono de <i>MaximumErosionDepth</i>	94
9.5	La malla generada.	95
9.6	Ventana del complemento para exportar los archivos a HydroBID Flood.	96
9.7	Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.	97
9.8	Módulo de Transporte de Sedimentos ST del HydroBID Flood.	97
9.9	Gráficos de salida de HydroBID Flood.	98
9.10	Mapas de diferencia de elevación del lecho del río entre el tiempo inicial y al final de la corrida.	99
10.1	Dimensiones finales de la rotura de presa a modelar. Vista desde aguas abajo.	100
10.2	Pantalla de proyecto cargado en QGIS.	101
10.3	Complemento para agregar una nueva capa.	102
10.4	Trazado del eje de la presa.	103
10.5	Ventana para introducir los parámetros de la rotura de presa.	104
10.6	Evolución temporal de la rotura de presa.	104
10.7	Trazado del eje de la presa.	105
10.8	La malla generada.	106
10.9	Ventana del complemento para exportar los archivos a HydroBID Flood.	107
10.10	Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.	107
10.11	Componente de rotura de presas.	108
10.12	Gráficos de salida del HydroBID Flood.	109
10.13	Extracto del archivo DamBreach.DAMBREACHH	110
11.1	Pantalla de proyecto cargado en QGIS.	112
11.2	Complemento para agregar las nuevas capas.	113
11.3	Ventanas de atributos para las tres secciones transversales.	114

11.4	Secciones transversales incorporadas al modelo.	115
11.5	Ventana de atributo para el perfil.	116
11.6	Perfil (línea verde) incorporado al modelo.	117
11.7	Ventanas de atributos para los dos puntos de observación.	118
11.8	Puntos de observación incorporados al modelo.	119
11.9	La malla generada.	120
11.10	Ventana del complemento para exportar los archivos a HydroBID Flood.	121
11.11	Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.	122
11.12	Gráficos de salida del HydroBID Flood.	123
11.13	Archivo OutControl.XSECE.	124
11.14	Archivo OutControl.PRFE.	125
11.15	Archivo RESvsT_0008056.0UTE.	126
12.1	Áreas con solapamiento y espacios vacíos en digitalización manual de polígonos adyacentes.	127
12.2	Project screen loaded in QGIS.	128
12.3	Ventana de Opciones del QGIS.	129
12.4	Pantalla con panel de autoensamblado.	130
12.5	Panel de configuración del autoensamblado.	130
12.6	Trazado del primer polígono.	132
12.7	Trazado del segundo polígono.	132
12.8	Trazado final del segundo polígono.	133
12.9	Trazado preliminar del tercer polígono.	133
12.10	Trazado final del tercer polígono.	134
12.11	Trazado preliminar del cuarto polígono.	135
12.12	Trazado final del cuarto polígono.	135
12.13	Trazado preliminar del quinto polígono.	136
12.14	Trazado final del quinto polígono.	137
12.15	Trazado final de la capa Manning N.	137
12.16	Polígono a eliminar seleccionado.	138
12.17	Capa Manning Ncon el polígono eliminado.	139

1 | Introducción

Este documento incluye material instructivo y tutoriales para facilitar la aplicación del modelo HydroBID Flood.

HydroBID Flood es un modelo combinado hidrológico e hidrodinámico, de lecho móvil para ríos, estuarios, áreas costeras y llanuras de inundación. Puede simular flujos e inundaciones en terrenos complejos a alta resolución y con notable estabilidad, precisión y notable velocidad. El uso de mallas de celdas triangulares adaptativas permite que el campo de flujo se resuelva en torno a las características clave en entornos fluviales difíciles.

La interfaz de usuario de HydroBID Flood se basa en QGIS, un potente software para el análisis de sistemas de información geográfica de distribución libre. Este sistema de software integrado proporciona funciones interactivas para generar y refinar la malla flexible de volumen infinito, y utiliza las herramientas SIG para construir una representación de alto nivel del modelo. QGIS facilita la asignación de condiciones de contorno, valores de rugosidad y otros parámetros, lo que permite al usuario administrar eficientemente todo el proceso de modelado. QGIS también ofrece un conjunto de herramientas de visualización para la representación de los resultados generados por el modelo.

El motor de cálculo de HydroBID Flood es el modelo RiverFlow2D ¹, el cual utiliza un método de solución de volúmenes finitos preciso, rápido y estable que elimina las dificultades de límite y de arranque en caliente de algunos modelos bidimensionales de malla flexible. RiverFlow2D provee a HydroBID Flood la capacidad para manejar estructuras hidráulicas como alcantarillas, presas, puentes y compuertas. Las capacidades hidrológicas incluyen lluvia distribuida espacialmente, evaporación y filtración.

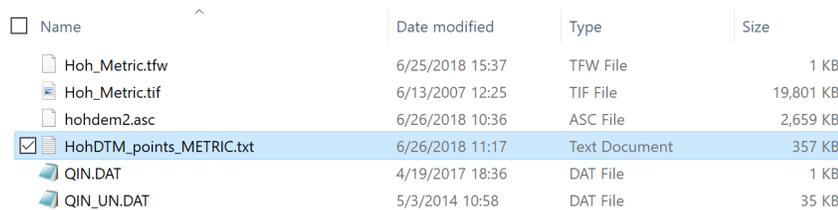
¹RiverFlow2D es copyright de Hydronia, LLC. 2011-2019.

2 | Crear el primer proyecto de HydroBID Flood

Esta sección proporciona una guía paso a paso para ayudarle a comenzar con un proyecto de HydroBID Flood usando la interfaz de QGIS. Este procedimiento incluirá instrucciones para ingresar los datos de elevación del terreno, crear la malla, preparar las capas con la información de entrada y ejecutar HydroBID Flood. Como ejemplo, se utiliza una simulación de río con datos de elevación de lecho disponibles. Las condiciones de contorno incluyen un hidrograma para el caudal de entrada y flujo uniforme para el flujo de salida.

2.1 Crear un nuevo proyecto

Se recomienda antes de iniciar el proyecto con QGIS, tener una carpeta preparada con la información necesaria como son los archivos con las condiciones de contorno, el archivo con los datos de elevación ya sea en formato ASCII o en formato ráster. En esta sección se usará los datos del ejemplo contemplado en la documentación del HydroBID Flood, el proyecto Hoh (métrico), la carpeta contiene archivos con las condiciones de entrada y salida y datos de puntos de elevación del lecho del río, etc.



<input type="checkbox"/>	Name	Date modified	Type	Size
<input type="checkbox"/>	Hoh_Metric.tfw	6/25/2018 15:37	TFW File	1 KB
<input type="checkbox"/>	Hoh_Metric.tif	6/13/2007 12:25	TIF File	19,801 KB
<input type="checkbox"/>	hohdem2.asc	6/26/2018 10:36	ASC File	2,659 KB
<input checked="" type="checkbox"/>	HohDTM_points_METRIC.txt	6/26/2018 11:17	Text Document	357 KB
<input type="checkbox"/>	QIN.DAT	4/19/2017 18:36	DAT File	1 KB
<input type="checkbox"/>	QIN_UN.DAT	5/3/2014 10:58	DAT File	35 KB

Figura 2.1 – Archivo con datos necesarios para el ejemplo.

Al archivo `.tif` es una imagen aérea de la zona, el archivo de texto `HohDTM_points_*.txt` (ver Figura 2.2) contiene los puntos de elevación del fondo X, Y, Z, separados por coma. `Hohdem2.asc` es un archivo en formato ASCII Grid con las elevaciones interpoladas. `QIN.DAT` y `QIN_UN.DAT` son hidrogramas con datos de caudal que pueden ser impuestos en la entrada aguas arriba. En la imagen abajo se muestra un extracto del archivo de elevaciones X, Y, Z:

2.1.1 Iniciar QGIS

Como primer paso, iniciamos el software QGIS, tendremos en pantalla una imagen similar a la de abajo:

- 1: Barra de menú
- 2: Barra de herramientas de QGIS

```
x, y, z
243364.4297,93288.26758,48.768
243382.2178,93336.55399,49.3776
243384.1564,93243.08402,48.768
243386.3692,93291.82764,49.0728
243388.0944,94363.76962,49.725072
243393.6326,94368.40867,49.228248
243398.7532,94371.9413,49.066704
```

Figura 2.2 – Archivo con datos de los puntos de elevación del terreno.

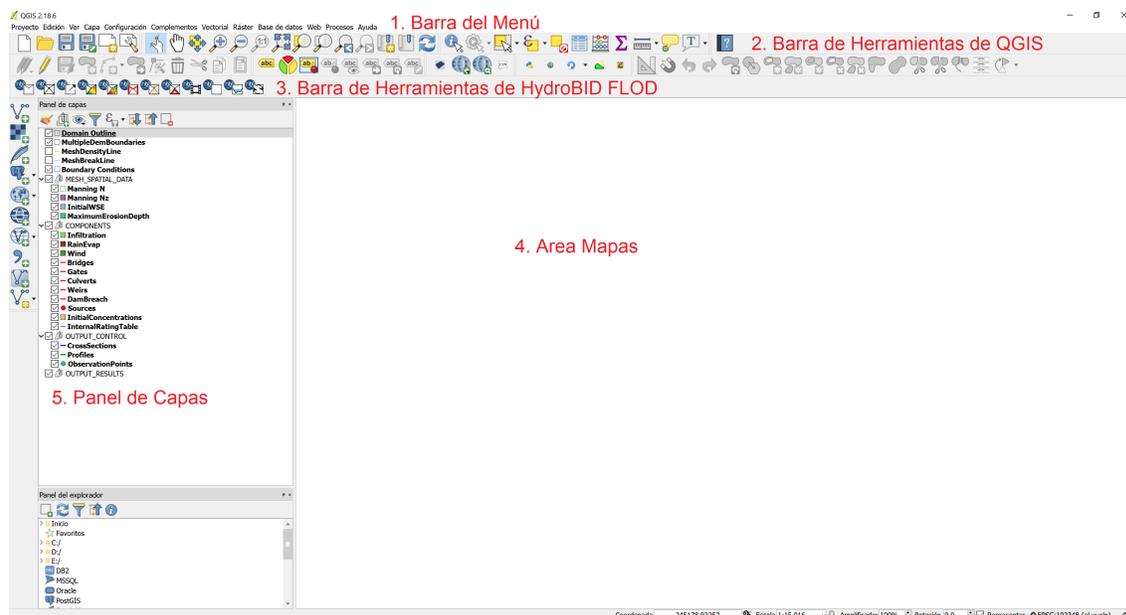


Figura 2.3 – Interfaz gráfica de QGIS.

- 3: Barra de herramientas de HydroBID Flood
- 4: Vista de mapas
- 5: Panel de capas (*Layers panel*)

2.1.2 Iniciar un nuevo proyecto de HydroBID Flood

1. En la barra de herramientas hacemos clic en el botón



para iniciar un nuevo proyecto de HydroBID Flood, (si tenemos otro proyecto cargado guárdelo antes de ejecutar el complemento). Nos aparece la ventana de diálogo donde se deben seleccionar las capas que se crearán, así como el Sistema de Referencia de Coordenadas (CRS) y la ruta del directorio donde se guardarán las capas. En este ejemplo trabajaremos con las capas básicas: *Domain Outline*, *Manning N*, *BoundaryConditions* y con las capas de *CrossSections* y *Profiles*.

2. Se usara el CRS, con el código EPSG:102348, la ventana de diálogo debe quedar así:



Figura 2.4 – Ventana de diálogo del complemento Nuevo Proyecto HydroBID Flood.

3. Luego de hacer click en el botón Aceptar, se crean las capas donde ingresaremos la información que requiere el HydroBID Flood, las cuales se muestran en el *Panel de Capas*:

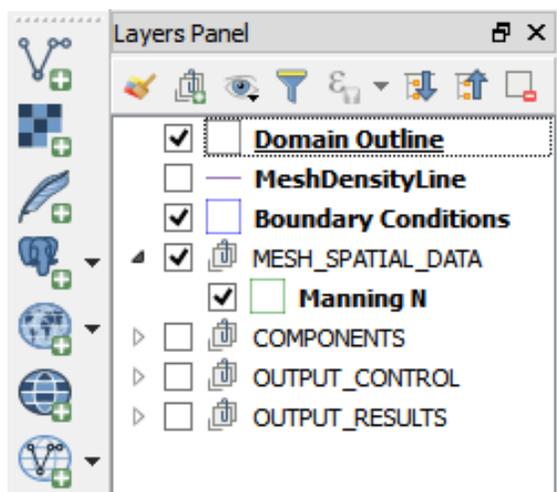


Figura 2.5 – Capas creadas para el proyecto.

2.1.3 Cargar la información de elevación del lecho del río

La información de elevación del río se requiere en formato ráster, si se tiene ya esta capa la podemos cargar directamente desde el menú Capa → Añadir Capa → Añadir capa ráster... o con el botón



desde el menú de herramientas.

En este caso, la información la tenemos en formato ASCII, en un archivo con los datos separados por coma, así que primero se carga dicho archivo para crear una capa de eventos. Para esto hacemos lo siguiente:

1. Seleccionamos menú Capa → Añadir capa → Añadir Capa de texto delimitado... o con el botón:



desde el menú de herramientas, y se nos presenta el siguiente diálogo:

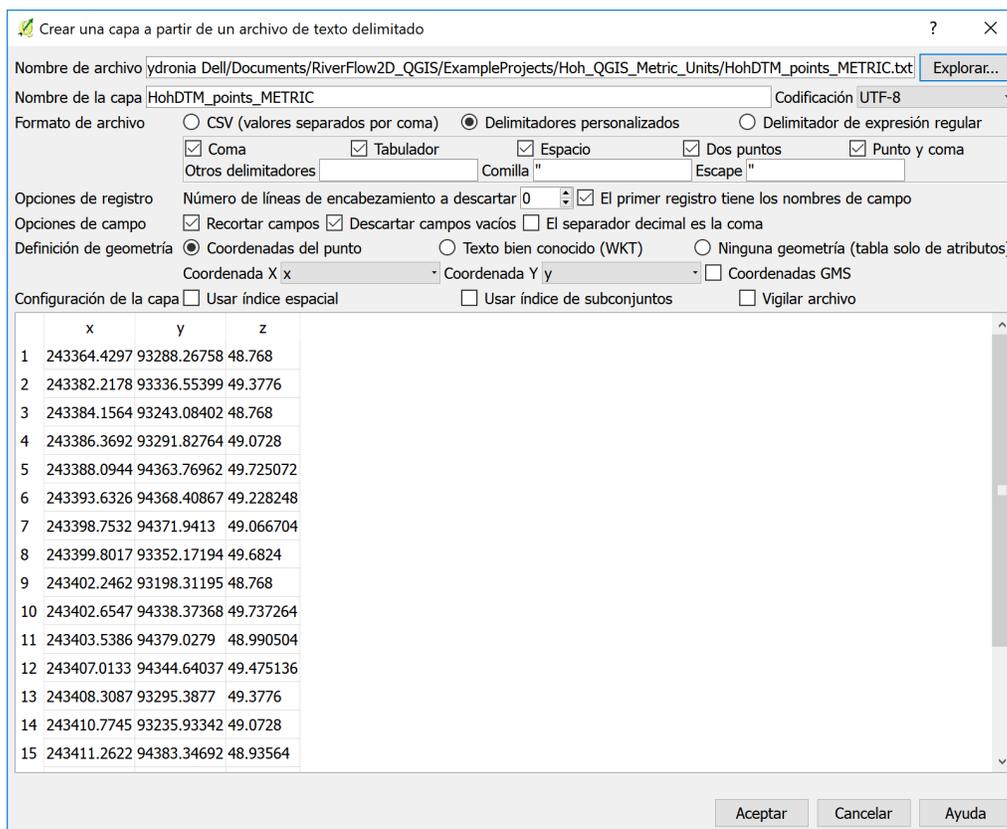


Figura 2.6 – Ventana para crear una capa a partir de datos delimitados en un archivo de texto.

2. Aquí debemos indicar la ubicación y nombre del archivo con los datos en este caso: *HohDTM_points_METRIC.txt*. En *Formato de archivo* se indica que *Delimitadores personalizados* y se selecciona *Coma*.
3. Se indica además (si es el caso) que la primera fila tiene los nombres de los campos, y así se asigna a *Coordenada X*, *field_1* y a *Coordenada Y*, *field_2*.
4. Le damos al botón para que se carguen los puntos en la ventana del proyecto, nos aparece un mensaje advirtiéndolo que se crea la capa asumiendo el CRS del proyecto.
5. Como seguramente los puntos no están dentro de la extensión de la ventana, tendremos que hacer click con el botón derecho del ratón sobre la etiqueta de la capa creada y seleccionamos la opción *Zum a la capa*.

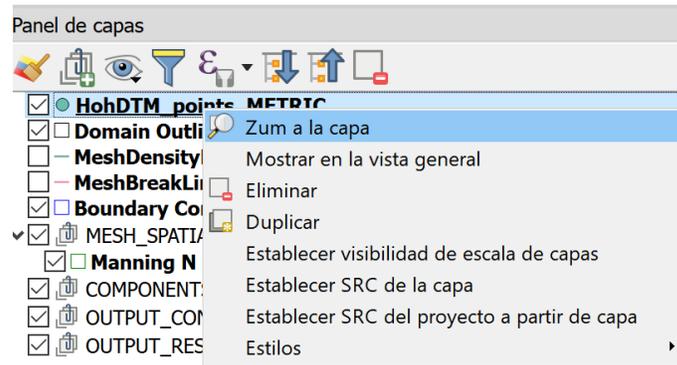


Figura 2.7 – Como hacer un acercamiento a una capa.

6. Y ahora si aparecen los puntos en la ventana del proyecto:

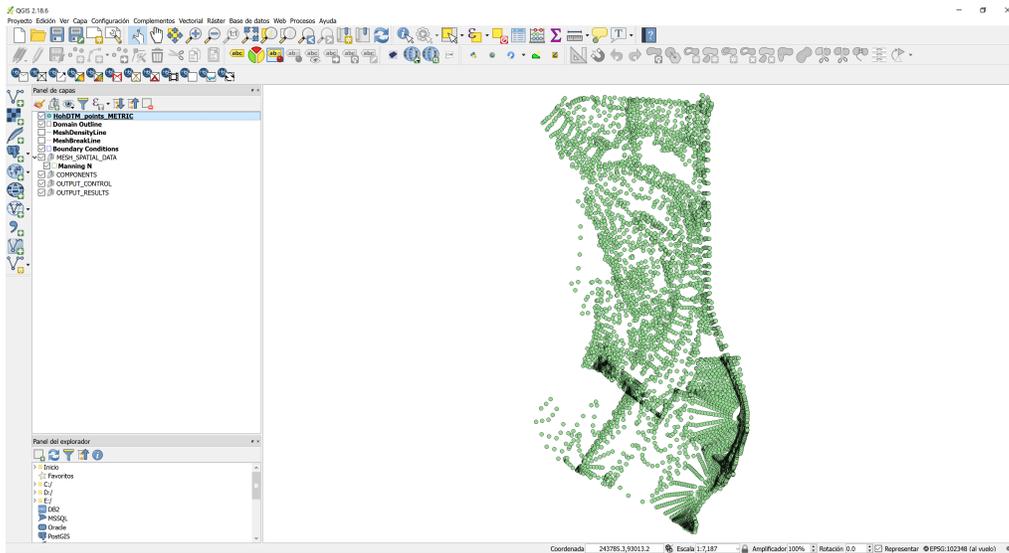


Figura 2.8 – Capa de puntos creadas a partir de datos delimitados.

7. Creamos el ráster a partir de la capa de puntos, para esto usamos el complemento *Interpolación*, el cual lo encontramos en el menú *Raster* → *Interpolación*. Este complemento

viene por defecto instalado en QGIS, si no aparece, vamos a *Complementos* → *Administrar e instalar complementos...* y lo cargamos.

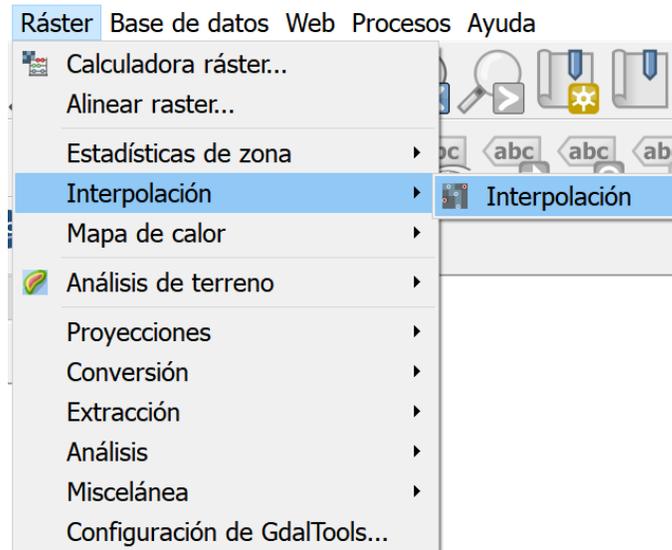


Figura 2.9 – Llamando al complemento de interpolación de QGIS.

Al ejecutarlo se nos presenta la siguiente ventana de diálogo:

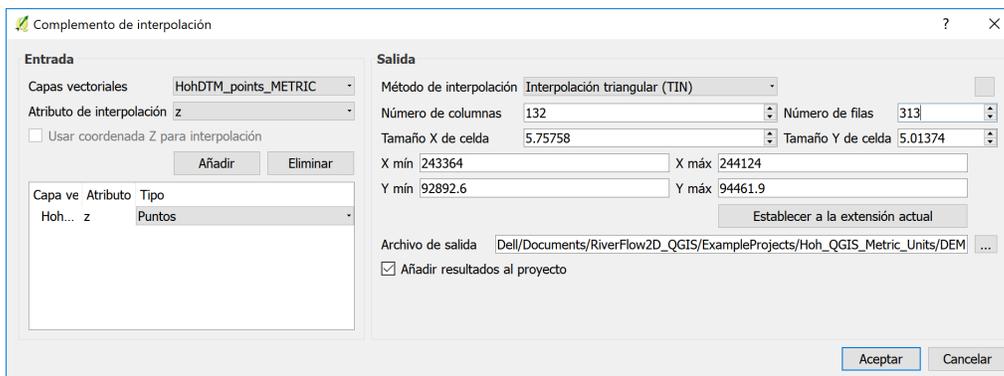


Figura 2.10 – Ventana del complemento de interpolación.

8. En esta ventana seleccionamos la capa que se va a interpolar para crear el ráster, en este ejemplo es la capa de punto que acabamos de crear *HohDTM_point_METRIC*, seleccionamos el campo que tiene el atributo que se usará como valor a interpolar, en este caso el campo *z*.
9. Lo agregamos y luego pasamos a seleccionar el método de interpolación, tiene 2 opciones: *Interpolación triangular (TIN)* o *Ponderación inversa a la distancia (IDW)*. En este caso seleccionamos el método *TIN*, luego se define la resolución del ráster, el cual se fija a celdas de 5m x 5m aproximadamente, lo que genera un ráster de 152 columnas x 313 filas.
10. Para finalizar, seleccionamos el nombre del archivo de salida que define la capa ráster a crear y la ruta donde se guardará.

Concluido el proceso tendremos en la pantalla el ráster producto de la interpolación, por defecto se visualiza en degradado de gris como se muestra en la figura 2.11.

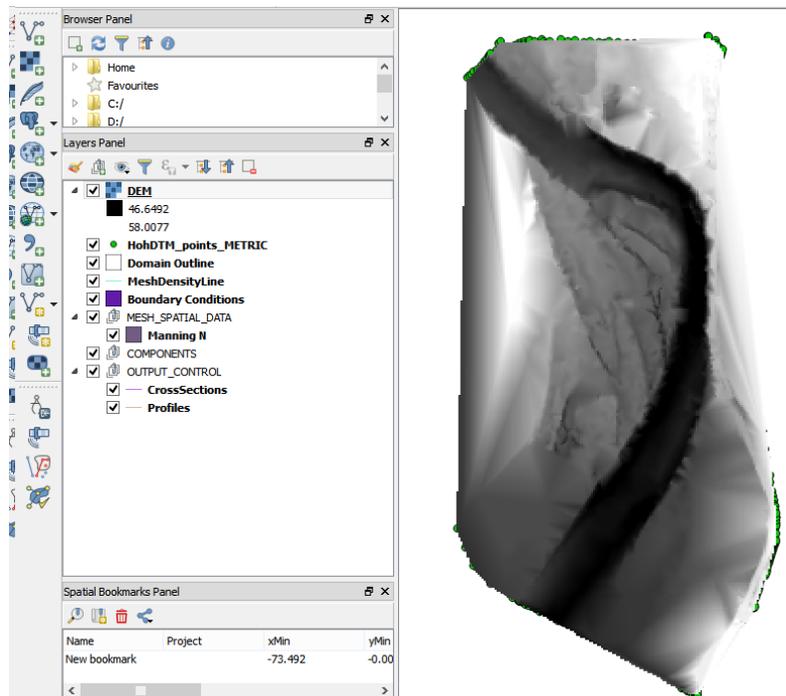


Figura 2.11 – Modelo digital de elevación en formato ráster creado mediante interpolación.

Nota: Haciendo click con el botón derecho del ratón sobre la etiqueta de la capa creada, en propiedades podemos acceder a cambiar el estilo de visualización por una paleta de colores más atractiva.

Crear el primer proyecto de HydroBID Flood

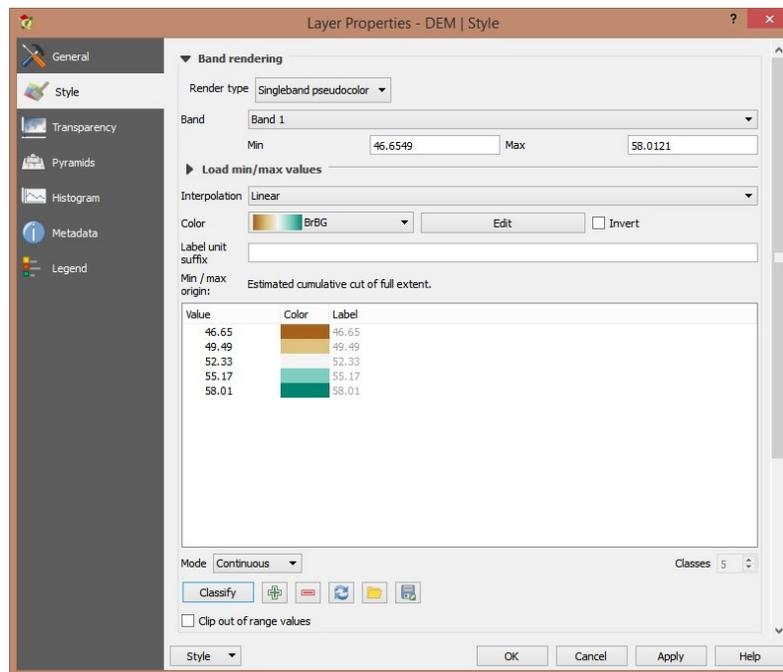


Figura 2.12 – Ventana donde cambiar el estilo visualización de una capa ráster.

Y ahora la capa ráster se muestra con la nueva paleta de colores seleccionada:

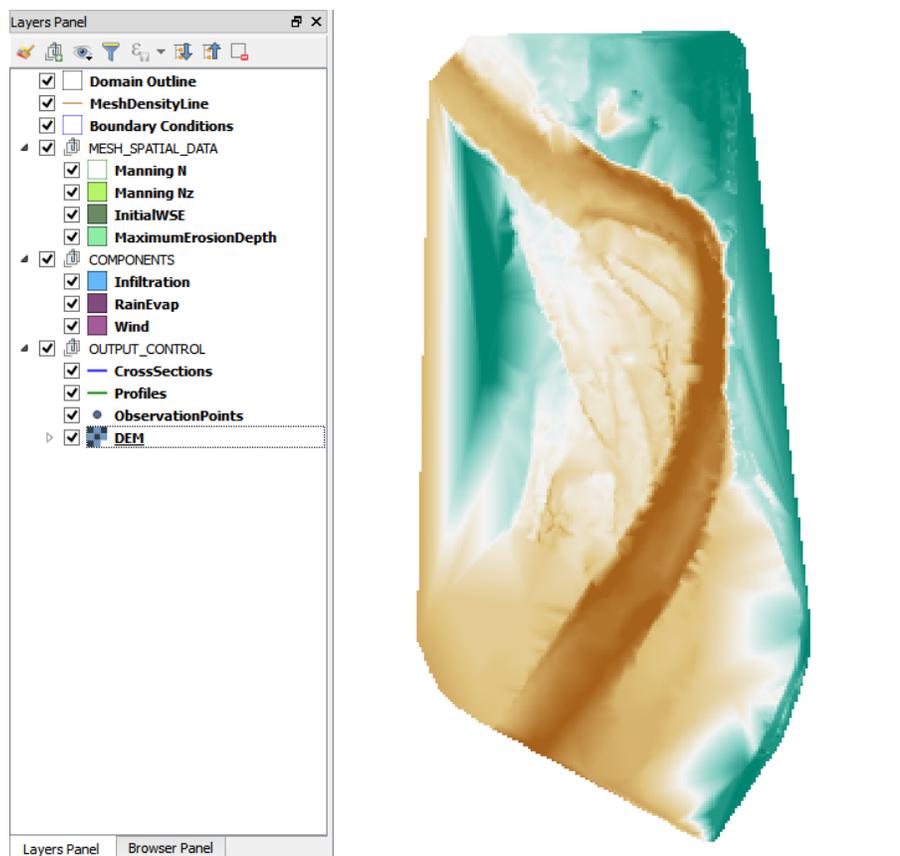


Figura 2.13 – Modelo digital de elevación con visualización en colores.

Nota: Conviene mover la capa ráster creada al final de la lista de capas, así no interfiere con la visualización de las demás capas.

2.1.4 Crear el contorno del dominio de cálculo

El límite del dominio de cálculo se define en la capa *Domain Outline*. Para esto, editamos esta capa y creamos el polígono que demarca el Dominio externo, de la siguiente forma:

1. Se selecciona la capa *Domain Outline* para activarla y se hace click en la herramienta *Conmutar edición* en la barra de herramientas:



Figura 2.14 – Menú de botones de las herramientas de digitalización.

2. Al hacer click sobre el botón se activa el resto de los botones para la edición, ahora seleccionamos la herramienta *Añadir objeto espacial*



y procedemos a delinear el contorno del polígono marcando los vértices haciendo clicks con el botón izquierdo del ratón:

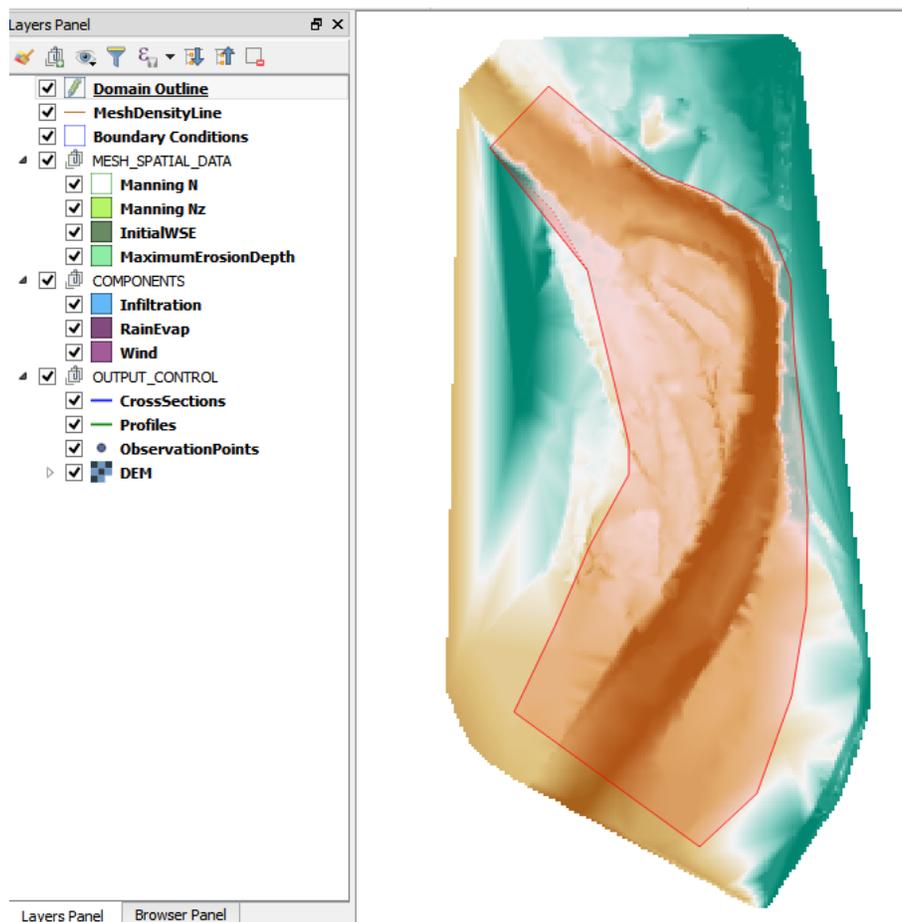


Figura 2.15 – Delimitación de la capa *Domain Outline*.

3. Para finalizar hacemos click con el botón derecho del ratón y se nos abrirá una ventana de diálogo para introducir los atributos del polígono recién creado, aquí indicaremos el valor para el tamaño de referencia de la celda de la malla, le asignaremos un valor de 25.

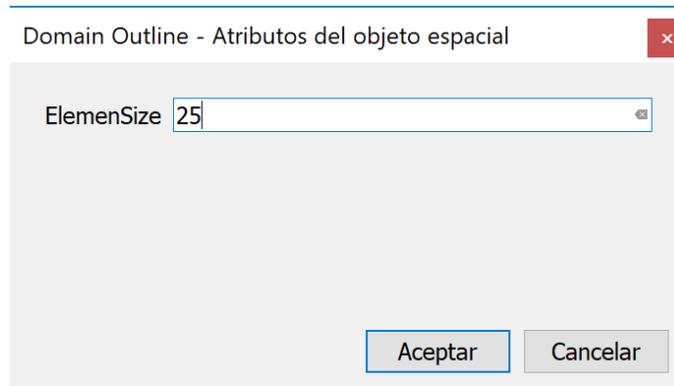


Figura 2.16 – Introducción del tamaño de las celdas o elementos en la capa *Domain Outline*.

Nota: Si se desea hacer alguna corrección en el contorno del polígono creado, se puede utilizar la herramienta de nodos con la que se pueden mover, agregar o eliminar nodos.



4. Luego se guarda el polígono creado



y se hace click sobre el botón *Conmutar edición*



para desactivar la edición de la capa, y de esta forma se crea la capa *Domain Outline*.

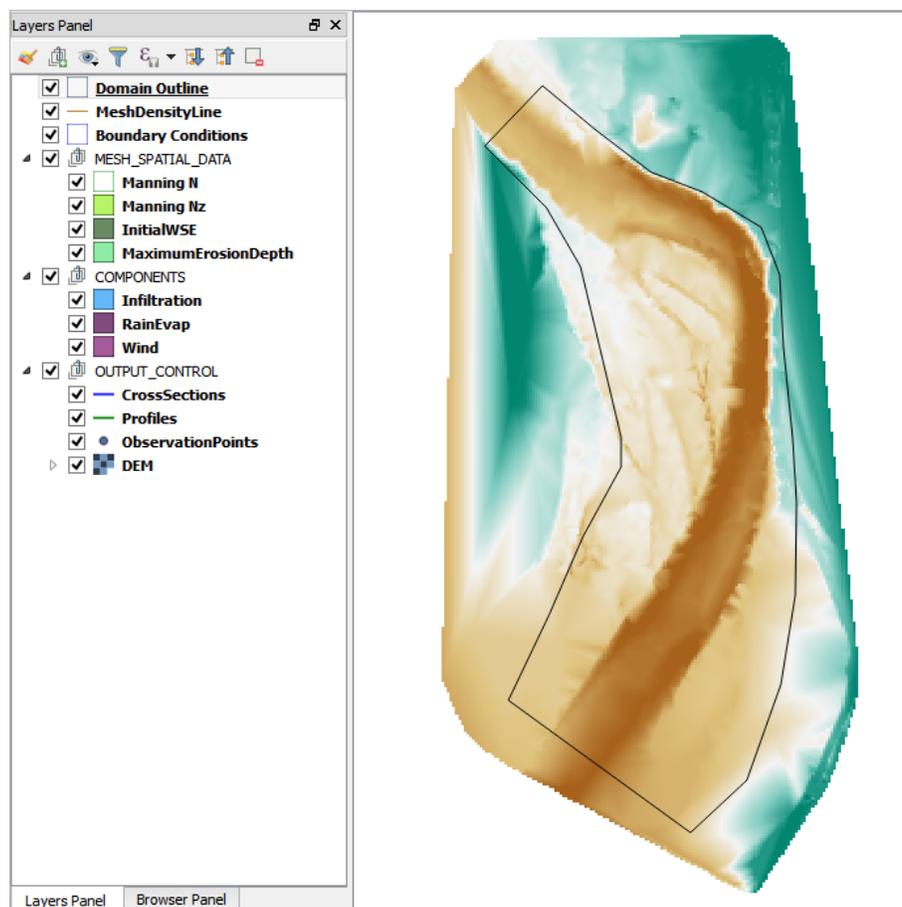


Figura 2.17 – Capa Domain Outline.

2.1.5 Generar la malla de elementos triangulares

Creada la capa con el *Domain Outline*, podemos proceder a crear la malla. Para ello vamos al menú *Complementos* → *HydroBID Flood* → *Genera la malla TriMesh*, o haciendo click en el botón



En la figura siguiente se muestra la malla generada que consta de 1900 elementos, también se puede observar en el Panel de capas la etiqueta de las dos nuevas capas: *Trimesh* y *Trimesh_point*:

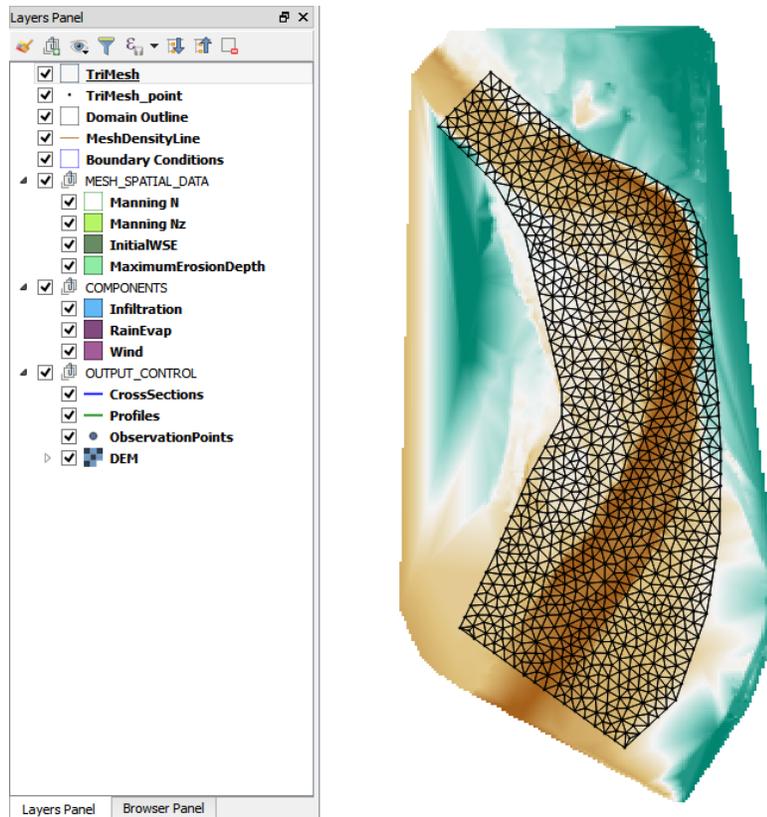


Figura 2.18 – Malla generada.

Nota: Si se desea conocer las estadísticas y mensajes producidos por el programa de generación de malla (GMSH) mientras crea la malla, se puede ver en el Panel de mensajes de registro, a esta ventana se accede mediante el menú principal *Ver* → *Paneles* que se obtiene activando el panel de mensajes de registro.

