

REPORTE TÉCNICO

# Implementación del modelo HydroBID Flood

## Casos de estudio en la cuenca del río Magdalena

Reinaldo García (Hydronia)  
Jacinto Artigas (Hydronia)  
José Rafael Cordoba (Hydronia)  
José Cardona (Cormagdalena)  
Mauro Nalesso (BID)

Banco Interamericano de Desarrollo  
División de Agua y Saneamiento

Octubre 2024





## Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO HYDROBID FLOOD .....</b>	<b>6</b>
<b>4. INFORMACIÓN BÁSICA UTILIZADA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO HYDROBID FLOOD EN LOS CASOS DE ESTUDIO .....</b>	<b>7</b>
4.1. INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA .....	7
4.2. INFORMACIÓN BATIMÉTRICA .....	9
4.2.1. Canal del Dique.....	9
4.2.2. Canal de acceso a la ciudad de Barranquilla .....	10
4.3. INFORMACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE TERRENO.....	11
<b>5. IMPLEMENTACIÓN, APLICACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL MODELO HYDROBID FLOOD EN LOS CASOS DE ESTUDIO .....</b>	<b>12</b>
5.1. CANAL DEL DIQUE.....	12
5.2. CANAL DE ACCESO A LA CIUDAD DE BARRANQUILLA.....	15
5.2.1. Implementación y calibración del modelo HydroBID Flood .....	15
5.2.2. Aplicación del modelo calibrado para evaluar las condiciones hidrodinámicas del canal en épocas húmeda y seca.....	17
5.2.3. Aplicación del módulo de arrastre de sedimentos del modelo HydroBID Flood.....	18
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>19</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>20</b>
<b>7. ANEXO 1. PROGRAMA DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA. ....</b>	<b>21</b>

---

## Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación de los proyectos piloto seleccionados para la aplicación del modelo HydroBID Flood .....	5
Figura 2. Ubicación de las estaciones hidrométricas .....	7
Figura 3. Ecuación de regresión lineal que mejor se ajusta a los datos de caudales concomitantes observados en las estaciones hidrométricas INKORA y CALAMAR. ....	8
Figura 4. Batimetría del canal del Dique, elaborada con datos del 17 de junio de 2022 y expresada en profundidad del agua.....	9
Figura 5. Batimetría del canal de acceso a la ciudad de Barraquilla, elaborada con datos del 31 de julio de 2021 y expresada en profundidad del agua. ....	10
Figura 6. (A) Batimetría del canal del Dique que incluye las extracciones de agua (puntos rojos) y (B) Inicio del dominio de cálculo del canal del Dique al inicio de la disfluencia a nivel de CALAMAR.....	13
Figura 7. Resultados de la modelación numérica para el escenario de calibración del 17 de junio de 2022. Distribución espacial de (A) niveles del agua (cotas msnm), (B) magnitud del vector velocidad (m/s) y (C) dirección del vector velocidad.....	14
Figura 8. (A) Batimetría del canal de acceso a Barraquilla y (B) inicio del dominio de cálculo del canal de acceso, donde se muestra parte del mallado.....	15
Figura 9. Resultados de la modelación numérica para el escenario de calibración del 31 de julio de 2021. Distribución espacial de (A) niveles del agua (cotas msnm), (B) magnitud del vector velocidad (m/s) y (C) dirección del vector velocidad.....	16
Figura 10. Distribución espacial de las velocidades integradas en la vertical para las condiciones de: (A) época seca y (B) época húmeda. ....	17
Figura 11. Morfodinámica del sector K13-K15. (A) Localización del sector crítico de sedimentación – recuadro blanco. (B) Condición de predragado del 1 de febrero de 2022. (C) Condición de posdragado del 2 de marzo de 2022. (D) Evolución del lecho del río entre el 2 de marzo de 2022 y 21 de marzo de 2022. (E) Resultado de la modelación morfodinámica del 2 al 21 de marzo de 2022. ....	18

---

## 1. Introducción

En América Latina y el Caribe, las cuencas fluviales desempeñan un papel crucial en el desarrollo económico y social, pero también representan riesgos asociados a fenómenos naturales, como las inundaciones y las sequías, que pueden afectar a las comunidades locales, la infraestructura circundante y la navegación. En este contexto, la implementación de modelos numéricos avanzados, como HydroBID Flood, se convierte en un proceso indispensable para gestionar de manera eficaz estos recursos hídricos, proporcionando datos para informar la toma de decisiones.

Esta nota técnica, desarrollada por el Centro de Soporte HydroBID (CeSH) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con el apoyo de Hydronia, surge a partir de un programa de transferencia tecnológica dirigido al personal profesional de CORMAGDALENA, centrado en el uso del modelo HydroBID Flood en conjunto con el módulo de Transporte de Sedimentos. El programa tuvo como objetivo principal capacitar al personal técnico y brindar acompañamiento para que los profesionales pudieran llevar a cabo análisis hidrodinámicos en zonas críticas del canal de navegación del río Magdalena y en otras áreas priorizadas a lo largo de la cuenca, enfocándose en la evaluación del riesgo asociado a la ocurrencia de inundaciones y la dinámica del transporte de sedimentos en el canal de navegación con la finalidad de poder estimar medidas de mitigación.

El documento presenta los resultados de la implementación del modelo HydroBID Flood en dos casos de estudio considerados como proyectos piloto: el canal del Dique y el canal de acceso a Barranquilla. Estos estudios se centraron en la modelación hidrodinámica de los cauces y en el análisis del transporte de sedimentos en dichas áreas, consideradas de alta prioridad para la gestión y mitigación de riesgos en la cuenca del río Magdalena.

La implementación del modelo en estos casos de estudio incluyó la evaluación de la calidad de la información disponible, la aplicación del modelo en escenarios reales, y la revisión de los resultados obtenidos. Los resultados demuestran que el modelo HydroBID Flood es capaz de representar de manera precisa tanto la hidrodinámica como la morfodinámica del río Magdalena, lo cual subraya la su efectividad en contextos específicos. Entre las recomendaciones clave para la futura implementación del modelo, se destaca la necesidad de integrar la topografía y batimetría de toda la cuenca, así como la importancia de contar con recursos computacionales adecuados para mejorar la eficiencia del proceso. Asimismo, se sugiere un muestreo detallado del lecho del río para optimizar las ecuaciones de transporte de sedimentos utilizadas por el modelo.

A través de los casos de estudio presentados en esta nota técnica, no solo se busca validar la utilidad del modelo en escenarios reales, sino también generar

---

conocimientos aplicables a la gestión integral del río Magdalena y sus zonas adyacentes.

