

Diseño y operación óptima de una red urbana de distribución de agua potable con metaheurísticas

Villagra A., Villagra S., Molina D., Pereyra G., Varas V., Pandolfi D.
Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEM)
Unidad Académica Caleta Olivia
Universidad Nacional de la Patagonia Austral
{avillagra, svillagra, dmolina,,gpereyra, vvaras,
dpandolfi }@uaco.unpa.edu.ar

Leguizamón G.

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional (LIDIC)
Departamento de Informática - Universidad Nacional de San Luis
legui@unsl.edu.ar

Resumen

La optimización puede definirse como el proceso de tratar de encontrar la mejor solución posible para un determinado problema. En un problema de optimización existen diferentes soluciones y un criterio que permite discriminar el valor de calidad de cada solución. El problema de optimización del diseño de redes de distribución de agua potable es sumamente complejo debido a la relación no lineal entre el flujo y las pérdidas de carga y la presencia variables discretas como los diámetros de las tuberías y restricciones hidráulicas.

Debido a que este problema pertenece a la clase de problemas NP-duros, los requisitos de cálculo para la obtención de una solución óptima crecen exponencialmente a medida que el tamaño de problema aumenta desde el punto de vista de la complejidad y del tiempo computacional. La mayoría de los grandes problemas de optimización discreta pueden ser resueltos sólo por los métodos metaheurísticos, en este proyecto se propone desarrollar algoritmos metaheurísticos que permitan brindar soluciones al diseño de una red optima

de distribución de agua potable para la localidad de Caleta Olivia.

Palabras clave: Metaheurísticas, Red de agua potable, Optimización.

Contexto

La línea de investigación presentada en este documento se lleva a cabo en el Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEM) en el marco del Programa de Investigación en Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Unidad Académica Caleta Olivia. En el ámbito del Proyecto de Investigación “Metaheurísticas aplicadas al diseño y operación óptima de una red urbana de distribución de agua potable”. Y en el marco del proyecto presentado como PDTTS - CIN conjuntamente con el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional de la Universidad Nacional de San Luis.

Introducción

Una de las necesidades básicas del ser humano es el consumo de agua potable. La

existencia de este vital líquido permite que se den grandes asentamientos cerca de los lugares donde se les facilite la obtención de tal recurso. Para la obtención de éste recurso el ser humano construye obras para abastecerse y suplir sus necesidades, encontrando así desde la época Romana las primeras obras de abastecimiento, como pozos, fuentes represas y acueductos, siendo su principal diseño los acueductos por gravedad, donde figuran los famosos Arcos Romanos. En la actualidad, el sistema que se utiliza para abastecer de agua son las redes de distribución por tuberías las cuales transportan el líquido desde una fuente o almacenamiento hasta el lugar donde se utiliza tal recurso. Las características de este sistema varían dependiendo de las condiciones particulares de la región donde se utilice. Es de resaltar que este tipo de sistema requiere cierto mantenimiento a lo largo de su vida útil, mínimo en la mayoría de las ocasiones. Cuando los sistemas dejan de prestar el adecuado servicio para el que fueron diseñados provocan que la población se vea afectada por las deficiencias de la red de abastecimiento. Se hace necesario entonces plantear soluciones a los problemas causados en las redes de distribución de agua potable debido al paso del tiempo, asegurando así que los residentes de una determinada zona cuenten con el preciado recurso para la satisfacción de sus necesidades.

En cuanto a la modelación numérica de este problema de distribución de agua ha sido ampliamente utilizada en una gran variedad de propósitos, incluyendo diseño, dimensionamiento, administración, planeación y operación [1], [2]. Existen en la literatura metodologías automáticas de dimensionamiento óptimo de tuberías, entre las que destaca el método de programación de gradiente lineal (LPG, *Linear Programming Gradient*) [3], [4]. En las últimas décadas las técnicas metaheurísticas [11]

han mostrado un gran potencial como herramientas de solución a este problema. Entre estas técnicas se destacan los Algoritmos Genéticos (AG) [5], [6], [7], *Simulated Annealing* (SA) [8], Evolución Diferencial (ED) [9] y basados en los modelos de Colonias de Hormigas (ACO - *Ant Colony Optimization*) [10]. *Particle Swarm Optimization* (PSO) [12]. Los trabajos reportados han resultado promisorios no solo en problemas generales sino además en diversas y complejas aplicaciones del mundo real, las ventajas de utilizar estos enfoques se deben las siguientes las características: (1) la facilidad de representación simple de una solución discreta; (2) la estructura independencia del problema; (3) facilidad de cálculo de la función objetivo; (4) alta probabilidad de ganar el óptimo global óptima o aproximada global en una cantidad de tiempo razonable.