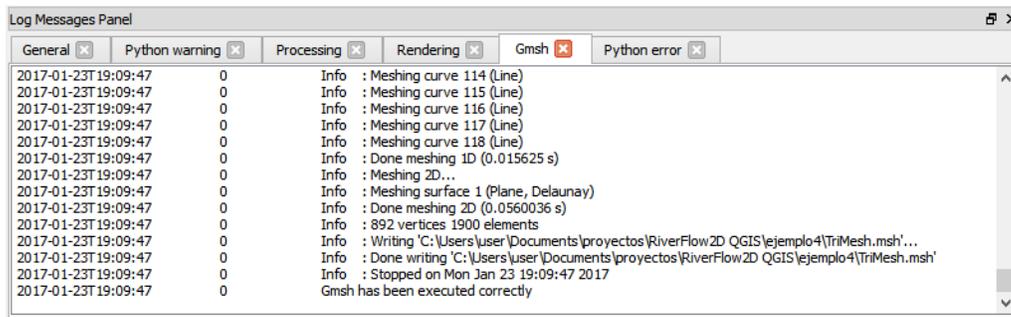


Figura 2.19 – Panel de mensajes del registro con los mensajes de programa de generación de mallas (GMSH).

2.1.6 Incrementar la densidad de la malla con la capa *MeshDensityLine*

Ahora vamos a incrementar la densidad de la malla en el centro del canal principal, para esto editamos la capa *MeshDensityLine* y trazamos una poligonal abierta por el centro del canal.

1. Se selecciona la capa *MeshDensityLine*.
2. Para crear la línea, editamos la capa con la herramienta *Conmutar edición*



y luego seleccionar *Añadir objeto espacial*



3. El único atributo que requiere es el valor del tamaño de referencia de las celdas *CellSize*, que será 10.
4. Guardamos



y hacemos click otra vez en *Conmutar edición*



para desactivar la edición.

Hecho esto tendremos una línea similar a la que se muestra en la figura abajo, aquí, la línea está editada con la *herramienta de nodo* para resaltar los nodos de la misma:

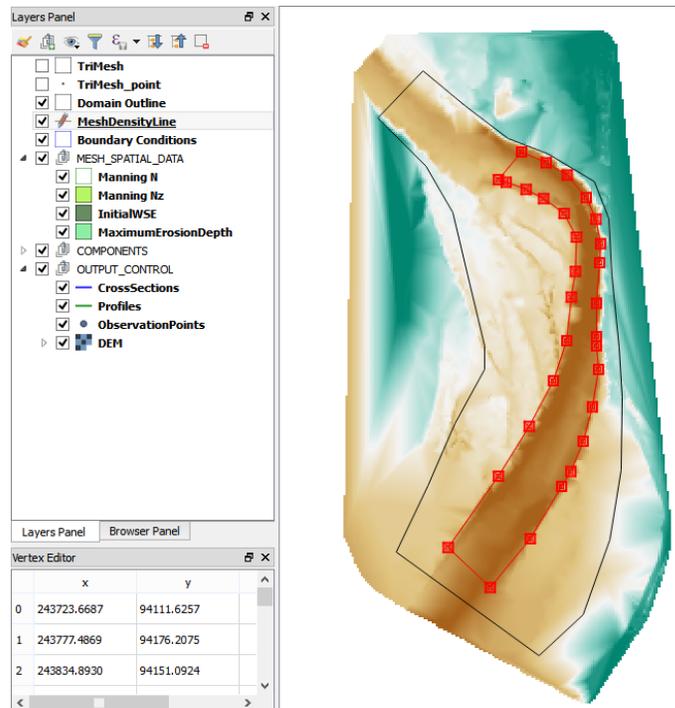


Figura 2.20 – Polilínea para aumentar la densidad de los elementos en el centro del canal.

5. Volvemos a crear la malla haciendo Figure al botón



Después obtenemos una malla más refinada en el centro del canal con 6391 elementos, como se muestra en la siguiente figura abajo:

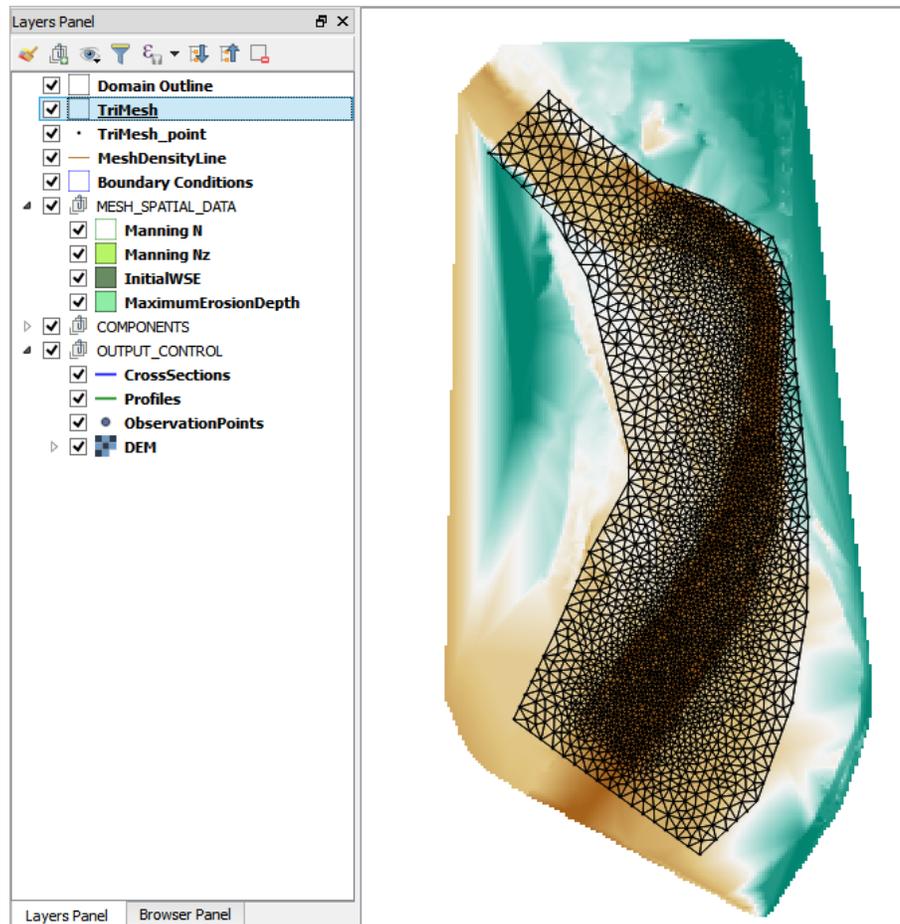


Figura 2.21 – Malla con mayor densidad en el centro del canal.

2.1.7 Establecer las condiciones de contorno

Para definir las condiciones de contorno, editamos la capa *BoundaryConditions* con la herramienta *Conmutar edición* y agregamos los polígonos que van a demarcar los nodos sobre los cuales se establecerán las condiciones aguas arriba y aguas abajo.

Condiciones aguas arriba: se dibuja un polígono que englobe los nodos o vértices de los en el extremo superior de la malla como se indica en la figura:

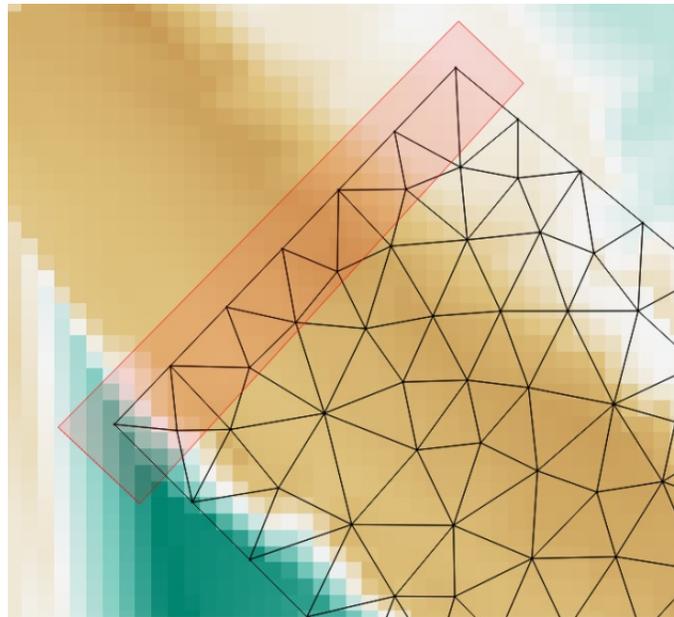


Figura 2.22 – Polígono que engloba a los nodos con la condición de contorno aguas arriba.

1. Selecciona la capa BoundaryConditions.
2. Haga Figure en el botón Conmutar edición



3. Dibuja los polígonos que van a delimitar los nodos en los que se establecen las condiciones de entrada y salida.
4. Para finalizar el polígono presionamos el botón derecho del ratón, y luego se nos muestra una ventana para ingresar los atributos del polígono recién creado.
5. En esta ventana se despliega una lista para seleccionar el valor de Identificador Cond. Borde (ID) (ENTRADA o SALIDA), una lista para indicar el tipo de condición de contorno Tipo de condición de borde, en el campo de *Archivo Condiciones de borde* le damos click al botón que está al lado y se nos abrirá una ventana de diálogo para seleccionar el archivo con los valores de la condición de contorno QIN.DAT en este caso.

En la Figura 2.23 se muestra:

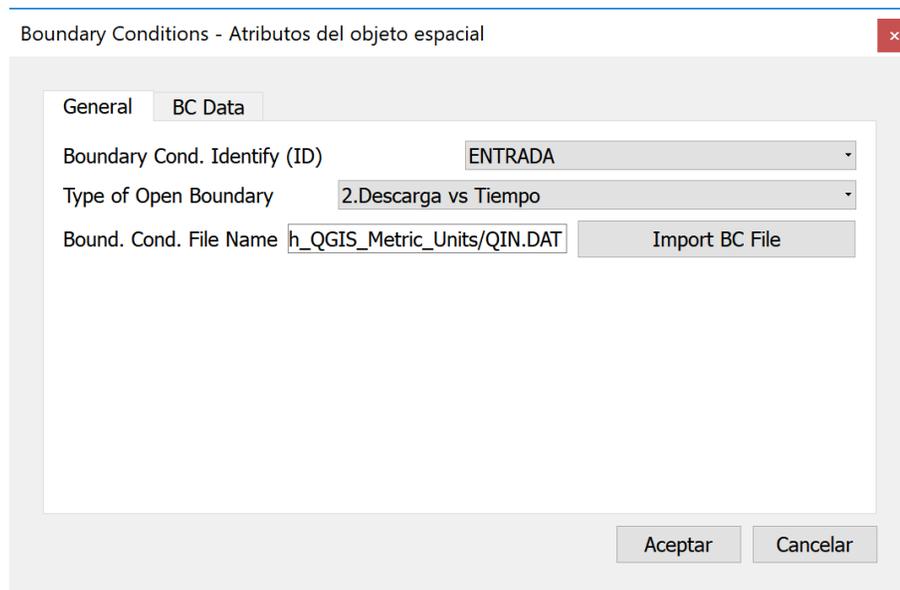


Figura 2.23 – Introducción de atributos para la capa el polígono que define la condición de contorno aguas arriba.

6. Por último, guardar los cambios:



Condiciones aguas abajo. De igual forma, en la sección inferior de la malla, en el extremo de salida de canal, se demarca el polígono que engloba los nodos que indican la salida del río:

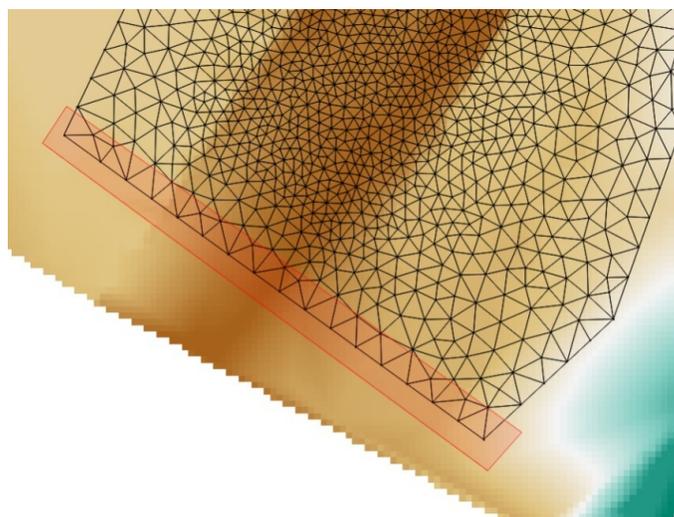


Figura 2.24 – Polígono que engloba a los nodos con la condición de contorno aguas abajo.

En este caso seleccionamos el tipo de condición *Condiciones de flujo uniforme*, por lo cual no se selecciona un archivo, sino que se introduce en el campo Archivo Condiciones de borde el

valor de la pendiente de 0.025. La ventana de atributos queda:

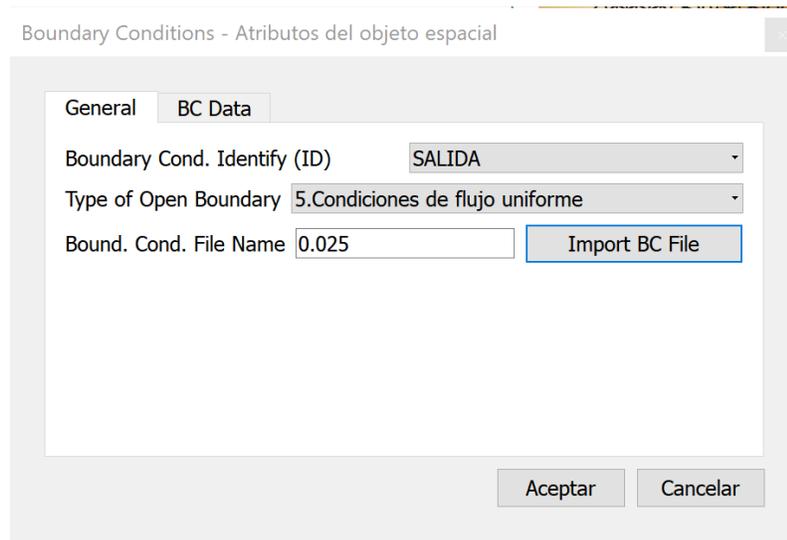


Figura 2.25 – Introducción de atributos para la capa el polígono que define la condición de contorno aguas abajo.

Guardamos los cambios hechos a la capa:



y desactivamos el modo edición haciendo click sobre el botón *Conmutar edición*



La figura de abajo muestra cómo queda la capa *BoundaryConditions*:

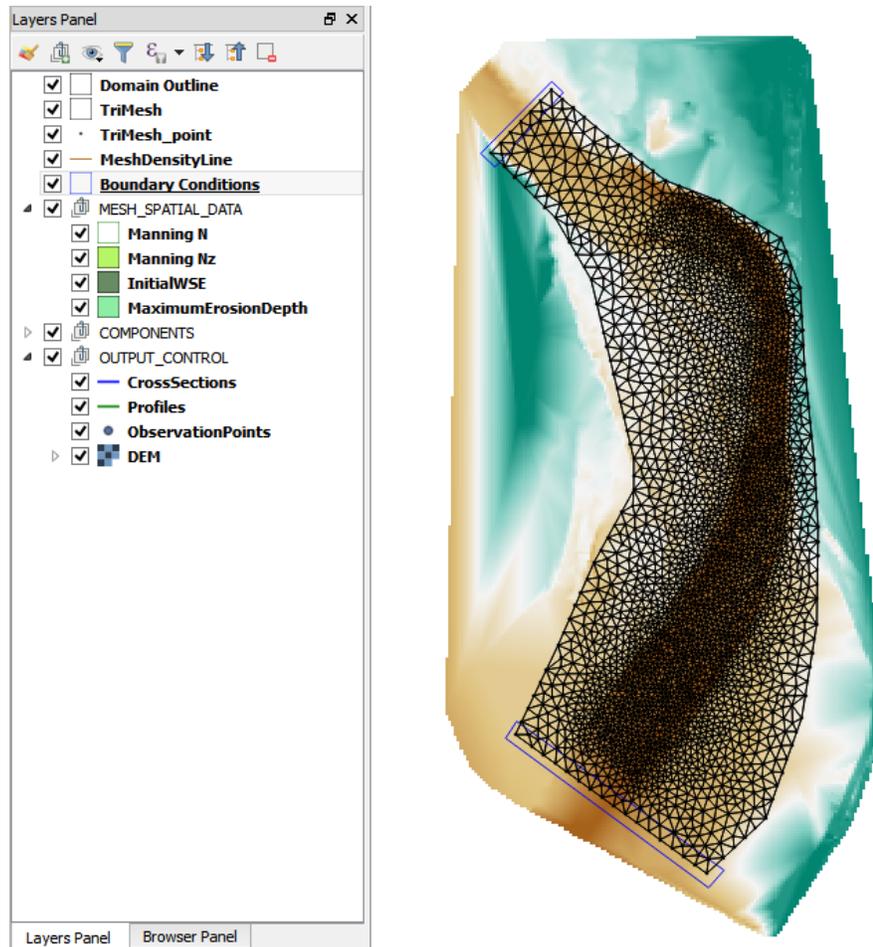


Figura 2.26 – Polígono que define las condiciones de contorno.

2.1.8 Introducir los n de Manning

Para introducir el valor de la n de Manning, se delimitan los polígonos los cuales van a estar asociados a un determinado valor de n, habrá tantos polígonos como los requeridos para reproducir la variabilidad espacial de este parámetro. En este ejemplo, se dibujará un solo polígono para toda el área, para esto, editamos la capa *Manning N* con la herramienta Conmutar edición y delineamos el polígono alrededor de todo el dominio cuidando que cubra todos los elementos, al final tendremos una imagen similar a la mostrada:

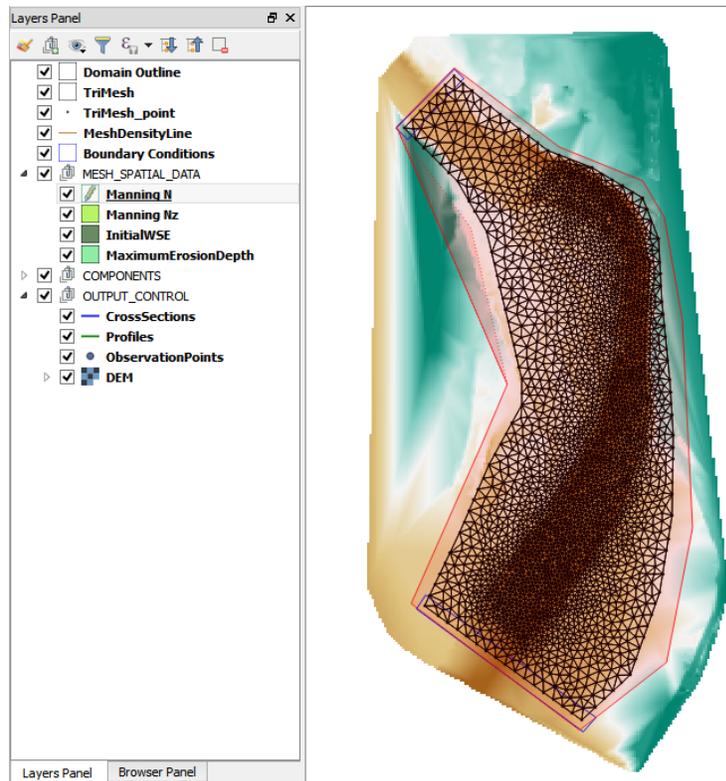


Figura 2.27 – Editando la capa *Manning N*.

Al cerrar el polígono con el botón derecho del ratón, se nos presenta la siguiente ventana de diálogo, donde introducimos un valor de *n* de Manning de 0.03 asociado al polígono creado.

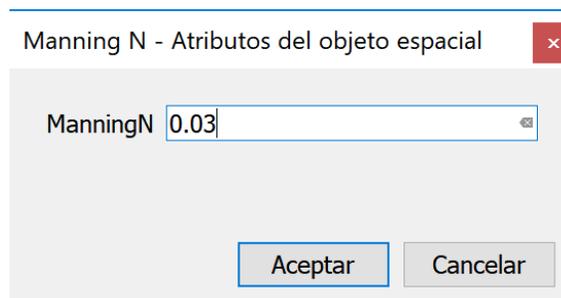


Figura 2.28 – Introducción de atributos para la capa *Manning N*.

Para finalizar, guardamos los cambios hechos a la capa y desactivamos el modo de edición, y ya tenemos implementada la capa de *Manning N*.

2.2 Exportar los archivos al HydroBID Flood

Una vez creadas las capas con la información de entrada al modelo, el siguiente paso es ejecutar el segundo complemento, el que se encarga de hacer el análisis espacial y crear los archivos

Crear el primer proyecto de HydroBID Flood

con los datos de entrada para el HydroBID Flood, en el caso del ejemplo que estamos haciendo serían los archivos Hoh.FED, .XSECS y Hoh.PROFILES.

1. Haga click en el botón *Exportar a HydroBID Flood*



2. Nos presenta una ventana de diálogo, donde debemos indicar las capa ráster del modelo digital de elevación (DEM), como esta capa no es creada por los complementos, su nombre puede ser diferente.
3. Indicar la ruta de la carpeta donde se guardaran los archivos generados.



Figura 2.29 – Ventana de diálogo del complemento Exportar a HydroBID Flood con los datos del ejemplo.

4. Hacemos click en el botón [Aceptar], y el complemento empezara a procesar la información, en la barra de mensaje en la parte superior nos va indicando el avance aproximado del proceso.

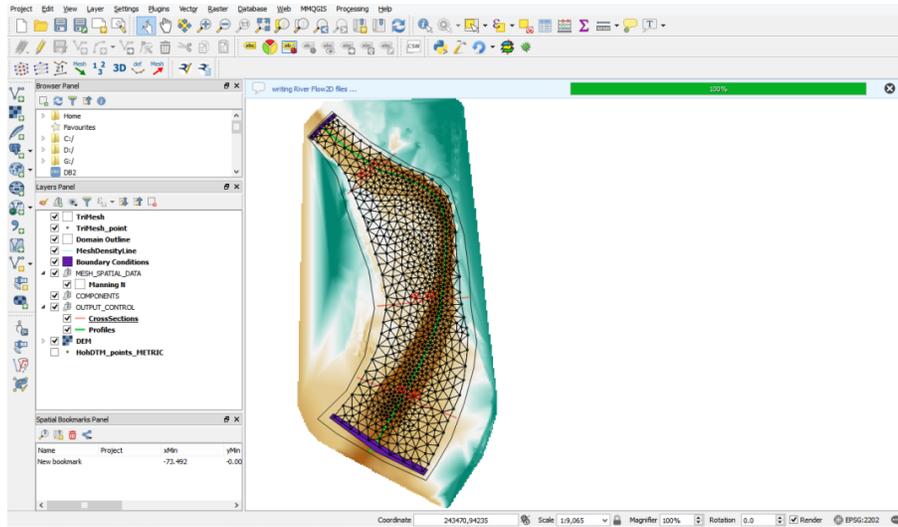


Figura 2.30 – Ventana de proyecto de QGIS al finalizar de exportar los archivos.

Finalizado el proceso de crear los archivos de con los datos de entrada, se carga el Hydronia Data Input Program, y se nos presenta una ventana de diálogo para seleccionar el proyecto a correr, como el proyecto es nuevo, seleccionamos la opción New Project, buscamos la carpeta donde hemos guardado los archivos y creamos un nuevo proyecto con el mismo nombre, en este caso: Hoh . dat.

5. Luego se nos presenta la ventana con los parámetros de entrada de HydroBID Flood, verificamos que están seleccionada la opción para obtener máximos valores de salida y archivos para crear animaciones como se muestra en la imagen abajo:

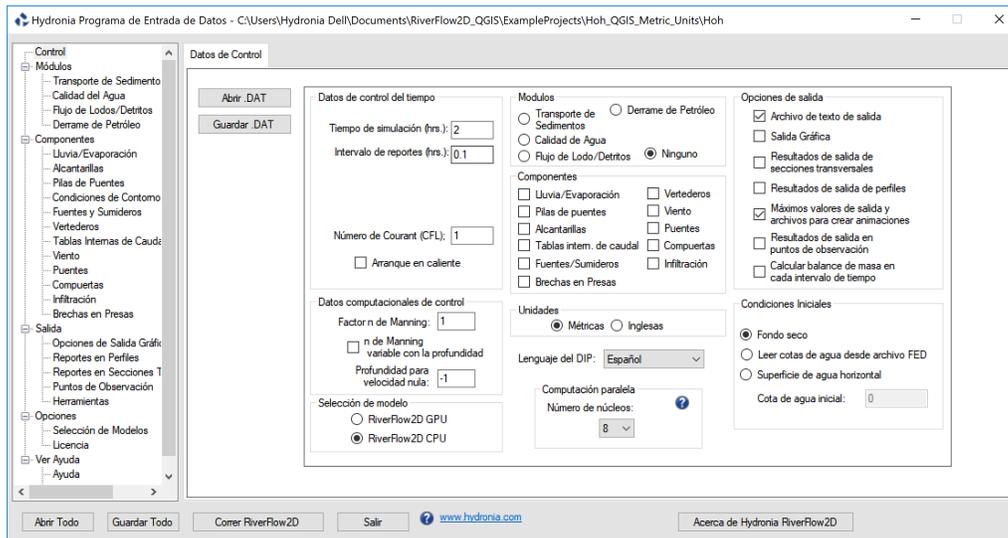


Figura 2.31 – Ventana con los parámetros de entrada del HydroBID Flood.

6. Por último, corremos el modelo haciendo click en Correr RiverFlow2D y obtenemos una visualización similar a la que se muestra abajo:

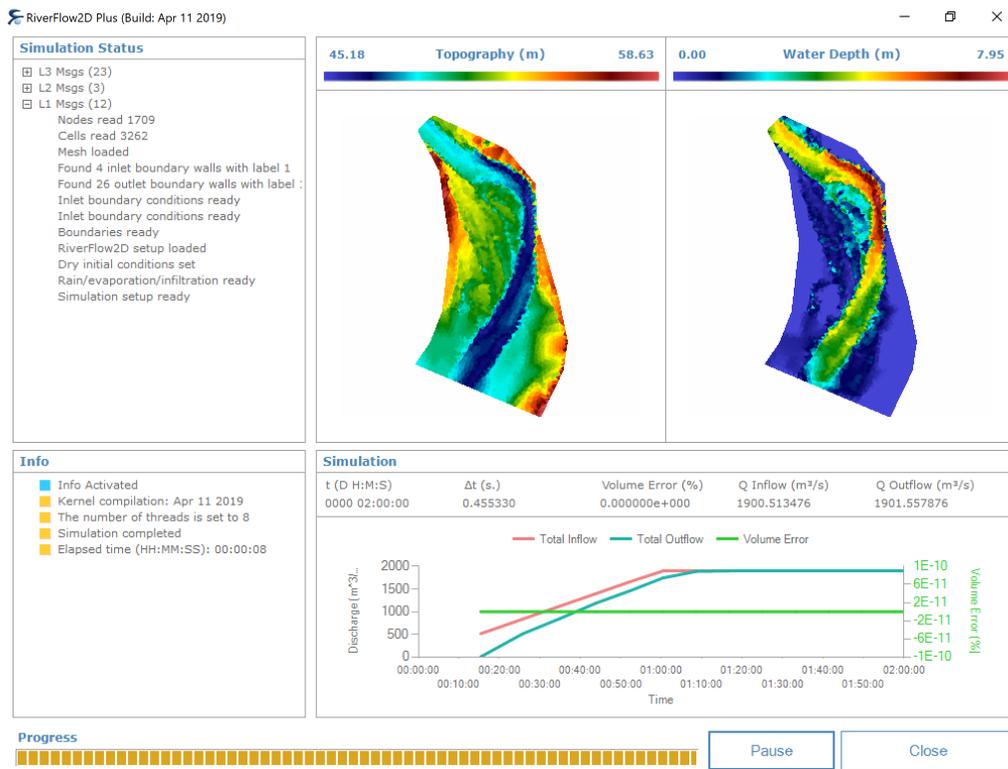


Figura 2.32 – Visualización de la gráfica generada por HydroBID Flood.

3 | Simulación de Puentes

Este tutorial ilustra cómo incorporar un puente a un proyecto HydroBID Flood existente utilizando el componente de puentes (*Bridges*). El procedimiento comprende los siguientes pasos:

1. Crear los datos de la geometría del puente.
2. Abrir un proyecto HydroBID Flood 2D existente.
3. Ingresar la polilínea del puente.
4. Ingresar los datos geométricos de la sección del puente.
5. Generar la malla.
6. Exportar los archivos de HydroBID Flood.
7. Correr el modelo.

Nota: Los archivos necesarios para seguir este tutorial se pueden encontrar en el siguiente directorio:

```
... \Documents \RiverFlow2D_QGIS \ExampleProjects \BridgesTutorial
```

3.1 Crear un archivo de geometría de puente

Con la interfaz de HydroBID Flood se tiene la opción de crear la geometría del puente a partir de un perfil del terreno que se obtiene del modelo digital de elevación, y luego se puede usar el panel Puentes en el Hydronia Data Input Program para realizar los ajustes que se crean necesarios a la geometría levantada por QGIS, esta opción es útil cuando el puente se ubica sobre una sección natural del río y la geometría del puente es simple (Figura 3.1a). Sin embargo se puede presentar el caso donde la geometría del puente sea más irregular (Figura 3.1b) en cuyo caso se requiere especificar la misma mediante un archivo que define la geometría de las sección del puente dando los pares estación-elevación.

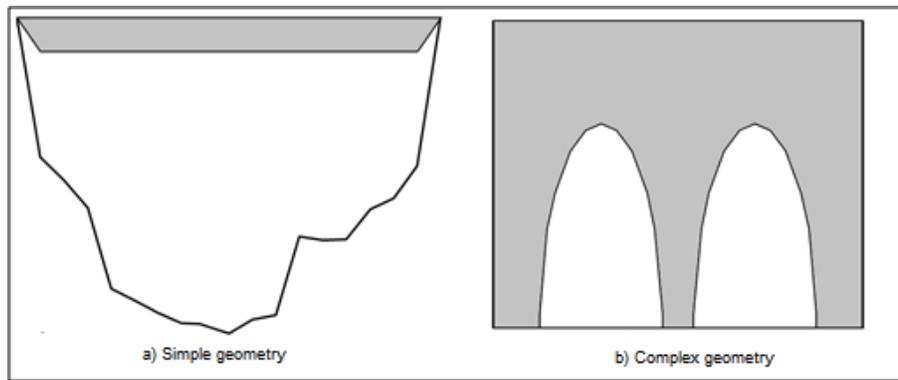


Figura 3.1 – Geometrías de puentes.

La Figura 3.2 muestra la vista frontal del puente que queremos incorporar al modelo. Los datos que definen esta sección se encuentran en el archivo `bridgegeometry.DAT` contenido en el directorio correspondiente a este tutorial.

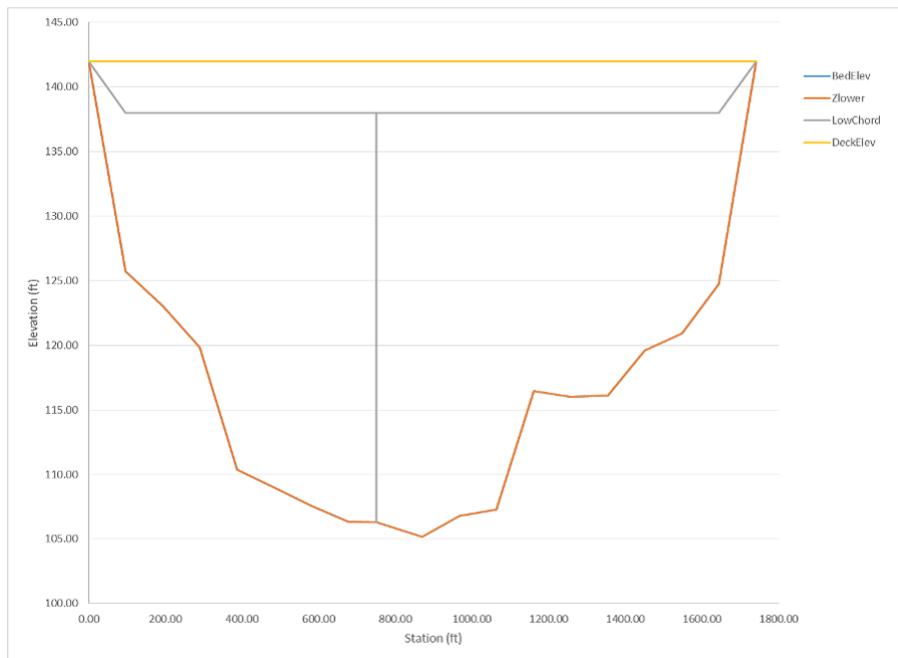


Figura 3.2 – Vista frontal del puente.

La sección transversal de este puente tiene una sola pila central. Esta geometría se representa en HydroBID Flood utilizando el archivo de geometría del puente que se muestra en la figura 3.3.

NP	22	X (Station)	BedElev	ZLower	LowChord	DeckElev
		0.000	142.000	142.000	142.000	142.000
		96.684	125.724	125.724	138.000	142.000
		193.367	123.034	123.034	138.000	142.000
		290.052	119.860	119.860	138.000	142.000
		386.736	110.366	110.366	138.000	142.000
		483.420	109.004	109.004	138.000	142.000
		580.103	107.578	107.578	138.000	142.000
		676.787	106.350	106.350	138.000	142.000
		750.000	106.298	106.298	138.000	142.000
		750.000	106.298	106.298	106.298	142.000
		751.000	106.298	106.298	106.298	142.000
		751.000	106.298	106.298	138.000	142.000
		870.155	105.182	105.182	138.000	142.000
		966.839	106.772	106.772	138.000	142.000
		1063.524	107.302	107.302	138.000	142.000
		1160.207	116.470	116.470	138.000	142.000
		1256.891	116.018	116.018	138.000	142.000
		1353.575	116.094	116.094	138.000	142.000
		1450.259	119.608	119.608	138.000	142.000
		1546.943	120.924	120.924	138.000	142.000
		1643.627	124.736	124.736	138.000	142.000
		1740.311	142.000	142.000	142.000	142.000

Figura 3.3 – Datos de la geometría del puente.

Se puede usar el panel de Puentes en el Hydronia Data Input Program para crear un archivo de geometría de puente (vea la Figura 3.4). El programa le permite ingresar datos en forma de tabla y ver un gráfico de la geometría del puente. en el Hydronia Data Input Program también se pueden manipular las líneas gráficas, lo que hará que los datos tabulares se modifiquen.

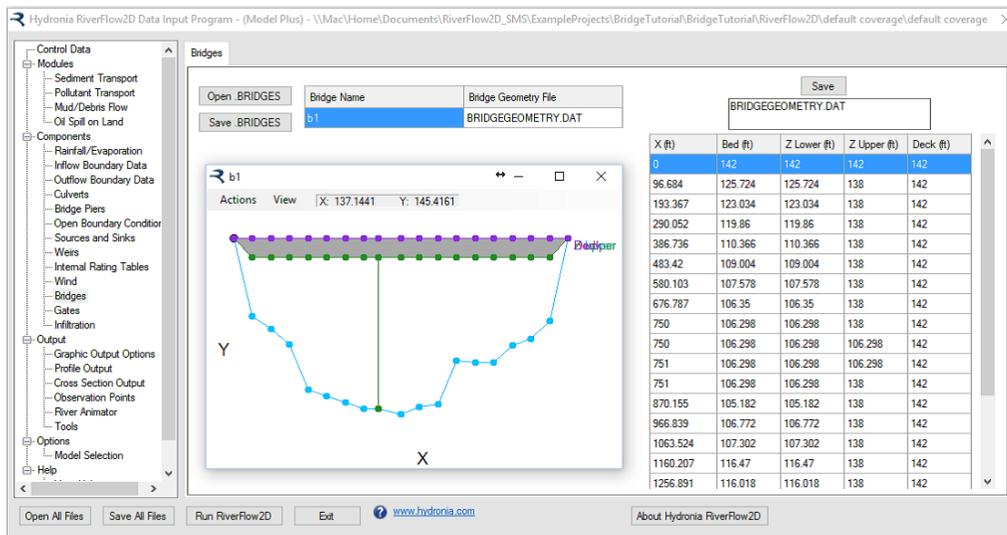


Figura 3.4 – Panel de puentes en Hydronia Data Input Program.

Una forma alternativa de crear el archivo de geometría del puente es usar una hoja de cálculo. En la carpeta del tutorial hay una hoja MS-Excel (BridgesGeometryPlot.xlsx) que permite editar archivos de geometría del puente.

3.2 Abrir un proyecto existente

Una vez abierto QGIS, en el menú principal → Proyecto, use el comando *Abrir...* para cargar el proyecto existente: *BridgeTutorial.qgs*. Este proyecto contiene las capas del *Domain Outline*, el modelo digital de elevación DEM del cauce del río en formato ráster, los polígonos con los *n* de Manning para las diferentes coberturas, una fotografía aérea y la capa con las condiciones de contorno (*Boundary Conditions*) en donde se define la entrada del flujo en la esquina superior derecha y la salida en la esquina inferior izquierda. Las condiciones de contorno son un hidrograma con una descarga máxima de 220,000 pies cúbicos por segundo y condiciones de flujo libre aguas abajo.

Al abrir el proyecto se tendrá una imagen del proyecto cargado en QGIS como se muestra en la Figura 3.5.

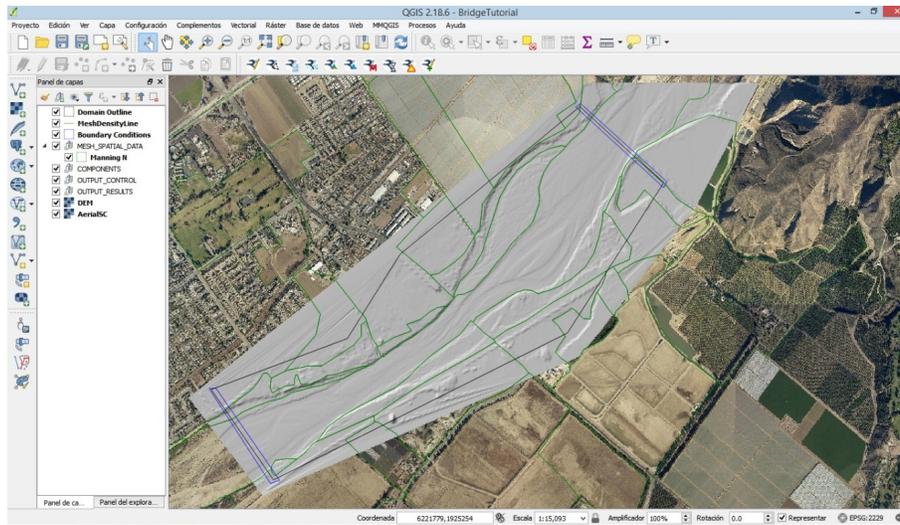


Figura 3.5 – Pantalla de proyecto cargado en QGIS.

3.3 Ingresar la polilínea del puente en la capa predeterminada

Este paso asegura que la malla se ajustará a la alineación del puente, de modo que habrá nodos generados a lo largo del puente. En este caso, se representará el puente con una línea recta de aproximadamente 1740 pies de largo de la siguiente manera:

1. Crear la capa puentes (*Bridges*): para esto se va al menú de botones del complemento HydroBID Flood y se hace click en el botón *Nueva plantilla de capa*



2. En la ventana del complemento activamos el checkBox *Puentes*, como se muestra en la Figura:



Figura 3.6 – Ventana del complemento para agregar nuevas capas.

3. Editar la capa *Bridges*: En el panel de capas seleccionamos la capa *Bridges* y en la barra de digitalización hacemos click en el botón de la herramienta *Conmutar edición*.



