

Diseño óptimo de redes de distribución de agua mediante algoritmos de búsqueda tabú

El agua es un recurso imprescindible para la vida humana. Actualmente, las personas viven en núcleos urbanos, y el consumo de agua en los mismos depende de muchos factores como el número de personas abastecidas, su nivel de vida, el nivel de industrialización, el clima, el turismo, etc. Para transportar este recurso hasta la población surgieron las redes de abastecimiento. El abastecimiento de agua consta de varias fases: Captación, transporte, tratamiento, almacenamiento y distribución. La captación es la fase inicial y consiste en la toma de agua de las diferentes fuentes que existen en la naturaleza. A continuación, el agua es transportada desde las fuentes de abastecimiento hasta los núcleos urbanos donde es tratada y almacenada para su posterior distribución. El tratamiento del agua tiene como objetivo principal conseguir la calidad adecuada del agua dependiendo del uso al que esté destinada, además, se busca mantener las instalaciones de almacenamiento y distribución posteriores en buen estado. El almacenamiento sirve para asegurar el suministro de agua a los consumidores ante diferentes situaciones y regular caudales y presiones en la red de distribución.

La última etapa de una red de abastecimiento es la distribución. Este trabajo se centra en dicha etapa que comienza a la salida de la planta de tratamiento de agua o depósitos de almacenamiento, y llega a su fin en el punto de conexión con la instalación de suministro del consumidor. Debido al crecimiento demográfico de las ciudades, y al aumento de la contaminación, están apareciendo nuevos retos en el diseño y la gestión de estas infraestructuras. Además, la aparición de nuevos materiales de construcción junto con el deterioro intrínseco que sufren las redes, hace que la reposición de tramos, o incluso redes completas, sea una tarea cada día más común. El mantenimiento y la ampliación de una red de distribución supone grandes inversiones. Por ello, es esencial una planificación eficiente de estas tareas, disminuyéndose los costes asociados a las mismas. Una red de distribución con un diseño óptimo supone mejores

niveles de servicio a los clientes, junto con la prevención de posibles impactos medioambientales negativos. Hoy en día la sostenibilidad es un requisito importantísimo en cualquier proyecto emergente, y las empresas encargadas de la distribución de agua están cada vez más comprometidas con ello.

Para conseguir una planificación óptima es imprescindible aplicar los algoritmos y las técnicas que mejor se adapten al problema. El modelo matemático tradicional que rige el comportamiento de las redes hidráulicas incluye ecuaciones de conservación de masa y energía. Las características del modelo hacen de él un problema no lineal mixto y entero. Esto se debe a la naturaleza discreta de los diámetros de las tuberías, ya que éstos deben ser escogidos de entre los disponibles en una gama comercial, y a la no linealidad de las ecuaciones de conservación de masa y energía. Para abordar este tipo de problemas de alta complejidad existen técnicas avanzadas de resolución como las metaheurísticas, métodos que imitan fenómenos de la naturaleza para explorar el espacio de soluciones, en general, a través de procedimientos iterativos. Estos métodos se caracterizan por encontrar resultados satisfactorios en tiempos reducidos. En este trabajo se diseña un algoritmo de búsqueda tabú, metaheurística que simula el comportamiento de la mente humana, particularizado a la problemática de estudio.

Para la validación del algoritmo se ha resuelto el problema de diseño de redes de distribución aplicado a una red concreta, la red de Alperovits. El uso de esta red permite la comparación de los resultados obtenidos en este trabajo con aquellos que obtuvieron otros autores aplicando otras técnicas de resolución. A pesar de existir diversas investigaciones acerca de este tipo de redes en la literatura, su estudio no ha sido tan amplio como el de otros problemas como, por ejemplo, los de redes de transporte o redes eléctricas. Por ello, es interesante profundizar en este área.

La implementación del algoritmo se realiza usando el lenguaje de programación Python y, en concreto, una de sus librerías que permite la generación y

simulación de redes hidráulicas. Este lenguaje de programación está ganando mucha importancia en los últimos años, de hecho, es el primero del ranking IEEE Spectrum 2018, prestigiosa revista especializada en ingeniería y ciencias aplicadas. Este auge se debe, en parte, a que es un software de libre distribución, es decir, gratuito. Además, sus usuarios están generando una gran cantidad de librerías especializadas en distintos temas como la ingeniería, la física o las matemáticas, entre otros. La librería utilizada en este trabajo es *WNTR* (Klise et al., 2017), la cual permite simular el funcionamiento de redes hidráulicas en Python de manera fácil y rápida. El estudio y manejo de esta librería ha sido uno de los puntos claves del presente trabajo, ya que con ella se consigue explorar, de manera iterativa, el espacio de soluciones. Esto se realiza con la búsqueda tabú, que analiza distintos diseños de la red, encontrando el que mejor se adapta a las especificaciones y necesidades operativas y demográficas del problema.

Las soluciones que se alcanzan a través de la búsqueda tabú para la red de Alperovits no mejoran las encontradas por otros autores en la literatura. No obstante, queda demostrado que para redes más complejas los resultados que se obtendrían con este algoritmo son muy prometedores. Por ello, sería de especial interés la aplicación de la técnica generada en este trabajo al diseño de redes reales o a su ampliación.

Garantizar el acceso a agua potable es uno de los desafíos más importantes del mundo en la actualidad. Por ello, es importante fomentar la investigación y el desarrollo de técnicas innovadoras en este sector. Para conseguirlo es necesaria la conexión entre la industria y la comunidad investigadora, permitiendo que las investigaciones se direccionen en necesidades reales de la industria. En la era de las Tecnologías y el Big Data, los avances son continuos. Aprovechar este progreso y adaptarlo a una materia tan importante como son las redes hidráulicas es crucial para la mejora del servicio y la disminución de los costes.

Este Trabajo Fin de Máster profundiza en el diseño de redes de distribución utilizando para ello herramientas innovadoras. Se analizan los estudios realizados hasta el momento y se propone una nueva línea de investigación interesante y con gran proyección.