Líneas de investigación y desarrollo

Para desarrollar esta línea de investigación y realizar el diseño de la red es necesario contar con información, tal como: (a) plan regulador del desarrollo urbano; (b) planos topográficos de la ciudad; (c) servicios públicos existentes o proyectados; (d) estado actual de la red existente, ubicación del almacenamiento, determinación de los puntos de entrada del agua en la red, etc.; (e) determinación del sistema existente en cuanto a la oferta, demanda, presiones residuales y distribución de agua; (f) determinación de las presiones necesarias en los distintos puntos de la red de distribución; entre otros. La empresa de Servicios Públicos de nuestra localidad se ha comprometido a brindarnos toda la información necesaria para poder llevar adelante este desarrollo.

Dado que al problema de diseño de red de distribución de agua se lo clasifica como

NP-completo, la investigación se dirige hacia el desarrollo de buenos métodos de solución aproximados para este tipo de problemas y por lo tanto se utilizarán técnicas metaheurísticas para resolverlo. Como objetivos generales pretende a nivel estratégico ayudar a evaluar la topología de la red actual; a nivel táctico determinar el impacto del diámetro y rugosidad de las tuberías en cuanto al diseño. Además, colaborar en la planificación de las prioridades de distribución y operacionalmente la planificación y control de las válvulas.

Resultados obtenidos/esperados

En cuanto a los resultados de este proyecto de investigación y desarrollo se espera lograr el diseño de una red óptima de distribución de agua para la ciudad de Caleta Olivia, el diseño de la red de distribución de agua actual, la planificación de la operación óptima de la red actual. Con estos resultados se pretende a través del uso de técnicas metaheurísticas desarrollar una herramienta capaz de generar soluciones a distintos escenarios de la planificación y operación de una red urbana de distribución de agua potable. Cabe resaltar que esta herramienta podrá ser en el futuro fácilmente adaptada para aplicarse en el diseño de otros tipos de redes tal como una red cloacal.

Formación de recursos humanos

Un integrante del proyecto está desarrollando tesis de Maestría orientada a esta línea de investigación.

Se cuenta con un becario de posgrado y un alumno de grado realizando su trabajo de fin de carrera en este tema.

Referencias

[1] Méndez M., Araya J. A., Sánchez L. D. Automated parameter optimization of a water distribution system. *Journal of Hydroinformatics*, 15(1), 71-85. 2013

[2] Koppel A., Vassiljev A. Calibration of a model of an operational water distribution system containing pipes of different age. *Advances in Engineering Software*, 40(1), 659-664. 2009

[3] Kessler A., Shamir U. Analysis of the linear programming gradient method for optimal design of water supply networks. *Water Resources Research*, 25(7), 1469-1480. 1989

[4] Alperovits E., Shamir U. Design of optimal water distribution systems. *Water Resources Research*, 13(6), 885-900. 1997

[5] Savic D. A., Kapelan Z., Jonker-gouw P. Quo vadis water distribution model calibration? *Urban Water Journal*, 6(1), 3-22. 2009

[6] Tolson B. A., Maier H. R., Simpson A. R., Lence B. J. "Genetic algorithms for reliability-based optimization of water distribution systems." *Journal of Water Resources Planning and Management*, 130(1), 63-72. 2003

[7] Van Zyl J. E., Savic D. A., Walters G. A. "Operational optimization of water distribution systems using a hybrid genetic algorithm." *Journal of water resources planning and management*, 130(2), 160-170. 2004

[8] Sousa J., Cunha M.C., Marques A.. Simulated Annealing reaches anytown. *Proceedings of the Eight International Conference on Computing and Control for the Water Industry (CCWI 2005)*, 1(1), 69-74. 2005

[9] Vasan A., Simonovic S. P. "Optimization of water distribution network design using differential evolution." *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(2), 279-287. 2010

[10] López-Ibáñez M., Prasad T. D., Paechter B. "Ant colony optimization for

optimal control of pumps in water distribution networks.” *Journal of water resources planning and management*, 134(4), 337-346. 2008

[11] Glover F., Kochenberger G.H. (editors)- *Handbook of Metaheuristics*, Kluwer Academic Publishers, 2003.

[12] Montalvo I., Izquierdo J., Perez R., and Tung M. M., “Particle Swarm Optimization applied to the design of water supply systems”, *Computers & Mathematics with Applications*, vol. 56, no. 3, pp. 769–776, 2008