Al hacer esto, en la capa *Bridges* aparecerá un icono de un lápiz que nos indica que la capa está en modo edición:



4. Dibujar la línea que representa el puente. Si es necesario se puede apagar la capa del DEM para que no interfiera en la identificación del sitio del puente en la fotografía aérea.
5. Usando la herramienta *Añadir objeto espacial*



de la barra de digitalización se dibuja la línea que marca la ubicación del puente. En el caso mostrado, para demarcar la línea que indica la ubicación del puente solo se requiere indicar dos vértices, (el inicial y final), luego se hace click con el botón derecho del ratón para finalizar el trazado y tendremos una imagen similar a la mostrada en la siguiente Figura:



Figura 3.7 – Lineamiento del puente.

6. Introducir los datos del puente. Una vez finalizado el trazado de la línea que define el puente, aparece la ventana para introducir los atributos del puente creado, estos son:

- Nombre del puente (ID): Puente1
- Tamaño del elemento: 150 pies
- Archivo del puente : Puente1.txt (En este caso, dejaremos que QGIS construya el archivo del puente, así que solo indicamos el nombre del archivo)
- Elevación de la parte baja del puente (LOWCHORD): 138
- Elevación de la parte alta del puente (DECKELEV):142

La figura abajo muestra la ventana de atributos de la capa *Bridges*:

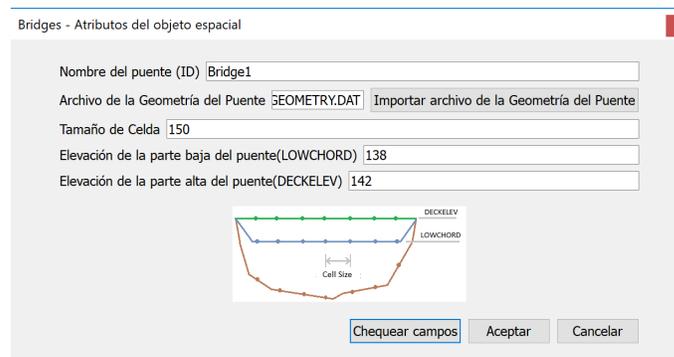


Figura 3.8 – Ventana de diálogo de atributos de la capa *Bridges*.

7. Después de introducir los valores se hace click al botón aceptar, guardamos los cambios en la capa usando la herramienta *guardar* de la barra de digitalización



y deshabilitamos el modo edición de la capa con el botón *Conmutar edición*



3.4 Generar la malla

Luego se genera la malla con el complemento de generación click



y se obtiene la malla como se muestra en la Figura 3.9 donde se aprecia como los elementos de la malla se ajustan a la línea que define el puente.



Figura 3.9 – Ventana de diálogo de atributos de la capa *Bridges*.

3.5 Exportar los archivos a HydroBID Flood

Una vez completado el ingreso de datos y la generación de la malla, se deben exportar los archivos al formato requerido por HydroBID Flood como se explica a continuación:

1. Hacer click en el icono *Exportar a HydroBID Flood*:



2. Al ejecutar el complemento se muestra una ventana, aquí debemos seleccionar la capa ráster que contiene el modelo digital de elevación (DEM) y el nombre del proyecto a exportar, solo se debe indicar el nombre sin extensión alguna.
3. Antes de ejecutar el complemento active la capa con el DEM (si esta desactivada) y desactive la capa *MeshDensityLine*, ya que no tiene ningún elemento

Una vez ejecutado el complemento se mostrará una ventana como se muestra en la Figura 3.10, tal como debe estar para nuestro ejemplo.



Figura 3.10 – Ventana de diálogo de atributos de la capa *Bridges*.

4. Después de introducir la información se hace click al botón *Aceptar* y comenzará el proceso de exportación.

Una vez finalice, se cargará el programa HydroBID Flood con el archivo *.DAT* del ejemplo en específico.

3.6 Correr el Modelo

1. Después de exportar los archivos, se carga el Hydronia Data Input Program con el archivo de proyecto del ejemplo `bridge.DAT`, y se muestra el panel de entrada de datos al mismo como se ilustra en la Figura 3.11.

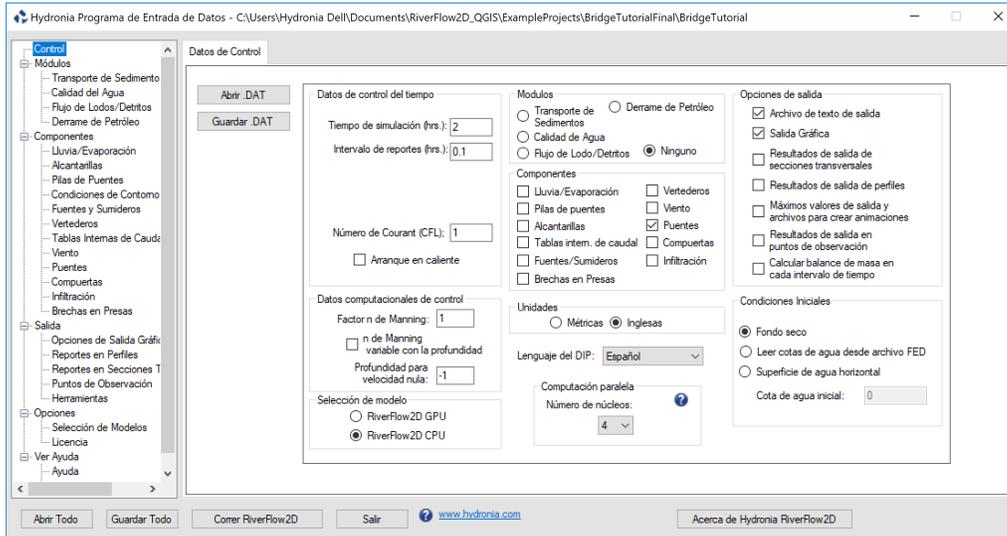


Figura 3.11 – Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.

2. Se puede observar que el Componente Puentes (*Bridges*) aparece seleccionado. En la parte izquierda del panel de datos, en la lista de componentes seleccione Puentes y se activará el panel del componente en donde se muestra el contenido del archivo de la geometría del puente elaborada por QGIS (Figure 3.12).
3. Se puede observar como el perfil del puente quedó discretizado a cada 150 pies de acuerdo al tamaño de las celdas establecido.

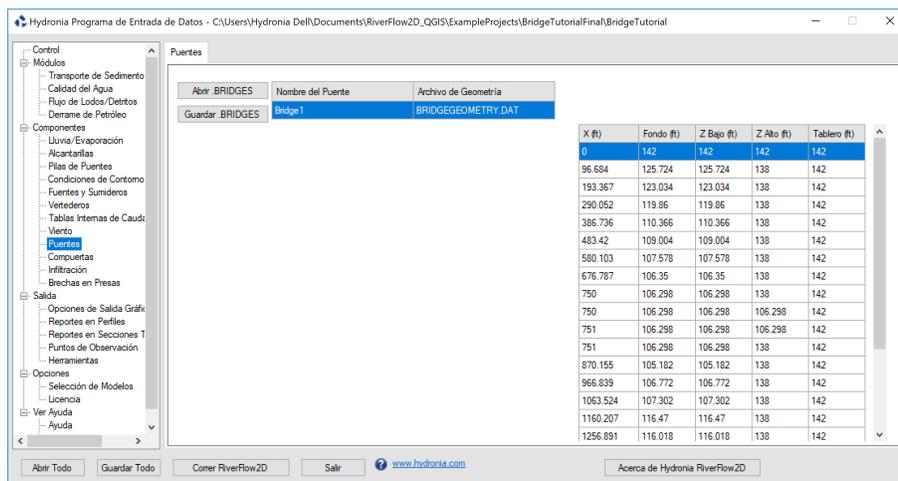


Figura 3.12 – Panel de datos del componente Puentes (*Bridges*).

4. Deje todos los demás parámetros en sus valores predeterminados.
5. Para ejecutar el modelo, haga click en el botón *Correr RiverFlow2D* en la sección inferior del Programa de ingreso de datos.

Aparecerá una ventana que indica que el modelo comenzó a ejecutarse. La ventana también muestra el tiempo de simulación, el error de conservación de volumen, la descarga total de entrada y salida y otros parámetros a medida que avanza la ejecución (Figura 3.13).

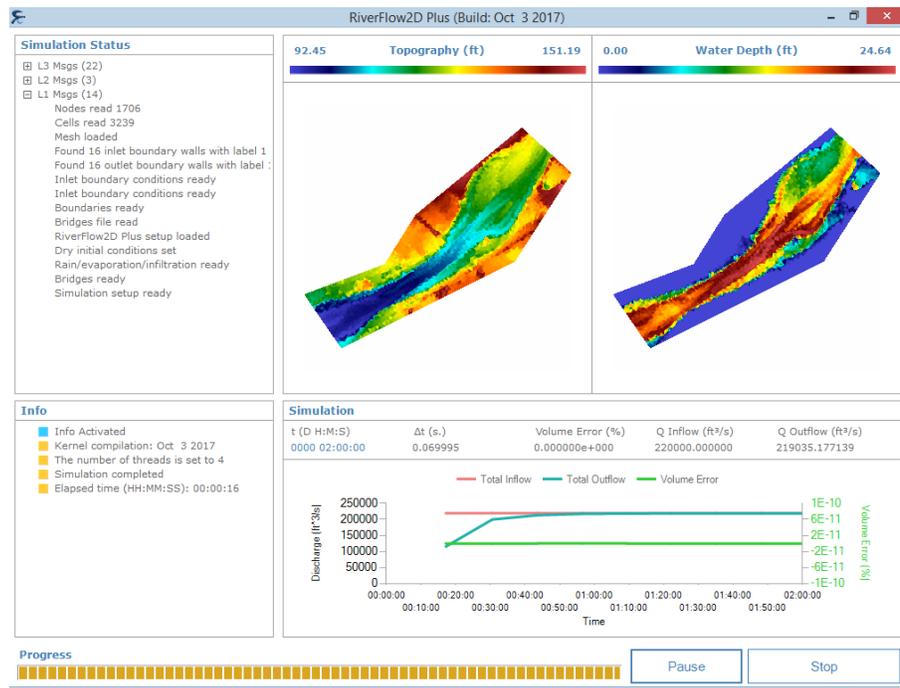


Figura 3.13 – Gráficos de salida de HydroBID Flood.

El modelo también reporta el hidrograma en la sección del puente. Este se encuentra en el archivo .BRIDGEH como se muestra en la figura 3.14.

```

=====
=====
                        RiverFlow2D
                        Build Apr 11 2019
=====
                TWO-DIMENSIONAL FINITE VOLUME RIVER DYNAMICS MODEL
                (C) COPYRIGHT 2009-2018 Hydronia, LLC.
                ALL RIGHTS RESERVED
                RUN DATE: 12/Apr/2019
=====

Hydrograph for bridges in cfs, time in hours

    Time          Bridge1
0.000000         0.000
0.002385         0.000
0.100000         0.000
0.200000    167458.624
0.300000    193509.056
0.400000    204219.632
0.500000    211604.297
0.600000    214603.543
0.700000    216401.046
0.800000    217273.535
0.900000    217646.590
1.000000    217936.200
1.100000    218088.732
1.200000    218165.809
1.300000    218207.101
1.400000    218228.820
1.500000    218239.789
1.600000    218244.150
1.700000    218247.920
1.800000    218249.237
1.900000    218249.603
2.000000    218250.306

```

Figura 3.14 – Archivo .BRIDGEH con el hidrograma de cada puente.

4 | Simulación de Alcantarillas

Este tutorial muestra cómo incorporar alcantarillas en un proyecto existente de HydroBID Flood usando la interfaz de QGIS. El problema consiste en un canal natural de un río atravesado por el terraplén de una carretera. Se debe usar una estructura de alcantarilla para conectar las partes aguas arriba y aguas abajo del canal dividido por el terraplén como se muestra en la siguiente figura:

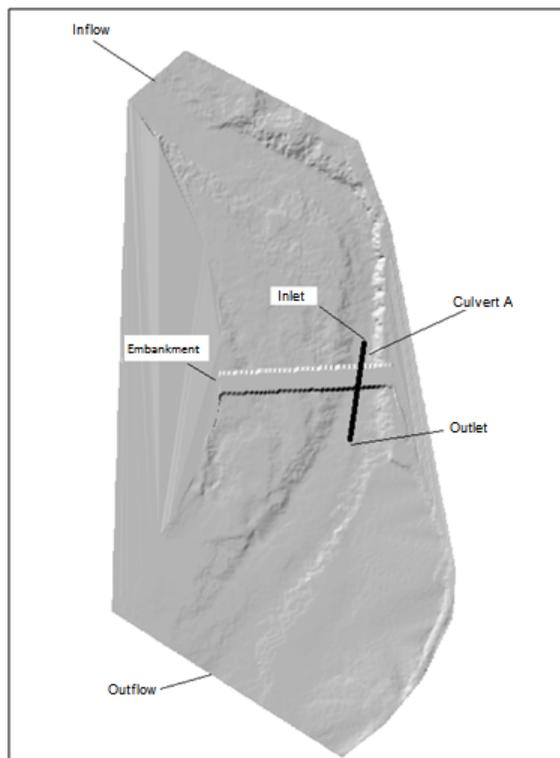


Figura 4.1 – Esquema de la alcantarilla.

El flujo entra desde aguas arriba con una descarga constante de 1000 pies³/s, y sale corriente abajo a lo largo de la sección indicada. El área está inicialmente seca. La alcantarilla tendrá una sección transversal circular con otras características resumidas en la siguiente Tabla (Alcantarilla A/Culv1). Los datos de Alcantarilla B se proporcionan en caso de que desee extender el tutorial agregando una segunda alcantarilla al proyecto.

Parámetro	Descripción	Alcantarrilla A (Culv1)	Alcantarrilla B
Nb	Número de barras idénticas	1	1
Ke	Coeficientes de pérdida a la entrada	0.5	0.7
n	Coeficiente n de Manning	0.015	0.015
Kp	Coeficiente de control a la entrada	0.3135	0.4
M	Coeficiente de control a la entrada	1.2804	2
Cp	Coeficiente de control a la entrada	2.0	1.1
Y	Coeficiente de control a la entrada	0.67	0.69
m	Coeficiente de control a la entrada	-0.5	-0.5
Dc	Diámetro (pies)	3	2
-	Elevación de la entrada	-9999	-9999
-	Elevación de la salida	-9999	-9999

Quando los las elevaciones de entrada o salida son iguales a -9999, el modelo considera las elevaciones iguales a las de las celdas de entrada o salida.

El procedimiento para integrar esta alcantarilla en una simulación de HydroBID Flood implica los siguientes pasos:

1. Abrir un proyecto HydroBID Flood existente.
2. Agregar una la capa del componente de Alcantarillas (*Culverts*)
3. Dibujar la línea que demarca el alineamiento de la alcantarilla
4. Introducir los datos o atributos de la alcantarilla creada
5. Exportar los archivos
6. Correr HydroBID Flood
7. Revisar los archivos de salida de la alcantarilla.

Nota: Los archivos necesarios para seguir este tutorial se pueden encontrar en el siguiente directorio:

... \Documents \RiverFlow2D_QGIS \ExampleProjects \CulvertTutorial

4.1 Abrir un proyecto existente

1. Inicie QGIS.
2. En el menú principal → *Proyecto* → *Abrir...* para cargar el proyecto existente: *CulvertTutorial.qgs*.

Este proyecto contiene las siguiente capas: *Domain Outline*, modelo digital de elevación (DEM) del cauce del río en formato ráster, polígono con el coeficiente de Manning y los polígonos con las condiciones de contorno en donde entrada del flujo se ubica arriba y la salida abajo. Las condiciones de contorno son un hidrograma con una descarga continua de 1000 pies cúbicos por segundo y condiciones de flujo libre aguas abajo.

Al abrir el proyecto se tendrá una imagen del proyecto cargado en QGIS como se muestra en la Figura 4.2.

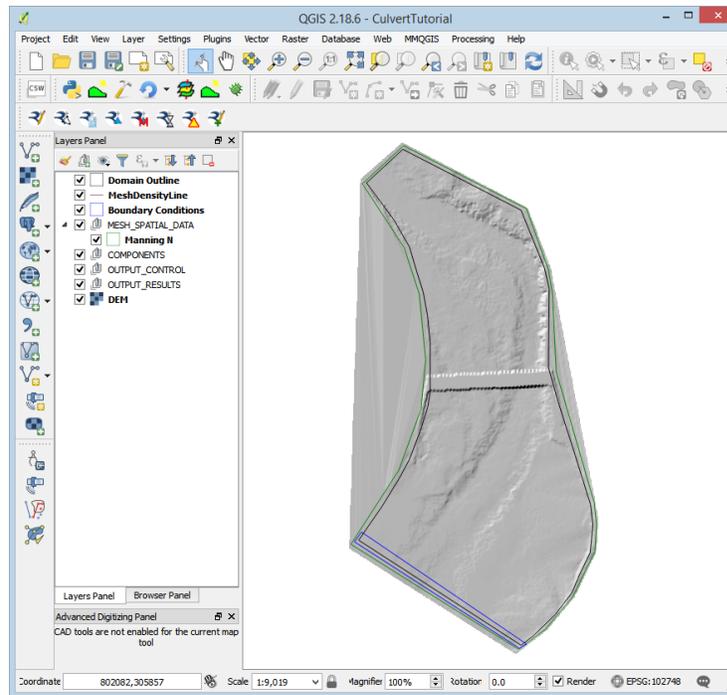


Figura 4.2 – Ejemplo del tutorial cargado en QGIS.

4.2 Agregar la capa de Alcantarillas (*Culverts*) y dibujar la Alcantarilla

Para agregar capa donde se dibuja la línea que señala el alineamiento de la alcantarilla se siguen los siguientes pasos:

1. Crear la capa *Culverts*: para esto se va al menú de botones de HydroBID Flood y se hace click en *Nueva plantilla de capa*



2. En la ventana del complemento activamos el checkBox *Alcantarillas*, como se muestra en la Figura:



Figura 4.3 – Complemento para agregar una nueva capa.

3. Editar la capa *Culverts*: En el panel de capas seleccionamos la capa de Alcantarillas (*Culverts*) y en la barra de digitalización hacemos click en el botón de la herramienta *Conmutar edición*.



Al hacer esto, en la capa *Culverts* aparecerá un icono de un lápiz que nos indica que la capa está en modo edición:



4. Dibujar la línea que representa el alineamiento de la alcantarilla: Usando la herramienta *Añadir objeto espacial* de barra de digitalización



se dibuja la línea que marca el alineamiento de la alcantarilla. Solo se requiere indicar dos vértices, (el inicial y final).

5. Hacer click con el botón derecho para finalizar el trazado y tendremos una imagen similar a la mostrada en la siguiente Figura:

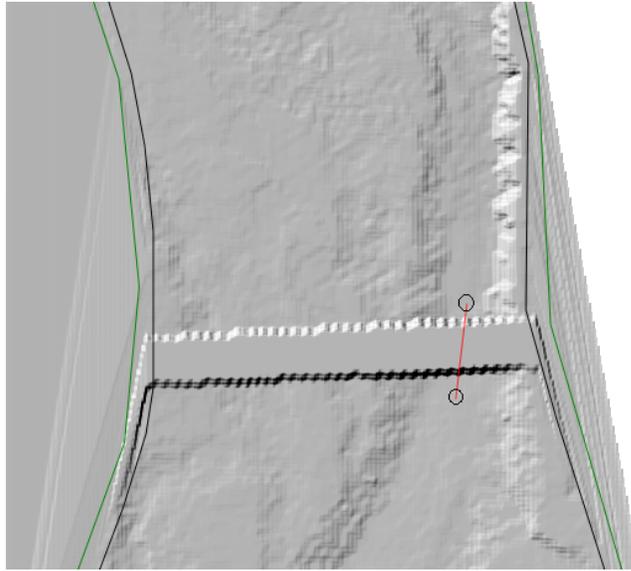


Figura 4.4 – Alineamiento de la alcantarilla.

6. Introducir los datos de la alcantarilla: Luego que se finaliza el trazado de la alcantarilla inmediatamente aparece la ventana para introducir los atributos de la misma. La ventana de diálogo contiene 4 pestañas, en la primera están los campos de los parámetros generales, dentro de los cuales tenemos:

- Nombre de Alcantarilla(ID): Alcantarilla1,
- Tipo de alcantarilla: Tipo 2 (Alcantarilla circular),
- Archivo de alcantarilla: Alcantarilla1.txt

El resto de los parámetros son coeficientes que corresponden a las ecuaciones de descarga en la alcantarilla. Para ayudar a la introducción de estos parámetros, la ventana presenta lista con valores predeterminados para diferentes tipos de alcantarillas, si alguno de los valores de los parámetros de lista no es el apropiado podemos optar por la opción donde el valor es definido por el usuario (*user defined*), la ventana de los parámetros de la alcantarilla debe ser similar a la que se muestra en la Figura 4.5.

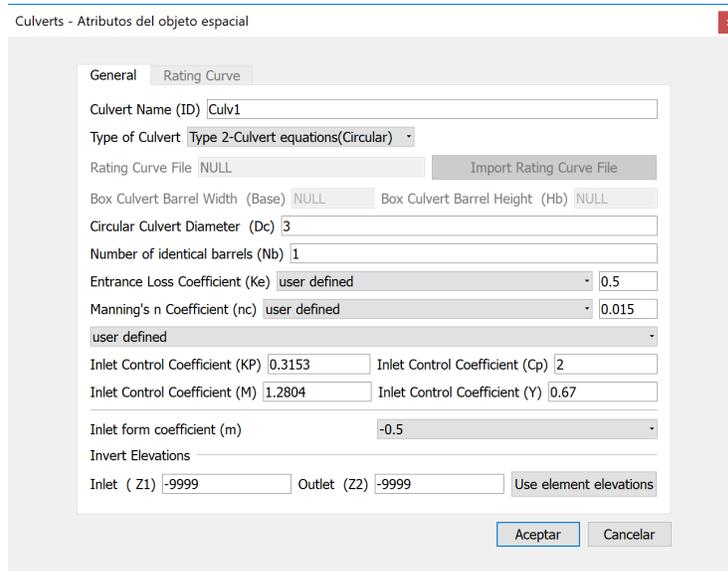


Figura 4.5 – Ventana para introducir los parámetros de la Alcantarilla.

7. Luego de introducir los valores se hace click al botón aceptar, guardamos los cambios en la capa usando la herramienta *guardar* de la barra de digitalización



y deshabilitamos el modo edición de la capa con el botón *Conmutar edición*



4.3 Generar la malla

Luego se genera la malla con el complemento *Generar la malla Trimesh*



y se obtiene la malla como se muestra en la Figura 4.6.

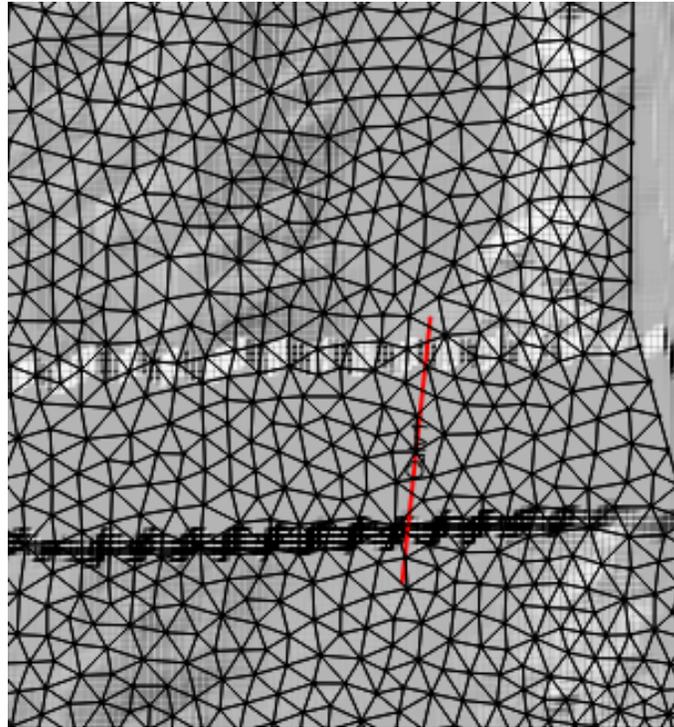


Figura 4.6 – La malla generada.

4.4 Exportar los archivos

Una vez completado el ingreso de datos y la generación de la malla, se deben exportar los archivos al formato requerido por HydroBID Flood como se explica a continuación:

1. Hacer click en el botón *Exportar a HydroBID Flood*. Al ejecutar el complemento se muestra una ventana.



2. Aquí debemos seleccionar la capa ráster que contiene el Modelo digital de elevación (DEM) y el nombre del proyecto a exportar, solo se debe indicar el nombre sin extensión alguna.
3. Antes de ejecutar el complemento active la capa con el DEM (si esta desactivada) y desactive la capa *MeshDensityLine*, ya que no tiene ningún elemento.

Una vez ejecutado el complemento se mostrará una ventana como se muestra en la Figura 4.7, tal como debe estar para nuestro ejemplo.



Figura 4.7 – Ventana del complemento para exportar los archivos.

4. Luego de introducir la información se le da click al botón Aceptar y comenzara el proceso de exportación.

Una vez finalice, se cargará el Hydronia Data Input Program con el archivo .DAT del ejemplo en específico.

4.5 Correr el Modelo

Después de exportar los archivos, se carga el Hydronia Data Input Program con el archivo de proyecto del ejemplo `culverts.DAT` donde muestra el panel de entrada de datos como se ilustra en la Figura 4.8.

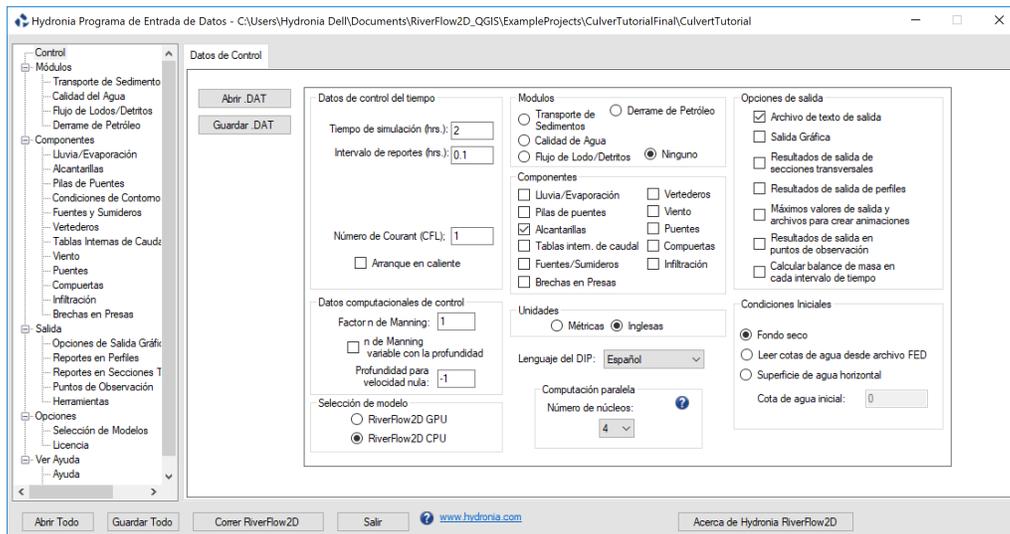


Figura 4.8 – Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.

Se puede observar que el Componente Alcantarillas aparece seleccionado. En la parte izquierda del panel de datos, en la lista de componentes seleccione *Alcantarillas* y aparecerá

el panel del componente de Alcantarillas (*Culverts*) en esta ventana se muestra el contenido del archivo de la alcantarilla introducida en QGIS (Figure 4.9).

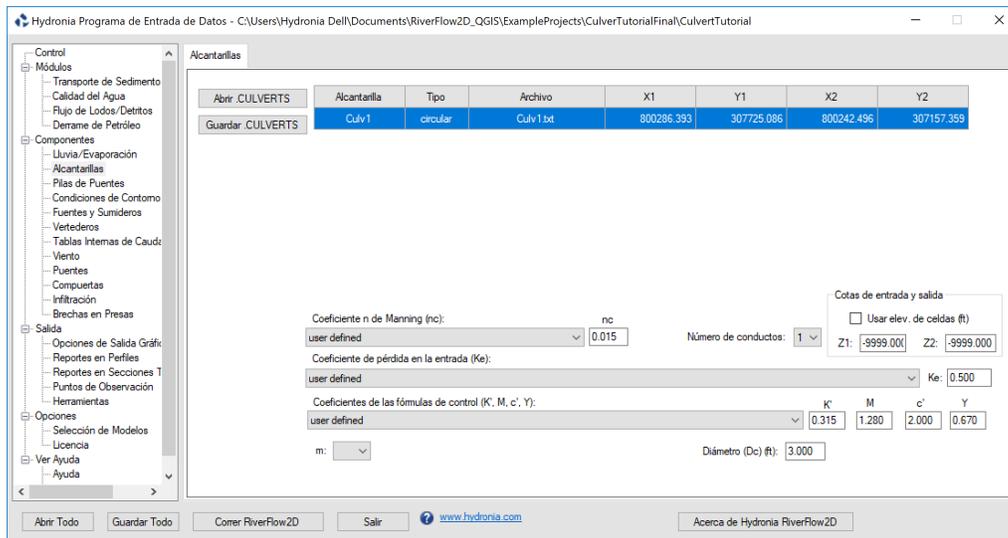


Figura 4.9 – Panel de datos del componente de Alcantarillas (*Culverts*).

Deje todos los demás parámetros en sus valores predeterminados.

Para ejecutar el modelo, haga click en el botón *Correr RiverFlow2D* en la sección inferior. Aparecerá una ventana que indica que el modelo comenzó a ejecutarse. La ventana también muestra el tiempo de simulación, el error de conservación de volumen, la descarga total de entrada y salida y otros parámetros a medida que avanza la ejecución (Figura 4.10).

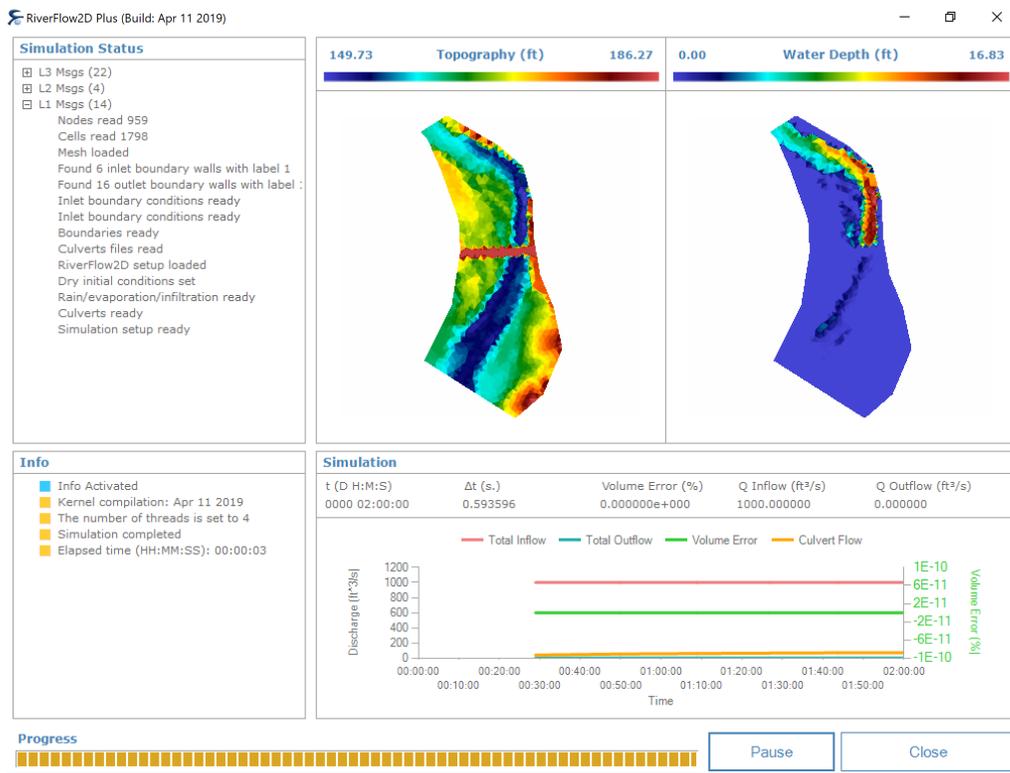


Figura 4.10 – Gráficos de salida de HydroBID Flood.

4.6 Revisar los archivos de salida de la Alcantarilla

Para cada alcantarilla, HydroBID Flood crea un archivo de salida llamado: *CULVERT_culvertID.OUT*, donde culvertID es el nombre (ID) ingresada cuando creamos las alcantarillas. Cada archivo contiene la serie de tiempo de caudal a través de la alcantarilla y las elevaciones de la superficie del agua a la entrada y a la salida. Para este tutorial, el archivo resultante es *CULVERT_Culv1.OUT*, cuyo contenido se muestra en la siguiente figura:

```

=====
                        RiverFlow2D
                        Build Apr 11 2019
=====
                TWO-DIMENSIONAL FINITE VOLUME RIVER DYNAMICS MODEL
                (C) COPYRIGHT 2009-2018 Hydronia, LLC.
                ALL RIGHTS RESERVED
                RUN DATE: 03/May/2019
=====

=====
Results for Culvert no.:                1 Culvert ID: Culv1
=====
Time          Qc          WSEL1          WSEL2
hrs.          ft3/s          ft.            ft.
0.10000      0.000          152.949        155.719
0.20000      0.000          152.949        155.719
0.30000      15.288         156.052        155.545
0.40000      31.933         157.899        155.685
0.50000      39.386         159.058        155.690
0.60000      44.228         159.962        155.716
0.70000      48.166         160.767        155.731
0.80000      51.503         161.495        155.737
0.90000      54.223         162.125        155.742
1.00000      56.392         162.649        155.746
1.10000      58.277         163.121        155.749
1.20000      60.047         163.578        155.751
1.30000      61.720         164.024        155.754
1.40000      63.313         164.459        155.757
1.50000      64.838         164.886        155.760
1.60000      66.260         165.294        155.763
1.70000      67.537         165.667        155.765
1.80000      68.611         165.987        155.768
1.90000      69.574         166.278        155.770
2.00000      70.479         166.556        155.772

```

Figura 4.11 – Archivo de salida de la alcantarilla Culv1.

5 | Simulación de Diques

Este tutorial muestra cómo incorporar un dique en un proyecto existente de HydroBID Flood usando el componente de Vertederos (*Weirs*). El caso consiste en modelar un dique lateral a lo largo de la margen derecha del canal natural de un río tal como se puede observar en la siguiente Figura donde se muestra en una línea roja el trazado del dique.

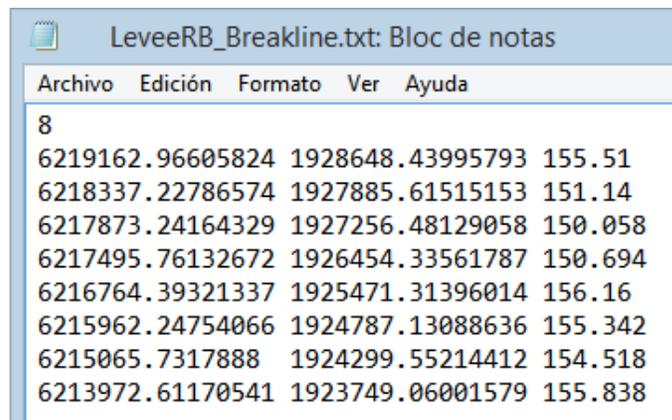


Figura 5.1 – Trazado del dique a modelar.

El procedimiento para incorporar el dique en una simulación de HydroBID Flood implica los siguientes pasos:

1. Abrir un proyecto de HydroBID Flood existente.
2. Agregar una la capa del componente Vertederos (*Weirs*)
3. Dibujar la línea que demarca el alineamiento del dique

- Las n líneas sucesivas contendrá tres columnas con las coordenadas X,Y.
- La elevación de la cresta del dique separadas por espacio como se muestra en la Figura 5.3.



```
8
6219162.96605824 1928648.43995793 155.51
6218337.22786574 1927885.61515153 151.14
6217873.24164329 1927256.48129058 150.058
6217495.76132672 1926454.33561787 150.694
6216764.39321337 1925471.31396014 156.16
6215962.24754066 1924787.13088636 155.342
6215065.7317888 1924299.55214412 154.518
6213972.61170541 1923749.06001579 155.838
```

Figura 5.3 – Archivo de texto con la información del alineamiento del dique.

Para agregar la capa de diques se siguen los siguientes pasos:

1. Crear la capa Diques (*Weirs*): para esto se va al menú de botones del complemento HydroBID Flood y se hace click con el ratón sobre el botón *Nueva plantilla de capa*



2. En la ventana del complemento activamos el checkBox *Diques*, como se muestra en la Figura:

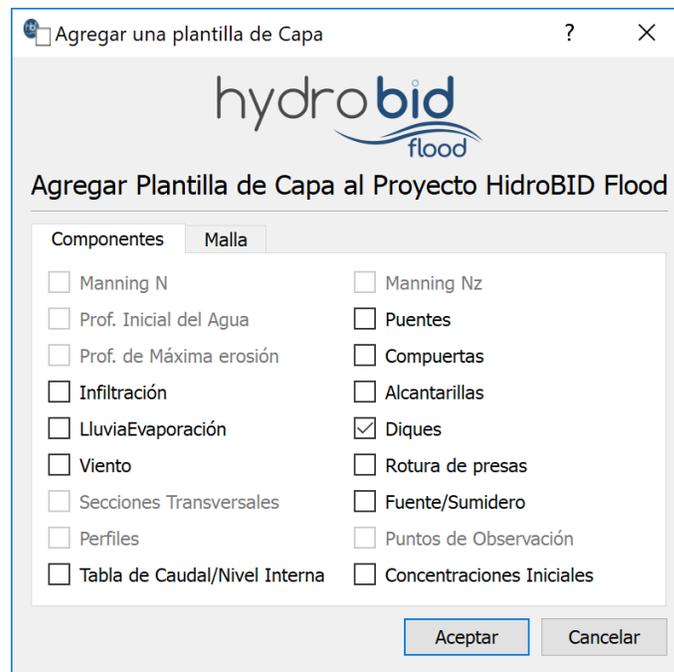


Figura 5.4 – Complemento para agregar una nueva capa.

3. Editar la capa *Weirs*: En el panel de capas seleccionamos la capa *Weirs* y en la barra de digitalización hacemos click con el ratón sobre el botón de la herramienta *Conmutar edición*



Al hacer esto, en la capa de *Weirs* aparecerá un icono de un lápiz que nos indica que la capa está en modo edición:



4. Dibujar la línea que representa el dique: Usando la herramienta *Añadir objeto espacial* de la barra de digitalización



se dibuja una la línea en cualquier parte en el área de mapa (basta con marcar dos vértices o nodos, esta línea luego será sustituida por las coordenadas del archivo que se importará).

5. Después se hace click con el botón derecho para finalizar el trazado e inmediatamente se abrirá la ventana para ingresar los parámetros del dique.
6. Introducir los parámetros del dique: la ventana para introducir los atributos del dique contiene 2 pestañas, en la primera están los campos de los parámetros generales, dentro de los cuales tenemos:

- Nombre Dique (ID): Dique1
- Coeficiente de descarga: 3.2
- Elevación de la cresta para todo el dique: como se importara un archivo con esta información este campo se dejará vacío
- Tamaño Elemento: 150
- Archivo de Vertedero: se hace click en el botón[...] y se busca en la carpeta de trabajo el archivo `LeveeRB_Breakline.txt`

La ventana de los parámetros del dique deberá quedar como la imagen que se muestra a continuación:

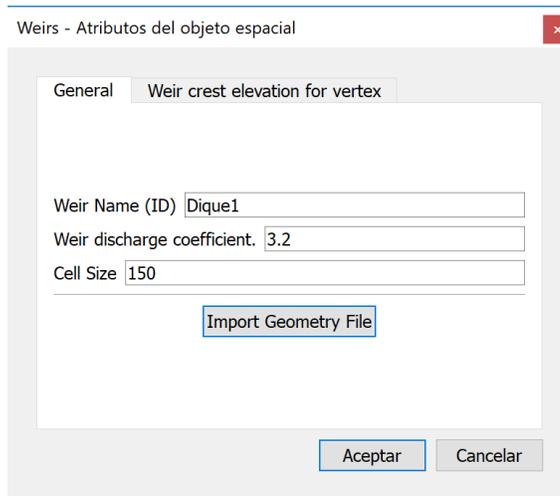


Figura 5.5 – Ventana para introducir los parámetros del dique.