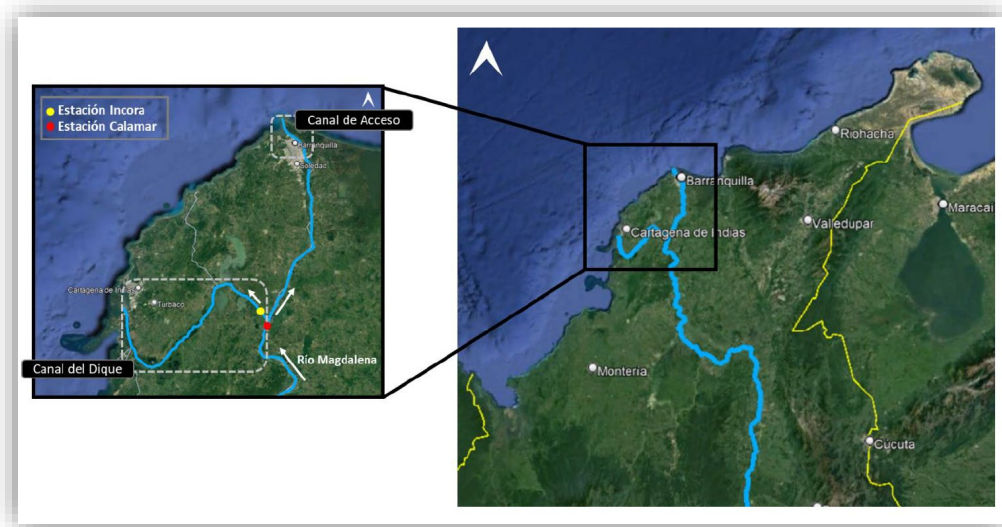
## 2. Descripción general del área del estudio

En la **Figura 1** se muestra la zona del estudio, donde se identifican los dos casos estudio considerados como piloto: el canal del Dique y el canal de acceso a la ciudad de Barranquilla.

En ambos casos, las longitudes de los cauces objeto de la modelación hidrodinámica utilizando el HydroBID Flood se muestran delimitados por las líneas discontinuas.

De acuerdo a la referencia Banco de Occidente (2007): “El canal del Dique es una bifurcación artificial del río Magdalena, en la región Caribe de Colombia. Fue construido bajo órdenes de la época hispánica en Colombia en el siglo XVI para facilitar la navegación entre este río con la ciudad de Cartagena de Indias. Tiene una longitud de 115 kilómetros, se desprende del río Magdalena a la altura de Calamar y desemboca principalmente en la bahía de Cartagena, aunque posee otras tres desembocaduras menores: caño Correa (mar afuera), caño Matunilla y caño Lequerica (ambos en la bahía de Barbacoas). El actual tramo del Canal del Dique fue construido por el Ingeniero Totten, razón por la cual lleva también su nombre, y dado al servicio de la navegación en el año de 1854. El Canal de Dique y el Caño Ciego son dos bifurcaciones del río Magdalena, relativamente cerca de su desembocadura.”

Por otra parte, el canal de acceso a Barranquilla, tiene una extensión de aproximada de 24 km, abarcando la desembocadura del río Magdalena en Bocas de Ceniza hasta 2 km aguas arriba del puente Pumarejo.



**Figura 1. Ubicación de los proyectos piloto seleccionados para la aplicación del modelo HydroBID Flood**

Fuente: CORMAGDALENA (2022)

---

### 3. Descripción del modelo HydroBID Flood

HydroBID Flood<sup>1</sup> es una herramienta avanzada de simulación bidimensional que forma parte del conjunto de modelos ofrecidos por el CeSH del BID. HydroBID Flood fue diseñada para apoyar proyectos orientados a la mitigación de inundaciones, la mejora del drenaje urbano y el diseño de infraestructuras hidráulicas en América Latina y el Caribe, al proporcionar información detallada, precisa y completa sobre la hidrodinámica y la hidrología en áreas fluviales, pluviales y costeras. Este modelo bidimensional se basa en RiverFlow2D, un motor de cálculo que combina la simulación hidráulica e hidrológica con la evolución del fondo y el transporte de contaminantes, y está diseñado para ríos, estuarios y llanuras de inundación tanto en entorno rural como urbano.

Entre las principales aplicaciones de HydroBID Flood se encuentran la simulación de inundaciones y la determinación de la extensión de las áreas afectadas, incluyendo los niveles de amenaza y la evaluación económica de las pérdidas ocasionadas lo que es crucial para la planificación y respuesta ante desastres naturales. Además, el modelo permite calcular las velocidades y profundidades de los flujos de agua, facilitando así el diseño y evaluación de infraestructura hídrica resiliente, como canales, diques y sistemas de drenaje urbano. HydroBID Flood también apoya el diseño de sistemas de alerta temprana, que son fundamentales para proteger a las comunidades vulnerables ante eventos de inundación. Asimismo, el modelo es útil en el análisis de la calidad del agua y en la evaluación económica de los daños causados por inundaciones.

---

<sup>1</sup> <https://publications.iadb.org/es/hydrobid-flood-manual-de-referencia-version-20>

---

## 4. Información básica utilizada para la implementación del modelo HydroBID Flood en los casos de estudio

### 4.1. Información hidrométrica

En la imagen ubicada a la izquierda de la **Figura 1** se muestra la ubicación de las estaciones hidrométricas CALAMAR e INKORA (o INCORA). Por su parte, en la **Figura 9** se observa la ubicación de la estación limnigráfica TEBSA en el Canal de acceso a Barranquilla. Estas estaciones tienen las siguientes características (IDEAM):

- CALAMAR – código: 29037020, altitud: 8.0 msnm, latitud: 10.2539 ° y longitud: -74.9117 °.
- INKORA – código: 29037360, altitud: 8.0 msnm, latitud: 10.3028 ° y longitud: -74.9466 °.
- TEBSA – código: 29047000, altitud: 6.0 msnm, latitud: 10.9366 ° y longitud: -74.7599 °.

La estación CALAMAR se ubica sobre el cauce del río Magdalena, antes del inicio de la bifurcación del canal del Dique, mientras que la estación INKORA se ubica sobre el cauce del canal del Dique, a unos 6,6 km aguas abajo del inicio de esta bifurcación (ver **Figura 2**).



