

Estudio numérico del flujo del agua en el río Carrizal

POR VERÓNICA BENÍTEZ

En la Coordinación de Ingeniería de Procesos Industriales y Ambientales (CIPIA), los doctores William Vicente y Martín Salinas están realizando una serie de simulaciones numéricas del flujo del agua en el río Carrizal, para el Estudio Hídrico del Estado de Tabasco.

Estos estudios complementan la investigación del doctor Jesús Gracia y los maestros Javier Osnaya y Eliseo Carrizosa, en la Coordinación de Hidráulica, para establecer cuáles son las mejores condiciones para controlar los gastos de los ríos aledaños a la capital tabasqueña.

La principal aportación de William Vicente y Martín Salinas es la creación de una herramienta para, a partir de un prototipo, construir un modelo físico, cuya simulación numérica permita conocer de forma detallada ciertos aspectos hidráulicos, sin necesidad de una erogación económica importante.

Este modelo numérico representa, además de ahorro económico, ahorro de tiempo, y lo más importante es que da mayor margen de seguridad a la investigación.

Para efectuar los estudios experimentales, se construyó un modelo físico que consta de una sección del río Carrizal (fig 1)



Fig 1. Mapa de la zona de estudio

y las estructuras de control construidas ahí. Esta sección se localiza en el punto de partida de los ríos Samaria y Carrizal, en el poblado Macayo, en los límites entre Tabasco y Chiapas.

La fig 2 muestra el modelo físico de la estructura de control sobre el río, que se construyó en el Laboratorio de Hidráulica Fluvial del II UNAM, a escala 1:60, cumpliendo con los criterios de semejanza acordes con la naturaleza del problema en estudio. A pesar de que no es posible lograr completamente la semejanza dinámica con el modelo, es un buen prototipo gracias al cual se identificaron las zonas donde pudiera obstruirse el flujo del río por depósito de sedimentos y producir una inundación. También se registraron las zonas de alta erosión cerca de la estructura hidráulica, que podrían propiciar graves fallas estructurales. Es indispensable conocer estos aspectos en la ubicación de cualquier estructura, para asegurar que no se produzca una falla en cadena.

En el margen derecho del río Carrizal se va a construir una salida con características especiales para controlar el gasto de agua de la estructura de control*.

En el margen izquierdo, se colocará un tanque de servicio y un tanque amortiguador que regulará igualmente el flujo de agua en el río. Debe cuidarse que el agua escurra a velocidad adecuada; de otra manera, el suelo se socaba y con ello la estructura puede desaparecer.

Durante la etapa de mediciones en el modelo, se observaron fenómenos, como grandes remolinos, aguas abajo de la estructura construida sobre el río para controlar el gasto de agua crítico y evitar así, por un lado, inundaciones en la

*La estructura de control sirve precisamente para controlar el paso del agua, evitando problemas como inundaciones.



Fig 2. Modelo físico a escala 1:60 de la obra de control

ciudad de Villahermosa y, por otro, la erosión del lecho del río, situaciones que harían colapsar la estructura. Además, se pudo estudiar el comportamiento del flujo del agua en el río, especialmente en zonas donde la medición experimental no puede ser realizada. Esto llevó a replantear el diseño en diversos momentos.

En este proyecto, la simulación numérica fundamenta la solución en las ecuaciones de transporte para la conservación de masa y cantidad de movimiento en una malla cartesiana (fig 3), a partir del método de volúmenes finitos.

Para representar las geometrías tanto de la batimetría como de la estructura de control, se utiliza software de tipo CAD-CAM (Computer Aided Design-Computer-Aided Manufacturing) (fig 4), para colocarlas en una malla cartesiana. Esto ayuda a

conocer con mayor precisión la batimetría del río, así como la geometría de la estructura de control y, con ello, obtener resultados más reales.

Para simular el movimiento del fluido se utiliza un algoritmo de tipo *cut-cell*, mediante el cual las zonas inmersas dentro de la figura se consideran como sólido (flujo cero de agua) y el resto como zona libre donde el agua puede fluir. Sin embargo, por la complejidad de la geometría existen celdas que tienen una parte sólida y otra libre; esto es, una parte libre para el paso del agua y otra sólida donde se prohíbe su paso. Para ellas, se utilizan interpolaciones que calculan la parte libre de la celda, donde el agua podrá fluir, con la fuerte interacción de la pared. Los resultados así obtenidos consideran las geometrías naturales del lecho del río y las complejas de la estructura de control.

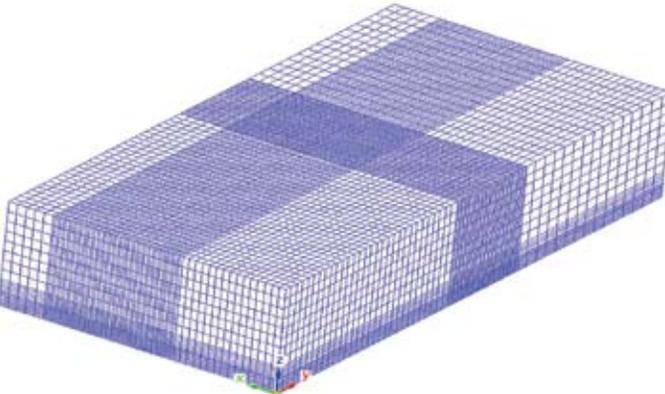


Fig 3. Dominio y malla computacional

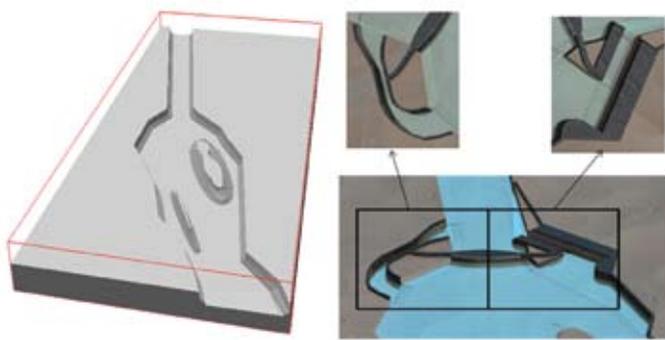


Fig 4. Digitalización de la batimetría y de la geometría de la estructura de control