En la segunda pestaña *Elevación de la cresta del dique por vértice* podremos ver que se ha cargado la información del archivo `LeveeRB_Breakline.txt` tal como se muestra en la siguiente Figura:

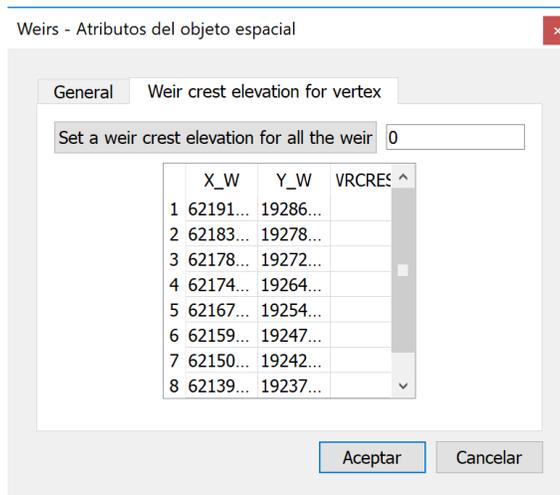


Figura 5.6 – Ventana para los datos de la geometría del dique.

7. Luego se hace click al botón *Aceptar*
8. Guardamos los cambios en la capa usando la herramienta *Guardar* de la barra de digitalización



9. Deshabilitamos el modo edición de la capa con el botón *Conmutar edición*



Tendremos en pantalla una imagen similar a la mostrada abajo donde se puede observar el trazado del dique:

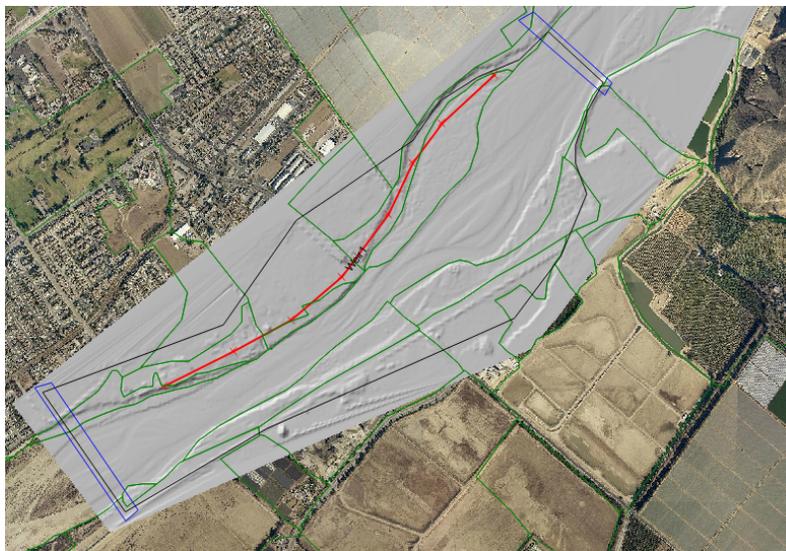


Figura 5.7 – Alineamiento del dique cargado desde el archivo.

5.3 Generar la malla

Luego se genera la malla con el complemento *Generar la malla TriMesh*



y se obtiene la malla como se muestra en la Figura 5.8.



Figura 5.8 – La malla generada.

5.4 Exportar los archivos a HydroBID Flood

Una vez completado el ingreso de datos y la generación de la malla, se deben exportar los archivos al formato requerido por HydroBID Flood como se explica a continuación:

1. Haga click en el botón *Exportar a HydroBID Flood*.



2. Al ejecutar el complemento se muestra una ventana, aquí debemos seleccionar la capa ráster que contiene el Modelo digital de elevación (DEM) y el nombre del proyecto a exportar, solo se debe indicar el nombre sin extensión alguna.
3. Antes de ejecutar el complemento, active la capa con el DEM (si esta desactivada) y desactive la capa *MeshDensityLine*, ya que no tiene ningún elemento.

Una vez ejecutado el complemento se mostrará una ventana como se muestra en la Figura 5.9, tal como debe estar para nuestro ejemplo.



Figura 5.9 – Ventana del complemento para exportar los archivos a HydroBID Flood.

- Después de introducir la información se le da click al botón *Aceptar* y comenzará el proceso de exportación.

Una vez finalice, se cargara el programa HydroBID Flood con el archivo .DAT del ejemplo en específico.

5.5 Correr el Modelo

Luego de exportar los archivos, se abre el Hydronia Data Input Program con el archivo de proyecto del ejemplo *weirs.DAT* y muestra el panel de entrada de datos al mismo como se ilustra en la Figura 5.10

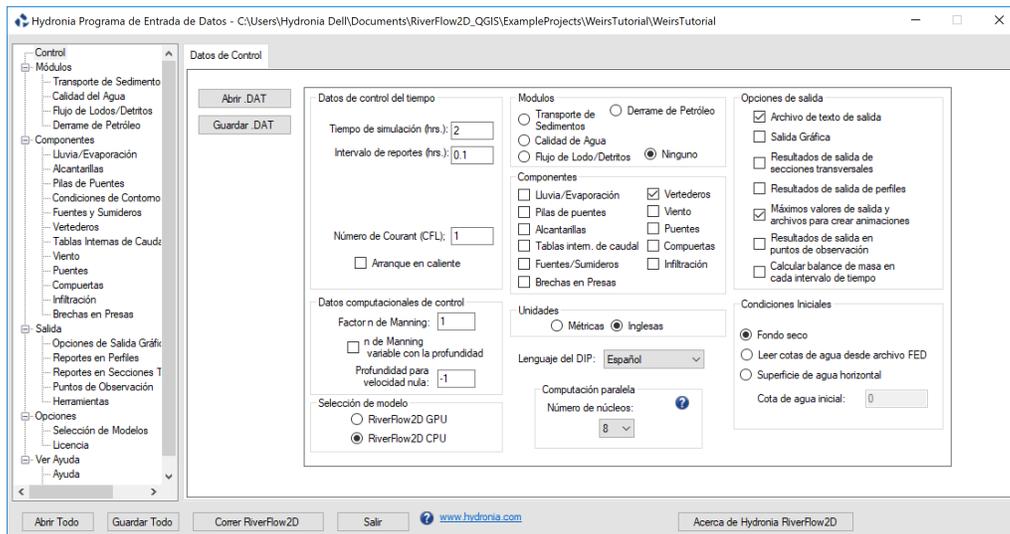
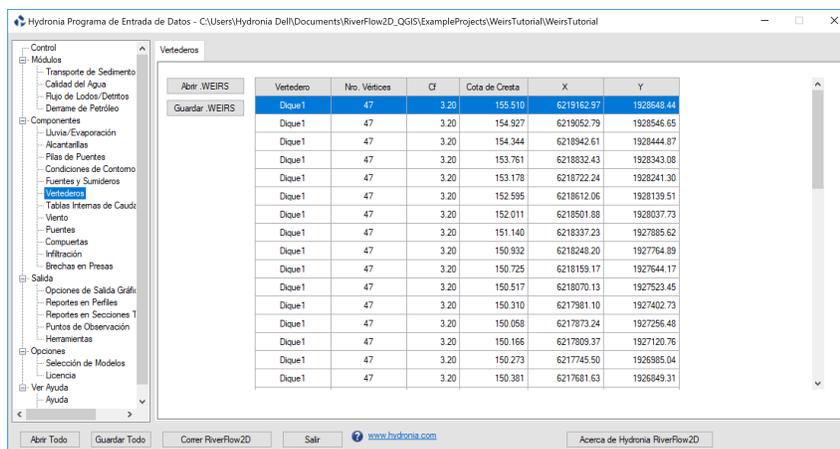


Figura 5.10 – Panel de entrada de datos del Hydronia Data Input Program.

Se puede observar que el Componente *Vertederos* aparece seleccionado en el panel de datos.

1. En la parte izquierda de la ventana, en la lista de componentes, seleccione *Vertederos* y aparecerá el panel del componente donde se presenta el contenido del archivo generado por QGIS (Figura 5.11).



Vertedero	No. Vértices	Cf	Cota de Cresta	X	Y
Dique 1	47	3.20	155.510	6219162.97	1928548.44
Dique 1	47	3.20	154.927	6219052.79	1928546.65
Dique 1	47	3.20	154.344	6218942.61	1928444.87
Dique 1	47	3.20	153.761	6218832.43	1928343.08
Dique 1	47	3.20	153.178	6218722.24	1928241.30
Dique 1	47	3.20	152.595	6218612.06	1928139.51
Dique 1	47	3.20	152.011	6218501.88	1928037.73
Dique 1	47	3.20	151.428	6218391.70	1927935.95
Dique 1	47	3.20	150.845	6218281.52	1927834.17
Dique 1	47	3.20	150.262	6218171.34	1927732.39
Dique 1	47	3.20	150.000	6218100.00	1927644.17
Dique 1	47	3.20	150.517	6218070.13	1927523.45
Dique 1	47	3.20	150.310	6217981.10	1927402.73
Dique 1	47	3.20	150.058	6217873.24	1927256.48
Dique 1	47	3.20	150.166	6217809.37	1927120.76
Dique 1	47	3.20	150.273	6217745.50	1926985.04
Dique 1	47	3.20	150.381	6217681.63	1926849.31

Figura 5.11 – Panel de datos del componente *Vertederos*.

2. Deje todos los demás parámetros en sus valores predeterminados.
3. Para ejecutar el modelo, haga click en el botón Ejecutar HydroBID Flood en la sección inferior del Programa de ingreso de datos. Aparecerá una ventana que indica que el modelo comenzó a ejecutarse. La ventana también muestra el tiempo de simulación, el error de conservación de volumen, la descarga total de entrada y salida y otros parámetros a medida que avanza la ejecución (Figure 5.12).

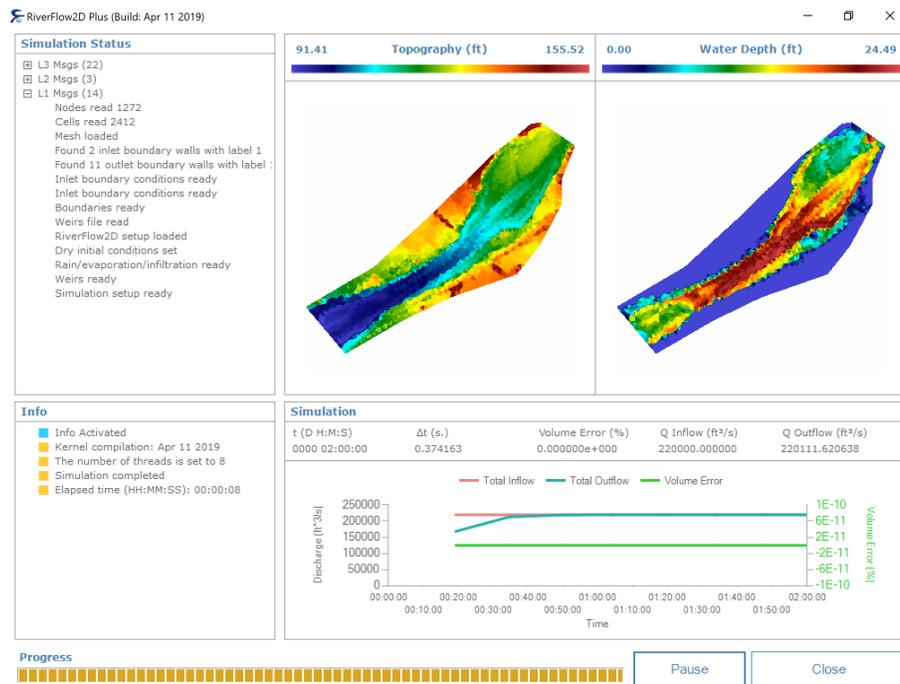


Figura 5.12 – Gráficos de salida del HydroBID Flood.

5.6 Revisar los archivos de salida del dique

El programa HydroBID Flood crea un archivo de salida con el nombre del proyecto y la extensión .WEIRI para unidades métricas y .WEIRE para unidades inglesas. El archivo contiene la información por series de tiempo, los datos contenidos en el archivo son los siguientes:

- EDGE: son los segmentos en que se divide el dique y viene dado por la longitud de los elementos en contacto con el dique,
- N1 and N2: son los números que identifican a los elementos que comparten el segmento EDGE en el dique,
- WSE1 and WSE2: son las elevaciones de la superficie del agua en los elementos indicados por N1 y N2,
- D1 and D2: son las profundidades del flujo en los elementos indicados por N1 y N2,
- Distance: es la longitud del segmento EDGE y
- Q: es la descarga que pasa por el segmento EDGE.

Para este tutorial, se puede revisar el archivo `WeirsTutorial.WEIRE` cuyo contenido parcial se muestra en la siguiente Figura 5.3.

```

=====
=====
RiverFlow2D
Build Apr 11 2019
=====
TWO-DIMENSIONAL FINITE VOLUME RIVER DYNAMICS MODEL
(C) COPYRIGHT 2009-2018 Hydronia, LLC.
ALL RIGHTS RESERVED
RUN DATE: 03/May/2019
=====
=====

WEIR RESULTS IN ENGLISH UNITS

TIME: 0000 days,00 hours,03 min.,00 secs.

WEIR NO.: 1 WEIR ID: Dique1

EDGE      N1      N2      WSE1      WSE2      D1      D2      Distance      Q
          (ft)    (ft)    (ft)    (ft)    (ft)    (ft)    (ft)    (ft3/s)
1         1757     156     125.94    125.76    0.00    0.00    150.00    0.00
2         1707     2048    126.41    122.16    0.00    0.00    150.00    0.00
3         1483     1189    121.28    125.25    0.00    0.00    150.00    0.00
4         1071     163     124.41    124.56    0.00    0.00    150.00    0.00
5          224     821     122.11    123.03    0.00    0.00    150.00    0.00
6         1593     1130    123.22    123.14    0.00    0.00    150.00    0.00
7         1974     904     123.22    121.30    0.00    0.00    112.08    0.00
8           46    1861    120.05    120.48    0.00    0.00    112.08    0.00
9         1261     1215    119.93    119.54    0.00    0.00    150.00    0.00
10        1658     399     116.88    120.88    0.00    0.00    150.00    0.00
11        1981     746     116.52    119.54    0.00    0.00    150.00    0.00
12        1104     1188    118.75    117.06    0.00    0.00    150.00    0.00
13         631     794     119.18    118.49    0.00    0.00    181.72    0.00
14        1793     780     119.67    121.52    0.00    0.00    150.00    0.00
15         630     1300    130.55    120.54    0.00    0.00    150.00    0.00
16        1290     483     121.29    120.58    0.00    0.00    150.00    0.00
17        1995     1444    117.82    119.09    0.00    0.00    150.00    0.00
18        1437     284     121.21    117.15    0.00    0.00    143.26    0.00
19        1172     1632    124.23    118.26    0.00    0.00    143.26    0.00
20         69     1964    120.39    117.97    0.00    0.00    150.00    0.00
21         803     710     128.95    116.36    0.00    0.00    150.00    0.00
22        1477     884     134.02    120.61    0.00    0.00    150.00    0.00
23        1236     1978    129.27    124.72    0.00    0.00    150.00    0.00
24        2054     138     128.62    125.65    0.00    0.00    150.00    0.00
25         764     1190    123.35    119.27    0.00    0.00    150.00    0.00
26        1505     101     124.68    121.87    0.00    0.00    150.00    0.00
27        1008     554     126.77    127.31    0.00    0.00    175.25    0.00
28         174     1939    125.94    125.03    0.00    0.00    150.00    0.00
29        1976     240     126.16    125.88    0.00    0.00    150.00    0.00
30         191     1063    126.69    125.33    0.00    0.00    150.00    0.00
31        1512     2062    129.73    128.99    0.00    0.00    150.00    0.00
32        1497     1077    130.27    123.30    0.00    0.00    150.00    0.00

```

Figura 5.13 – Extracto del archivo de salida de la Dique1.

6 | Simulaciones hidrológicas

El modelo conceptual de una simulación hidrológica con HydroBID Flood requiere una serie de polígonos no superpuestos que organizan espacialmente la entrada de los datos de lluvia/evaporación y de infiltración para el modelo. Solo las áreas cubiertas por polígonos recibirán lluvia o considerarán la infiltración según el caso. Cada polígono de Precipitación/Evaporación debe asociarse con un archivo que contiene las series temporales de lluvia y evaporación. De forma similar, cada polígono de infiltración debe corresponderse con un archivo que contenga el método de cálculo de infiltración y sus parámetros para el polígono. El usuario deberá generar estos datos de lluvia y de infiltración asociados con cada polígono y copiarlos en la carpeta del proyecto antes de ejecutar el modelo.

Este tutorial ilustra cómo realizar una simulación hidrológica para la precipitación, evaporación e infiltración con la interfaz QGIS. El procedimiento incluye los siguientes pasos:

1. Crear los archivos de datos de series temporales de lluvia y evaporación.
2. Crear los archivos de datos de entrada de infiltración.
3. Abrir un proyecto HydroBID Flood existente.
4. Agregar la capa del componente *RainEvap* y los polígonos de lluvia / evaporación.
5. Agregar la capa del componente *Infiltration* y los polígonos de Infiltración.
6. Generar la malla.
7. Correr el modelo.
8. Visualizar los resultados del modelo.

Nota: Los archivos necesarios para seguir este tutorial se pueden encontrar en el siguiente directorio:

```
...\Documents\RiverFlow2D_QGIS\ExampleProjects\RainfallInfiltrationTutorial
```

6.1 Crear el archivo de datos de series de tiempo de precipitación y evaporación

Para correr una simulación hidrológica con HydroBID Flood, se crearán polígonos a los que se asociarán los archivos de datos de lluvia/evaporación. Estos archivos de formato ASCII se pueden crear con cualquier editor de texto y contienen las series de tiempo de intensidad de lluvia y evaporación que se asignarán a cada polígono. El archivo de lluvia/evaporación tiene el siguiente formato:

Línea 1: NP: Número de puntos en la serie temporal de lluvia y evaporación.

Luego NP líneas que contienen:

Tiempo (hr) Intensidad de la lluvia (mm/h o in/h) Evaporación (mm/h o in/h)

La siguiente tabla presenta el contenido del archivo Rainfall1.DAT que se incluye en la carpeta de este tutorial.

18		
0.00	0.0	0.0
0.08	1.8	0.0
0.17	3.5	0.0
0.25	7.8	0.0
0.33	12.0	0.0
0.42	15.0	0.0
0.50	30.0	0.0
0.58	56.4	0.0
0.67	139.2	0.0
0.75	222.0	0.0
0.83	82.8	0.0
0.92	40.0	0.0
1.00	15.0	0.0
1.08	12.0	0.0
1.17	9.0	0.0
1.25	4.7	0.0
1.33	3.0	0.0
1.42	2.4	0.0

En este ejemplo, se supone que la evaporación es cero todo el tiempo. La Figura 6.1 muestra la representación gráfica de la serie de tiempo de lluvia en el archivo Rainfall1.DAT.

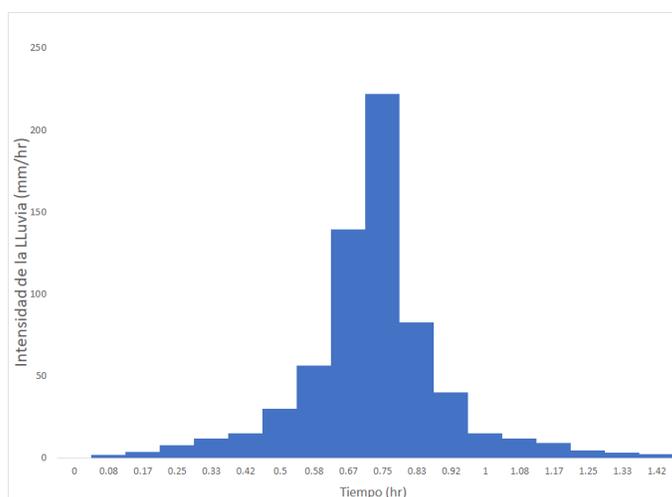


Figura 6.1 – Serie de tiempo de intensidad de lluvia.

6.2 Crear el archivo de datos de los parámetros de infiltración

Para tener en cuenta en la infiltración, se crearán polígonos a los que se asociarán archivos que contienen los datos del método de cálculo de infiltración y sus datos correspondientes. Cada polígono puede usar un método diferente con sus parámetros asociados. El archivo de infiltración se describe en detalle en el Manual de referencia de HydroBID Flood. Para este tutorial, dado que la cuenca presenta una zona con cobertura natural en la parte alta y otra con uso urbano en la parte baja, utilizaremos un archivos de infiltración diferente para cada una de estas zona. En ambos casos se utilizará el método del número de curva CN del SCS para calcular la infiltración. Para zona de la cuenca con cobertura natural asociaremos el e el archivo *Infiltration1.dat* y para la zona baja urbanizada, el archivo *Infiltration2.dat*. Estos dos archivos se encuentran en la carpeta de este tutorial.

6.3 Abrir un proyecto existente

1. Inicie QGIS
2. En el menú principal → *Proyecto* → *Abrir...* para cargar el proyecto existente: *RainfallInfiltrationTutorial.qgs*.

Este proyecto contiene la información de la cuenca hidrológica donde va transitar un hidrograma de una lluvia de período de retorno $TR = 10$ años. Las capas contenidas son las siguientes:

- Contorno de dominio (*Domain Outline*)
- Modelo digital de elevación (DEM) de la cuenca en formato ráster
- Fotografía aérea
- Polígonos con los coeficientes de Manning
- Sección transversal donde se quiere conocer el hidrograma de salida
- Condición de contorno con salida libre aguas abajo

Al abrir el proyecto se tendrá una imagen del proyecto cargado en QGIS como se muestra en la Figura 6-2.

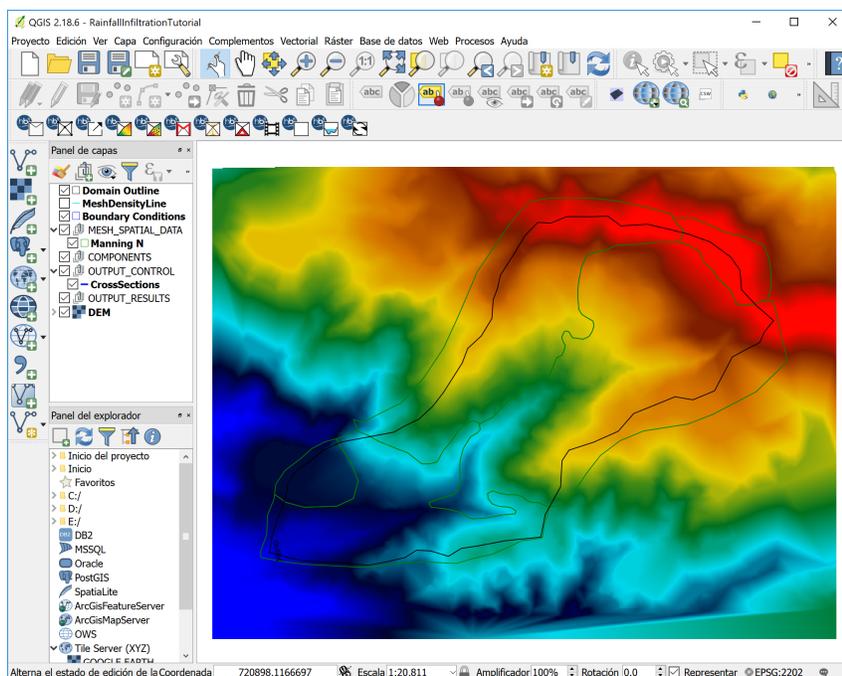


Figura 6.2 – Ejemplo del tutorial cargado en QGIS.

6.4 Agregar la capa del componente RainEvap y los polígonos de lluvia/evaporación

Para agregar la capa donde se dibujan los polígonos con la información de lluvia/evaporación se siguen los siguientes pasos:

1. Crear la capa LluviaEvaporación (*RainEvap*): para esto se hace click con el ratón sobre el botón *Nueva plantilla de capa* en menú de botones del complemento HydroBID Flood



2. En la ventana del complemento activamos el checkBox *Lluvia/Evaporación*, como se muestra en la Figura abajo:



Figura 6.3 – Complemento para agregar una nueva capa.

3. Editar la capa Lluvia/Evaporación (*RainEvap*): En el panel de capas se selecciona la capa *RainEvap* y en la barra de digitalización se hace click con el ratón sobre el botón de la herramienta *Conmutar edición*



Al hacer esto, en la capa de *RainEvap* aparecerá un icono de un lápiz que nos indica que la capa está en modo edición:



4. Dibujar el polígono que demarca la distribución espacial de la lluvia y evaporación: Usando la herramienta *Añadir objeto espacial* de la barra de digitalización



se dibuja el polígono de lluvia/evaporación. En este ejemplo, se asignará una lluvia a toda la cuenca, por lo que se dibujará un polígono que cubra todo el *Domain Outline* tal como se muestra en la figura 6.4:

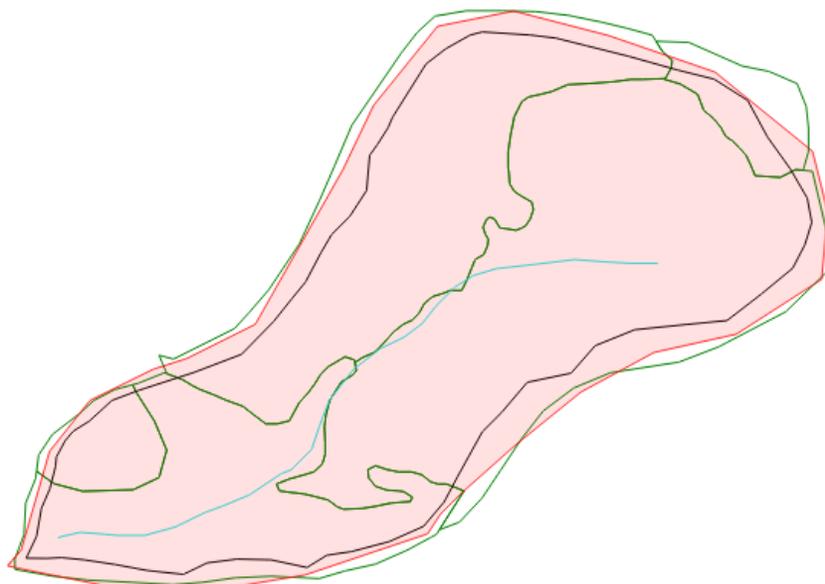


Figura 6.4 – Polígono con la distribución espacial de los datos de Lluvia/evaporación.

5. Introducir los parámetros o atributos del polígono de Lluvia/evaporación (*RainEvap*): inmediatamente después que se termina de dibujar el polígono, se hace click en el botón derecho del ratón y se abrirá la ventana para ingresar los parámetros. En el diálogo, haciendo click en el botón [...] se busca el archivo `Rainfall.DAT` en la carpeta de este tutorial.

6.5 Agregarla capa del componente Infiltración y los polígonos de Infiltración

Para agregar la capa donde se dibujan los polígonos con la información de infiltración se siguen los siguientes pasos:

1. Crear la capa Infiltración (*Infiltration*): para esto se hace click sobre el botón *Nueva plantilla de capa*



2. En la ventana del complemento activamos el checkbox *Infiltración*, como se muestra en la Figura:



Figura 6.5 – Complemento para agregar una nueva capa.

3. Editar la capa Infiltration(Infiltración): En el panel de capas se selecciona la capa Infiltration (Infiltración) y en la barra de digitalización se hace click en el botón de la herramienta *Conmutar edición*



Al hacer esto, en la capa de Infiltración (*Infiltration*) aparecerá un icono de un lápiz que nos indica que la capa está en modo edición:



4. Dibujar el polígono que demarca la distribución espacial de la infiltración: Usando la herramienta *Añadir objeto espacial* de la barra de digitalización se dibujan los polígonos de infiltración



En la Figura 6.6 se muestran los polígonos que definen las dos zonas de infiltración de la cuenca que están en función del uso y cobertura vegetal.

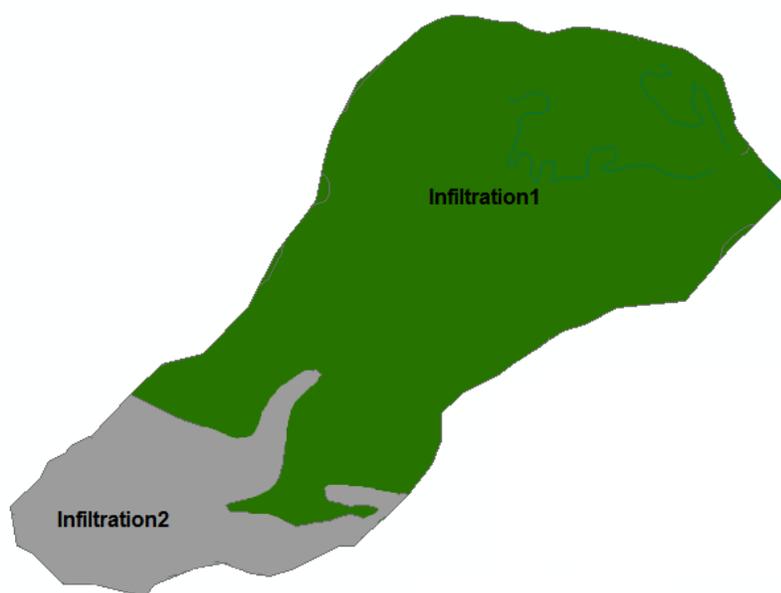


Figura 6.6 – Zonas de infiltración de la cuenca.

5. Se dibuja un polígono para la zona de infiltración2 tratando de mantener la forma como se indica en la figura anterior y que sobresalga del polígono del *Domain Outline* tal como se muestra en la figura abajo

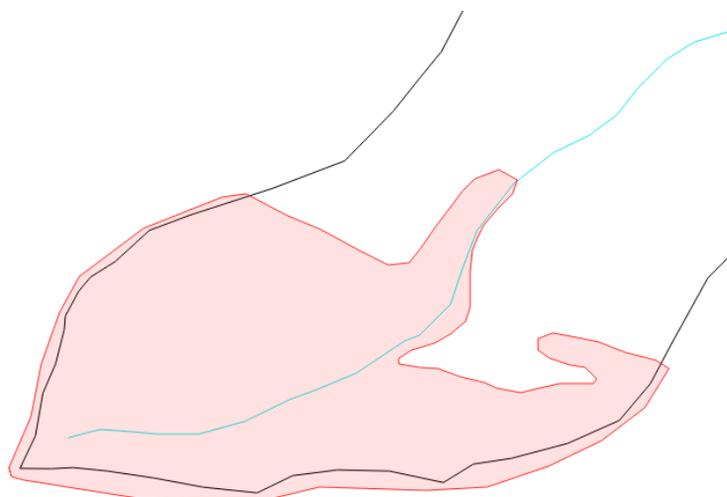


Figura 6.7 – Polígono de la zona de infiltración2 de la cuenca.

6. Una vez que se termina de dibujar el polígono, se hace click en el botón derecho del ratón y se abre la ventana para introducir los parámetros del polígono. En el diálogo se hace click en [...] y busca el archivo *Infiltration2.txt*, como se muestra a continuación:

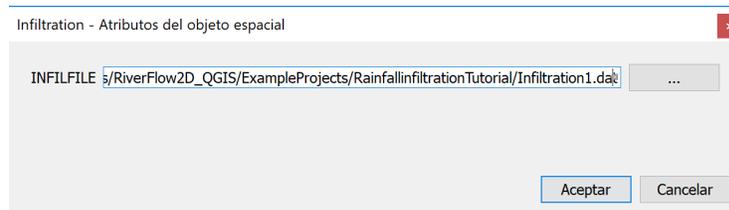


Figura 6.8 – Ventana para introducir los parámetros del polígono de infiltración2.

7. Luego para la dibujar el segundo polígono correspondiente a infiltración2 se puede utilizar la opción de autoensamblado tal como se muestra en la sección del Tutorial de digitalización avanzada/Autoensamblado. En ese caso queda un polígono como el que se muestra en la siguiente figura:

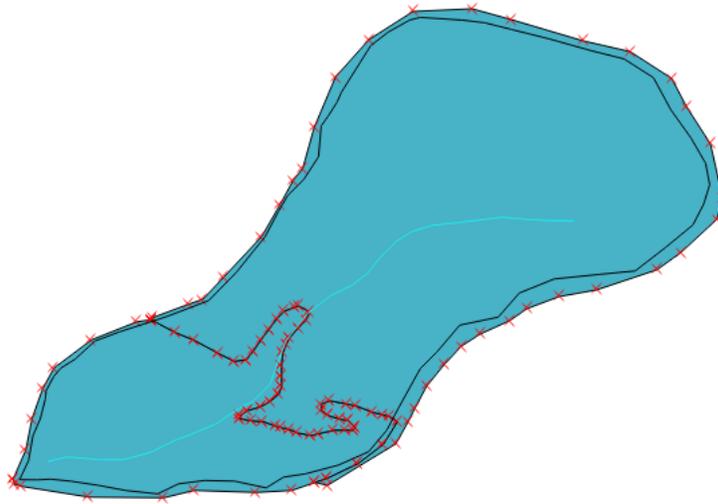


Figura 6.9 – Polígonos de la zonas de infiltración de la cuenca.

8. Al finalizar de dibujar el polígono se introduce la ruta del archivo `Infiltration1.txt` como parámetro, como se puede observar en la siguiente figura:

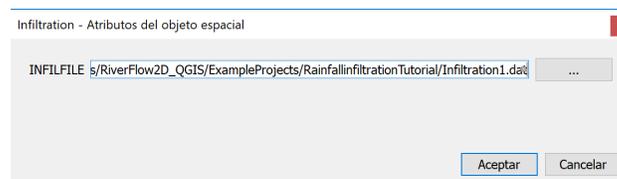


Figura 6.10 – Ventana para introducir los parámetros del polígono de infiltración1.

6.6 Generar la malla

Luego se genera la malla con el complemento *Generar la malla Trimesh*



y se obtiene la malla de casi 140 mil elementos, como se muestra en la Figura 6.11.

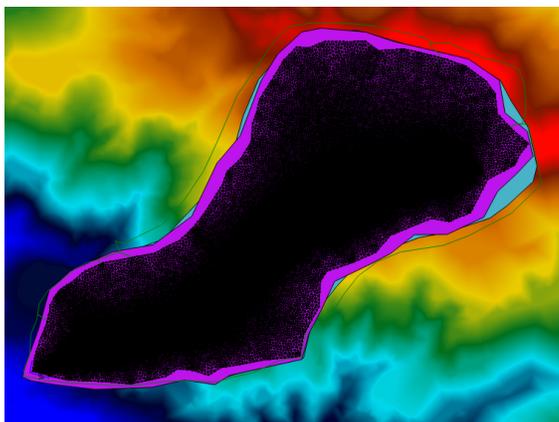


Figura 6.11 – La malla generada.

6.7 Exportar los archivos al HydroBID Flood

Una vez completado el ingreso de datos y la generación de la malla, se deben exportar los archivos al formato requerido por HydroBID Flood como se explica a continuación:

1. Haga click en el botón *Exportar a HydroBID Flood*.



2. Al ejecutar el complemento se muestra una ventana, debemos seleccionar la capa ráster que contiene el Modelo digital de elevación (DEM) y el nombre del proyecto a exportar, solo se debe indicar el nombre sin extensión alguna.
3. Antes de ejecutar el complemento active la capa con el DEM (si esta desactivada).

Una vez ejecutado el complemento se mostrará una ventana como se indica en la Figura 6.12, tal como debe estar para nuestro ejemplo.



Figura 6.12 – Ventana del complemento para exportar los archivos a HydroBID Flood.

4. Luego de introducir la información se le da click al botón Aceptar y comenzará el proceso de exportación.

Una vez finalizada la exportación, se cargará el programa HydroBID Flood con el archivo RainfallInfiltration.DAT del ejemplo en específico.

6.8 Correr el Modelo

Luego de exportar los archivos, se carga el programa HydroBID Flood con el archivo de proyecto del ejemplo RainfallInfiltration.DAT. y se muestra el panel de entrada de datos al mismo como se ilustra en la Figura 6.13

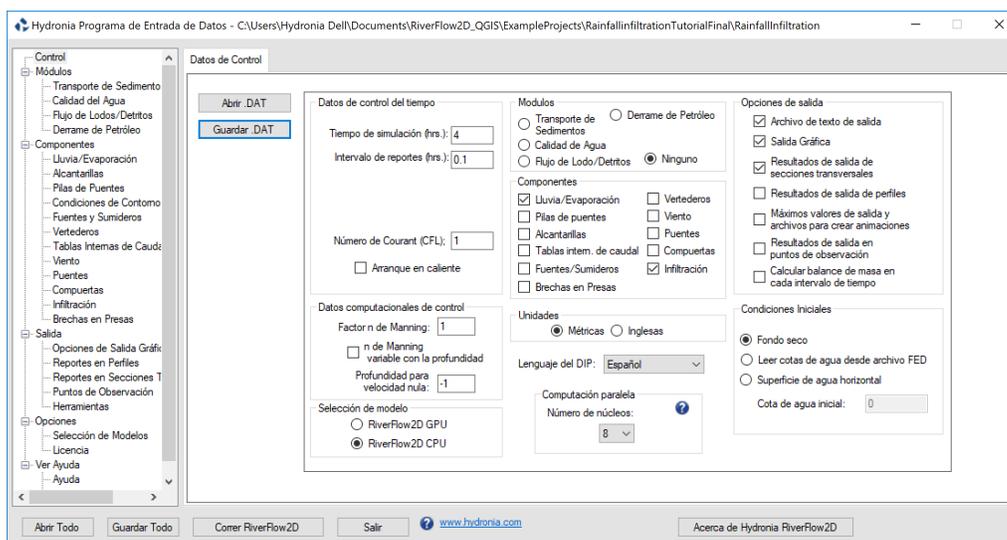


Figura 6.13 – Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.

Se puede observar que los componentes *LLuvia/Evaporación* e *Infiltración* aparecen seleccionados en el panel de datos.

1. En la parte izquierda de la ventana, en la lista de componentes, seleccione *LLuvia/Evap-*

oración y se activará el panel del componente *Lluvia/Evaporación* con los datos del histograma contenido en el archivo *Rainfall11.TXT* (Figura 6.14). En el panel *Infiltración* se muestra la información contenida en los archivos *Infiltration1.dat* y *Infiltration2.dat* (Figura 6.15).

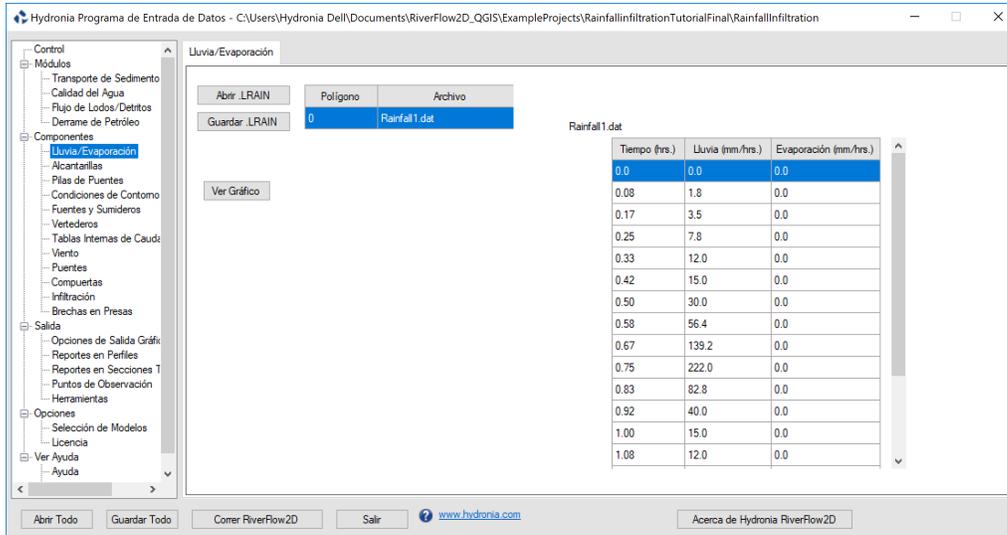


Figura 6.14 – Panel de datos del componente Lluvia/Evaporación (*Rainfall/Evaporation*).