**Figura 2. Ubicación de las estaciones hidrométricas.**

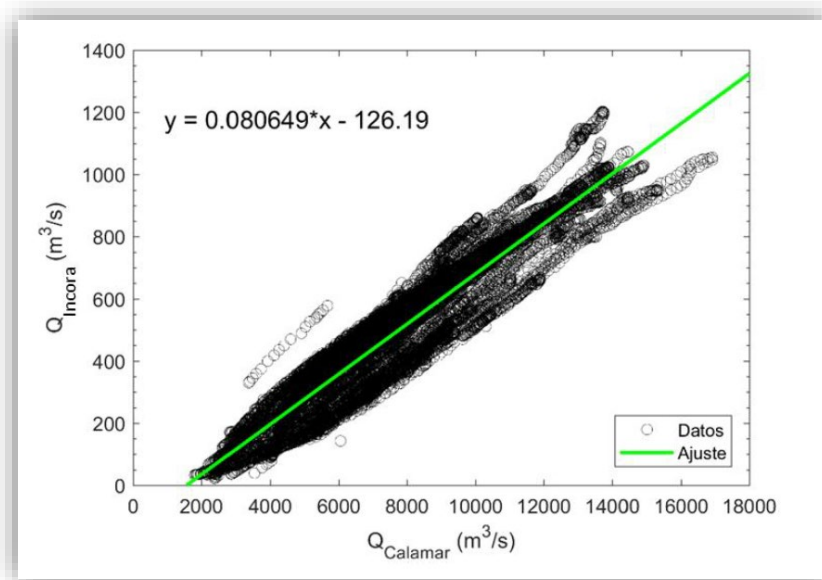
Fuente: CORMAGDALENA (2022)

En la actualidad, la estación INKORA no se encuentra operativa. Por lo tanto, la estimación del caudal de tránsito en esta estación se obtuvo mediante una ecuación de regresión que correlaciona el caudal de dicha estación como una función del caudal observado en la estación CALAMAR que si está operativa.

Para esta ecuación se utilizó la información de los caudales diarios observados en ambas estaciones en forma concomitante o simultánea. La ecuación resultante se obtuvo a través de una ecuación de regresión lineal, la cual se muestra a continuación:

$$Q_{INKORA} = 0,080649 * Q_{CALAMAR} - 126,19$$

Donde  $Q$  representa el caudal en  $m^3/s$  y el subíndice indica la estación del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). En la **Figura 3** se muestra el ajuste de las observaciones a la ecuación de regresión.



**Figura 3. Ecuación de regresión lineal que mejor se ajusta a los datos de caudales concomitantes observados en las estaciones hidrométricas INKORA y CALAMAR.**

Fuente: CORMAGDALENA (2022)

Es importante destacar que esta ecuación también permite la estimación del caudal que entra como condición de borde al tramo de río considerado en el canal de acceso a la ciudad de Barranquilla.

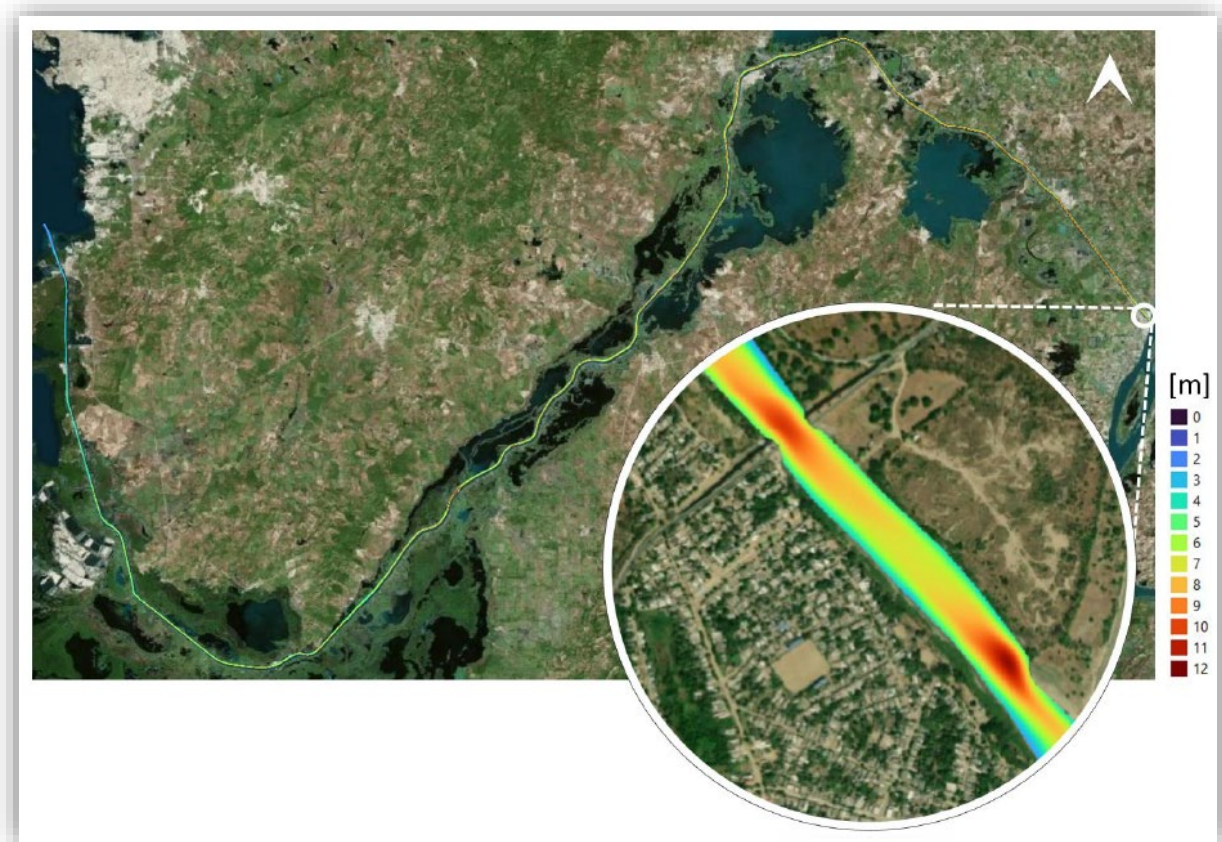
---

## 4.2. Información batimétrica

### 4.2.1. Canal del Dique

En el caso del estudio del canal del Dique, se utilizó la batimetría levantada el 17 de junio de 2022, la cual tiene una extensión de aproximadamente 117 km, abarcando todo el canal del Dique desde el inicio de la disfluencia ubicada a nivel de la población de Calamar hasta la desembocadura del canal en la bahía de Cartagena.

