

Los procesos de mezcla están presentes tanto en el campo de la ingeniería hidráulica como en el del medio ambiente y aparecen en infinidad de situaciones que son de gran interés para el ser humano. Los mecanismos que gobiernan estos procesos pueden ser muy diversos y complejos, pudiendo interactuar entre sí. Sin embargo, cuando un fluido tiene un comportamiento turbulento, éste es altamente inestable y tridimensional, modificando en gran medida los otros mecanismos de mezcla. En estos casos, la resolución con métodos clásicos de la mecánica de fluidos puede llegar a ser extremadamente difícil, siendo necesario utilizar aproximaciones o modelos. Por otro lado, en los últimos años, se ha avanzado mucho en las técnicas de simulación numérica, y junto con el aumento de la velocidad y capacidad computacional, la Dinámica de Fluidos Computacional (en inglés Computational Fluid Dynamics, CFD) permite desarrollar simulaciones de estos complejos procesos. Esta Tesis Doctoral está motivada por la importancia de analizar mediante métodos numéricos la física del flujo turbulento en diferentes procesos de mezcla de interés en el campo de la ingeniería hidráulica y la mecánica de fluidos medioambiental. La utilización de modelos concretos, aplicados en casos concretos, permite comprender mejor los procesos de mezcla y ofrece una visión de conjunto y ejemplo de cómo proceder.

Se pretende ilustrar la utilidad y potencialidad de la CFD a través de la aplicación y análisis a cuatro casos concretos, agrupados en dos grupos de procesos de mezcla: los dominados por un chorro turbulento de entrada en un tanque de agua y los dominados por las estructuras turbulentas debidas a la propia geometría curva de los canales meándricos. Los cuatro casos de estudio son: i) procesos de mezcla en tanques de agua potable, ii) influencia del chorro de entrada en la estratificación térmica en tanques de agua caliente, iii) flujo turbulento y mezcla en canales con meandros, y iv) flujo turbulento y mezcla en canales con meandros inundables. El trabajo desarrollado está centrado en un contexto práctico donde, a partir de casos concretos, se buscan los métodos y modelos más adecuados en cada uno de ellos.

A tal efecto, se han desarrollado simulaciones de ensayos llevados a cabo en cada uno de los casos de estudio. Aunque los datos experimentales empleados fueron generados por diferentes equipos de investigación, en todo momento existió una estrecha relación y colaboración con todos los grupos. Dichos datos experimentales sirvieron para validar los modelos y, en conjunto, para estudiar en profundidad el problema. Se emplearon dos técnicas CFD para resolver las ecuaciones de Navier-Stokes que gobiernan el flujo, junto con modelos de turbulencia, dispersión y/o transferencia de calor, según el caso. Para los casos de mezcla por chorro, la técnica empleada fue la URANS (Unsteady Reynolds-Averaged Navier-Stokes). En los casos de mezcla en meandros, se requirió de la técnica LES (Large Eddy Simulation).

El trabajo en el que se analiza el primero de los cuatro casos muestra un procedimiento para el estudio de dinámica de fluidos de los procesos de mezcla en tanques de agua potable. El procedimiento puede aplicarse en el diseño y mejora de de estos elementos mediante la técnica URANS junto con métodos experimentales.

En el segundo caso, las simulaciones URANS en el tanque de agua caliente permitieron determinar la distribución de temperatura en todo el dominio computacional. Además, el modelo, validado con un alto nivel de ajuste, fue desarrollado para el estudio de la influencia de algunas configuraciones de entrada y mejorar el grado de estratificación inicial.

Con el tercer caso de estudio, se ha mostrado la idoneidad de la técnica LES en el estudio en profundidad del flujo y la turbulencia en meandros, incluso habiendo empleado mallas relativamente gruesas. La mayor influencia de los flujos secundarios (resultado de la forma curva del canal) sobre el proceso de mezcla ha podido ser clarificada.

Por último, la técnica LES resultó ser muy eficaz a la hora de ampliar la información disponible sobre el flujo y la turbulencia en meandros con diferentes planos de inundación. Se obtuvo una muy buena concordancia con los datos experimentales, pese al uso de mallas relativamente gruesas. El proceso de mezcla entre el flujo de la inundación y el del meandro ha podido ser observado con mayor claridad.