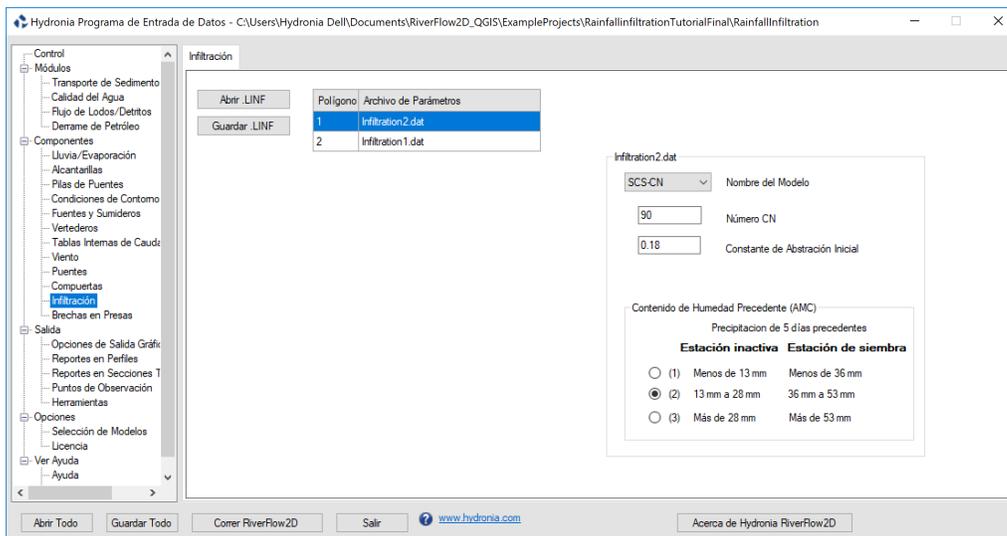


Figura 6.15 – Panel de datos del componente Infiltración (*Infiltration*).

2. Deje todos los demás parámetros en sus valores predeterminados.
3. Para ejecutar el modelo, haga click en el botón Ejecutar HydroBID Flood en la sección inferior del Programa de ingreso de datos. Aparecerá una ventana que indica que el modelo comenzó a ejecutarse. La ventana también muestra el tiempo de simulación, el error de conservación de volumen, la descarga total de entrada y salida y otros parámetros a medida que avanza la ejecución (Figura 6.16).

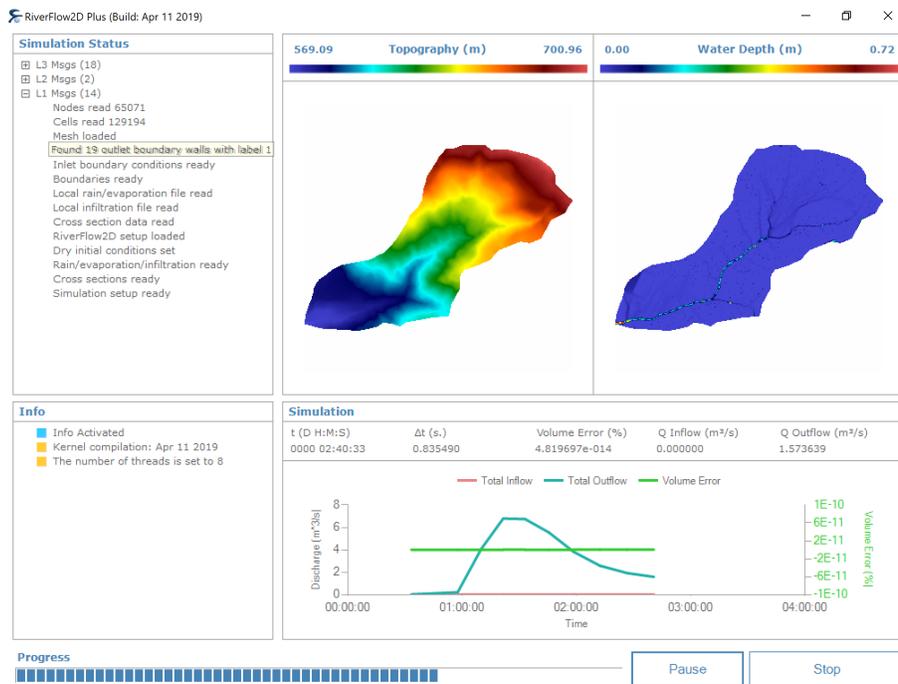


Figura 6.16 – Gráficos de salida del HydroBID Flood.

6.9 Revisar los archivos de salida

El programa HydroBID Flood crea los archivos `CELL_TIME_METRIC_DDDD_HH_MM_SS.TEXTOUT` (Unidades métricas) o `CELL_TIME_ENG_DDDD_HH_MM_SS.TEXTOUT` (Unidades inglesas) para cada intervalo de tiempo definido en el panel de control de datos. En estos archivos DDDD indica el día, HH la horas, MM minutos y SS segundos. En las columnas 18 y 19 de estos archivos se reportan los valores acumulados de lluvia e infiltración respectivamente. Para este tutorial, el resultado de la corrida se evaluará con los caudales calculados en la sección transversal. Para ello se abre el archivo `Rainfallinfiltration.XSECH` utilizando el Block de notas. Este archivo contiene una tabla de caudales que pasan por la sección transversal cada tiempo. Si se quiere se puede abrir en Excel para crear una gráfica con los resultados para obtener el hidrograma de salida como se muestra en la Figura 6.17:

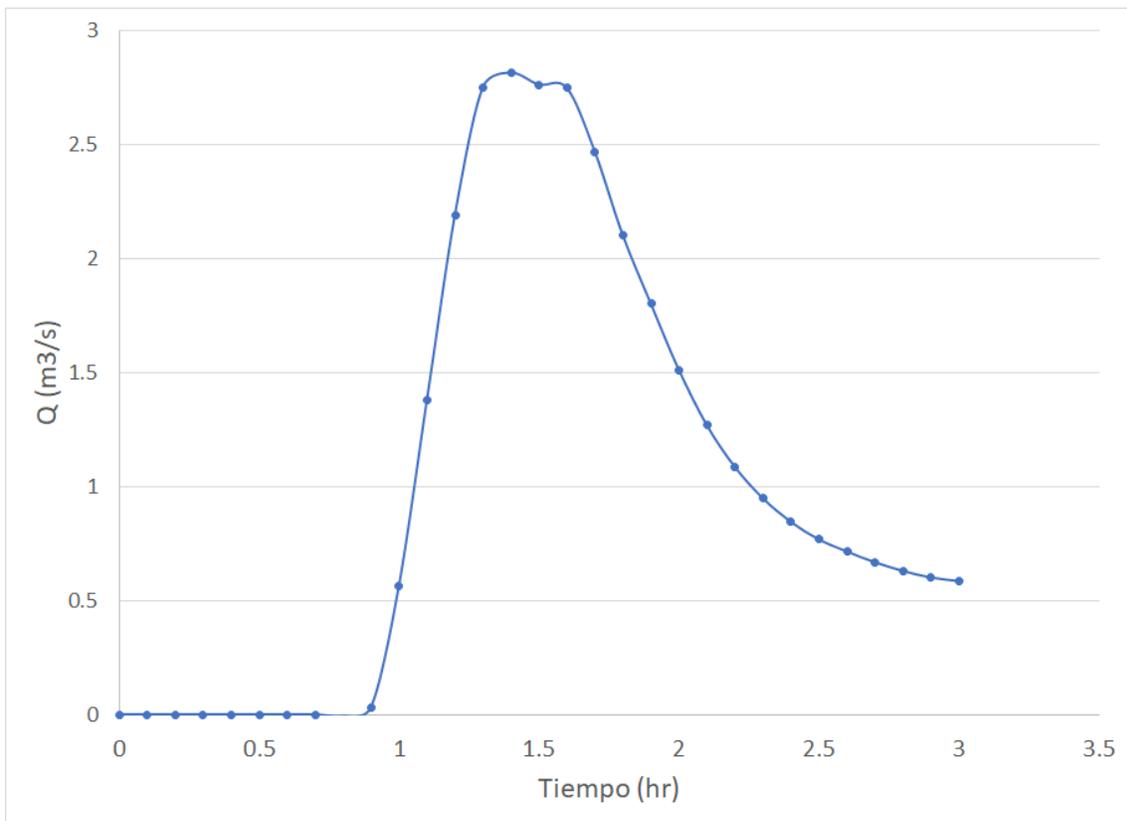


Figura 6.17 – Hidrograma de salida.

7 | Configuración de las elevaciones iniciales de la superficie del agua

Para aplicaciones donde la elevación inicial de la superficie del agua debe especificarse en algunas áreas, como reservorios y otros cuerpos de agua, puede establecerse la elevación inicial del agua sobre cualquier polígono.

Este tutorial ilustra cómo realizar una simulación con un área donde la elevación del agua se establece en un valor específico utilizando la interfaz de QGIS. El procedimiento incluye los siguientes pasos:

1. Abrir un proyecto HydroBID Flood existente.
2. Crear la capa *InitialWater* y los polígonos que definen el área.
3. Generar la malla.
4. Ejecutar el modelo.

Nota: Los archivos necesarios para seguir este tutorial se pueden encontrar en el siguiente directorio:

```
...\Documents\RiverFlow2D_QGIS\ExampleProjects\IntialConditionTutorial
```

7.1 Abrir un proyecto existente

1. Inicie QGIS
2. En el menú principal → *Proyecto* → *Abrir...* para cargar el proyecto existente: *Initialconditiontutorial.qgs*.

Para este tutorial se modelara el vaciado de un volumen de agua almacenado aguas arriba de un terraplén con una elevación inicial de 180 pies, el cual descarga por una alcantarilla a través del terraplén.

Al abrir el proyecto se tendrá una imagen del proyecto cargado en QGIS como se muestra en la Figura 7.1.

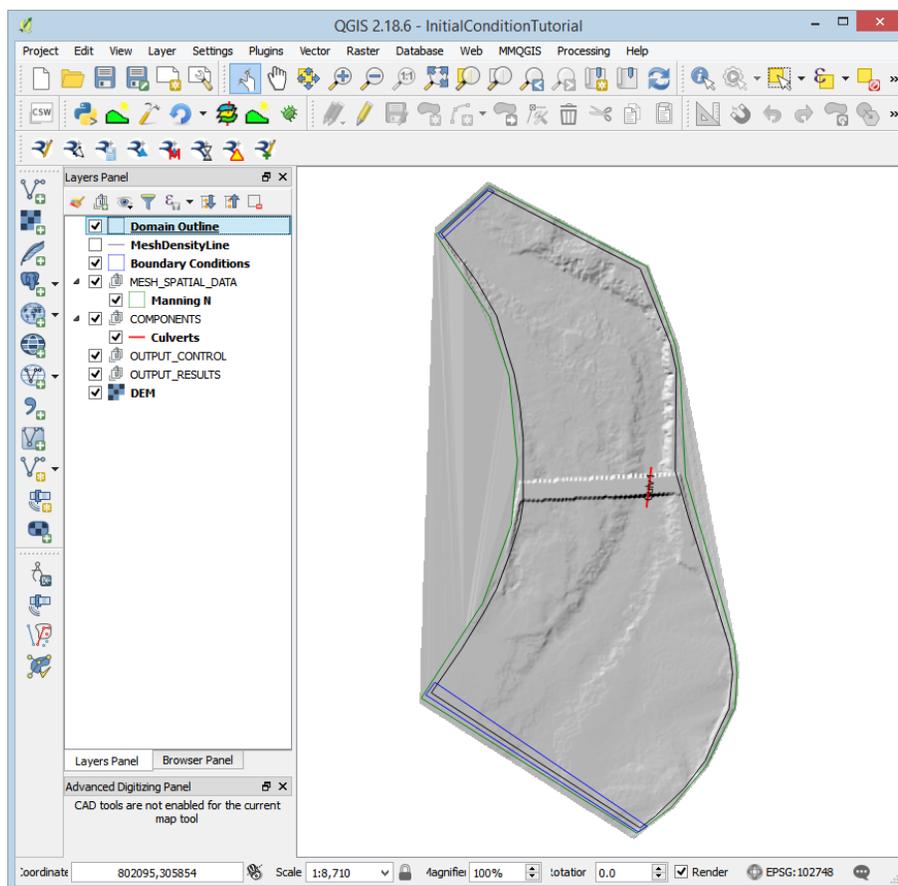


Figura 7.1 – Ventana el proyecto del tutorial cargado.

7.2 Agregar la capa del componente InitialWSE y los polígonos de Profundidad inicial del agua

Para agregar donde se dibujan los polígonos con la información de elevación inicial de la superficie del agua se siguen los siguientes pasos:

1. Crear de la capa Prof. Inicial del agua (*InitialWSE*): para esto se va al menú de botones del complemento HydroBID Flood y se hace click en el botón *Nueva plantilla de capa*



2. En la ventana del complemento activamos el checkBox *Prof. Inicial del Agua*, como se muestra en la Figura:



Figura 7.2 – Complemento para agregar una nueva capa.

3. Editar la capa *InitialWSE* (Elevación inicial de la superficie del agua): En el panel de capas se selecciona la capa *InitialWSE* y en la barra de digitalización se hace click en el botón de la herramienta *Conmutar edición*



Al hacer esto, en la capa de *InitialWSE* aparecerá un icono de un lápiz que nos indica que la capa está en modo edición:



4. Dibujar el polígono que demarca la distribución espacial de la profundidad inicial del agua: Usando la herramienta *Añadir objeto espacial* de la barra de digitalización



se dibuja el polígono con la profundidad inicial del agua. El trazado del polígono se debe hacer de forma que cubra todos los elementos que consideramos tiene la profundidad inicial indicada en los parámetros del polígono, al terminar el trazado se debe tener una imagen similar a la mostrada en la siguiente figura:

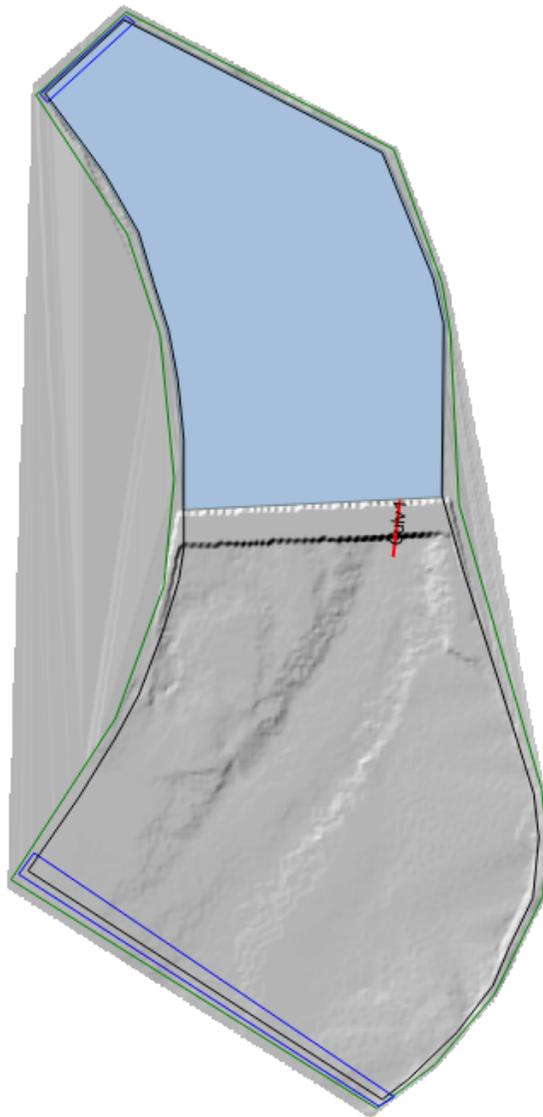


Figura 7.3 – Polígono del área con elevación inicial del agua.

5. Una vez que se termina de dibujar el polígono inmediatamente se abre la ventana para introducir los parámetros o atributos del polígono, aquí se indicara una elevación de 170 pies, como se muestra a continuación:

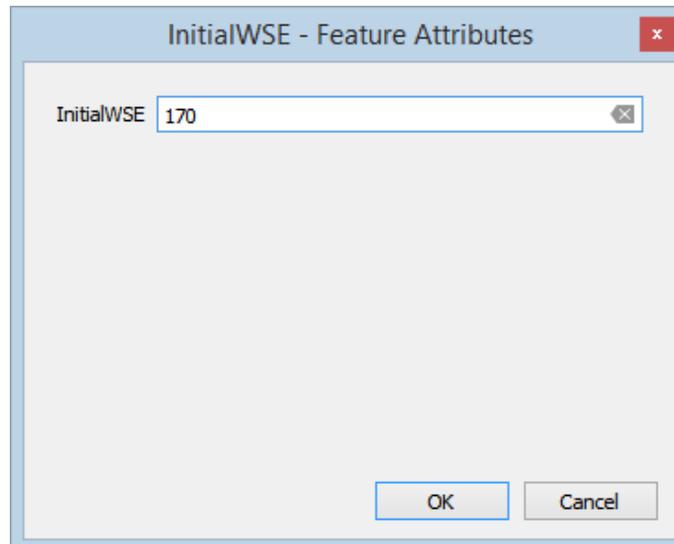


Figura 7.4 – Ventana para introducir los parámetros del polígono de InitialWSE.

7.3 Generar la malla

Después se genera la malla con el complemento *Generar la malla Trimesh*



y se obtiene la malla de casi 29 mil elementos, como se muestra en la Figura 7.5.



Figura 7.5 – La malla generada.

7.4 Exportar los archivos al HydroBID Flood

Una vez completado el ingreso de datos y la generación de la malla, se deben exportar los archivos al formato requerido por HydroBID Flood como se explica a continuación:

1. Click en el botón *Exportar a HydroBID Flood* button:



Al ejecutar el complemento se muestra una ventana.

2. Aquí debemos seleccionar la capa ráster que contiene el Modelo digital de elevación (DEM) y el nombre del proyecto a exportar, solo se debe indicar el nombre sin extensión alguna.
3. Antes de ejecutar el complemento active la capa con el DEM (si esta desactivada).

Una vez ejecutado el complemento se mostrará una ventana como se muestra en la Figura ??, tal como debe estar para nuestro ejemplo.



Figura 7.6 – Ventana del complemento para exportar los archivos a HydroBID Flood.

4. Después de introducir la información se le da click al botón Aceptar y comenzará el proceso de exportación.

Una vez finalice, se cargara el programa HydroBID Flood con el archivo `InitialCondition.DAT` del ejemplo en específico.

7.5 Correr el Modelo

Luego de exportar los archivos, se carga el programa HydroBID Flood con el archivo de proyecto del ejemplo `InitialCondition.DAT` y muestra el panel de entrada de datos al mismo como se ilustra en la Figura 7.7.

Configuración de las elevaciones iniciales de la superficie del agua

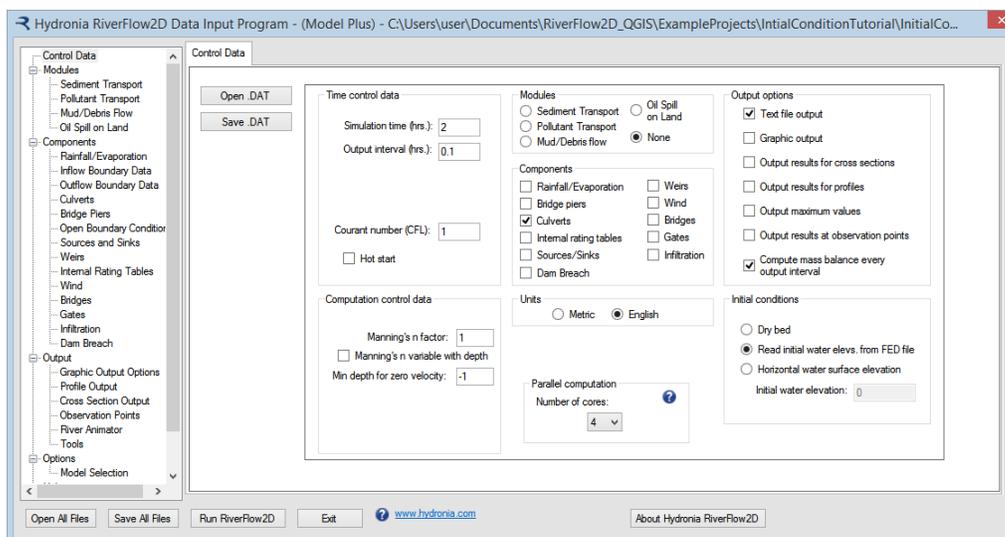


Figura 7.7 – Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.

Se puede observar que Condiciones iniciales (Initial conditions), aparece seleccionado la opción *Leer cotas de agua desde archivo .FED*, el complemento de QGIS muestrea el valor de la elevación del agua para los centroides de las celdas de la malla contenidas en los polígonos definidos en la capa *InitailWSE* y almacena los valores en el archivo *.FED* de donde luego los lee el programa HydroBID Flood.

1. Deje todos los demás parámetros en sus valores predeterminados.
2. Para ejecutar el modelo, haga click en el botón Ejecutar HydroBID Flood en la sección inferior del Programa de ingreso de datos. Aparecerá una ventana que indica que el modelo comenzó a ejecutarse. La ventana también presenta el tiempo de simulación, el error de conservación de volumen, la descarga total de entrada y salida y otros parámetros a medida que avanza la ejecución (Figura 7.8).

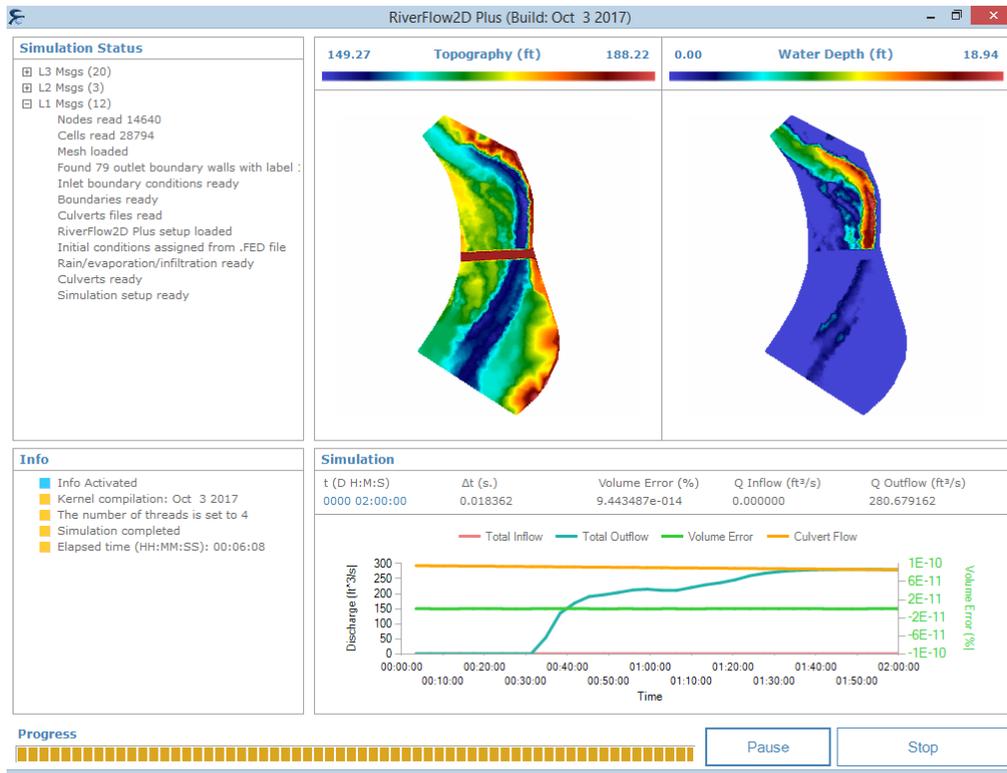


Figura 7.8 – Gráficos de salida del HydroBID Flood.

7.6 Revisar los archivos de salida

El programa HydroBID Flood crea los archivos CELL_TIME_METRIC_DDDD_HH_MM_SS.TEXTOUT (Unidades métricas) o CELL_TIME_ENG_DDDD_HH_MM_SS.TEXTOUT (Unidades inglesas) cada cierto intervalo de tiempo definido en el Control panel, donde DDDD indica la fecha, HH, la hora, MM minutos y SS segundos, en la columna 7 de estos archivos se reportan los valores de la elevación del agua. También podemos visualizar los cambios en la elevación del agua generando capas ya sea en formato ráster o vectorial a partir de los archivos antes mencionado utilizando el complemento Mapas de Resultados vs Tiempo



En la siguiente Figura se muestra los mapa de elevación del agua para los tiempos 0000:00:00:00 y 0000:02:00:00:

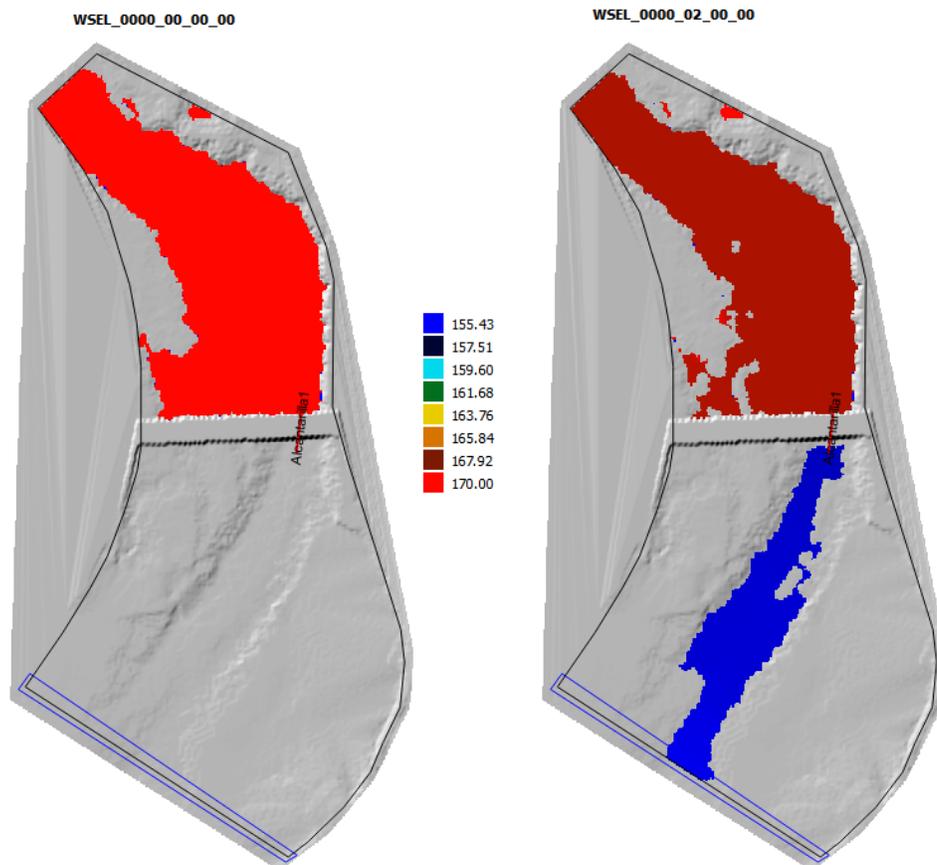


Figura 7.9 – Mapas de la elevación del agua para el tiempo inicial y al final de la corrida.

8 | Uso de shapefiles de n de Manning

Este tutorial ilustra cómo usar archivos de n de Manning en formato shape para asignar los valores de n de Manning a un proyecto existente. El procedimiento incluye los siguientes pasos:

1. Abrir un proyecto HydroBID Flood existente.
2. Cargar los archivos SHAPE con los polígonos n de Manning.
3. Importar la geometría y valores de n de Manning a la capa *Manning N*.

Nota: Los archivos necesarios para seguir este tutorial se pueden encontrar en el siguiente directorio::

... \Documents \RiverFlow2D_QGIS \ExampleProjects \ManningsNShapefileTutorial

8.1 Abrir un proyecto existente

1. Inicie QGIS
2. En el menú principal → *Proyecto* → *Abrir...* para cargar el proyecto existente: ManningsN_shapefile.qgs.

Este proyecto contiene las siguiente capas: *Domain Outline*, el modelo digital de elevación DEM del cauce del río en formato ráster, una fotografía aérea y la capa con las condiciones de contorno en donde entrada del flujo se ubica en la esquina superior derecha y salida en la esquina inferior izquierda. Las condiciones de contorno son un hidrograma con una descarga máxima de 220,000 pies cúbicos por segundo y condiciones de flujo libre aguas abajo.

Al abrir el proyecto se tendrá una imagen del proyecto cargado en QGIS como se muestra en la Figura 8.1.

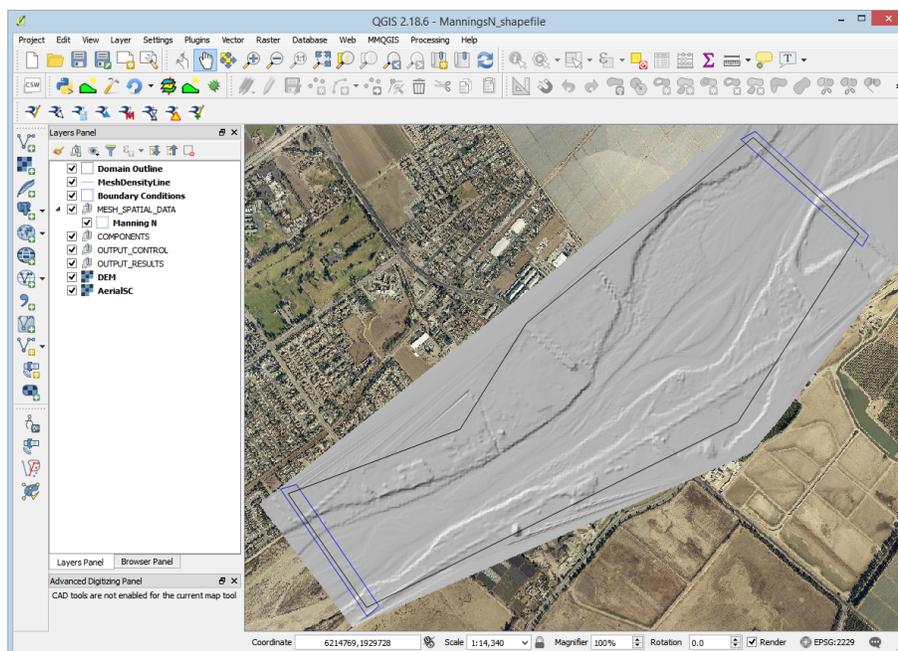


Figura 8.1 – Pantalla de proyecto cargado en QGIS.

8.2 Cargar el archivo SHAPE con los polígonos n de Manning

1. Para cargar el archivo SHAPE con los polígonos que contiene los valores de la n de Manning usamos se hace click en el botón *Añadir capa vectorial*



de la barra de herramientas vectorial o desde el menú principal *Capa* → *Añadir capa* → *Añadir capa vectorial...*

2. Se abre una ventana para explorar y busca el archivo shape, vamos a la carpeta del tutorial y se busca el archivo *SaltRiver_ManningsN.shp* (Figure 8.2).

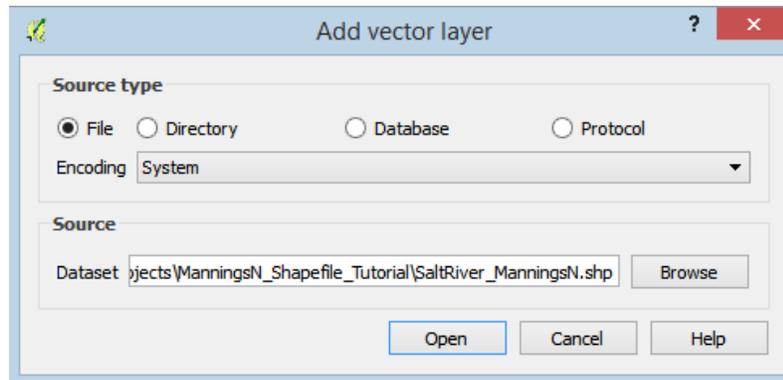


Figura 8.2 – Ventana para buscar y abrir el archivo SHAPE.

Al cargar el archivo se tendrá en la pantalla una imagen similar a la mostrada en la siguiente Figura:

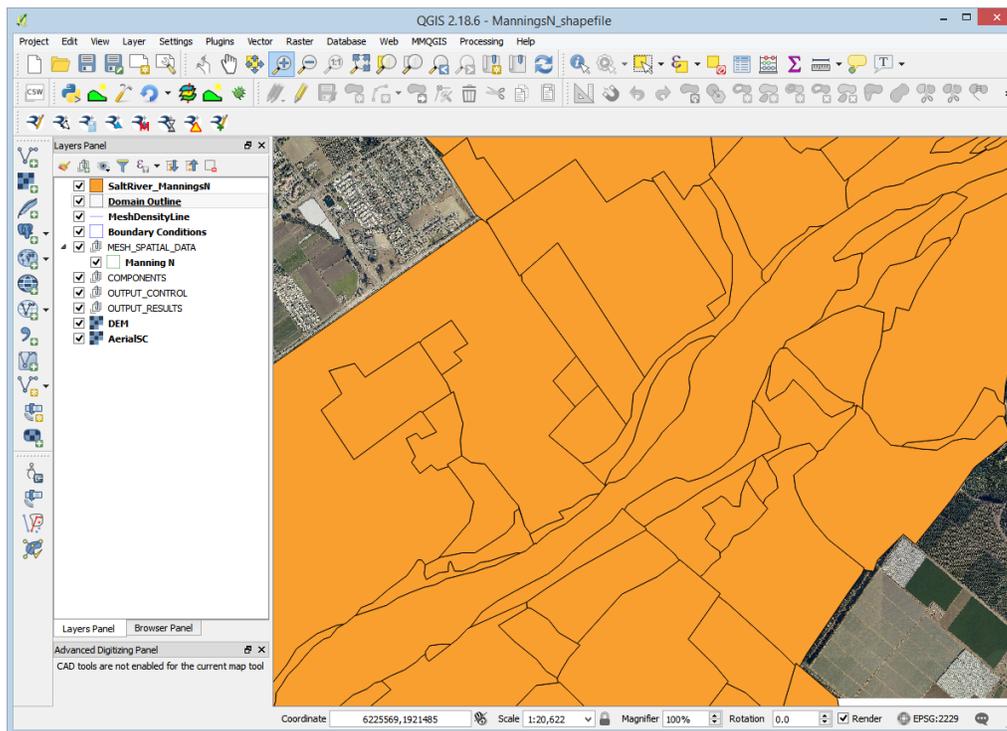


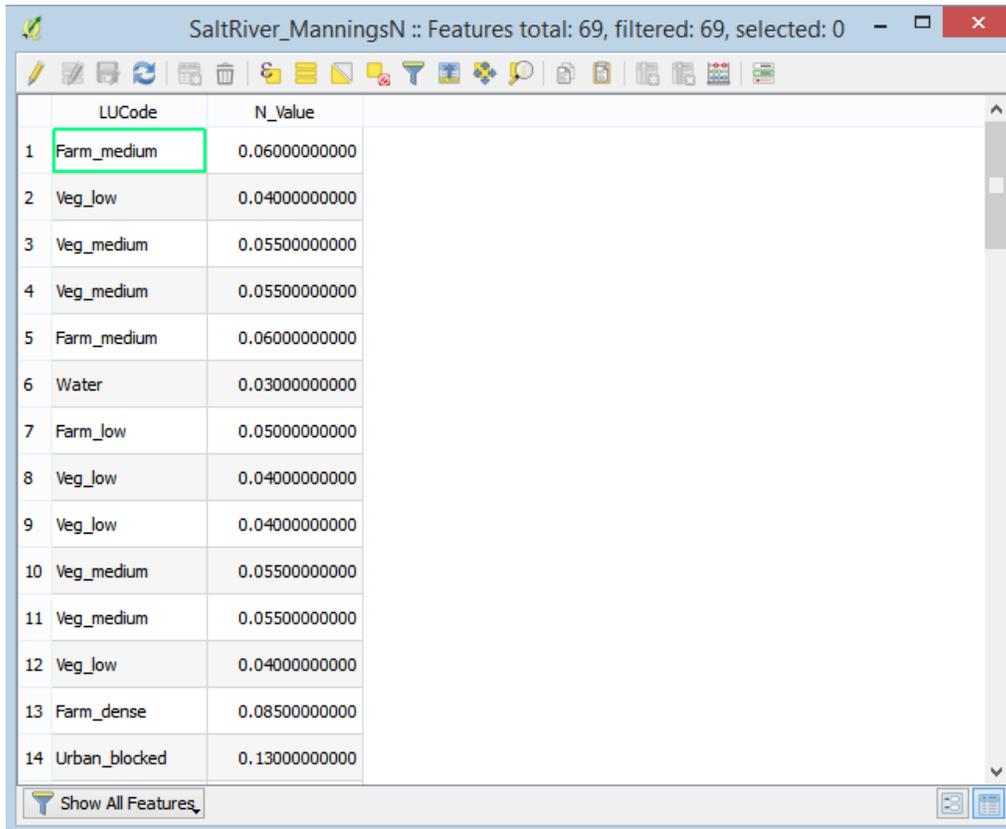
Figura 8.3 – Capa SaltRiver_ManningsN.

8.3 Importar la geometría y valores de n de Manning a la capa *Manning N*

Para trasladar la información espacial y atributiva del archivo SHAPE a la capa *Manning N* se realiza una operación de copiar y pegar, pero se debe asegurar que ambas capas tengan un

campo o columna con el mismo nombre. El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Chequear el nombre de los campos de la archivo SHAPE: Se hace click con el botón derecho del ratón sobre la etiqueta de la capa y en el menú emergente se selecciona la opción Abrir tabla de atributos, y se abre una tabla como la que se muestra en la Figura 8.4.



	LUCode	N_Value
1	Farm_medium	0.06000000000
2	Veg_low	0.04000000000
3	Veg_medium	0.05500000000
4	Veg_medium	0.05500000000
5	Farm_medium	0.06000000000
6	Water	0.03000000000
7	Farm_low	0.05000000000
8	Veg_low	0.04000000000
9	Veg_low	0.04000000000
10	Veg_medium	0.05500000000
11	Veg_medium	0.05500000000
12	Veg_low	0.04000000000
13	Farm_dense	0.08500000000
14	Urban_blocked	0.13000000000

Figura 8.4 – Tabla de atributos de la capa SaltRiver_ManningsN.

Se puede ver que el archivo SHAPE cargado tiene dos campos, LUCode y N_Value, el primero con la codificación del tipo de cobertura vegetal y el segundo corresponde al valor de la n de Manning, en el caso de la capa *Manning N*, tiene un solo campo llamado *ManningN*.

2. Cambiar el nombre del campo en el archivo SHAPE: se procede a cambiar el nombre del campo N_Value a *ManningN*, para esto se cierra la tabla de atributos y se vuelve hacer click con el botón derecho del ratón sobre la etiqueta de la capa y en el menú emergente se selecciona la opción Propiedades y se abre una ventana en la cual se selecciona la pestaña Campos como se muestra en la Figura 8.5:

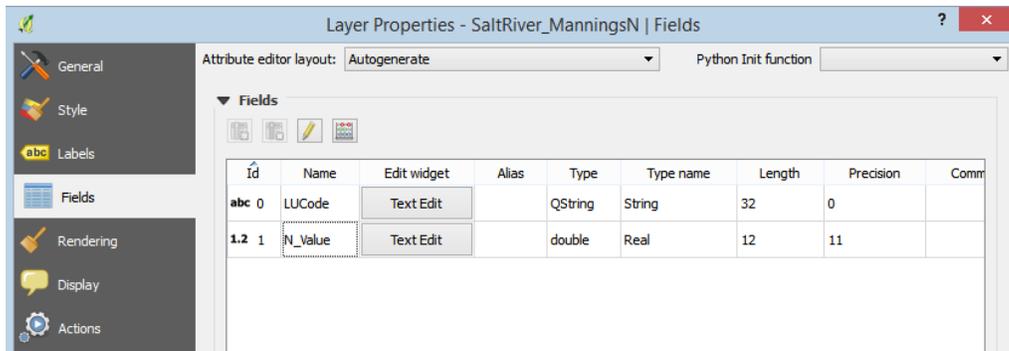


Figura 8.5 – Propiedades de los campos de la capa SaltRiver_ManningsN.