Los datos de la batimetría original fueron interpolados para conseguir una batimetría de 2 m de resolución. Los resultados obtenidos se muestran en la **Figura 4**, expresados en profundidad del agua.



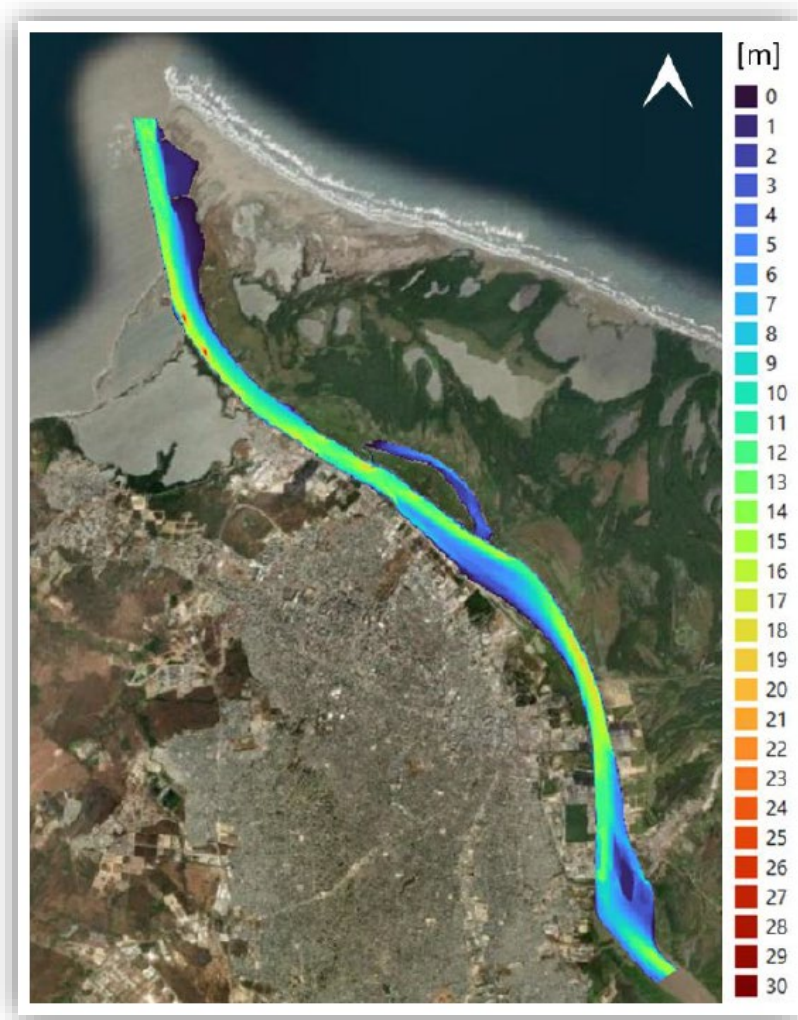
**Figura 4. Batimetría del canal del Dique, elaborada con datos del 17 de junio de 2022 y expresada en profundidad del agua.**

Fuente: CORMAGDALENA (2022)

#### 4.2.2. Canal de acceso a la ciudad de Barranquilla

Para llevar a cabo la implementación del modelo HydroBID Flood en el canal de acceso a la ciudad de Barranquilla, se utilizó la batimetría levantada el 31 de julio de 2021, con una extensión de aproximadamente 24 km, abarcando la desembocadura del río Magdalena en Bocas de Ceniza hasta 2 km aguas arriba del puente Pumarejo.

Al igual que en el caso anterior, los datos de la batimetría fueron interpolados para obtener una batimetría de 2 m de resolución. Los resultados se muestran en la **Figura 5**, expresados en profundidad del agua.



**Figura 5. Batimetría del canal de acceso a la ciudad de Barraquilla, elaborada con datos del 31 de julio de 2021 y expresada en profundidad del agua.**

Fuente: CORMAGDALENA (2022)

---

### 4.3. Información de modelos digitales de terreno

Para complementar la información batimétrica y definir las planicies de inundación a los lados de las márgenes del canal del Dique y del canal de acceso a Barranquilla, se utilizaron modelos digitales de terreno con una resolución de 12,5 metros, obtenidos a través del portal de la NASA.

Estos modelos se acoplaron con los datos de batimetría para construir los modelos digitales de elevación (MDE) mediante el siguiente procedimiento:

- Se generaron capas ráster con una resolución espacial de 1 m mediante interpolación a partir de los datos de batimetría.
- A partir de las capas ráster interpoladas de batimetría, se obtuvieron capas vectoriales de curvas de profundidad.
- Se corrigieron de forma local las capas de curvas de profundidad para minimizar los errores en la interpolación que ocurren principalmente en los contornos de los datos de batimetría correspondientes a la margen del canal.
- Se generaron nuevamente capas ráster una resolución espacial de 1 m mediante la interpolación de las capas con las curvas de profundidad corregidas.
- Se obtuvieron las capas ráster de elevación del fondo de los cauces restando las capas ráster que representan la elevación de la superficie del agua de los canales en el momento de la batimetría de las capas ráster con las profundidades del cauce.
- Se redujo el tamaño del píxel de los MDE obtenidos del portal de la NASA a 1 m para hacerlos compatibles con las capas ráster que contenían la información de batimetría.
- Finalmente, se obtuvieron los MDE combinando las capas ráster con la elevación del fondo de los canales con los MDE obtenidos del portal de la NASA.

---

## 5. Implementación, aplicación y calibración del modelo HydroBID Flood en los casos de estudio

Para lograr la implementación, aplicación y calibración del modelo HydroBID Flood, en los casos de estudio, se utilizó la información descrita en la sección anterior para definir:

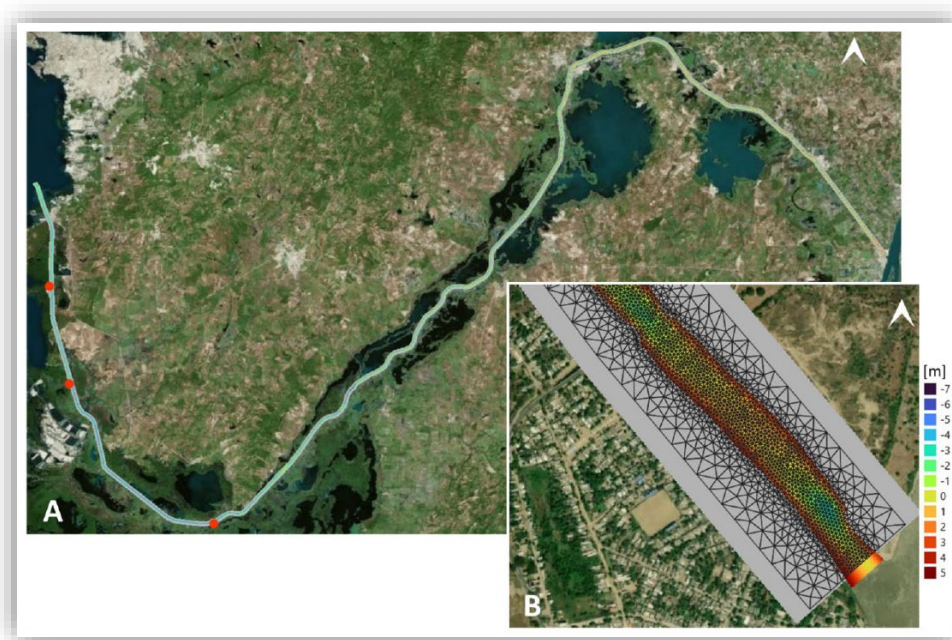
- Dominio de cálculo.
- Condiciones de borde, tanto aguas arriba como aguas abajo de los tramos del río bajo estudio.
- Coeficientes de rugosidad de Manning, tanto en el cauce como en las planicies adenañas.
- Configuración de la malla de cálculo.

### 5.1. Canal del Dique

Para el análisis del canal del Dique, primero se tomó la batimetría original, que estaba expresada en términos de la profundidad del agua, y se convirtió a cotas utilizando la información de nivel del agua observada en las estaciones limnimétricas del IDEAM para la misma fecha. Luego, se utilizó la información de cotas de terreno obtenida de los modelos digitales de terreno para crear el dominio de cálculo. Este dominio se formó con celdas triangulares de 50 m de resolución en la zona de tierra, que se fueron refinando hasta alcanzar 10 m de resolución en el cauce, resultando en 450.787 celdas. También fue necesario generar los sumideros del canal del Dique, los cuales se localizan en los puntos rojos de la **Figura 6**.

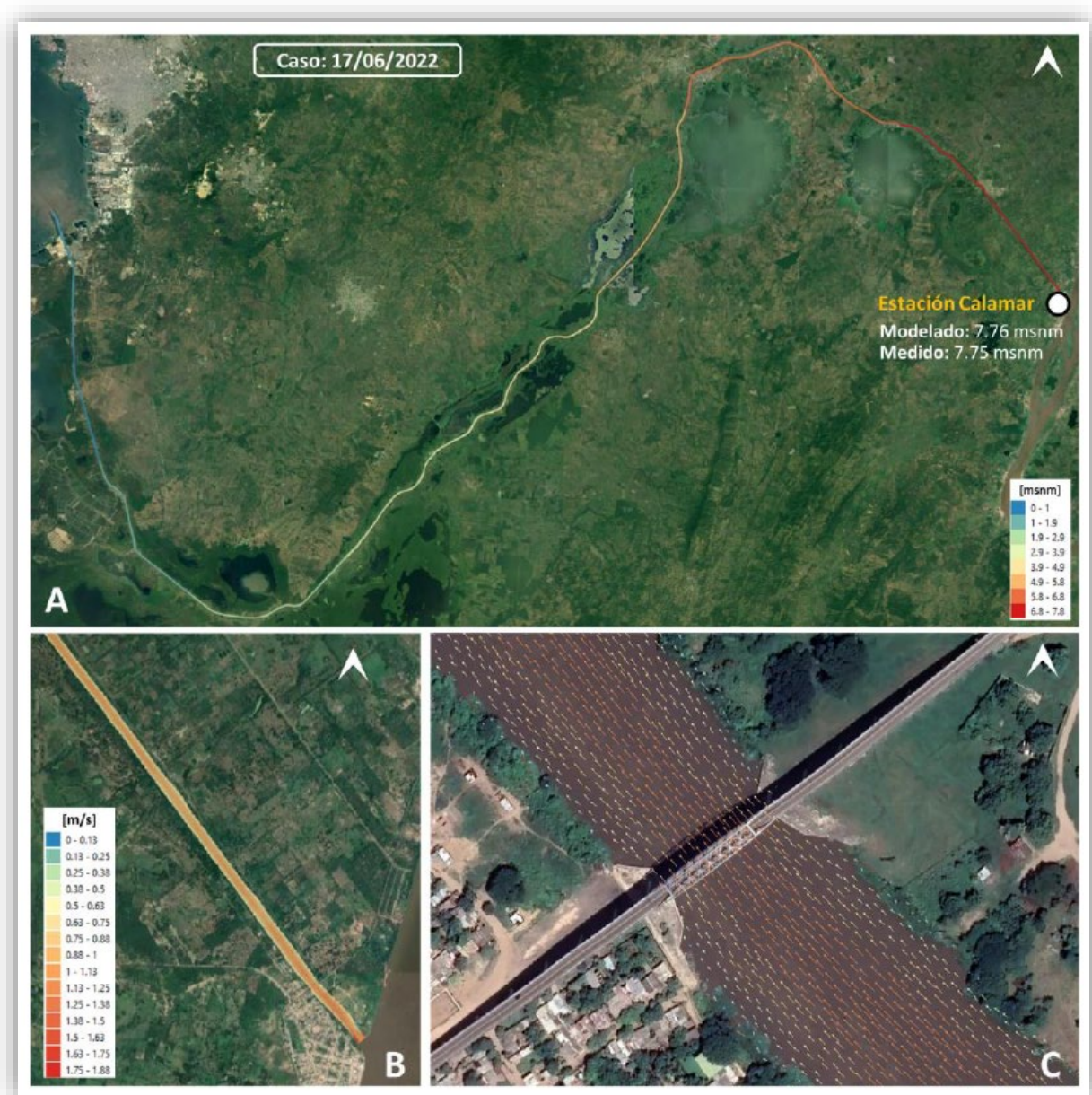
Posteriormente, utilizando la topo-batimetría descrita en el párrafo anterior, se definieron las condiciones de borde considerando como condición aguas arriba una caudal constante de 801 m<sup>3</sup>/s y como condición de borde aguas abajo la variación del nivel del agua definida por la marea. En primera instancia, se calibró el modelo numérico ajustando el valor del coeficiente de Manning a 0,014, logrando una diferencia de 1 cm entre el nivel de agua modelado y el medido por la estación CALAMAR-IDEAM para el escenario del 17 de junio de 2022, lo que representa un error porcentual de 0,13%.

