

Resumen

La simulación por computador de las redes de distribución de agua potable, mediante el uso de modelos matemáticos, es hoy en día una herramienta indispensable para el diseño y la explotación de dichas redes. La simulación se utiliza tanto en el diseño de nuevos abastecimientos y en ampliaciones o modificaciones de abastecimientos existentes, como en las tareas de operación normales de cualquier red. Se puede diferenciar entre dos tipos de simulación: la simulación hidráulica, que permite obtener las presiones y caudales que se registran en la red, y la simulación de la calidad del agua, cuyo objetivo es obtener información sobre concentraciones de sustancias químicas.

A menudo la necesidad de simulación surge dentro de un problema más amplio de optimización o de análisis de fiabilidad, que requiere llevar a cabo un gran número de simulaciones, con lo que el proceso completo resulta de una complejidad computacional considerable. Esto, añadido al hecho de que el tamaño y nivel de detalle de los modelos de redes crece constantemente, como consecuencia de la incorporación automática de datos contenidos en Sistemas de Información Geográfica, hace que las prestaciones del *solver* de simulación tengan un gran impacto en el tiempo total de cálculo necesario.

En este contexto, esta tesis considera y explora distintas vías para mejorar las prestaciones de la simulación de redes de distribución de agua. La primera de estas vías consiste en realizar algunas aportaciones al método de simulación hidráulica conocido como *método de Newton-Raphson de mallas* (o simplemente *método de mallas*), el cual se basa en la consideración de caudales correctores asociados a un conjunto de mallas independientes en la red. Aunque el método conocido como *Algoritmo del Gradiente Global* (GGA) goza de mayor aceptación, el método de mallas tiene el potencial de ser más rápido, debido al menor tamaño de los sistemas lineales subyacentes. En esta tesis se presentan aportaciones para mejorar las prestaciones del método de mallas de simulación hidráulica. En concreto, en primer lugar, se desarrollan algoritmos eficientes para la selección de un conjunto de mallas adecuado, que conduzca a un sistema suficientemente disperso. En segundo lugar se desarrollan métodos para la modelización eficiente de válvulas, y especialmente válvulas reductoras/sostenedoras de presión.

La segunda vía explorada es la introducción de la computación de altas prestaciones en la simulación hidráulica usando plataformas de memoria distribuida. En particular, se parte del código de Epanet, un software de simulación de redes de amplia aceptación, y se introducen en él algoritmos paralelos de simulación, usando la herramienta *Message Passing Interface* (MPI) para la comunicación entre procesos. Como resultado de este trabajo, se presenta en

primer lugar un algoritmo paralelo para la simulación de caudales y presiones por medio del método GGA, haciendo uso de algoritmos multifrontales para la resolución paralela de los sistemas lineales subyacentes. En segundo lugar, se describe un algoritmo paralelo para la simulación de la calidad del agua por medio del *Método de Elementos Discretos de Volumen* (DVEM), particionando la red por medio de algoritmos de bisección recursiva multinivel. En tercer lugar, se presenta un método paralelo para resolver un problema de minimización de fugas mediante la determinación de las consignas óptimas de una serie de válvulas reductoras de presión.

En las plataformas de memoria distribuida, la sobrecarga de comunicación y sincronización puede ser excesiva, contrarrestando a veces la ganancia derivada de la división del cómputo entre los procesadores. Este efecto es menos acusado en las plataformas de memoria compartida como los sistemas *multicore*, que han ganado popularidad en los últimos años. Este hecho motiva la tercera de las vías exploradas en la tesis, que es el desarrollo de algoritmos paralelos para la simulación de presiones y caudales en sistemas *multicore*. Se utiliza la herramienta OpenMP para la paralelización, tanto del software Epanet y de su implementación del método GGA, como del método de mallas, con las aportaciones al mismo que se han realizado en el contexto de esta tesis.