3. Se establece el modo de edición haciendo click en el botón *Conmutar edición*



y se edita el Nombre del campo N_Value y se cambia por *ManningN* (Figura 8.6) para finalizar se vuelve hacer el click en el botón *Conmutar edición*, se aceptan y guardan los cambios.

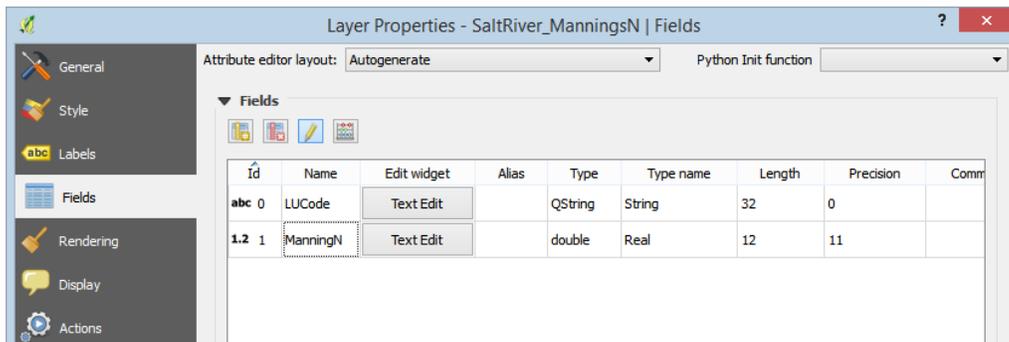


Figura 8.6 – Propiedades de los campos de la capa SaltRiver_ManningsN editada.

4. Copiar los polígonos del archivo SHAPE: para esto se selecciona la capa SaltRiver_ManningsN del Panel de capas.
5. Con la herramienta seleccionar



trazamos un rectángulo que abarque toda la capa.

6. Copiamos los elementos espaciales haciendo click en el botón *Copiar* de la barra de herramientas de digitalización.



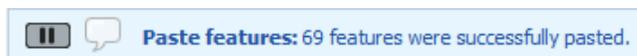
7. Pegar los elementos espaciales en la capa *Manning N*: Se selecciona la capa *Manning N* del Panel de capas y establece en modo de edición haciendo click en el botón *Conmutar edición*



8. C8. Luego se hace click en el botón *Pegar*



y aparecerá un mensaje que indica que se copió exitosamente los objetos espaciales



9. Para finalizar se vuelve hacer el click en el botón *Conmutar edición*



se aceptan y guardan los cambios hechos a la capa.

Para verificar, se abre la tabla de atributos de la capa *Manning N* y se puede constatar que se han copiado los polígonos con sus valores de *n* de Manning. Como se muestra en la Figura abajo:

	ManningN
1	0.060000000000...
2	0.040000000000...
3	0.055000000000...
4	0.055000000000...
5	0.060000000000...
6	0.030000000000...
7	0.050000000000...
8	0.040000000000...
9	0.040000000000...
10	0.055000000000...
11	0.055000000000...
12	0.040000000000...
13	0.085000000000...
14	0.130000000000...

Figura 8.7 – Tabla de atributos de la capa *Manning N*.

Luego se puede eliminar la capa *SaltRiver_ManningsN* del Panel de capas.

9 | Simulación de transporte de sedimentos con áreas de erosión del fondo limitadas

En el modelo de transporte de sedimentos, puede definir áreas con una profundidad máxima de erosión. Esto es útil para representar pavimentos, afloramientos rocosos o cualquier superficie que no se erosione o que tenga una capa erosionable conocida de sedimentos sobre ella.

Este tutorial ilustra cómo realizar una simulación de transporte de sedimentos considerando carga de fondo sobre un fondo en el que hay un área no erosionable. El procedimiento incluye los siguientes pasos:

1. Abrir un proyecto HydroBID Flood existente.
2. Crear una capa MaximumErosionDepth y los polígonos que definen las áreas de erosión limitadas.
3. Generar la malla.
4. Ejecutar el modelo.

Nota: Los archivos necesarios para seguir este tutorial se pueden encontrar en el siguiente directorio:

...\Documents\RiverFlow2D_QGIS\ExampleProjects\MaxErosionDepth

9.1 Abrir un proyecto existente

1. Inicie QGIS
2. En el menú principal → *Proyecto* → *Abrir...* para cargar el proyecto existente: *MaxErosion-Depth.qgs*.

Este proyecto contiene las capas de *Domain Outline*, del modelo digital de elevación DEM del cauce del río en formato ráster, la capa con las condiciones de contorno *Boundary Conditions* en donde la entrada del flujo se ubica en la esquina superior derecha y la salida en la esquina inferior izquierda. Las condiciones de contorno son un hidrograma con una descarga máxima de 6.500 pies cúbicos por segundo y condiciones de flujo libre aguas abajo.

Al abrir el proyecto se tendrá una imagen del proyecto cargado en QGIS como se muestra en la Figura 9.1.

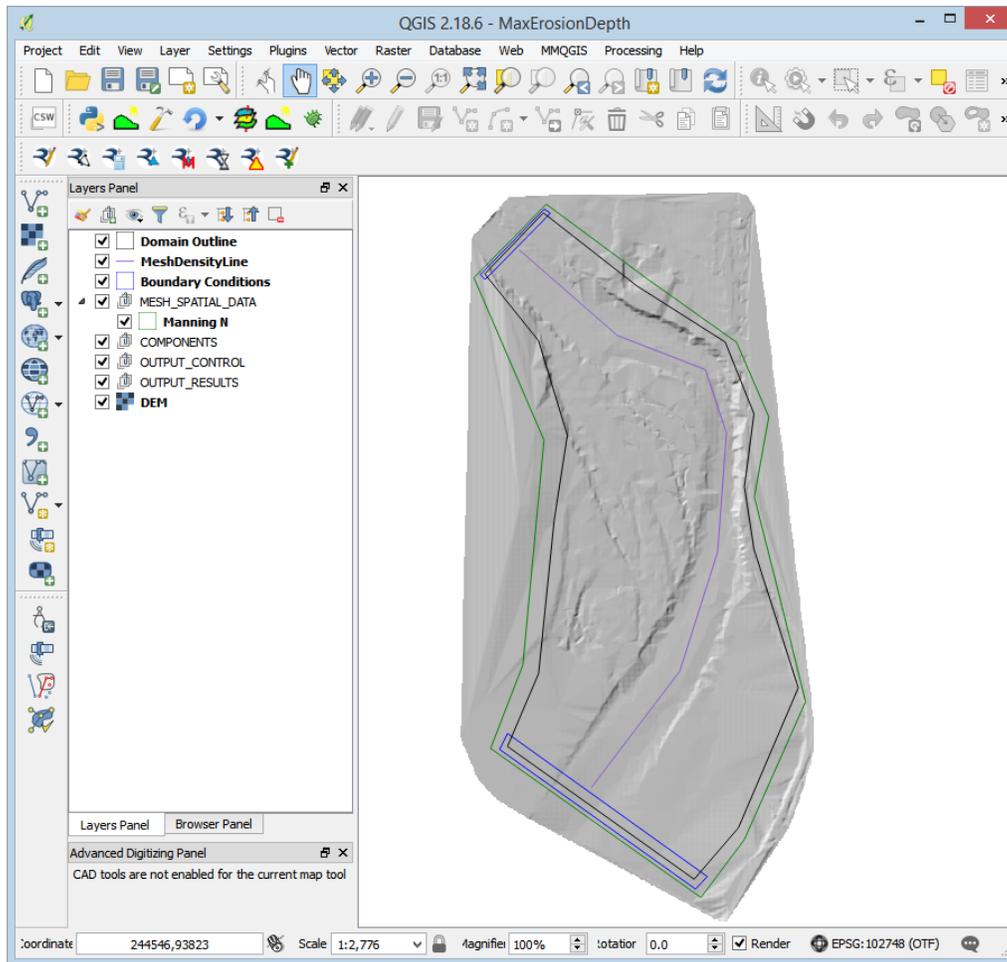


Figura 9.1 – Pantalla de proyecto cargado en QGIS.

9.2 Crear la capa *MaximumErosionDepth* y dibujar el polígono que definen el área de erosión limitada

Para agregar la capa en donde se dibujan los polígonos con la información de las áreas con erosión limitada se siguen los siguientes pasos:

1. Crear la capa de Prof. de Máxima erosión (*MaximumErosionDepth*): para esto se va al menú de botones del complemento HydroBID Flood y se hace click en el botón *Nueva plantilla de capa*



2. En la ventana del complemento activamos el checkBox *Prof. de Máxima erosión*, como se muestra en la Figura:

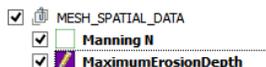


Figura 9.2 – Complemento para agregar una nueva capa.

3. Editar la capa *MaximumErosionDepth*(Prof. de Máxima erosión): En el panel de capas se selecciona la capa *MaximumErosionDepth* y en la barra de digitalización se hace click en el botón de la herramienta *Conmutar edición*



Al hacer esto, en la capa de *MaximumErosionDepth* aparecerá un icono de un lápiz que nos indica que la capa está en modo edición:



4. Dibujar el polígono que demarca el área de erosión limitada: Usando la herramienta *Añadir objeto espacial* de la barra de digitalización



se dibuja el polígono que define el área de erosión limitada. El trazado del polígono se debe hacer de forma que cubra todos los elementos que consideran limitar la erosión, en este tutorial supondremos que un área en la margen derecha del río tiene la profundidad máxima erosión limitada a 0,1 pies, al terminar el trazado se debe tener una imagen similar a la mostrada en la siguiente figura:

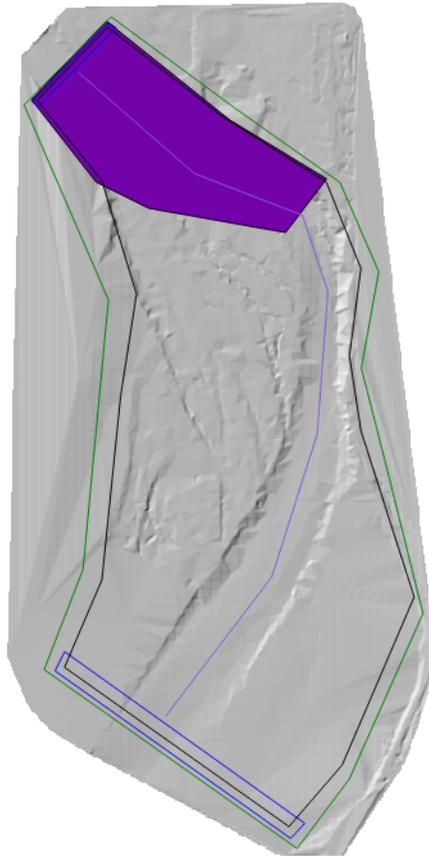


Figura 9.3 – Polígono del área con erosión limitada.

Una vez que se termina de dibujar el polígono inmediatamente se abre la ventana para introducir los parámetros o atributos del polígono, aquí se indicara una profundidad máxima de erosión de 0,1 pies, como se muestra a continuación:

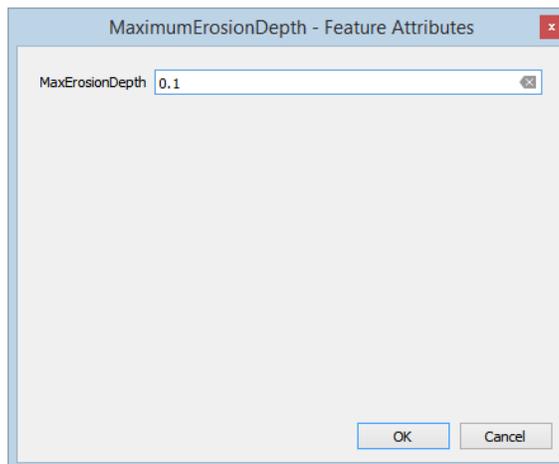


Figura 9.4 – Ventana para introducir los parámetros del polígono de *MaximumErosionDepth*.

9.3 Generar la malla

Luego se genera la malla con el complemento *Generar la malla Trimesh*



y se obtiene la malla de casi 17.500 elementos, como se muestra en la Figura 9.5.



Figura 9.5 – La malla generada.

9.4 Exportar los archivos a HydroBID Flood

Una vez completado el ingreso de datos y la generación de la malla, se deben exportar los archivos al formato requerido por HydroBID Flood como se explica a continuación:

1. Haga click en el botón *Exportar a HydroBID Flood*



2. Al ejecutar el complemento se muestra una ventana, aquí debemos seleccionar la capa ráster que contiene el Modelo digital de elevación (DEM) y el nombre del proyecto a exportar, solo se debe indicar el nombre sin extensión alguna para este ejemplo será: MaxErosion.
3. Antes de ejecutar el complemento active la capa con el DEM (si esta desactivada).
Una vez ejecutado el complemento se mostrará una ventana como se muestra en la Figura 9.6, tal como debe estar para nuestro ejemplo.



Figura 9.6 – Ventana del complemento para exportar los archivos a HydroBID Flood.

4. Luego de introducir la información se le da click al botón *Aceptar* y comenzará el proceso de exportación.

Una vez finalice, se cargara el programa HydroBID Flood con el archivo `MaxErosion.DAT` del ejemplo en específico.

9.5 Correr el Modelo

Luego de exportar los archivos, se carga el programa HydroBID Flood con el archivo de proyecto del ejemplo y `MaxErosion.DAT` y muestra el panel de entrada de datos al mismo como se ilustra en la Figura 9.7

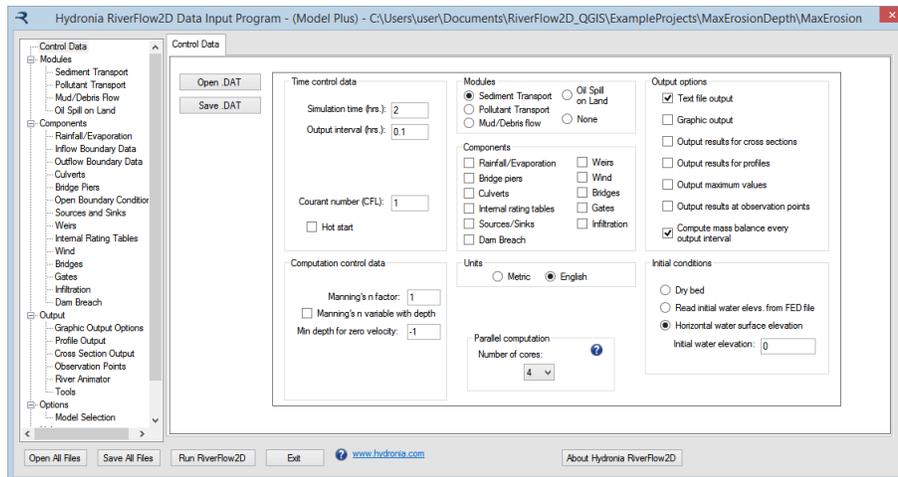


Figura 9.7 – Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.

Se puede observar que el módulo Transporte de sedimento, aparece seleccionado y muestra un mensaje advirtiendo que se debe crear el archivo con la información del sedimento, para esto se siguen los siguientes pasos:

1. Para crear el archivo .SED con los parámetros para calcular el transporte de sedimentos se va al panel de la izquierda y en la lista Módulos, se selecciona *Transporte de Sedimentos*.
2. En este módulo se ingresan los parámetros para el transporte en suspensión y el transporte por carga de fondo, para este ejemplo se desactiva el transporte de sedimentos en suspensión y se deja activo el transporte de sedimentos por carga de fondo.
3. Luego se agregan las fracciones de sedimentos a considerar, para este ejemplo agregaremos una sola fracción con los valores por defecto que presenta el HydroBID Flood, se tendrá una imagen similar a la mostrada en la siguiente Figura:

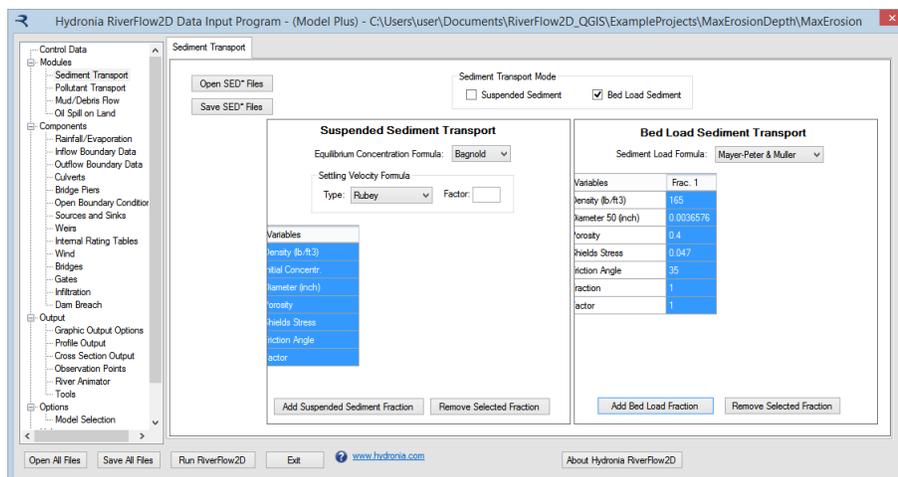


Figura 9.8 – Módulo de Transporte de Sedimentos ST del HydroBID Flood.

4. Deje todos los demás parámetros en sus valores predeterminados

5. Para ejecutar el modelo, haga click en el botón Ejecutar HydroBID Flood en la sección inferior del Programa de ingreso de datos, guarde los cambios con el mismo nombre del archivo MaxErosion.DAT.
6. Luego aparecerá una ventana que indica que el modelo comenzó a ejecutarse.

La ventana que presenta el HydroBID Flood mientras corre el modelo muestra información del tiempo de simulación, el error de conservación de volumen, la descarga total de entrada y salida del caudal líquido y en este caso también muestra la carga de sedimentos a la entrada y a la salida, así como otros parámetros a medida que avanza la ejecución (Figura 9.9).

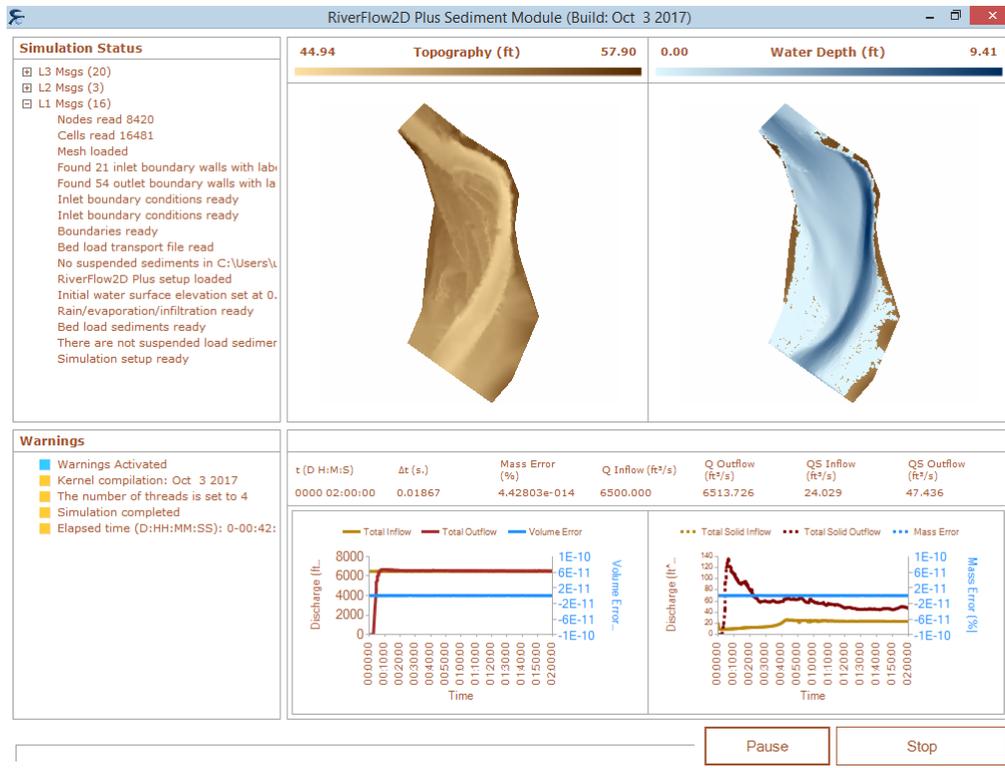


Figura 9.9 – Gráficos de salida de HydroBID Flood.

9.6 Revisar los archivos de salida



En la siguiente Figura se muestra los mapa de diferencia de elevación del lecho del río para al final de la corrida para el tiempo 0000:02:00:00, puede observarse que la zona donde la erosión se limitó, no presenta degradación, sino deposición:

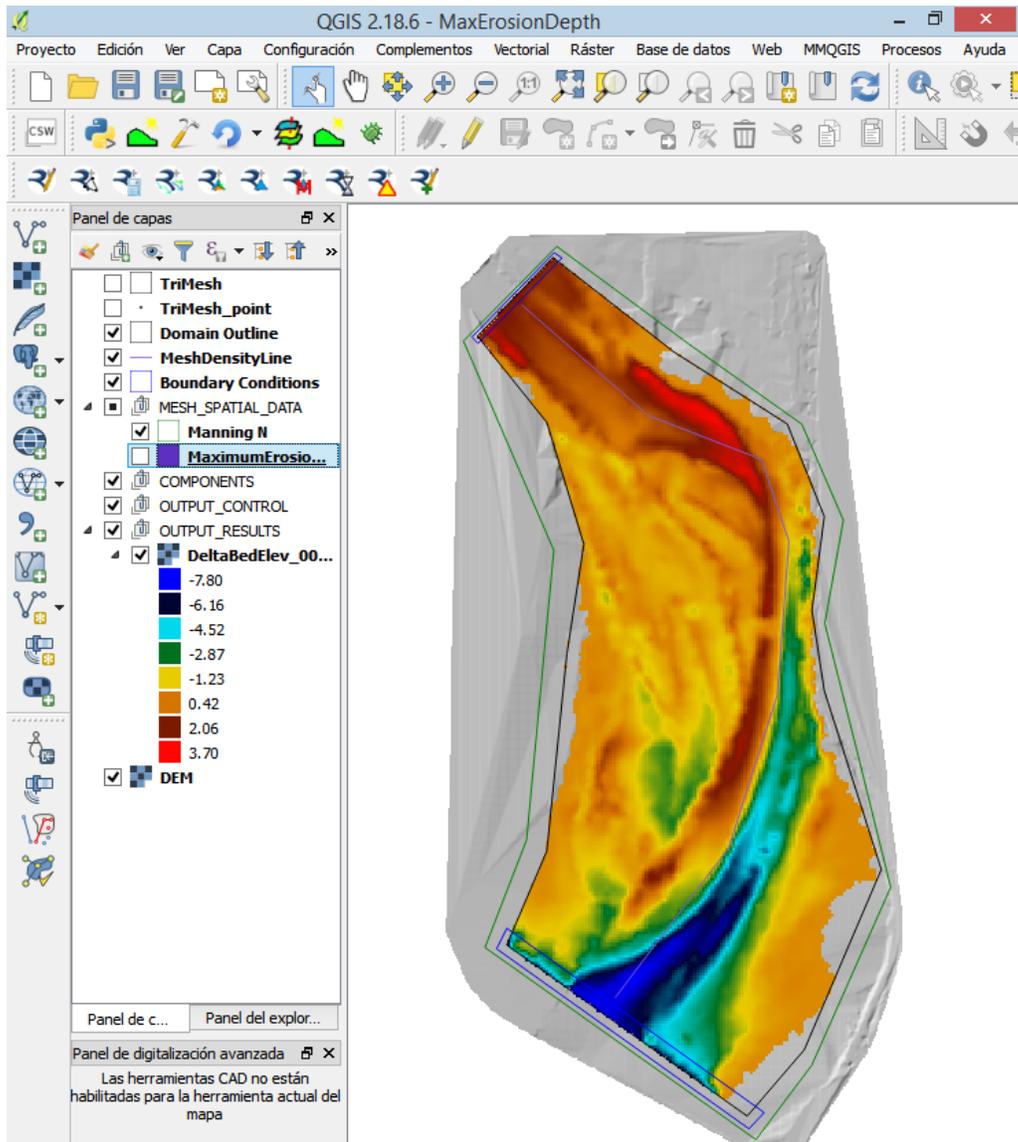


Figura 9.10 – Mapas de diferencia de elevación del lecho del río entre el tiempo inicial y al final de la corrida.

10 | Simulación de inundación por rotura de presas

Este tutorial ilustra cómo incorporar la simulación de la inundación generada por la rotura de una presa aplicando HydroBID Flood.

La presa que tiene una cresta cuya de aproximadamente 1575 pies de longitud. La rotura se considerará como una brecha de sección trapezoidal que empezará a generarse a 550 pies de la margen derecha de la presa. La Figura 10.1 muestra esquemáticamente la sección de la presa con las dimensiones finales de la brecha .

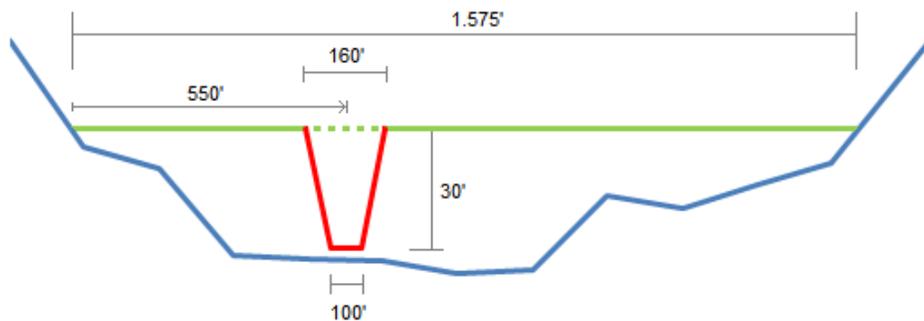


Figura 10.1 – Dimensiones finales de la rotura de presa a modelar. Vista desde aguas abajo.

Para la modelación se requiere un archivo con la evolución temporal de las dimensiones de la brecha. Este archivo se puede preparar antes de montar el modelo o se puede crear al momento de introducir los parámetros. Los ejercicio contempla implica los siguientes pasos:

1. Abrir un proyecto HydroBID Flood existente.
2. Crear una capa *DamBreach* y dibujar la línea que representa el eje transversal de la presa.
3. Generar la malla.
4. Ejecutar el modelo.

Nota: Los archivos necesarios para seguir este tutorial se pueden encontrar en el siguiente directorio:

... \Documents \RiverFlow2D_QGIS \ExampleProjects \DamBreachTutorial

10.1 Abrir un proyecto existente

1. Inicie QGIS
2. En el menú principal → *Proyecto* → *Abrir...* para cargar el proyecto existente: *DamBreach.qgs*.

Este proyecto contiene las capas de contorno de dominio, del modelo digital de elevación DEM del cauce del río en formato ráster, la capa con las condiciones de contorno libre a la salida en la esquina inferior izquierda y una condición inicial de elevación de la superficie del agua.

Al abrir el proyecto se tendrá una imagen del proyecto cargado en QGIS como se muestra en la Figura 10.2.

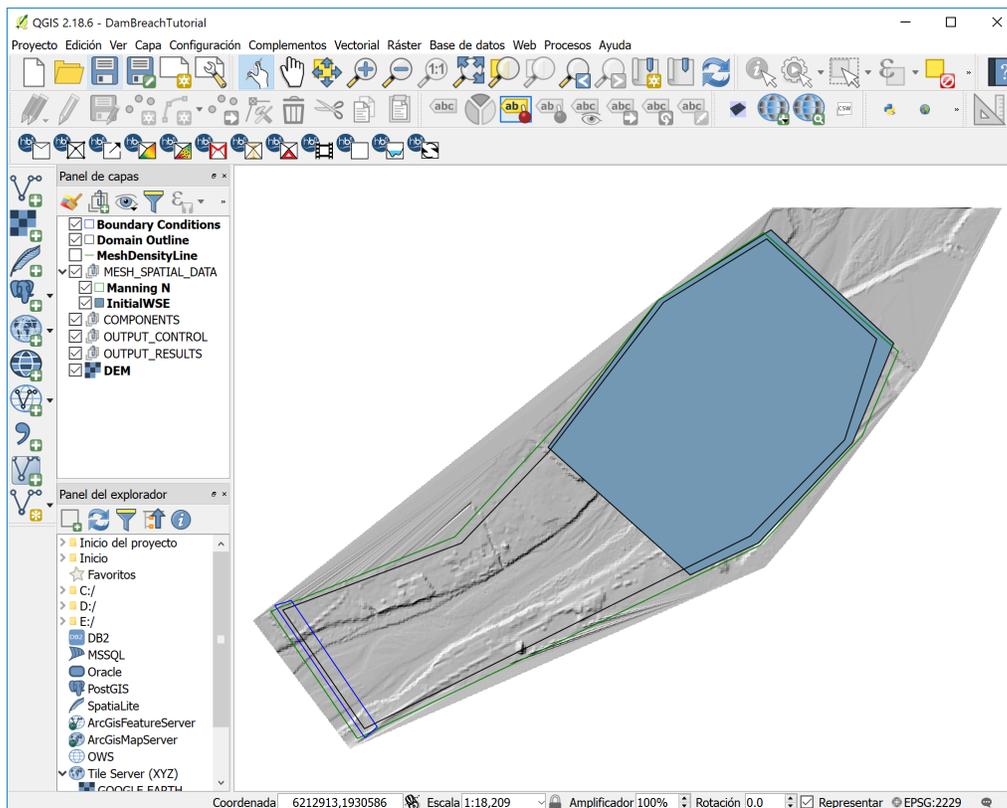


Figura 10.2 – Pantalla de proyecto cargado en QGIS.

10.2 Crear la capa DamBreach y dibujar la línea que define el eje transversal de la presa

Para agregar la capa donde se dibujará la línea que define el eje de la presa, se siguen los siguientes pasos:

1. Crear la capa Rotura de presas (*DamBreach*): para esto se hace click en el botón *Nueva plantilla de capa* en el menú de botones del complemento HydroBID Flood.



2. En la ventana del complemento activamos el checkBox *Rotura de presas*, como se muestra en la Figura:



Figura 10.3 – Complemento para agregar una nueva capa.

3. Editar la capa *DamBreach*: En el panel de capas se selecciona la capa *DamBreach*.
4. En la barra de digitalización se hace click en de la herramienta *Conmutar edición*



Al hacer esto, en la capa de *DamBreach* aparecerá un icono de un lápiz que nos indica que la capa está en modo edición:



5. Dibujar la línea que define el eje de la presa: Usando la herramienta *Añadir objeto espacial* de la barra de digitalización se dibuja la línea que define el eje de la presa.



6. Es importante tener en cuenta que el centroide de la rotura de presa se define a partir del primer vértice de la línea que define el eje de la presa. Como esta ocurre a 550 pies del

extremo derecho de la presa (Figura 10.1), se dibujará el eje de la presa desde la parte superior del cauce (punto v0) hasta la parte inferior (punto v1), al límite del polígono que define la condición inicial de la elevación de la superficie del agua, tal como se ilustra en la imagen abajo.

7. Para finalizar se presiona el botón derecho del ratón.

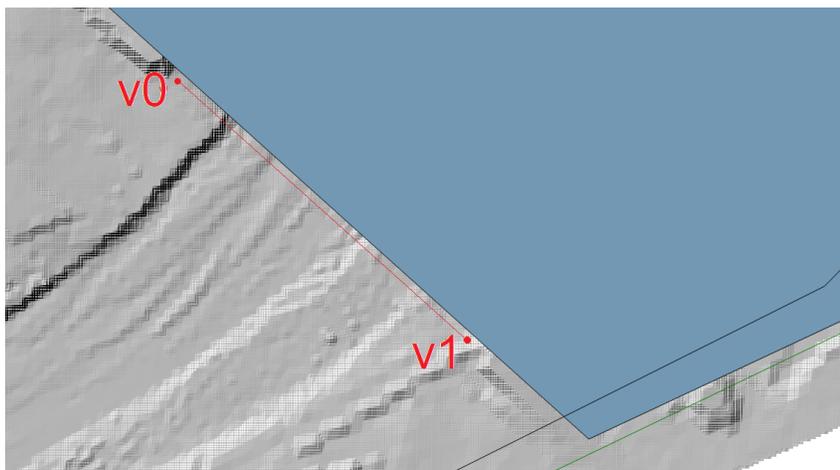


Figura 10.4 – Trazado del eje de la presa.

8. Introducir los parámetros de la rotura de presa: Una vez que se termina de dibujar el eje de la presa haciendo click en el botón derecho del ratón, se abre la ventana para introducir los parámetros de la rotura de presa.
9. Aquí se indicará el identificador, el nombre del archivo que contendrá la los datos de la evolución temporal de la brecha. Los demás parámetros de la rotura se muestran en la Figura 10.5.

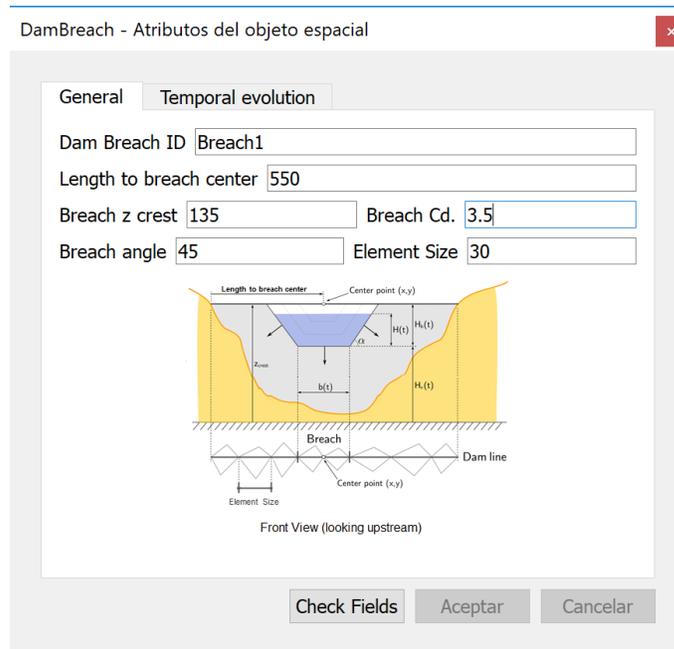


Figura 10.5 – Ventana para introducir los parámetros de la rotura de presa.

10. Los datos del archivo Rotura1.dat se introducen en la pestaña *Evolución temporal*, estos indican la evolución temporal del ancho de la base y la altura de la rotura, los valores se muestran a continuación:

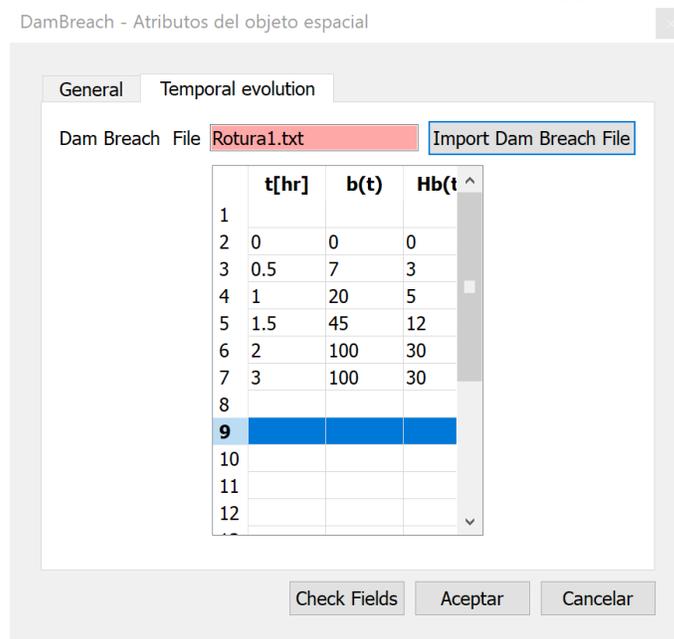


Figura 10.6 – Evolución temporal de la rotura de presa.

11. Para finalizar, se aceptan y guardan los cambios.

12. En la carpeta del tutorial se puede buscar el archivo `Rotura1.dat`, y abrirlo con el block de notas para chequear que el contenido es el mismo de la tabla.

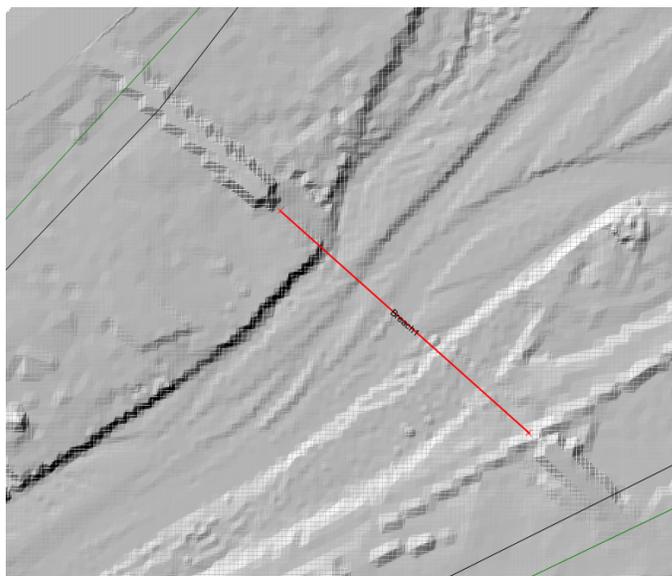


Figura 10.7 – Trazado del eje de la presa.

10.3 Generar la malla

A continuación se puede generar la malla con el complemento *Generar malla Trimesh*



y se obtiene la malla de aproximadamente 11.000 elementos, como se muestra en la Figura 10.8. Se puede apreciar en el acercamiento que la malla se ha refinado alrededor del eje de la presa respetando al tamaño de celdas dado (*element size*). También se observa que la malla de adapta a la línea de la presa.

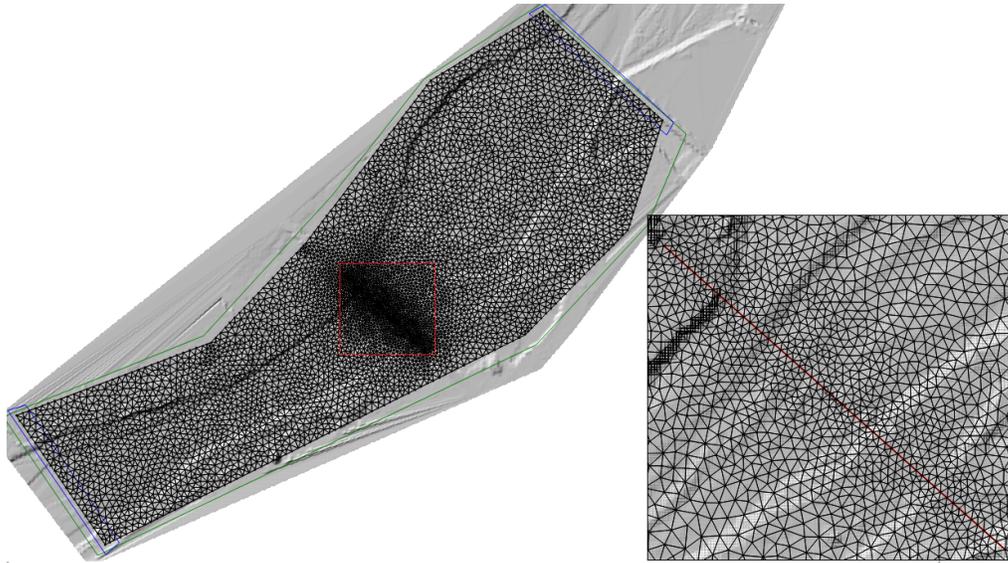


Figura 10.8 – La malla generada.