Los resultados de la modelación numérica se exhiben en la siguiente figura, donde se puede apreciar la reducción gradual de los niveles de agua y la distribución espacial de la magnitud y dirección de las velocidades de las corrientes (**Figura 7**).



**Figura 6. (A) Batimetría del canal del Dique que incluye las extracciones de agua (puntos rojos) y (B) Inicio del dominio de cálculo del canal del Dique al inicio de la disfluencia a nivel de CALAMAR.**

Fuente: CORMAGDALENA (2022)



**Figura 7. Resultados de la modelación numérica para el escenario de calibración del 17 de junio de 2022. Distribución espacial de (A) niveles del agua (cotas msnm), (B) magnitud del vector velocidad (m/s) y (C) dirección del vector velocidad.**

Fuente: CORMAGDALENA (2022)

## 5.2. Canal de acceso a la ciudad de Barranquilla

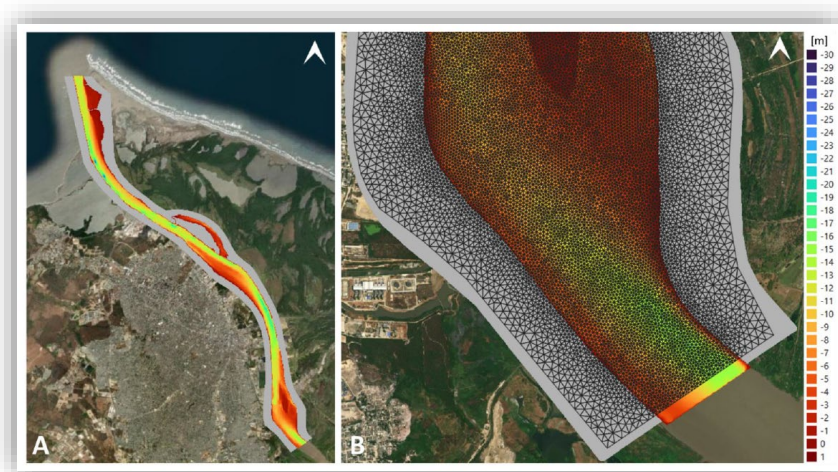
### 5.2.1. Implementación y calibración del modelo HydroBID Flood

Para el caso del canal de acceso a la ciudad de Barranquilla se llevaron a cabo una serie de actividades similares a las realizadas para el canal del Dique. Primero, se convirtió la batimetría original, expresada en profundidades de agua, a cotas utilizando la información de nivel del agua observada en la estación limnográfica TEBSA del IDEAM (ver **Figura 9**).

Luego, para crear el dominio de cálculo se utilizó la información de cotas de terreno obtenida de los modelos digitales de terreno. De este modo, se obtuvo un dominio formado por celdas triangulares de 50 m de resolución en la zona de tierra, que se fue refinando hasta alcanzar 20 m de resolución en el cauce, lo que resultó en la definición de un mallado con 170.126 celdas de cálculo (ver **Figura 8**).

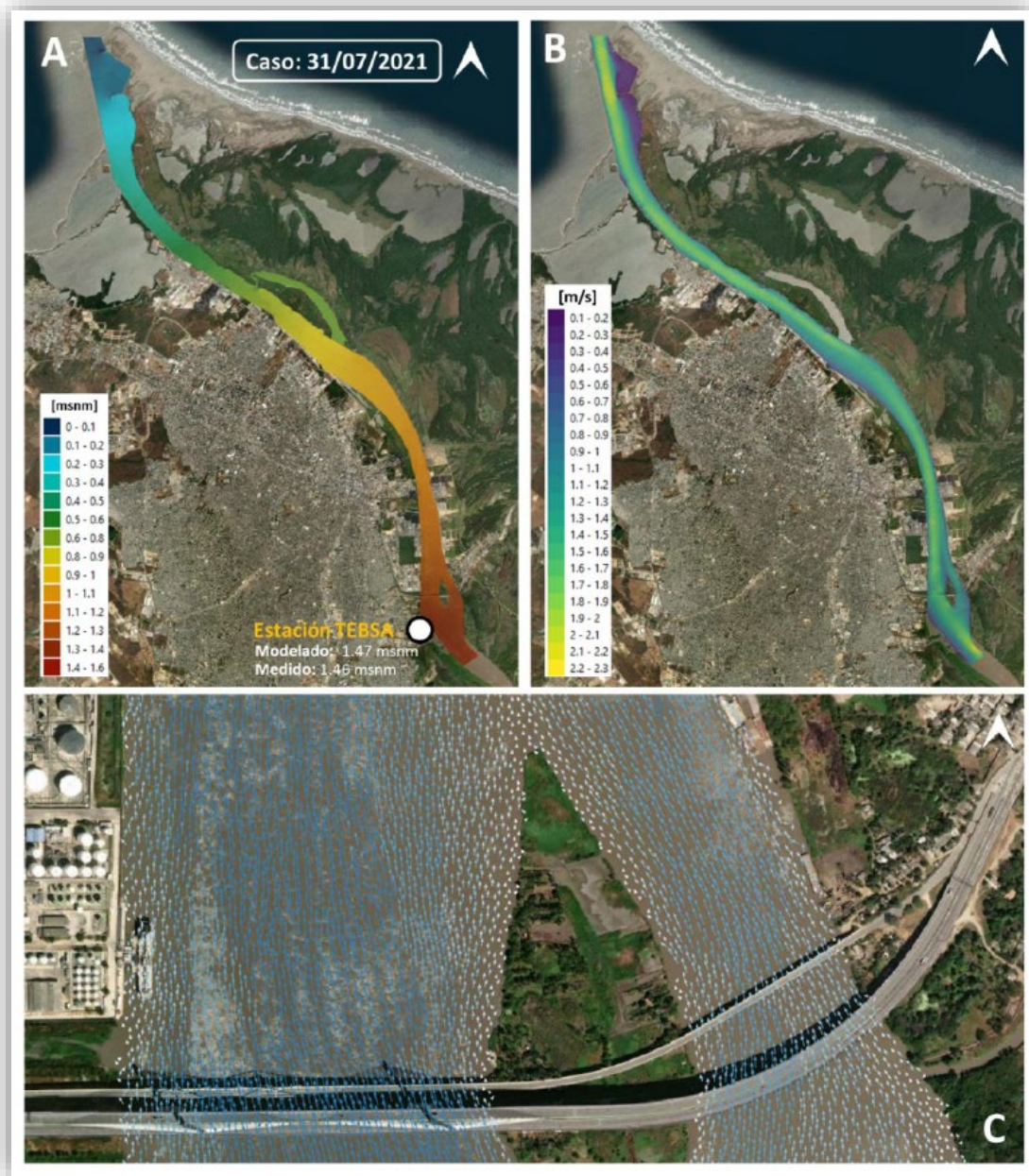
Posteriormente, utilizando la topo-batimetría descrita en el párrafo anterior, se procedió a definir las condiciones de borde considerando como condición aguas arriba una caudal constante de  $9.234 \text{ m}^3/\text{s}$  y como condición de borde aguas abajo la variación del nivel del agua definida por la marea. La calibración del modelo se logró utilizando un valor del coeficiente de Manning a 0,0227, logrando una diferencia de 1 cm entre el nivel de agua modelado y el medido por la estación TEBSA-IDEAM para el escenario del día 31 de julio de 2021, lo que representa un error porcentual de 0,68 %.

