

Modelado numérico de la interacción Fluido-Sedimento con fondo variable mediante CFD. Aplicación a la morfodinámica costera.

García-Maribona, Julio^a; Lara, Javier L.^a; Losada, Inigo J.^a; Barajas, Gabriel^a y Maza, Maria^a

^aInstituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria - Avda. Isabel Torres, 15, Parque Científico y Tecnológico de Cantabria, 39011, Santander, España. julio.garciamaribona@unican.es

1. Introducción

La problemática relacionada con el transporte de sedimentos cobra cada vez más importancia en los proyectos de Ingeniería Marítima. Cuestiones tales como el diseño de cimentaciones para estructuras offshore, la socavación a pié de diques, el análisis de estabilidad de playas frente a condiciones extremas o el diseño de protección costera mediante soluciones verdes están estrechamente relacionadas con el transporte de sedimentos.

Entre las herramientas disponibles para valorarlo, se encuentran la formulación semi-empírica, el modelado físico y, finalmente, el modelado numérico. La formulación semi-empírica proporciona rapidez en los resultados con un coste de aplicación reducido, sin embargo, su precisión y límites de aplicación a configuraciones sencillas aconsejan emplearla para fases iniciales del proyecto.

Por otra parte, el modelado físico aporta resultados muy fiables y precisión a cambio de un alto coste en tiempo y dinero. En el caso particular de ensayos de laboratorio con sedimento, el correcto escalado de los materiales puede llevar a soluciones aun más costosas.

En cuanto al modelado numérico, ofrece una solución intermedia con una precisión y flexibilidad mayores que la formulación analítica pero sin incurrir en los altos costes del modelado físico. Por el momento, aunque los modelos numéricos se emplean con frecuencia en el diseño de obras marítimas, los de transporte de sedimentos se encuentran aún en fase de desarrollo.

A su vez, dentro de los modelos numéricos de transporte de sedimentos, se puede hacer una distinción entre modelos que resuelven la hidrodinámica de forma instantánea o aquellos que resuelven el flujo medio. Entre los primeros, unos de los más comunes son aquellos basados en las ecuaciones RANS (*Reynolds-Averaged Navier-Stokes*), éstos son capaces de reproducir los complejos fenómenos hidrodinámicos que se dan en la zona de rompientes, también se conocen como modelos CFD (*Computational Fluid Dynamics*). El inconveniente principal es su excesivo coste computacional.

En el presente trabajo, se pretende alcanzar una solución de compromiso entre precisión y tiempo de cálculo, desarrollando un modelo CFD suficientemente ágil como para permitir su uso en el diseño de obras marítimas.

2. Descripción del modelo.

Se ha desarrollado un módulo de transporte de sedimentos con variación del fondo marino empleando como base el modelo hidrodinámico IH2VOF. Dicho módulo considera los mecanismos de transporte de sedimento por fondo y en suspensión, además de un mecanismo de deslizamiento que mueve el fondo cuando la pendiente del mismo es excesiva en un determinado tramo.

IH2VOF es un modelo que resuelve las ecuaciones RANS en dos dimensiones para obtener las velocidades y presiones del fluido en cada instante de la simulación, además, emplea el método VoF (*Volume of Fluid*) para obtener la posición de la superficie libre y un modelo de turbulencia $k - \epsilon$. Este software ha demostrado ser capaz de reproducir adecuadamente la rotura del oleaje y se emplea para el cálculo de obras marítimas por su eficiencia y robustez. En la página web del modelo (www.ih2vof.ihcantabria.com) pueden encontrarse validaciones de la hidrodinámica y más información.

A partir de las velocidades obtenidas por el modelo hidrodinámico, el módulo de transporte de sedimentos calcula la tensión tangencial y el caudal de transporte por fondo generado en cada tramo empleando formulación semi-empírica. Además, mediante la resolución de una ecuación de transporte advectivo-difusivo, obtiene la concentración de sedimento en cada punto del fluido y el intercambio del mismo con el fondo (transporte en suspensión). Con las contribuciones anteriores, se realiza un balance de sedimento en cada instante de simulación para cada tramo del fondo, determinando el

incremento o decremento de cota que le corresponde. Finalmente, la influencia del transporte de sedimento en la hidrodinámica se tiene en cuenta desplazando la condición de contorno inferior del dominio que considera IH2VOF conforme a lo calculado anteriormente. De este modo se consigue la interacción bidireccional entre el modelo hidrodinámico y el de transporte de sedimentos.