10.4 Exportar los archivos a HydroBID Flood

Una vez generada la malla y se tienen lista las otras capas con la información necesaria, se deben exportar los archivos en el formato requerido por HydroBID Flood.

1. Haga click en el botón *Export HydroBID Flood*.



2. Al ejecutar el complemento se muestra una ventana, aquí debemos seleccionar la capa ráster que contiene el Modelo digital de elevación (DEM) y el nombre del proyecto a exportar, solo se debe indicar el nombre sin extensión alguna para este ejemplo será: DamBreach.
3. Antes de ejecutar el complemento active la capa con el DEM (si esta desactivada).

Una vez ejecutado el complemento se mostrará una ventana como se muestra en la Figura 10.9, tal como debe estar para nuestro ejemplo.



Figura 10.9 – Ventana del complemento para exportar los archivos a HydroBID Flood.

4. Después de introducir la información se le da click al botón *Aceptar* y comenzará el proceso de exportación.

Una vez finalice, se cargara el programa HydroBID Flood con el archivo *DamBreach.DAT* del ejemplo en específico.

10.5 Correr el Modelo

Luego de exportar los archivos, se carga el programa HydroBID Flood con el archivo de proyecto del ejemplo *DamBreach.DAT* y muestra el panel de entrada de datos al mismo como se ilustra en la Figura 10.10.

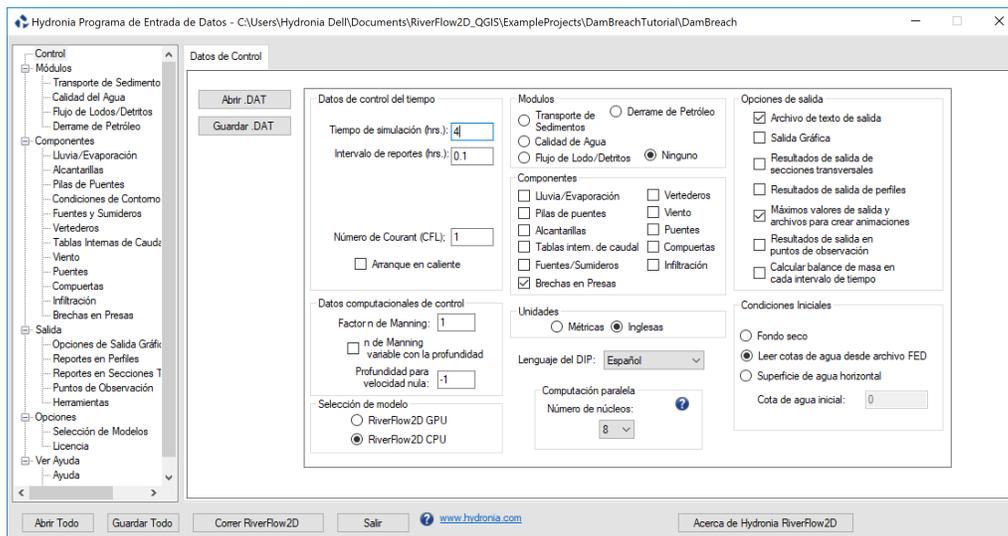


Figura 10.10 – Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.

Se puede observar que el componente Rotura de presa (*DamBreach*), aparece seleccionado así como la condición inicial que indica que se leerá la elevación inicial de la superficie del agua

del archivo .FED. Seleccionando en la lista del panel de la izquierda el componente *DamBreach* se mostrará el panel donde se pueden ver los parámetros de la rotura de presa como se aprecia en la figura a continuación:

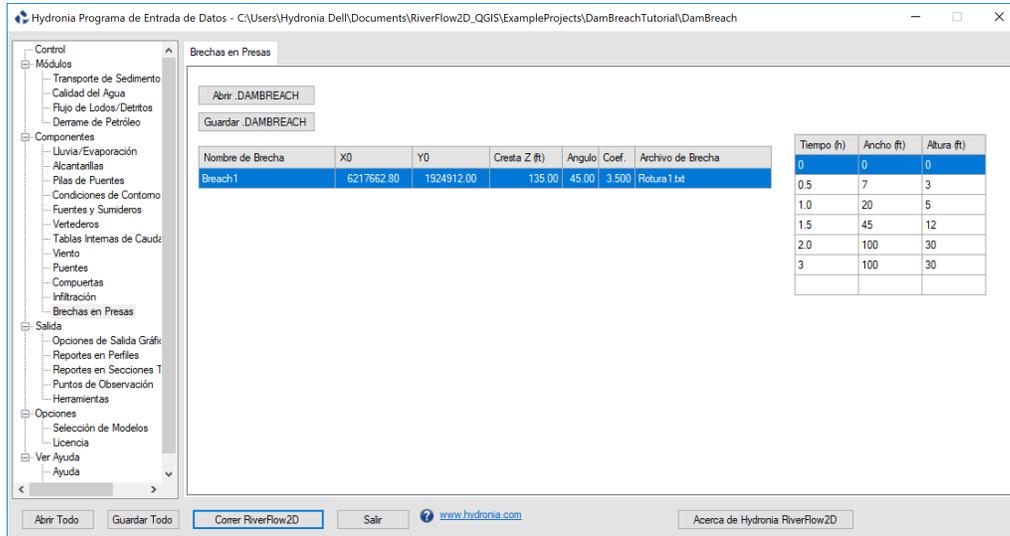


Figura 10.11 – Componente de rotura de presas.

1. Antes de correr el modelo, configure el tiempo de simulación en 4 horas.
2. Deje todos los demás parámetros en sus valores predeterminados.
3. Para ejecutar el modelo, haga click en el botón Ejecutar HydroBID Flood en la sección inferior del Programa de ingreso de datos.
4. Guarde los cambios con el mismo nombre del archivo *DamBreach.DAT*.

Luego aparecerá una ventana que indica que el modelo comenzó a ejecutarse. La ventana que presenta el HydroBID Flood mientras corre muestra entre otros parámetros, el tiempo de simulación, el error de conservación de volumen, y el caudal de salida ido (Figura 10.12).

Simulación de inundación por rotura de presas

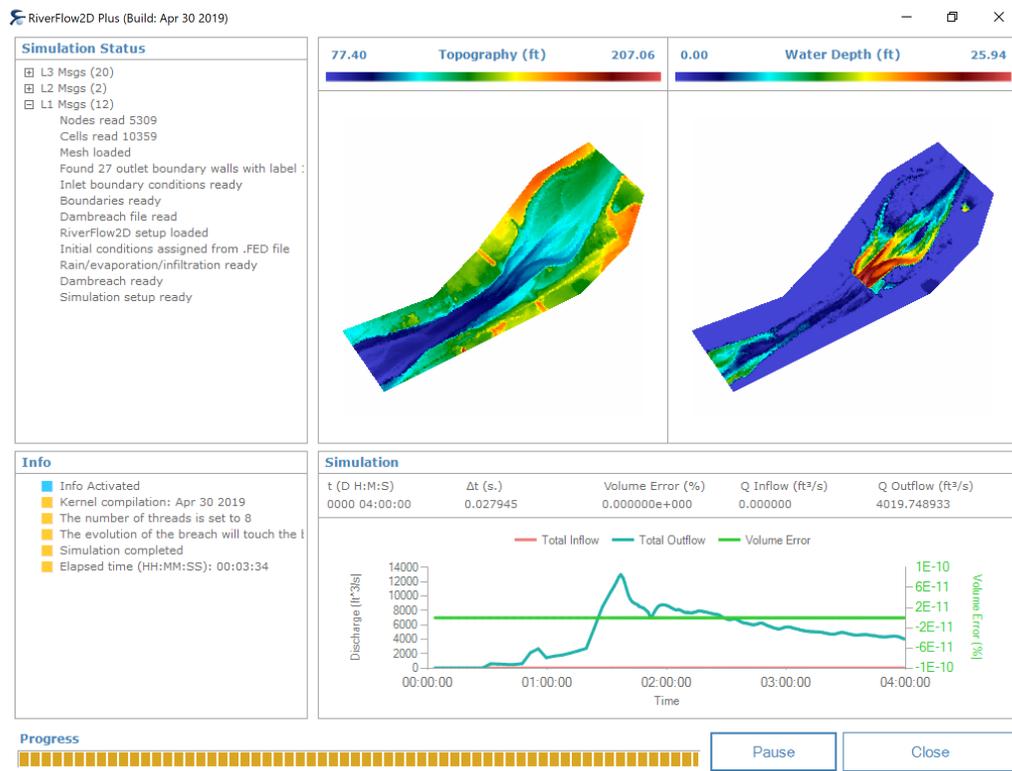
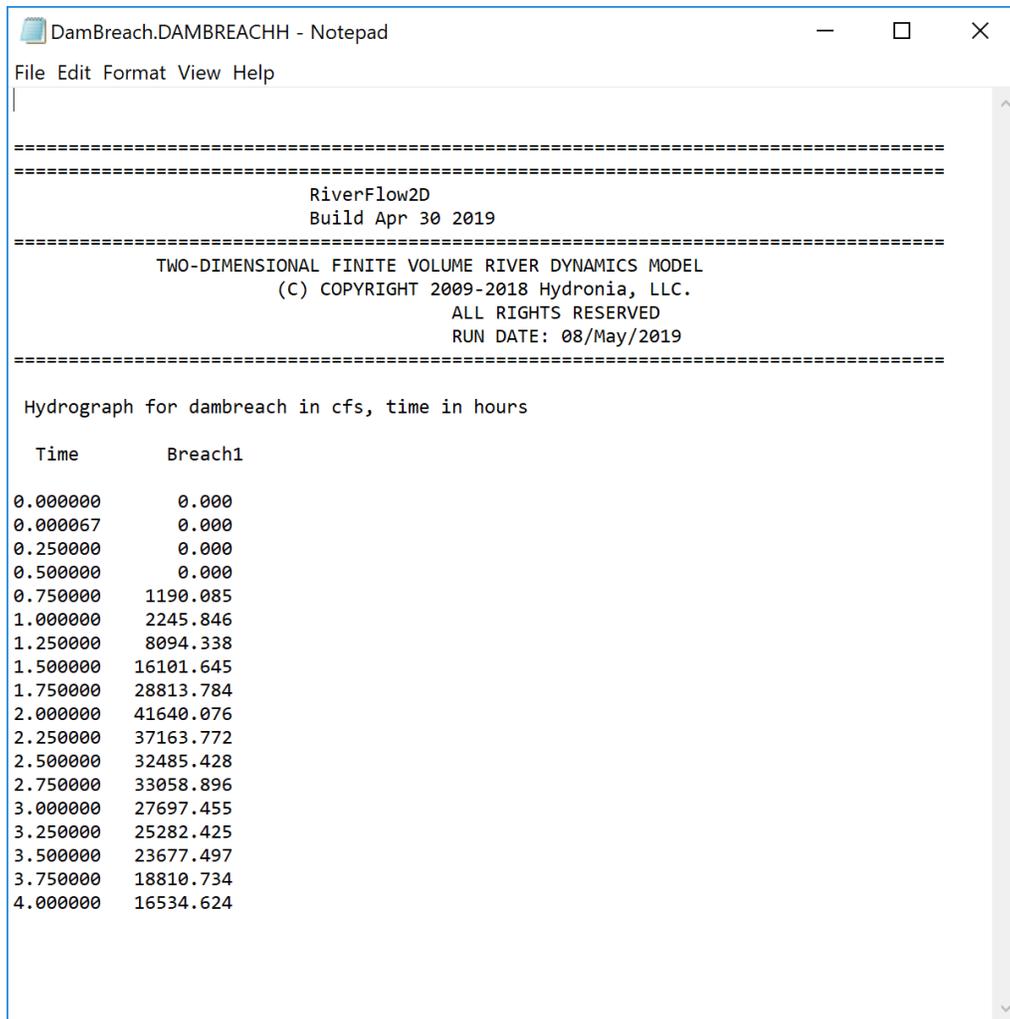


Figura 10.12 – Gráficos de salida del HydroBID Flood.

10.6 Revisar los archivos de salida

El programa HydroBID Flood crea el archivo con la extensión `.DAMBREACHH` donde se reporta el hidrograma en la brecha. En la Figura 10.13 se puede ver un extracto del archivo `DamBreach.DAMBREACHH`, con los resultados de la corrida. Los valores que se obtienen pueden cambiar de acuerdo a la ubicación particular de la presa que se haya establecido en cada caso.



```
DamBreach.DAMBREACHH - Notepad
File Edit Format View Help
=====
RiverFlow2D
Build Apr 30 2019
=====
TWO-DIMENSIONAL FINITE VOLUME RIVER DYNAMICS MODEL
(C) COPYRIGHT 2009-2018 Hydronia, LLC.
ALL RIGHTS RESERVED
RUN DATE: 08/May/2019
=====

Hydrograph for dambreach in cfs, time in hours

Time      Breach1
0.000000  0.000
0.000067  0.000
0.250000  0.000
0.500000  0.000
0.750000  1190.085
1.000000  2245.846
1.250000  8094.338
1.500000  16101.645
1.750000  28813.784
2.000000  41640.076
2.250000  37163.772
2.500000  32485.428
2.750000  33058.896
3.000000  27697.455
3.250000  25282.425
3.500000  23677.497
3.750000  18810.734
4.000000  16534.624
```

Figura 10.13 – Extracto del archivo DamBreach.DAMBREACHH

11 | Cálculos post-procesamiento

El programa HydroBID Flood tiene tres controles de salida que facilitan al usuario el análisis posterior de los resultados de las corridas en sitios específicos del dominio de cálculo, estos controles de salida son: Puntos de observación, Secciones transversales y Perfiles.

Este tutorial ilustra cómo implementar los controles de salida en un modelo usando la interfaz de QGIS. El procedimiento incluye los siguientes pasos:

1. Abrir un proyecto HydroBID Flood existente.
2. Crear las capas Puntos de observación, Secciones transversales y Perfiles y dibujar los controles de salida.
3. Genera la malla.
4. Ejecutar el modelo.
5. Visualice los resultados del modelo.

Nota: Los archivos necesarios para seguir este tutorial se pueden encontrar en el siguiente directorio:

```
...\Documents\RiverFlow2D_QGIS\ExampleProjects\outControlTutorial
```

11.1 Abrir un proyecto existente

1. Inicie QGIS
2. En el menú principal → *Proyecto* → *Abrir...* para cargar el proyecto existente: `OutControlTutorial.qgs`.

Este proyecto contiene las capas de *Domain Outline*, del modelo digital de elevación DEM del cauce del río en formato ráster, la capa con las condiciones de contorno *Boundary Conditions* en donde la entrada del flujo se ubica en la esquina superior derecha y la salida en la esquina inferior izquierda. Las condiciones de contorno son un hidrograma con una descarga máxima de 6.500 pies cúbicos por segundo y condiciones de flujo libre aguas abajo.

Al abrir el proyecto se tendrá una imagen del proyecto cargado en QGIS como se muestra en la Figura 11.1.

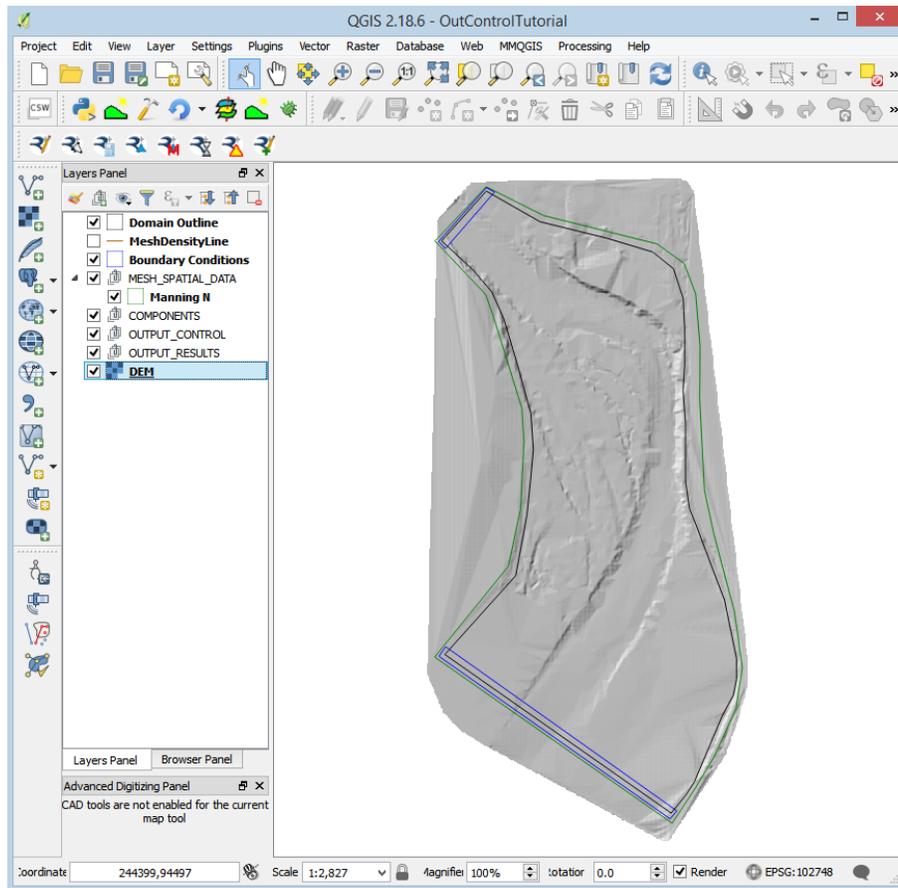


Figura 11.1 – Pantalla de proyecto cargado en QGIS.

11.2 Crear las capas Puntos de Observación, Secciones Transversales y Perfiles y dibujar los controles de salida

Para agregar las capas en donde se dibujan los distintos controles de salida se siguen los siguientes pasos:

1. Se crean las capas Puntos de Observación (*Observations Points*), Secciones transversales (*CrossSections*) y Perfiles (*Profiles*): para esto se va al menú de botones del complemento HydroBID Flood y se hace click en el botón *Nueva plantilla de capa*



en la ventana del complemento activamos los checkBox *Puntos de Observación*, *Secciones Transversales* y *Perfiles*, como se muestra en la Figura:

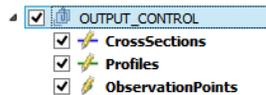


Figura 11.2 – Complemento para agregar las nuevas capas.

2. Se editan las capas para dibujar los controles de salida: Para esto, en el panel de capas se selecciona una por una las capas *CrossSections*, *Profiles* y *ObservationsPoints* y en la barra de digitalización se hace click en el botón de la herramienta *Conmutar edición*



Al hacer esto, en la etiqueta de las capas aparecerá un icono de un lápiz que nos indica que las capas está en modo edición:



3. Dibujar las líneas o puntos que representa los controles de salida: Para dibujar las secciones, perfil o puntos de observación se utilizara la herramienta *Añadir objeto espacial* de la barra de Herramientas de Digitalización.

Nota: si la capa es de líneas como son *CrossSections* y *Profiles*, el icono para la herramienta *Añadir objeto espacial* es



en el caso de una capa de puntos como *ObservationsPoints*, el icono es



4. Trazado de las secciones transversales: se selecciona la capa *CrossSections*, y activada la herramienta *Añadir objeto espacial*, se procede a dibujar tres secciones, una al principio del canal, otra en medio y la tercera ya casi al final del cauce, se identificaran (XSECID) como: Seccion1, Seccion2 y Seccion3, con intervalos (ND_CS) de 10, 15 y 20 respectivamente, las tablas de atributos de las secciones quedara como se muestra en la Figura 11.3 y al terminar el trazado se debe tener una imagen similar a la mostrada en la siguiente Figura e 11.4.

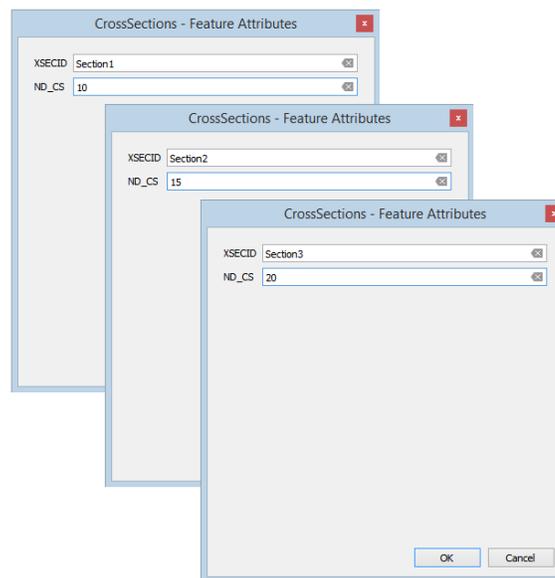


Figura 11.3 – Ventanas de atributos para las tres secciones transversales.

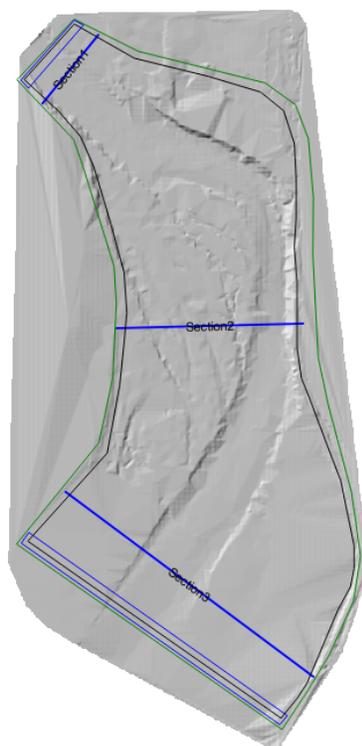


Figura 11.4 – Secciones transversales incorporadas al modelo.

5. Para finalizar el trazado de las secciones transversales, se le vuelve a dar click a la herramienta Conmutar edición para deshabilitar el modo edición de la capa *CrossSections*.
6. Trazado del perfil: se selecciona la capa *Profiles*, y activada la herramienta Añadir objeto espacial, se procede a dibujar la línea que define el perfil a lo largo del eje central del cauce, como identificador (PROFILEID) se le asigna Perfil1 y el número de intervalos (ND_PR) igual a 50. La tabla de atributo quedara como se muestra en la Figura 11.5 y al terminar el trazado se debe tener una imagen similar a la mostrada en la siguiente 11.6.

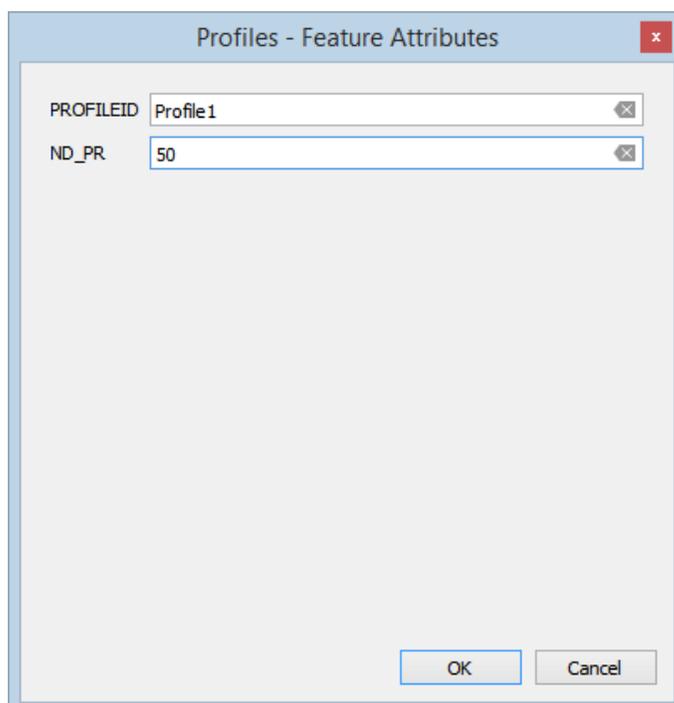


Figura 11.5 – Ventana de atributo para el perfil.

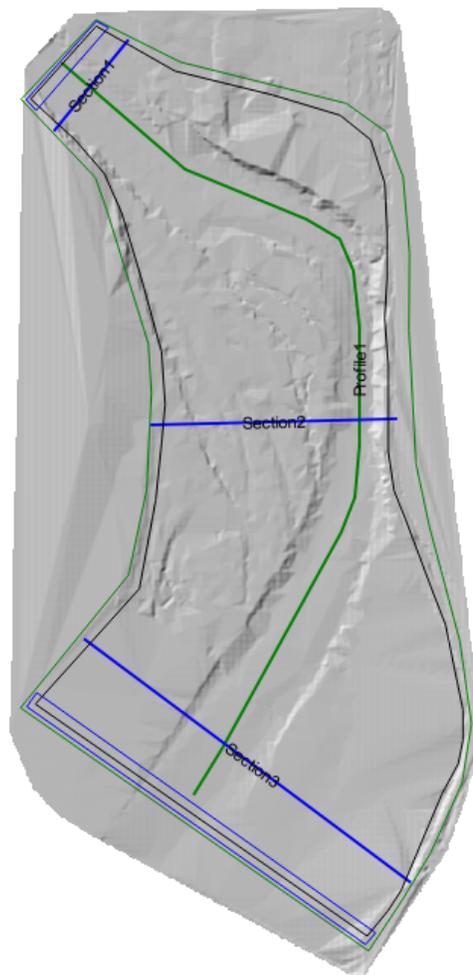


Figura 11.6 – Perfil (línea verde) incorporado al modelo.

7. Para finalizar el trazado del perfil, se le vuelve a dar click a la herramienta *Conmutar edición* para deshabilitar el modo edición de la capa *Profiles*.
8. Trazado de los puntos de observación: se selecciona la capa *ObservationsPoints*, y activada la herramienta *Añadir objeto espacial*, se procede a dibujar dos puntos de observación el primero entre la secciones 1 y 2 y el segundo entre las secciones 2 y 3, como identificador (ObsID) se le asigna Point1 y Point2 respectivamente. Las tablas de atributos quedara como se muestra en la Figura 11.7 y al terminar el trazado se debe tener una imagen similar a la mostrada en la siguiente Figura 11.8.

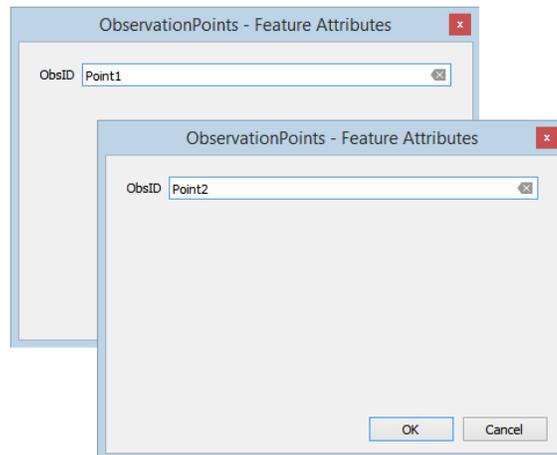


Figura 11.7 – Ventanas de atributos para los dos puntos de observación.

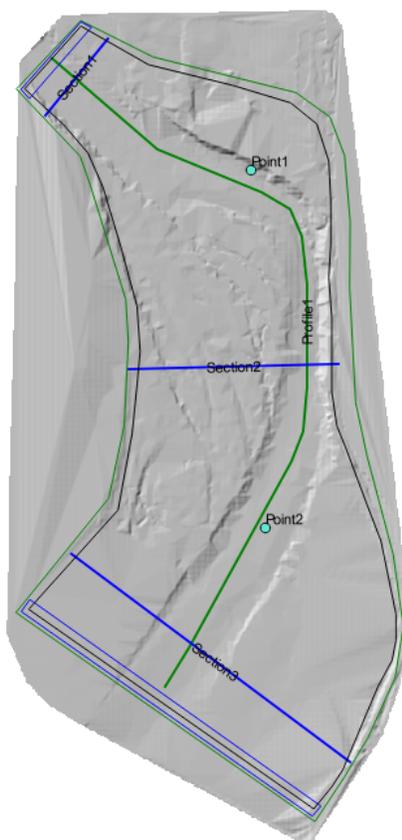


Figura 11.8 – Puntos de observación incorporados al modelo.

9. Para finalizar el trazado de los puntos de observación, se le vuelve a dar click en la herramienta *Conmutar edición* para deshabilitar el modo edición de la capa *Observations-Points*.

11.3 Generar la malla

Posteriormente se genera la malla con el complemento *Generar la malla Trimesh*



y se obtiene la malla de casi 9.400 elementos, como se muestra en la Figura 11.9.

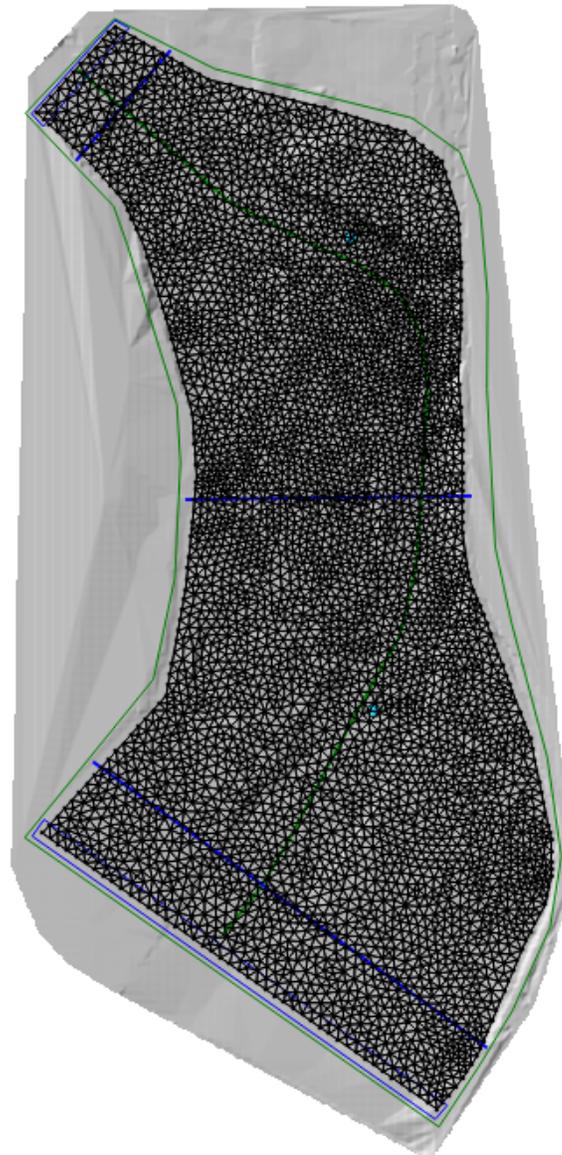


Figura 11.9 – La malla generada.

11.3.1 Exportar los archivos al HydroBID Flood

Ahora que ha generado la malla y se tiene lista las otras capas con la información necesaria se deben exportar los archivos en el formato requeridos por el HydroBID Flood.

1. Haga click en el botón *Export HydroBID Flood*



2. Al ejecutar el complemento se muestra una ventana, aquí debemos seleccionar la capa

ráster que contiene el Modelo digital de elevación (DEM) y el nombre del proyecto a exportar, solo se debe indicar el nombre sin extensión alguna para este ejemplo será: OutControl.

3. Antes de ejecutar el complemento active la capa con el DEM (si esta desactivada).

Una vez ejecutado el complemento se mostrará una ventana como se muestra en la Figura 11.10), tal como debe estar para nuestro ejemplo.



Figura 11.10 – Ventana del complemento para exportar los archivos a HydroBID Flood.

4. Después de introducir la información se le da click al botón *Aceptar* y comenzará el proceso de exportación.

Una vez finalice, se cargara el programa HydroBID Flood con el archivo `OutControl1.DAT` del ejemplo en específico

11.4 Correr el Modelo

Luego de exportar los archivos, se carga el programa HydroBID Flood con el archivo de proyecto del ejemplo `OutControl1.DAT` y muestra el panel de entrada de datos al mismo como se ilustra en la Figura 11.11.

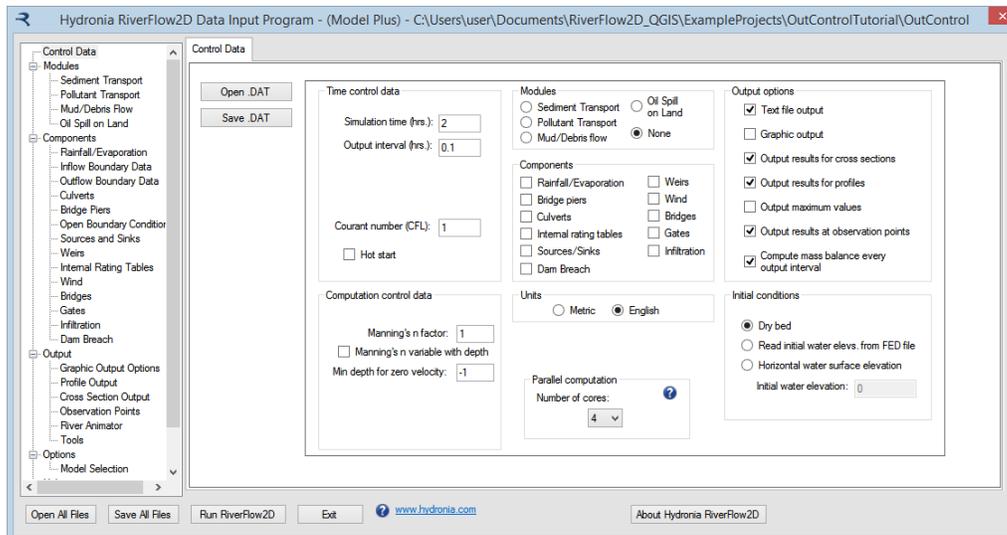


Figura 11.11 – Panel de entrada de datos del HydroBID Flood.

Se puede observar en panel de control en opciones de salida (Output Options) están seleccionados las salidas de resultados para secciones transversales, perfiles y puntos de observación.

Deje todos los demás parámetros en sus valores predeterminados.

La ventana que presenta el HydroBID Flood mientras corre el modelo muestra información del tiempo de simulación, el error de conservación de volumen, la descarga total de entrada y salida del caudal líquido, así como otros parámetros a medida que avanza la ejecución (Figura 11.12).

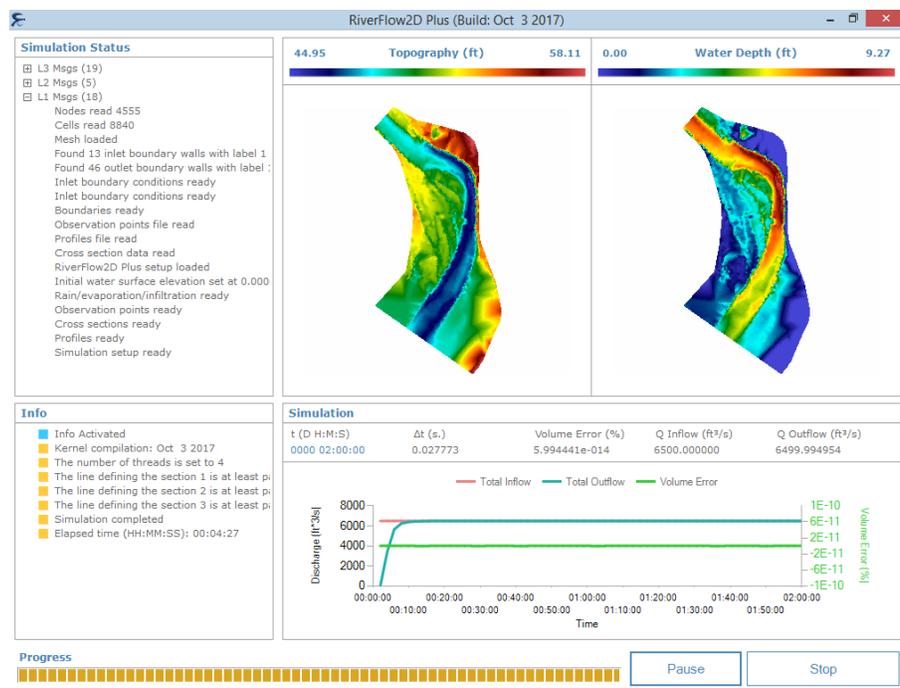


Figura 11.12 – Gráficos de salida del HydroBID Flood.

11.5 Revisar los archivos de salida

El programa HydroBID Flood genera los archivos con las extensiones .XSECI (unidades métricas) y .XSECE (unidades inglesas), que reportan los resultados a lo largo de las secciones transversales; Genera los archivos con las extensiones .PRFI (unidades métricas) y .PRFE (unidades inglesas), que reportan los resultados a lo largo de los perfiles y genera los archivos con las extensiones .OUTI (unidades métricas) y .OUTE (unidades inglesas), que reportan los resultados en los puntos de observación.

En la Figura 11.13 se muestra un extracto del archivo *OutControl.XSECE* con el reporte de los resultados de las secciones transversales del modelo:

```

=====
RiverFlow2D Plus - Release 4.2.1
Build Oct 3 2017
=====
TWO-DIMENSIONAL FINITE VOLUME RIVER DYNAMICS MODEL
(C) COPYRIGHT 2009-2017 Hydronia, LLC.
ALL RIGHTS RESERVED
RUN DATE: 23/Jan/2018
=====

CROSS SECTION RESULTS IN ENGLISH UNITS

TIME: 0000 days, 00 hours, 00 min.,00 secs.

CROSS SECTION NO.: 1 CROSS SECTION ID: Section1

( 243555.07, 94409.01), ( 243437.29, 94264.25)
ELEM STATION BEDEL DEPTH WSEL VELOCITY FROUDE QS
(ft) (ft) (ft) (ft) (ft/s) (ft2/s)
3824 20.74 52.26 0.00 52.26 0.00 0.00 0.000000
6162 41.47 52.14 0.00 52.14 0.00 0.00 0.000000
5311 62.21 51.59 0.00 51.59 0.00 0.00 0.000000
6477 82.94 49.20 0.00 49.20 0.00 0.00 0.000000
1132 103.68 48.73 0.00 48.73 0.00 0.00 0.000000
788 124.42 49.10 0.00 49.10 0.00 0.00 0.000000
1792 145.15 49.51 0.00 49.51 0.00 0.00 0.000000
1953 165.89 51.61 0.00 51.61 0.00 0.00 0.000000
Q = 0.000 cfs.

CROSS SECTION NO.: 2 CROSS SECTION ID: Section2

( 243989.36, 93795.60), ( 243594.33, 93785.79)
ELEM STATION BEDEL DEPTH WSEL VELOCITY FROUDE QS
(ft) (ft) (ft) (ft) (ft/s) (ft2/s)
2897 28.23 50.65 0.00 50.65 0.00 0.00 0.000000
8304 56.45 46.40 0.00 46.40 0.00 0.00 0.000000
2483 84.68 48.42 0.00 48.42 0.00 0.00 0.000000
3240 112.90 50.78 0.00 50.78 0.00 0.00 0.000000

```

Figura 11.13 – Archivo OutControl.XSECE.

En la Figura 11.14 se muestra un extracto del archivo OutControl.PRFE con el reporte de los resultados del perfil:

```

=====
=====
RiverFlow2D Plus - Release 4.2.1
Build Oct 3 2017
=====
TWO-DIMENSIONAL FINITE VOLUME RIVER DYNAMICS MODEL
(C) COPYRIGHT 2009-2017 Hydronia, LLC.
ALL RIGHTS RESERVED
RUN DATE: 23/Jan/2018
=====

PROFILE RESULTS IN ENGLISH UNITS

TIME: 0000 days,00 hours,00 min.,00 secs.

PROFILE NO.: 1 PROFILE ID: Profile1

ELEM  DISTANCE  BEDEL  DEPTH  WSEL  VELOCITY  FROUDE
      (ft)    (ft)   (ft)   (ft)   (ft/s)
3736   0.00    48.61  0.00   48.61  0.00    0.00
6466  32.83    49.13  0.00   49.13  0.00    0.00
3156  65.67    48.77  0.00   48.77  0.00    0.00
  82  98.50    48.78  0.00   48.78  0.00    0.00
1122 131.34    48.57  0.00   48.57  0.00    0.00
1971 164.17    48.60  0.00   48.60  0.00    0.00
4933 197.01    48.94  0.00   48.94  0.00    0.00
  372 229.84    48.76  0.00   48.76  0.00    0.00
2028 260.18    48.47  0.00   48.47  0.00    0.00
3745 290.51    48.46  0.00   48.46  0.00    0.00
6980 320.84    48.57  0.00   48.57  0.00    0.00
1804 351.18    47.72  0.00   47.72  0.00    0.00

```

Figura 11.14 – Archivo OutControl.PRFE.