Los resultados de la modelación numérica se exhiben en la **Figura 9**, donde se puede apreciar la reducción gradual de los niveles de agua y la distribución espacial de la magnitud y dirección de las velocidades de las corrientes.



**Figura 8. (A) Batimetría del canal de acceso a Barranquilla y (B) inicio del dominio de cálculo del canal de acceso, donde se muestra parte del mallado.**

Fuente: CORMAGDALENA (2022)



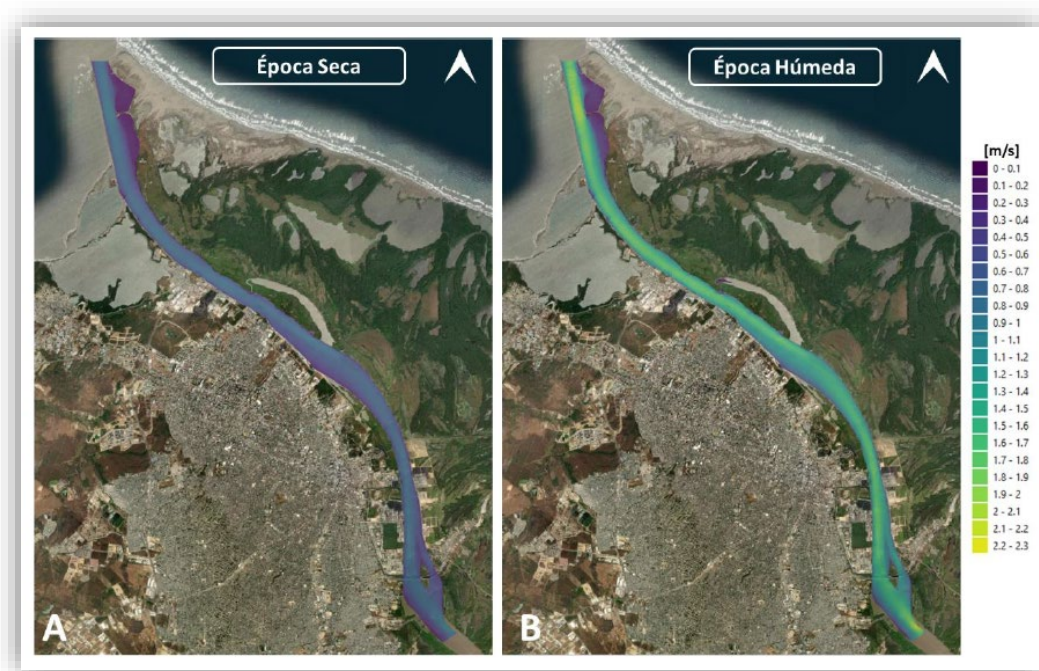
**Figura 9. Resultados de la modelación numérica para el escenario de calibración del 31 de julio de 2021. Distribución espacial de (A) niveles del agua (cotas msnm), (B) magnitud del vector velocidad (m/s) y (C) dirección del vector velocidad.**

Fuente: CORMAGDALENA (2022)

## 5.2.2. Aplicación del modelo calibrado para evaluar las condiciones hidrodinámicas del canal en épocas húmeda y seca

Con el modelo numérico calibrado, se procedió a la evaluación de las condiciones hidrodinámicas del río Magdalena en dos escenarios: uno en época seca, suponiendo un caudal constante de  $3.913 \text{ m}^3/\text{s}$ , y el otro en época húmeda, con un caudal de  $9.165 \text{ m}^3/\text{s}$ . La evaluación permitió estimar la magnitud del vector velocidad a lo largo del canal de acceso para ambos escenarios.

Los resultados se muestran en la **Figura 10**, donde se observan, para la época húmeda, velocidades que superan los  $2 \text{ m/s}$  en algunos sectores.



**Figura 10. Distribución espacial de las velocidades integradas en la vertical para las condiciones de: (A) época seca y (B) época húmeda.**

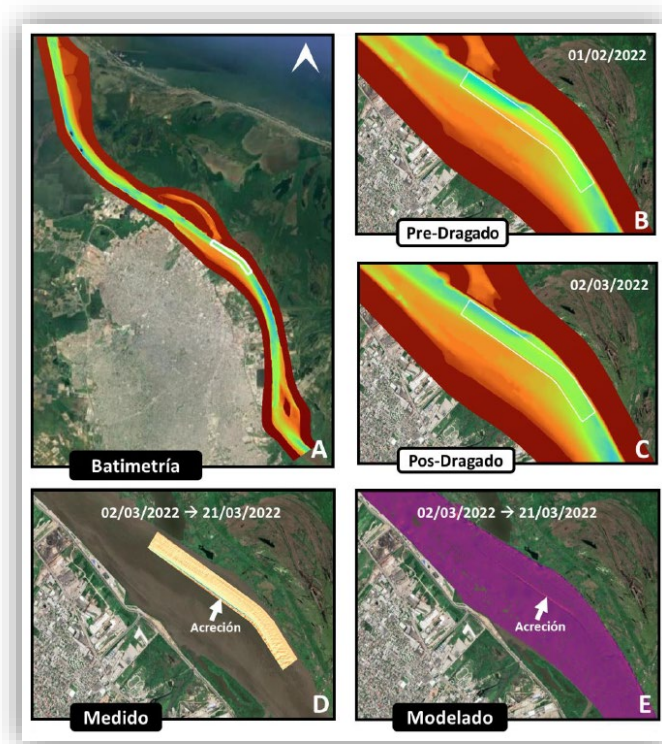
Fuente: CORMAGDALENA (2022)

### 5.2.3. Aplicación del módulo de arrastre de sedimentos del modelo HydroBID Flood

La aplicación del módulo de arrastre de sedimentos de HydroBID Flood permitió realizar la modelación morfodinámica del río Magdalena para evaluar un sector crítico de sedimentación comprendido entre el K13 y K15, específicamente en la zona resaltada con un recuadro blanco en la **Figura 11**.

