

## DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DE FLUJO EN RÍOS. CONVENIOS DE COLABORACIÓN CEDEX – UPC - UDC

Luis Balairón <sup>(1)</sup>, Ernest Bladé i Castellet <sup>(2)</sup>, Georgina Corestein <sup>(1)</sup>, Luis Cea <sup>(3)</sup>,  
Ángel Lara <sup>(1)</sup>, Josep Dolz <sup>(2)</sup>, Jerónimo Puertas <sup>(3)</sup>.

(1) Centro de Estudios Hidrográficos – CEDEX

E-mail: [angel.lara@cedex.es](mailto:angel.lara@cedex.es) – Web <http://www.cedex.es/>

(2) Grup de Recerca Flumen – Universitat Politècnica de Catalunya

E-mail: [ernest.blade@upc.edu](mailto:ernest.blade@upc.edu) – Web: <http://www.flumen.upc.es>

(3) Grupo de Enxeraría da Auga e do Medio Ambiente - Universidade da Coruña

E-mail: [l.cea@udc.es](mailto:l.cea@udc.es) – Web <http://www.geama.info/>

### Introducción

Los trabajos presentados en este documento se realizan en el marco de los convenios de colaboración: “Desarrollo de un modelo de simulación del flujo en cauces naturales 1D y 2D combinados” y “Estudio de los procesos de suspensión en la morfología fluvial”. Convenios firmados entre el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, el grupo Flumen de la Universitat Politècnica de Catalunya y el GEAMA de la Universidade da Coruña.

El resultado de estos acuerdos es un modelo numérico que aúna la experiencia de los grupos participantes. Se trata de una herramienta que incorpora capacidades de CARPA, modelo hidrodinámico 1D-2D, del grupo Flumen y de TURBILLÓN, modelo hidrodinámico 2D + turbulencia, del grupo GEAMA, así como por nuevos desarrollos específicamente realizados a lo largo de estos convenios.

La herramienta final está orientada tanto a la simulación de la hidrodinámica de un cauce fluvial, como al estudio de su evolución morfológica considerando tanto arrastre de fondo como transporte en suspensión. La validación de los módulos de evolución morfológica y transporte de sedimentos se beneficiará de la experiencia en modelos físicos por parte del CEH, que podrán ser modelados numéricamente para una posterior comparación de los resultados numéricos y experimentales.

### Objetivos

- Desarrollo de un modelo matemático para el estudio de las variables hidrológicas del flujo en cauces naturales.
- Incorporación de un módulo de flujo turbulento.
- Incorporación al modelo de un módulo de transporte de sólido de fondo y en suspensión
- Desarrollo de los elementos de preproceso y postproceso del modelo numérico.

### Desarrollos

El modelo numérico se basa en los modelos CARPA y el modelo Turbillón. Ambos modelos comparten una serie de características comunes como son la resolución de las ecuaciones de Saint Venant, o de aguas someras, en dos dimensiones por medio de esquemas numéricos basados en la técnica de los volúmenes finitos mediante esquemas de alta resolución con extensión a segundo orden en base al esquema de Roe.

Turbillón permite la incorporación de distintos modelos de turbulencia como el modelo ASM y distintas variantes del modelo  $k-\varepsilon$  (ver Figura 1), aparte de otros más sencillos. El modelo CARPA incorpora, por su lado, la posibilidad de realizar simulaciones conjuntas combinando aproximaciones en una y dos dimensiones, con el consecuente ahorro de coste computacional.

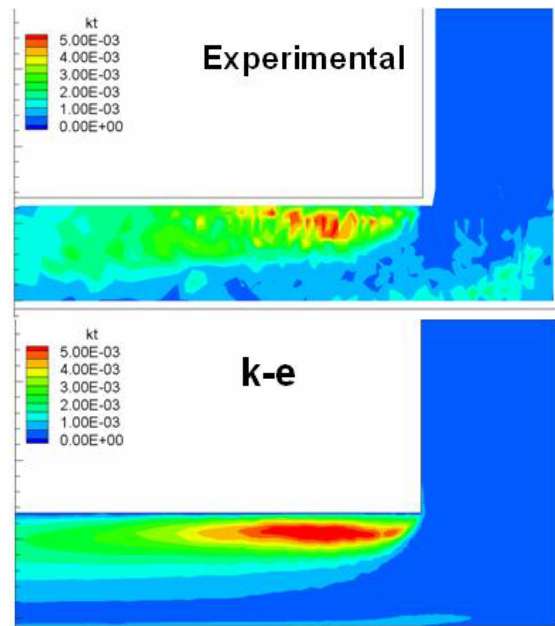


Figura 1.- Comparación de resultados experimentales y obtenidos mediante el modelo numérico.