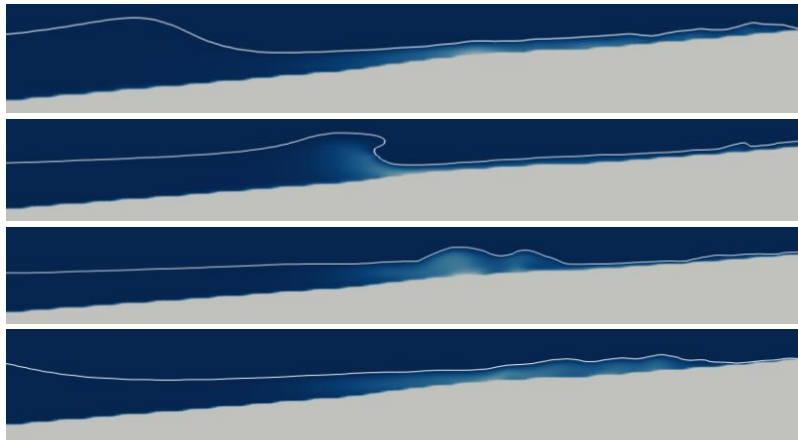


Fig. 1. Distribución de la concentración de sedimento durante la rotura de una ola.

3. Resultados

El modelo se ha empleado para analizar la formación y evolución de barras en perfiles de playas. Partiendo de una situación de pendiente plana y bajo la acción del oleaje, el modelo es capaz de variar la forma del lecho marino formando una barra de rotura que influye en la hidrodinámica provocando la rotura del oleaje sobre sí misma. Se ha elegido este tipo de aplicación para las primeras pruebas del modelo porque exige un cálculo adecuado tanto del transporte por fondo como del transporte en suspensión así como del fenómeno de rotura del oleaje y su interacción con el transporte de sedimentos.

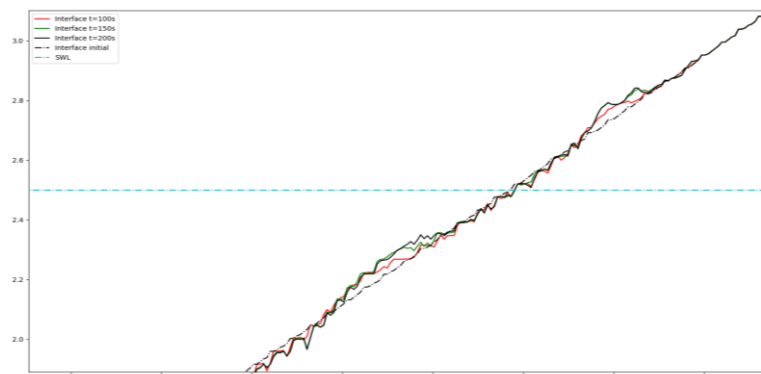


Fig. 2: Evolución de la batimetría partiendo de un perfil plano..

En cuanto al coste computacional, el tiempo de simulación de un estado de mar completo (1 hora) oscila entorno a uno y dos días dependiendo del nivel de detalle de la malla. Modelos más complejos, que también permiten reproducir este tipo de fenómenos, tardan cerca de un mes y medio en calcular el estado de mar. Por tanto, se ha logrado una mejora notable en este sentido que facilita la aplicación del modelo para el diseño. En la presentación se mostrarán simulaciones de formaciones de barras en perfiles de playa y se compararán con resultados experimentales para validar el modelo.

4. Agradecimientos.

Este proyecto de investigación está financiado por el Ministerio de Ciencia, Investigación y Unniversidades de España a través de una beca FPU concedida al primer autor.

5. Referencias.

INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL DE CANTABRIA. *IH2VOF website*. <ih2vof.ihcantabria.com> [Consulta: 22 de enero de 2019]