

Simulación tridimensional del flujo fluvial en el barranco de Bufadero, en Tenerife, mediante ANSYS-CFX[®] y XFlow[®]

Modelos numéricos en dinámica fluvial (primera opción)

Dinámica fluvial, de embalses, estuarios y humedales (segunda opción)

*José D. Fernández Bethencourt, Ing. CC y P y Pedro Delgado Melián, Ing. Agrónomo
Consejo Insular de Aguas de Tenerife (CIATF)*

Sergio De Rico Herrero, Ing. Industrial y Eduardo Saleté Díaz, Dr. Ing. CC y P

INGECIBER, SA

jfernandez@aguastenerife.org, pdelgado.cia@cabtfe.es,

s.derico@ingeciber.com, e.salete.diaz@ingeciber.com

Los fenómenos observados en el encauzamiento del barranco del Bufadero (Tenerife) durante la avenida del 1 de Febrero de 2010, requieren un minucioso estudio de lo acontecido. El carácter extraordinario del fenómeno meteorológico unido a la torrencialidad de la avenida generada por una superficie de cuenca importante, pendiente agreste y elevada impermeabilidad, así como la presencia de asentamientos e infraestructuras urbanas en el tramo de final del cauce, introdujeron componentes de riesgo muy significativas.

La parte baja del cauce discurre por una zona urbana. Es un tramo canalizado de lecho móvil, dado que el sustrato no es de roca compacta y el encauzamiento se ha limitado a construir cajeros sin dotar de solera a la canalización. Para reducir el proceso de erosión y evitar que se socave en exceso el lecho del cauce, se ha dispuesto de una serie de rastrillos a modo de vigas enterradas y transversales al cauce.

Para profundizar en el conocimiento de estos fenómenos en situaciones reales, la alternativa lógica a un modelo reducido es la simulación numérica del fenómeno de la avenida, aplicando un modelo tridimensional de fluidodinámica computacional mediante el método de volúmenes finitos.

A tal efecto, se define un modelo geométrico virtual del tramo objeto de estudio y se subdivide el volumen resultante mediante un mallado tridimensional. El mallado del dominio fluido está compuesto por 25 millones de volúmenes finitos que se utilizaron como base del cálculo matemático del programa **ANSYS-CFX**. Este programa se encarga de resolver las ecuaciones de Navier Stokes, que gobiernan el comportamiento de los fluidos, planteadas en cada volumen finito de la malla tridimensional.

La simulación numérica tiene por objeto recrear el comportamiento de dicha avenida en el barranco del Bufadero. Una de las principales ventajas de la simulación numérica es el registro constante de todas las variables en todos los puntos de la malla, lo que permite analizar cualquier punto, en cualquier instante. Esto resulta una mejora respecto al modelo reducido, pues equivale a disponer 25 millones de sensores repartidos en todo el modelo. La posibilidad de parametrizar cada variable permite analizar numéricamente el efecto de la acumulación de depósitos en el canal y su influencia sobre el flujo circulante.

Con esto, se centra la atención del estudio en determinar la influencia de los distintos parámetros intervinientes en el comportamiento físico del caudal de la avenida, en particular:

- La geometría del canal
- La presencia de rastrillos de contención de arrastres y atenuación del movimiento del fluido.
- La rugosidad del lecho, íntimamente ligada a la presencia de material de arrastre depositado en el fondo.

Para caracterizar la influencia de cada parámetro se ha dividido el estudio en dos fases:

Fase 1.- El tramo de canal estudiado se encuentra inicialmente vacío y se introduce progresivamente el caudal de la avenida simulando la entrada del hidrograma. En este proceso la rugosidad media del lecho es de 1 centímetro. Finaliza en el instante en que se establece el caudal la avenida en la totalidad del encauzamiento.

Fase 2.- A continuación aumenta la rugosidad del lecho pasando a una rugosidad media de 15 centímetros. Con este cambio se pretende simular la presencia de materiales arrastrados por la avenida que se depositan en el lecho. Tras la modificación, se analizan los cambios en el comportamiento del caudal que conlleva este aumento de rugosidad.

Con el aumento de la rugosidad del lecho se ha introducido un artilugio numérico que conlleva la variación del perfil de velocidades del flujo, pero no supone una disminución de la sección útil del canal; fenómeno que sí ocurre en la realidad, al menos en zonas localizadas.

La presencia de depósitos, que se simula mediante este procedimiento, constituye una situación realista, cuya posible discrepancia, respecto a la realidad del fenómeno físico es conservadora de cara a que se produzcan desbordamientos en el canal.

En la simulación global del tramo final del cauce, pese a que la geometría de los rastrillos se encontraba simplificada, se pudo apreciar el efecto de estos elementos. No obstante, para profundizar en la comprensión de sus efectos en el flujo, se realizaron estudios complementarios pormenorizados de la acción de los rastrillos.

En un modelo simplificado de un canal recto, con las mismas características que el canal estudiado previamente, se compara la diferencia del comportamiento del flujo con y sin rastrillos. En estas nuevas simulaciones se aprecia con todo detalle la geometría de los rastrillos y el efecto en el comportamiento del flujo que conlleva su presencia. Además se aprecia en un corte vertical cómo evoluciona el perfil de velocidades en cada sección.

Para validación y contraste de los resultados obtenidos con ANSYS-CFX[®] se realizó también un modelo independiente del anterior, utilizando el método Lattice Boltzmann. El nuevo método aborda la resolución de la ecuación Boltzmann-Maxwell (problema resuelto recientemente en 2010) en lugar de las de Navier-Stokes, utilizando el programa XFlow[®]. Los resultados obtenidos ratifican los del modelo anterior.

Para reproducir la riada del 1 de febrero de 2010 en el tramo final del barranco del Bufadero, se dispuso de gran cantidad de datos (geométricos, de aforo de caudal, del espesor de materiales depositados sobre el lecho del cauce, de la caracterización de los sedimentos, etc.). Además se contaba con diversa documentación audiovisual grabada durante este episodio. Con toda esta información, los resultados de la simulación han permitido realizar un diagnóstico detallado de los efectos que ejerce cada elemento del encauzamiento sobre el flujo de la avenida, así como una mejor comprensión del fenómeno a partir de lo observado el día de la riada.