Para la simulación del transporte de fondo se ha incorporado a las ecuaciones de Saint Venant la ecuación de Exner, de continuidad del sedimento, considerando en ella distintas formulaciones para el cálculo del transporte de fondo (ecuaciones de Meyer-Peter Müller y Einstein-Brown). Un factor importante para conseguir la estabilidad del esquema numérico, a la vez que reproducir más fielmente la realidad, es la corrección de las anteriores fórmulas para poder considerar el efecto de la pendiente de fondo en la tensión tangencial contra el fondo. Ello se ha hecho según las consideraciones de Dey (2003). En el cálculo del arrastre de fondo y el cambio provocado en la cota de fondo se ha incluido la posibilidad de considerar una cota de roca, o superficie no erosionable. En la formulación en volúmenes finitos ello conlleva a una separación en dos pasos (predictor y corrector) de los flujos numéricos de sedimento de fondo a través de los contornos de los elementos.

En cuanto al transporte en suspensión, se ha incluido la ecuación de continuidad del sedimento en suspensión, ecuación de transporte no estacionaria en que la incógnita es la concentración de sedimento y que incorpora también el coeficiente de viscosidad turbulenta, así como las tasas de erosión y sedimentación. Para estas últimas se ha considerado la formulación de Van Rijn.

$$\frac{\partial hC}{\partial t} + \frac{\partial hU_x C}{\partial x} + \frac{\partial hU_y C}{\partial y} = \underbrace{\frac{\partial}{\partial x_j} \left( \left( \Gamma + \frac{v_t}{S_{c,t}} \right) h \frac{\partial C}{\partial x_j} \right)}_{\text{Difusión Turbulenta}} + \underbrace{(E - D)}_{\text{Erosión Deposition}}$$

El modelo se ha aplicado para el estudio de la evolución morfológica del río Tietar, y en la actualidad se está utilizando para el estudio de la nueva geometría del meandro de Quinzanas en el río Narcea

Durante el transcurso del convenio también se han realizado desarrollos dentro los modelos anteriormente existentes como son: mejoras en la amigabilidad de la interface (GiD), incorporación al modelo hidrodinámico de condiciones de contorno internas (vertederos, compuertas, pérdidas de carga localizadas) y nuevas condiciones de contorno (curva de gasto, entradas con hidrogramas de caudal total en un grupo de elementos) y la posibilidad de exportación de resultados en formatos GIS.

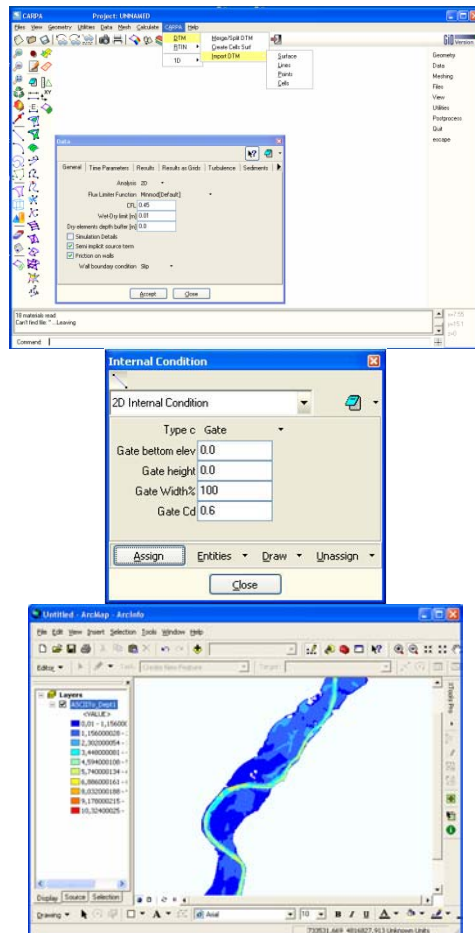


Figura 2.- Desarrollos en la interface de usuario. Menús actualizado, entradas de datos, exportación de resultados.

## Referencias Bibliográficas

**Cea, L.** (2005): *An unstructured finite volume model for unsteady turbulent shallow water flow with wet-dry fronts: Numerical solver and experimental validation*, Tesis Doctoral, Departamento de Métodos Matemáticos y de Representación. Universidade Da Coruñaç

**Bladé, E., Gómez-Valentín, M.** (2006): *Modelación del flujo en lámina libre sobre cauces naturales. Análisis integrado en una y dos dimensiones*. Monografía CIMNE N°97. Barcelona

**Dey** (2003): "Threshold of sediment motion on combined transverse and longitudinal sloping beds." *Journal of Hydraulic Research* Vol. 41, No. 4 (2003), pp. 405–415