En la Figura 11.15 se muestra un extracto del archivo RESvsT_0008056.0UTE con el reporte de los resultados del punto de observación. Point1:

```

=====
RiverFlow2D Plus - Release 4.2.1
Build Oct 3 2017
=====
TWO-DIMENSIONAL FINITE VOLUME RIVER DYNAMICS MODEL
(C) COPYRIGHT 2009-2017 Hydronia, LLC.
ALL RIGHTS RESERVED
RUN DATE: 23/Jan/2018
=====

RESULTS FOR CELL: 4938 OBSERVATION POINT ID: Point1
LOCATED AT COORDINATE: ( 243824.97),( 243824.97)

TIME          U          V    VELOCITY  DEPTH    WSEL    BEDEL_ORI  BEDEL  DELTA_BED  FROUDE
(hours)      (ft/s)   (ft/s) (ft/s)    (ft)    (ft)    (ft)      (ft)    (ft)      (ft)
0.01000      7.957   -4.306   9.048    3.660   50.511  46.851  46.851  0.000    0.834
0.02000      4.590   -2.370   5.165    6.293   53.144  46.851  46.851  0.000    0.363
0.03000      3.037   -1.391   3.341    7.128   53.979  46.851  46.851  0.000    0.221
0.04000      2.351   -1.040   2.571    7.435   54.286  46.851  46.851  0.000    0.166
0.05000      2.126   -0.915   2.315    7.609   54.460  46.851  46.851  0.000    0.148
0.06000      2.024   -0.879   2.207    7.720   54.571  46.851  46.851  0.000    0.140
0.07000      1.946   -0.834   2.117    7.800   54.651  46.851  46.851  0.000    0.134
0.08000      1.900   -0.813   2.066    7.857   54.708  46.851  46.851  0.000    0.130
0.09000      1.875   -0.794   2.036    7.892   54.743  46.851  46.851  0.000    0.128
0.10000      1.847   -0.781   2.006    7.921   54.772  46.851  46.851  0.000    0.126
0.11000      1.830   -0.771   1.986    7.939   54.790  46.851  46.851  0.000    0.124
0.12000      1.819   -0.766   1.974    7.950   54.801  46.851  46.851  0.000    0.123
0.13000      1.813   -0.763   1.967    7.960   54.811  46.851  46.851  0.000    0.123
0.14000      1.809   -0.761   1.963    7.965   54.816  46.851  46.851  0.000    0.123
0.15000      1.804   -0.760   1.957    7.967   54.818  46.851  46.851  0.000    0.122

```

Figura 11.15 – Archivo RESvsT_0008056.0UTE.

12 | Digitalización avanzada/Autoensamblado

En muchos casos se requiere el dibujo de polígonos que comparten frontera (contiguos), tratar de hacer esto de forma manual por lo general produce errores de solapamientos de los polígonos o quedan áreas o espacios vacíos intermedios como se ilustra en la siguiente figura:

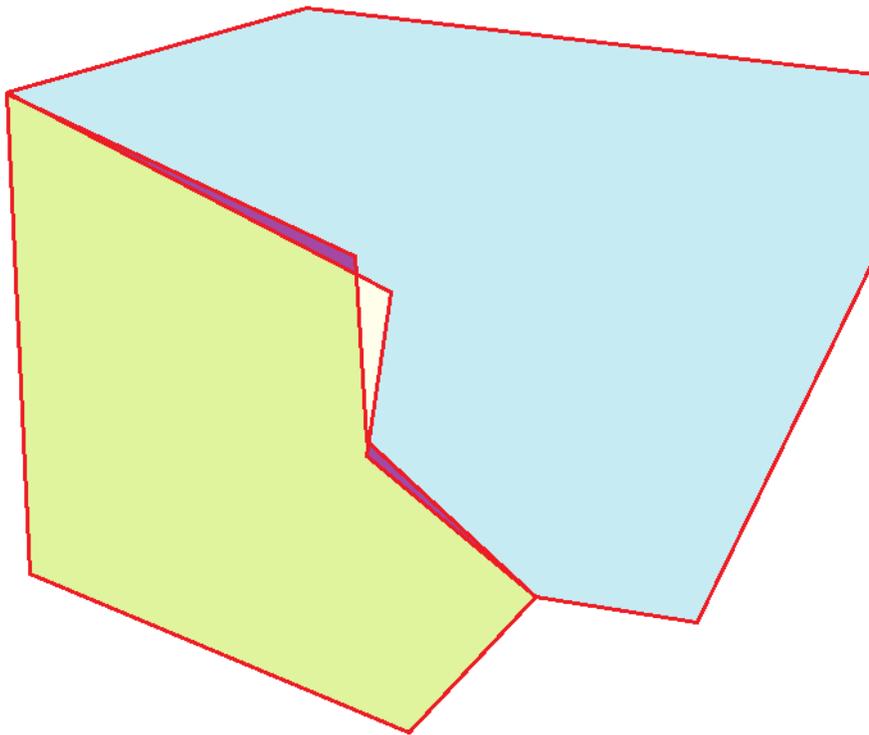


Figura 12.1 – Áreas con solapamiento y espacios vacíos en digitalización manual de polígonos adyacentes.

Este tutorial ilustra cómo usar la herramienta *Autoensamblado* de QGIS, para facilitar la digitalización de polígonos adyacentes. El procedimiento incluye los siguientes pasos:

1. Abrir un proyecto HydroBID Flood existente.
2. Activar la herramienta *Autoensamblado*.
3. Configurar la herramienta de *Autoensamblado*

4. Dibujar los polígonos contiguos o adyacentes usando la herramienta de Autoensamblado.

Nota: Los archivos necesarios para seguir este tutorial se pueden encontrar en el siguiente directorio:

...\Documents\RiverFlow2D_QGIS\ExampleProjects\SnappingTutorial

12.1 Abrir un proyecto existente

1. Inicie QGIS
2. En el menú principal → *Proyecto* → *Abrir...* para cargar el proyecto existente: *SnappingTutorial.qgs*.

Este proyecto contiene las capas básicas de un proyecto de HydroBID Flood y un ráster con 4 áreas con distintos coeficientes de n de Manning derivados del mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra de una cuenca hidrológica. A partir de este ráster se dibujarán los polígonos de la capa *Manning N*.

Al abrir el proyecto se tendrá una imagen del proyecto cargado en QGIS como se muestra en la Figura 12.2.

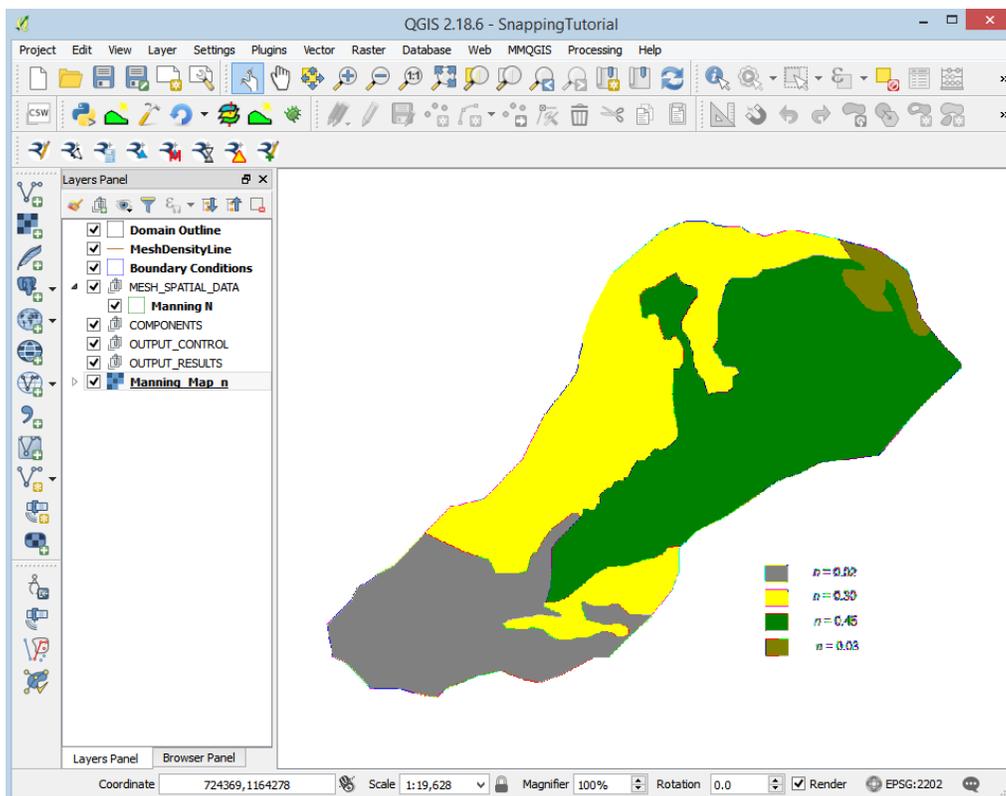


Figura 12.2 – Project screen loaded in QGIS.

12.2 Activar la herramienta de Autoensamblado

Para disponer de la herramienta de Autoensamblado se debe antes activar la misma, para esto:

1. Se abre la ventana de Opciones de configuración: Se va al menú principal → Configuración → Opciones...
2. Luego en la ventana de Configuración se hace click en la pestaña Digitalización.
3. En Autoensamblado activamos la opción *Abrir opciones de autoensamblado en una ventana adosada* (Figura 12.3). Como se indica, se debe cerrar y abrir de nuevo QGIS luego de aceptado los cambios.

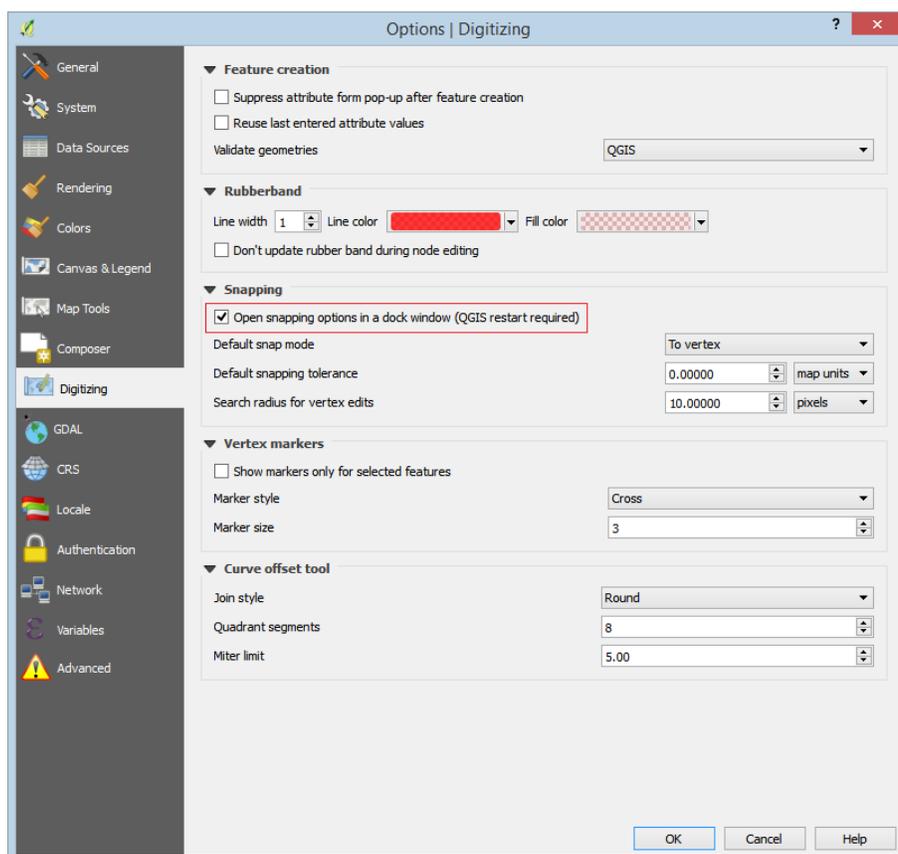


Figura 12.3 – Ventana de Opciones del QGIS.

Una vez se reinicie QGIS y abramos el proyecto nuevamente se debería tener una imagen similar a la mostrada en la Figura 12.4 en donde se puede apreciar el panel de la herramienta Autoensamblado en la parte inferior. Si no aparece, se va al menú principal → Configuración → Opciones de Autoensamblado..., para cargar dicho panel.

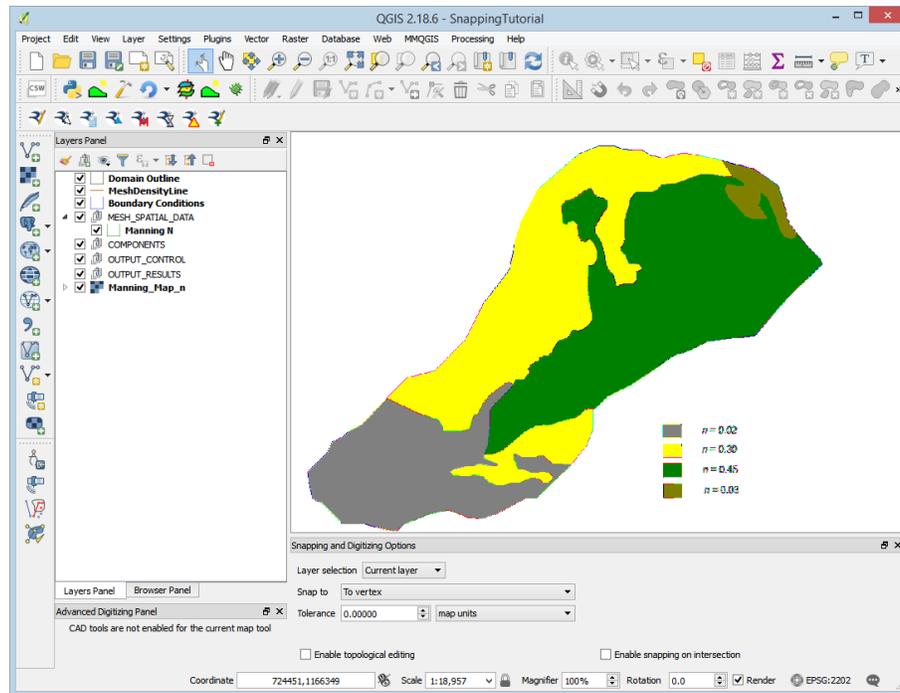


Figura 12.4 – Pantalla con panel de autoensamblado.

12.3 Configurar la herramienta de Autoensamblado

Antes de empezar a dibujar los polígonos de la información de la n de Manning se debe configurar la herramienta de Autoensamblado de la siguiente forma:

1. En selección de capa, se elige la opción: Avanzada
2. En la lista de capas de deseleccionan todas menos la capa donde se van a dibujar los polígonos en este caso la capa *Manning N*, la cual se deja seleccionada.
3. Se activa la casilla de evitar intersecciones en la capa *Manning N*.

La ventana de configuración de la herramienta Autoensamblado debe quedar como se muestra en la siguiente Figura:

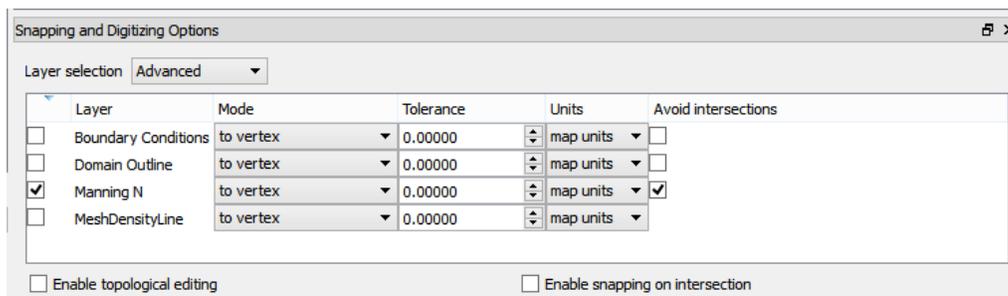


Figura 12.5 – Panel de configuración del autoensamblado.

12.4 Dibujar los polígonos contiguos o adyacentes usando la herramienta de Autoensamblado

Para dibujar los polígonos con la información de los coeficientes de Manning procedemos con los siguientes pasos:

1. Editar la capa Manning N: En el panel de capas se selecciona la capa *Manning N*.
2. En la barra de digitalización, se hace click en el botón de la herramienta *Conmutar edición*



Al hacer esto, en la capa de *Manning N* aparecerá un icono de un lápiz que nos indica que la capa está en modo edición:



3. Dibujar el polígono que demarca el área de erosión limitada: Usando la herramienta *Añadir objeto espacial* de la barra de digitalización



se procede a dibujar los polígonos. Se empezara dibujando el polígono en la parte inferior de la cuenca, de color gris, al que le corresponde un $n = 0.02$, al terminar el trazado se debe tener una imagen similar a la mostrada en la siguiente figura:

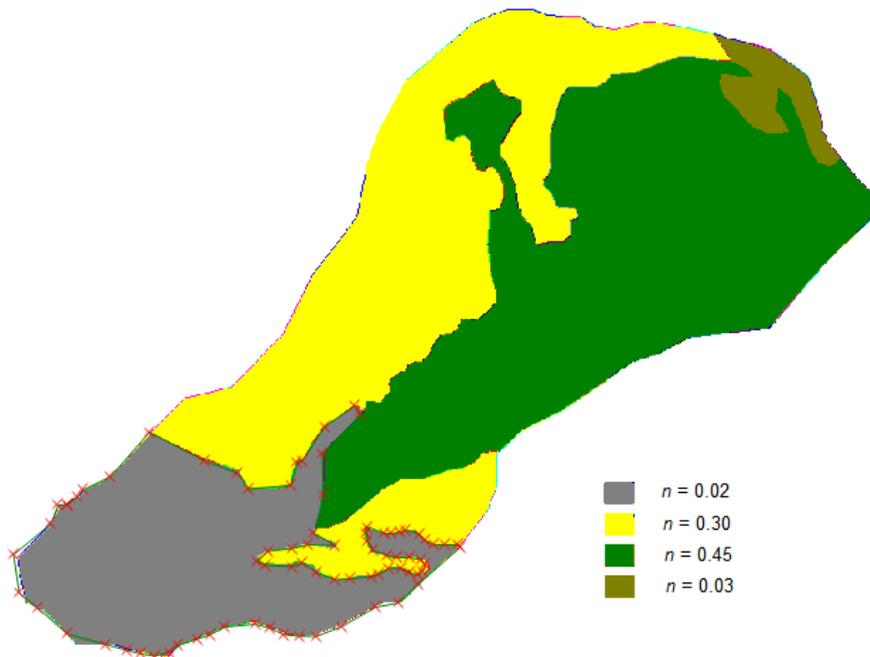


Figura 12.6 – Trazado del primer polígono.

4. Luego se procederá a dibujar el segundo polígono, este será el polígono amarillo pequeño al cual le corresponde una $n = 0.30$. Para dibujar el polígono se seguirá el límite con el polígono verde tal como lo indica el ráster, pero en el límite con el polígono ya trazado (el gris) se hará un solape para que la herramienta de autoensamblado tome el borde ya existe y complete el polígono, trate de hacer un trazado como se muestra en la figura a continuación:

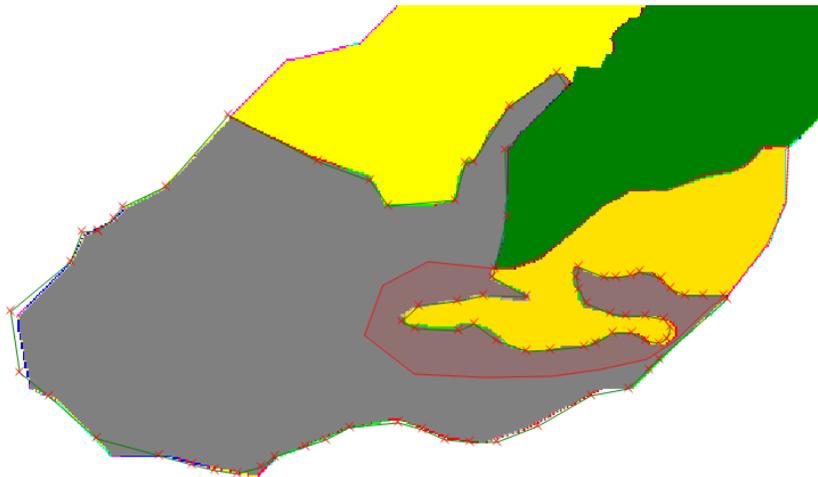


Figura 12.7 – Trazado del segundo polígono.

5. Para finalizar el trazado presiones botón derecho del ratón.
6. Introduzca el coeficiente de Manning, $n = 0.30$ y tendrá una imagen similar a la mostrada

abajo, en donde se puede apreciar como el trazado final del segundo polígono toma los vértices del primer polígono adyacente:

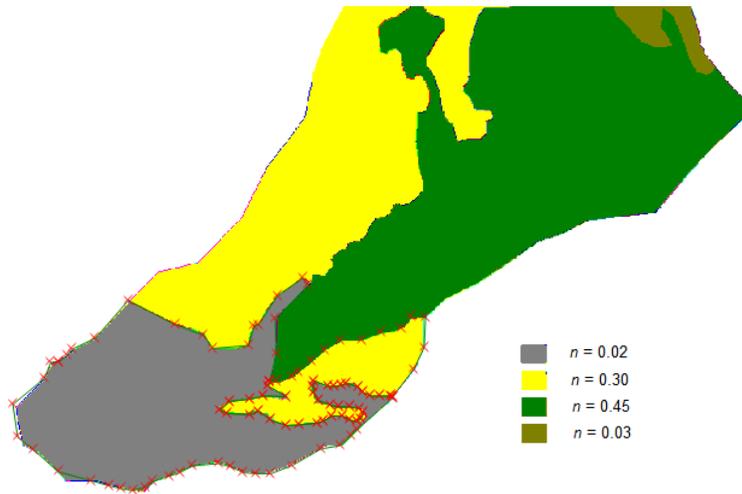


Figura 12.8 – Trazado final del segundo polígono.

7. El tercer polígono a trazar será el polígono amarillo grande, igual que en el caso anterior, se sigue fielmente el contorno del polígono según el ráster, pero en los polígonos adyacentes ya dibujados se hace un solape del trazado, en la figura abajo se muestra el trazado inicial, con un acercamiento en la zona donde se hace el solape con el polígono ya existente:

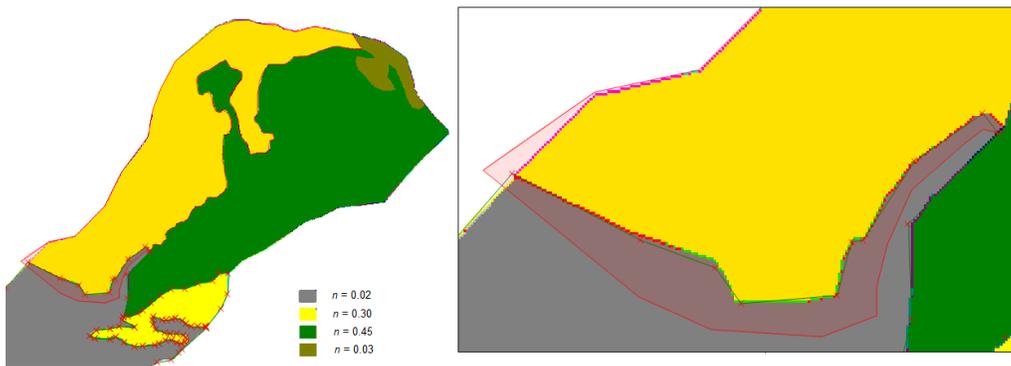


Figura 12.9 – Trazado preliminar del tercer polígono.

8. Luego de finalizar el trazado y asignar el número de Manning al polígono, se tendrá el trazado final del tercer polígono como se muestra abajo:

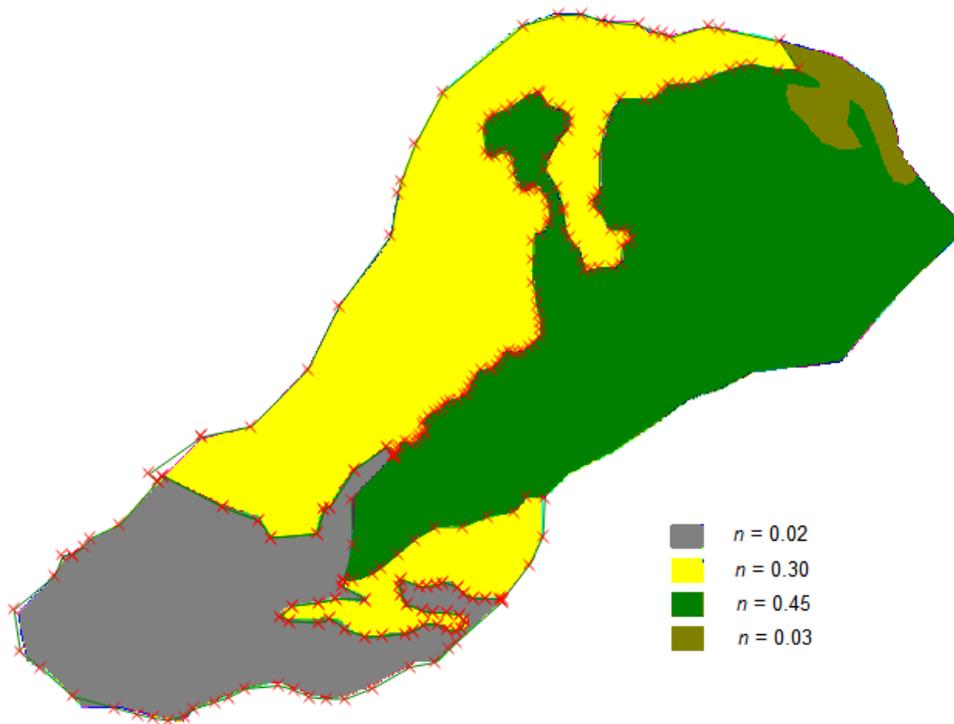


Figura 12.10 – Trazado final del tercer polígono.

9. El cuarto polígono a dibujar será el polígono verde al cual le corresponde un $n = 0.45$, para hacerlo se seguirá el límite externo del mismo y el límite con el polígono marrón, luego se hará un solape grueso dentro de los polígono ya dibujados, los amarillos y el gris, tal como se muestra en la figura abajo:

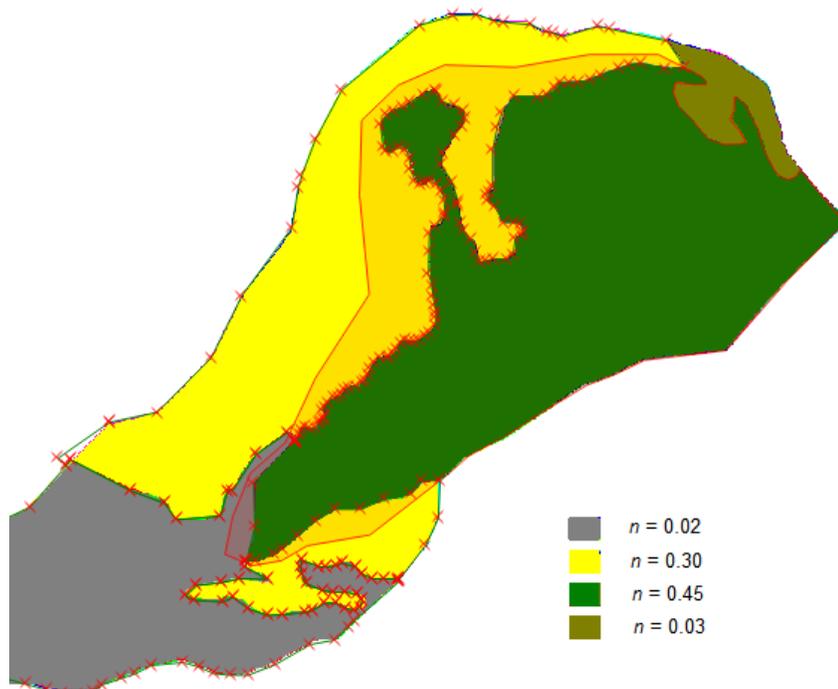


Figura 12.11 – Trazado preliminar del cuarto polígono.

10. Después de finalizar el trazado y asignar el número de Manning al polígono, se tendrá el trazado final del tercer polígono como se muestra abajo:

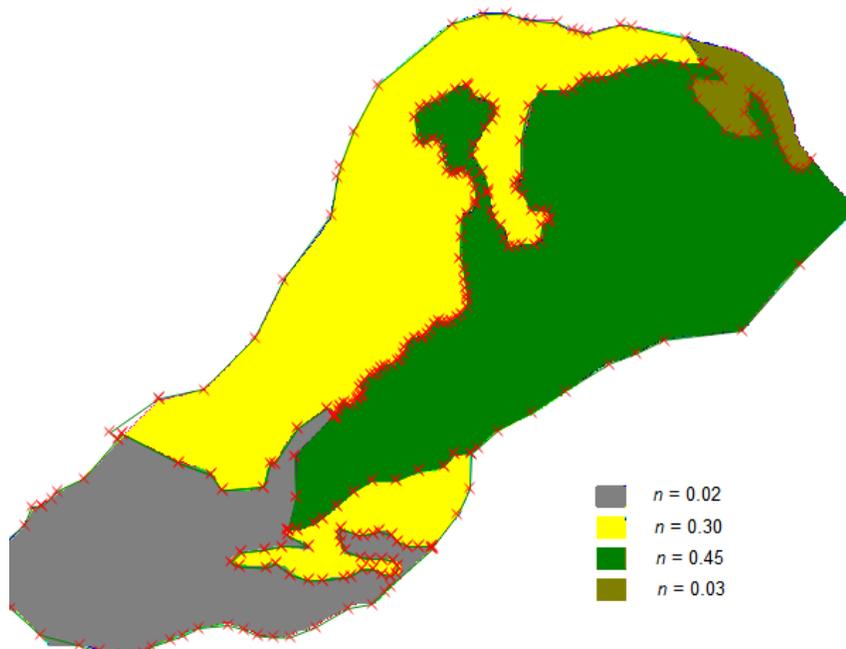


Figura 12.12 – Trazado final del cuarto polígono.

11. Para finalizar se dibuja el quinto polígono de color marrón, al cual le corresponde un $n = 0.03$, para esto se traza el limite externo siguiendo el contorno del ráster y para los límites compartido se hace un solape dentro de los polígono vecinos como se muestra en la figura abajo:

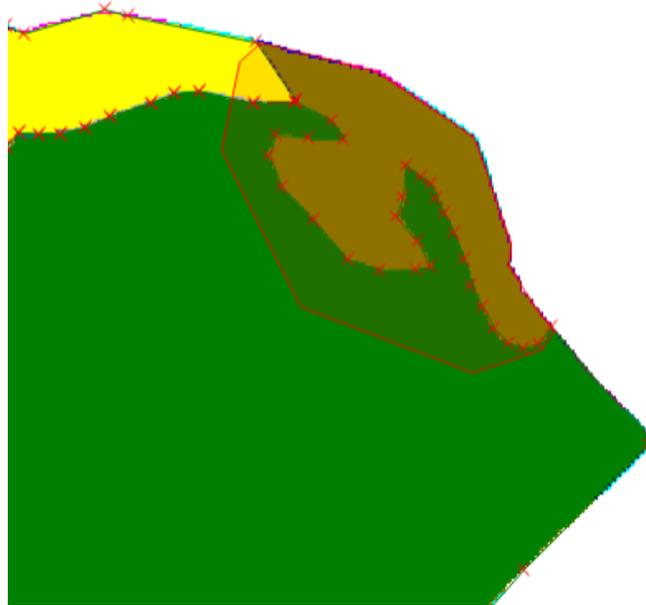


Figura 12.13 – Trazado preliminar del quinto polígono.

12. Después de finalizar el trazado y asignar el número de Manning al polígono, se tendrá el trazado final del tercer polígono como se muestra abajo:

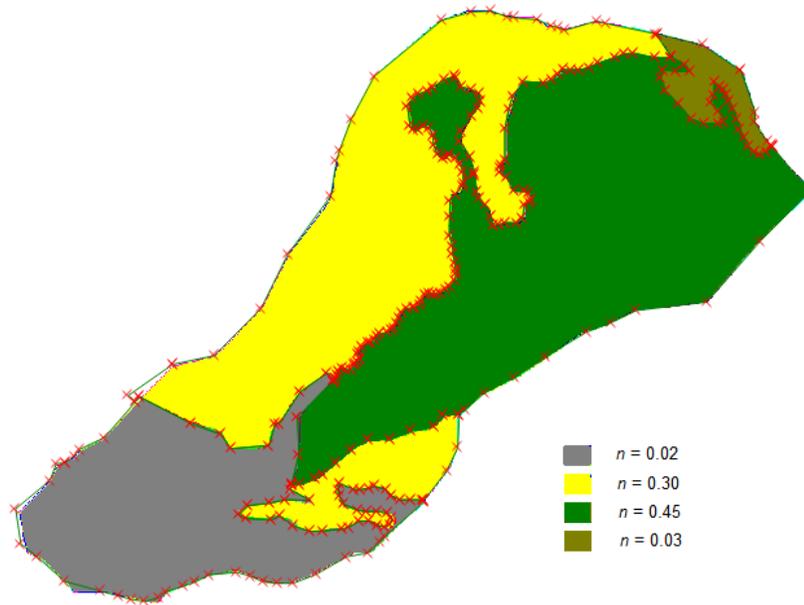


Figura 12.14 – Trazado final del quinto polígono.

13. 13. Para finalizar se vuelve hacer el click en el botón *Conmutar edición*



se aceptan y guardan los cambios. Luego se desactiva la capa del ráster *Manning_Map_n* y se podrá observar la capa *Manning N* vectorizada como se muestra en la Figura abajo:

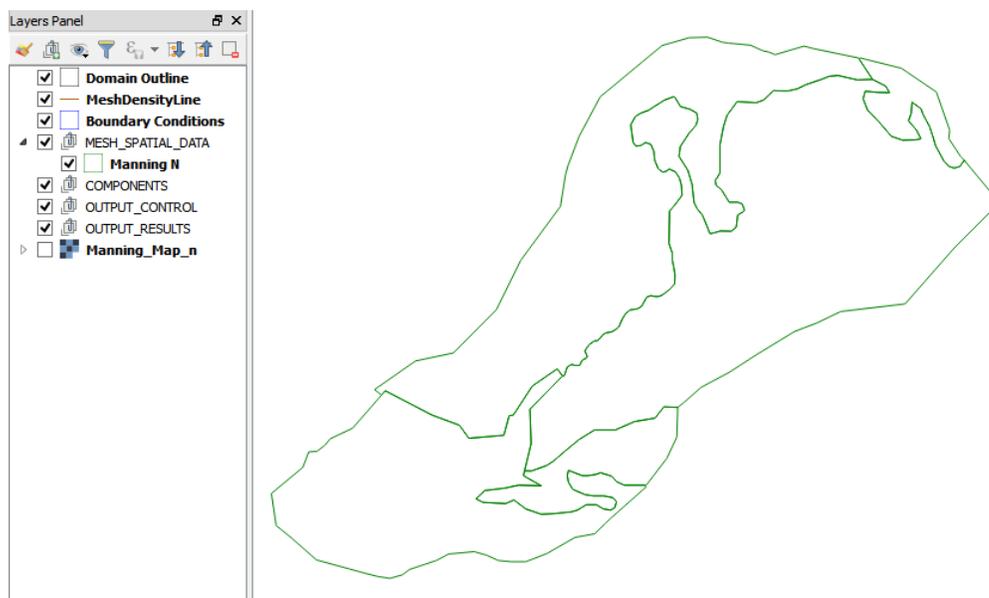


Figura 12.15 – Trazado final de la capa Manning N.

12.5 Eliminar un polígono

Suponga que se desea eliminar el último polígono creado porque no se está conforme con el resultado. Para esto se procede así:

1. Se edita la capa *Manning* N usando la herramienta *Conmutar edición*



2. Luego se selecciona el polígono a eliminar usando la herramienta *Selección de elemento espacial*



3. Con la herramienta de seleccionar activa se hace click sobre el polígono a eliminar y este se resaltara en color amarillo para indicar que esta seleccionado (Figure 12.16).

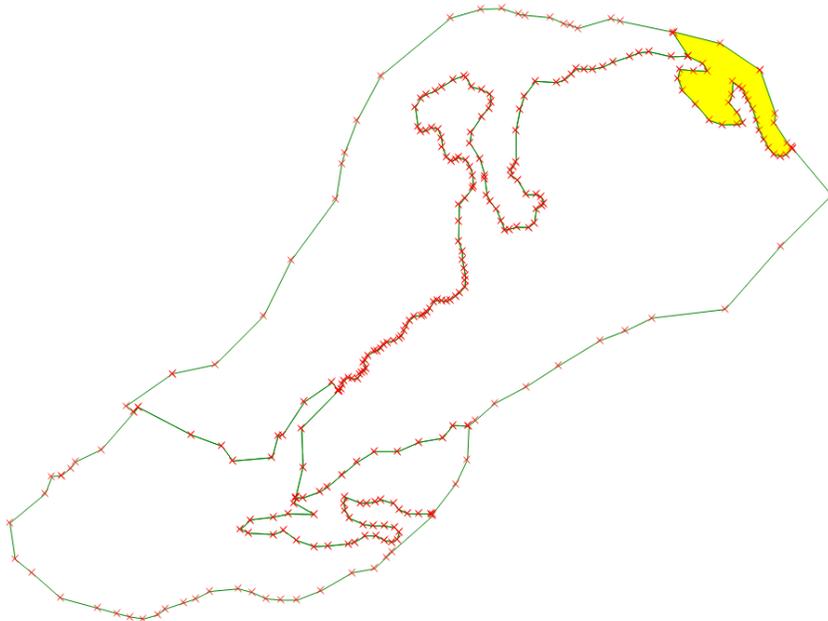


Figura 12.16 – Polígono a eliminar seleccionado.

4. Luego se borra el polígono ya sea con la tecla Suprimir del teclado o con la herramienta *Borrar lo seleccionado*

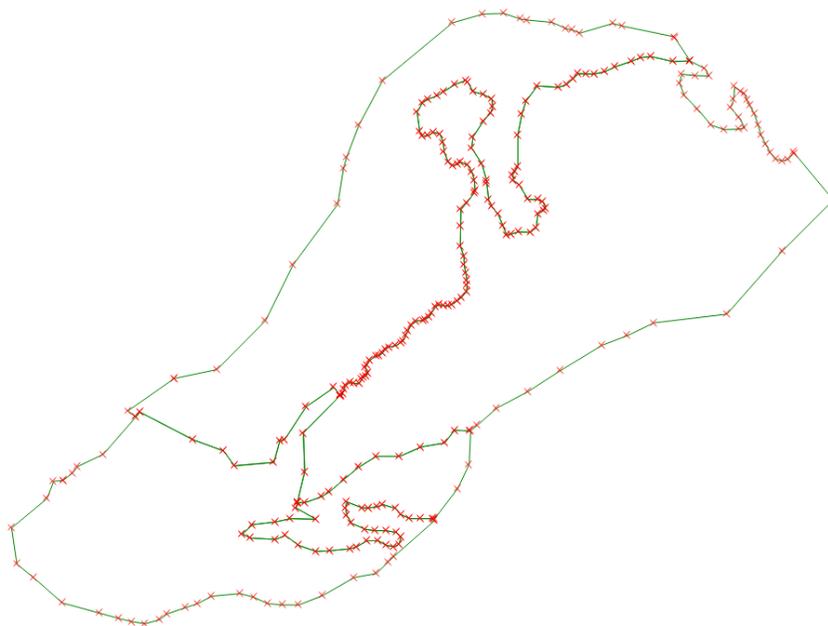


Figura 12.17 – Capa *Manning N* con el polígono eliminado.

5. Para finalizar, se guardan los cambios y se desactiva el modo edición de la capa haciendo click en la herramienta *Conmutar edición*.