Para esta modelación, se utilizó la ecuación de transporte de fondo de Mayer-Peter & Muller y un tamaño medio de sedimento ( $D_{50}$ ) de 220  $\mu\text{m}$ . Los resultados de la modelación muestran la evolución del lecho del río Magdalena desde el posdragado realizado el 2 de marzo de 2022 hasta el 21 de marzo de 2022, representando con precisión el patrón de sedimentación de este sector del río.

Tomando en consideración los resultados obtenidos en todas estas aplicaciones, se concluye que el modelo numérico HydroBID Flood ha representado satisfactoriamente la hidrodinámica y la morfodinámica del río Magdalena.



**Figura 11. Morfodinámica del sector K13-K15. (A) Localización del sector crítico de sedimentación – recuadro blanco. (B) Condición de predragado del 1 de febrero de 2022. (C) Condición de posdragado del 2 de marzo de 2022. (D) Evolución del lecho del río entre el 2 de marzo de 2022 y 21 de marzo de 2022. (E) Resultado de la modelación morfodinámica del 2 al 21 de marzo de 2022.**

Fuente: CORMAGDALENA (2022)

---

## 6. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos en las aplicaciones realizadas con el modelo numérico HydroBID Flood indican que este ha logrado representar con precisión tanto la hidrodinámica como la morfodinámica del río Magdalena. A partir de este ejercicio, se obtienen las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda implementar el modelo numérico HydroBID Flood utilizando la topografía detallada de la zona de estudio, especialmente en sectores inundables, lo que permitirá evaluar con mayor precisión las condiciones máximas del río Magdalena.
- Para aplicar el modelo numérico HydroBID Flood en todo el río Magdalena, se requiere un esfuerzo para obtener batimetrías de orilla a orilla y topografías. Además, se requiere una computadora con GPU que permita reducir considerablemente el tiempo de procesamiento.
- Finalmente, se hace necesario realizar un muestreo espacio-temporal de la granulometría del lecho del río para evaluar las diferentes ecuaciones de transporte de sedimentos utilizada por el modelo HydroBID Flood. Esto permitirá seleccionar la ecuación que mejor represente los cambios morfológicos del río.

---

## Referencias bibliográficas

- Banco de Occidente. 2007. *Deltas y estuarios del Colombia - Deltas y estuarios del Caribe colombiano*. Banco de Occidente-Colección Ecológica, Colombia.
- Cardona C., Martínez R., Díaz S., Ospino S., Cacais J. P., Salamanca D., Quintero Cristian y C. A. Toca. 2022. *Informe de Avances Implementación de Modelos HydroBID*. CORMAGDALENA, Colombia.
- CORMAGDALENA. 2022. *Implementación del modelo HydroBID Flood*. Proyectos: Canal del Dique y Canal de acceso a Barranquilla. Colombia.

---

## 7. ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA.

Durante la ejecución de los talleres, además de explicar la base teórica de las metodologías de análisis utilizadas por el modelo, también se llevó a cabo una serie de prácticas que permitieron mostrar las capacidades de los componentes que lo integran.

El curso se dividió en dos módulos, cada uno de los cuales comprende sesiones teóricas y prácticas para la resolución de diferentes ejercicios usando el software HydroBID Flood, que fue desarrollado utilizando la plataforma del sistema de información geográfica QGIS.

- En el Módulo I se realizó una introducción a los sistemas de información geográfica (SIG) y modelos digitales de terreno (MDT) para modelación hidrológica e hidráulica con HydroBID Flood. Adicionalmente se describen los conceptos básicos de hidrología necesarios para la aplicación del componente hidrológico del modelo, así como las características del proceso de generación y refinamiento de mallas utilizando el HydroBID Flood.

- En el Módulo II se describieron las aplicaciones del modelo, para realizar el diagnóstico y análisis hidrológico e hidráulico de inundaciones, considerando o no la existencia de estructuras hidráulicas como puentes, alcantarillas, diques, compuertas y transporte de sedimentos considerando los efectos de erosión y deposición en ríos.

El proceso tuvo una duración de 4 semanas, incluyendo 11 talleres de 3 horas de duración cada uno y acompañamiento constante durante la duración del proceso.

### Características de los Módulos

#### Módulo I.

##### Presentaciones teóricas.

- Introducción a la modelación hidrológica e hidráulica mediante *HydroBID Flood*.
- Introducción a los sistemas de información geográfica SIG y modelos digitales de terreno MDT.
- *HydroBID Flood* en el ambiente de *QGIS*. Introducción al modelo *HydroBID Flood*.
- Conceptos básicos de Hidrología.
- Componente hidrológico del modelo *HydroBID Flood*.
- Generación y refinamiento de mallas con *HydroBID Flood*.

##### Sesiones prácticas.

- Práctica I-1. La interfaz de usuario de QGIS.
- Práctica I-2. Importación de capas a QGIS.
- Práctica I-3. Construcción y modificación de Modelos Digitales de Elevación *MDE*.
- Práctica I-4. Creación de un primer Proyecto de *HydroBID Flood*.

- 
- Práctica I-5. Delineación de cuencas usando QGIS.
  - Práctica I-6. Estimación de variabilidad espacial de tormentas de diseño.
  - Práctica I-7. Aplicación de *HydroBID Flood* a una cuenca piloto.

## **Modulo II.**

### **Presentaciones Teóricas.**

- Componente Puentes. Aspectos básicos.
- Componente de Alcantarillas. Aspectos básicos.
- Componente de vertederos y compuertas. Aspectos básicos.
- Módulo de Transporte de Sedimentos ST. Aspectos básicos.

### **Sesiones Prácticas.**

- Práctica II-1. Componente de Puentes en *HydroBID Flood*.
- Práctica II-2. Componente Alcantarillas en *HydroBID Flood*.
- Práctica II-3. Componente de Vertederos (Diques) y Componente de compuertas.
- Práctica II-4. Tutorial del Módulo de Transporte de Sedimentos ST.
- Práctica II-5. Ejemplo de aplicación de *HydroBID Flood* con el Módulo de Transporte de Sedimentos ST para simulación de erosión y sedimentación en ríos.