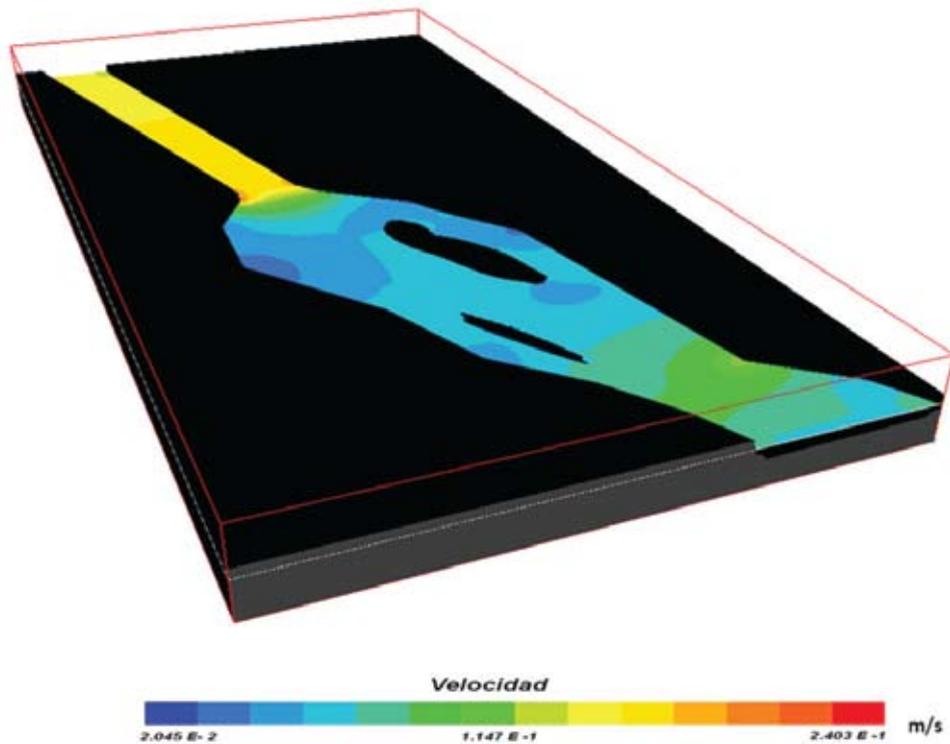


Fig 5. Velocidad en el río Carrizal

El campo de velocidad longitudinal (dirección del flujo del río) considera la geometría compleja de la batimetría, se presenta en la fig 5. La fig 6 muestra el comportamiento del flujo del agua del río en la zona de la estructura de control. En las figuras anteriores se observa que la simulación numérica proporciona información considerable y detallada del flujo en relación con la obtenida experimentalmente.

El modelo numérico usado se validó con mediciones experimentales realizadas en el modelo físico, lo cual asegura una alta confiabilidad en los resultados gracias a la retroalimentación entre el modelo físico y el numérico. Sin embargo,

no se debe perder de vista que el estudio numérico es sólo un complemento del estudio experimental y nunca lo podría desplazar por completo.

Actualmente se trabaja en diversas zonas del río, en apoyo al Proyecto Hídrico del Estado de Tabasco. Para llevar a cabo estas simulaciones numéricas, se implementan métodos más sofisticados, que proporcionan mejor aproximación a los fenómenos físicos reales.

En este proyecto participan también Jónathan Sánchez y Manuel Cubos, becarios de maestría de la CIPIA. 🇲🇽

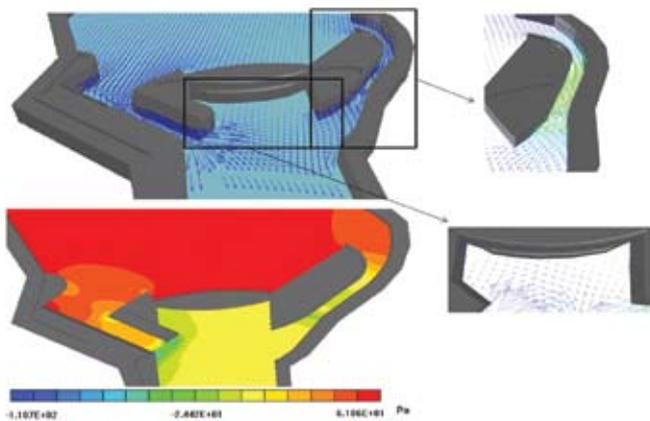


Fig 6. Campos de velocidad y presión en la estructura de control

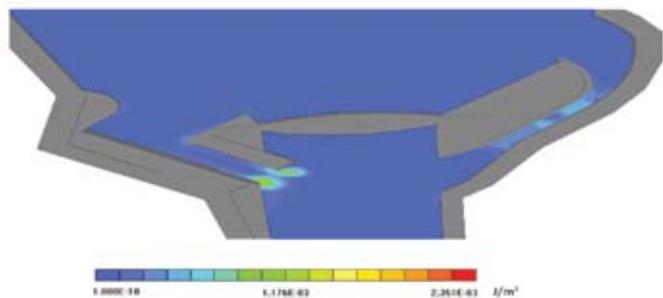


Fig 7. Campos de energía cinética turbulenta (intensidad de la turbulencia)