

TESIS DOCTORAL

**OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO REAL DEL MODO DE OPERACIÓN DE UN
ABASTECIMIENTO DE AGUA MEDIANTE TÉCNICAS
METAHEURÍSTICAS. APLICACIÓN A LA RED DE SUMINISTRO A
VALENCIA Y SU AREA METROPOLITANA.**

RESUMEN

La operación de grandes sistemas de abastecimiento de agua es una tarea compleja con la presencia de numerosos elementos de control. Generalmente, en el transporte del agua desde los puntos de producción hasta los puntos de distribución intervienen depósitos, estaciones de bombeo y válvulas. El régimen de operación de estos elementos hidráulicos conlleva la combinación de innumerables reglas de control para satisfacer el nivel de servicio exigido por sus clientes.

Hoy en día, con los avances tecnológicos de las últimas décadas, los sistemas de control permiten a los operadores controlar el régimen de operación de las estaciones de bombeo y las válvulas, así como monitorizar el estado de la red hidráulica en todo momento a través de sistemas SCADA, pero generalmente las decisiones de operación son tomadas de forma empírica y en ocasiones no suelen ser las más óptimas desde el punto de vista energético. En consecuencia, la creciente complejidad de las redes de distribución de agua y la incertidumbre vinculada a la demanda diaria de los usuarios nos lleva a la necesidad del uso de un sistema de control óptimo como alternativa viable.

Con el aumento de precios de la energía, el coste de la energía eléctrica utilizada por los sistemas de bombeo representa la mayor parte del coste total de la operación en los sistemas de distribución de agua. Por esta razón, y porque los precios de la energía son variables hora a hora, es necesario un control óptimo en tiempo real del régimen de operación de las estaciones de bombeo y el régimen de regulación de las válvulas, con el fin de minimizar los costes energéticos y al mismo tiempo controlar las presiones en la red. Para alcanzar este objetivo es necesario definir un modelo de optimización que dé como resultado un escenario de operación viable.

Por otra parte, los modelos de simulación hidráulica permiten realizar el seguimiento del régimen de operación diaria de una red de abastecimiento de agua, y su integración en un sistema SCADA constituyen una herramienta de valiosa ayuda para la toma de decisiones. Para ello el modelo matemático deberá estar calibrado y permanentemente actualizado. Finalmente para llevar a cabo un control óptimo en tiempo real es necesario definir un modelo de previsión de demanda que permita anticipar el estado de la red para las próximas 24 horas.

La presente tesis presenta una metodología de operación óptima en tiempo real de una red hidráulica basada en el desarrollo de una plataforma que permite la integración de modelos de simulación, los modelos de predicción y los algoritmos de optimización con los sistemas SCADA. Con vistas a realizar una optimización en tiempo real lo más ajustada a la realidad se ha adoptado un modelo de previsión de demanda basado en patrones históricos procedentes de los datos de consumos obtenidos a través del propio sistema SCADA. Finalmente se ha desarrollado un módulo de optimización para minimizar los costes energéticos del sistema de bombeo, el cual,

consta básicamente de dos bloques. En el primer bloque el objetivo ha sido optimizar el régimen de operación de las bombas mediante un modelo por programación lineal con el objetivo de minimizar los costes de operación manteniendo los niveles en los depósitos dentro del rango prefijado. En el segundo bloque, una vez definido el estado de operación de las bombas, se han optimizado las consignas de las válvulas de regulación, consideradas como válvulas reductoras de presión, con tal de satisfacer la demanda total prevista cumpliendo las restricciones de presión máxima y mínima del sistema, de acuerdo con la operación de las bombas.

Como una aportación importante de la tesis, a la hora de realizar las simulaciones hidráulicas de las diferentes soluciones propuestas por el optimizador, se ha sustituido el simulador hidráulico por un modelo equivalente basado en una arquitectura de red neuronal paralelizada (ANN), el cual permite reducir significativamente el tiempo de cálculo, aspecto de gran importancia cuando se trata de implantar un sistema de optimización en tiempo real.

La metodología propuesta ha sido aplicada sobre la red a abastecimiento de agua a Valencia y su área metropolitana, considerando los bloques de tarifas eléctricas vigentes para el caso de estudio. La tesis doctoral presenta unos resultados que prueban la efectividad del modelo propuesto en la búsqueda de estrategias de operación viables para ser aplicado sobre un sistema de distribución de agua real compuesta por dos estaciones de bombeo, varios depósitos, y diversas válvulas de regulación motorizadas, en la que se han podido omitir muchos de los componentes físicos del sistema mediante el uso de una arquitectura ANN, pero sin perder de vista los puntos críticos donde se han establecido las restricciones de presión. La reducción del consumo eléctrico alcanzado, pone de manifiesto la importancia del modelo de optimización como instrumento de mejora de la eficiencia energética del sistema.