

MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REAL DE SUMINISTROS DE AGUA CON DEPÓSITOS DOMICILIARIOS MEDIANTE EPANET

F. Martínez Alzamora¹, O. T. Vegas Niño² y V. Tzatchkov³

^{1,2}Instituto de Ing. Agua y M.A. Universitat Politècnica de València, España.

³Departamento Hidráulica Urbana, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.
E-mail: fmartine@hma.upv.es, ovegas@hma.upv.es, velitchk@tlaloc.imta.mx

Introducción

En los últimos años, los modelos hidráulicos utilizados para simular el comportamiento real de las redes de distribución de agua han pasado de considerar las demandas fijas en los nudos a tratarlas como dependientes de la presión, al objeto de mostrar el comportamiento real del sistema en condiciones de insuficiencia de presión (Conejos, 2015). Gracias a ello es posible simular de modo realista el efecto de una rotura, el comportamiento de la red en situaciones de emergencia, o el efecto sobre las fugas y las demandas de una reducción de la presión de suministro o de un valor excesivo de la misma.

Sin embargo, muchas redes de abastecimiento de nuestro país, y sobre todo de países en vías de desarrollo de Latinoamérica, Oriente medio, Asia o Norte de África, no disponen de un suministro directo a los usuarios, sino que el agua es descargada a pequeños depósitos domiciliarios, también conocidos en España como aljibes, que actúan como reservas locales de agua. Estos pueden ubicarse en el tejado de las viviendas, desde donde el agua se distribuye al interior de las mismas por gravedad, o a nivel de suelo, desde donde el agua se rebomba a su vez a los tanques elevados o a un tanque presurizado desde el que se distribuye el agua a las viviendas de un inmueble. El suministro a través de tanques o aljibes es una fuente potencial de contaminación del agua, además de mostrar otros graves inconvenientes (Cobacho, 2008; Cabrera-Béjar, 2012; Gómez, 2013) por lo que en un suministro moderno esta práctica debería erradicarse. Sin embargo las deficientes condiciones que a menudo afectan a las redes de suministro, tales como diámetros insuficientes para atender los incrementos de demanda, el deterioro de las tuberías, el exceso de fugas, las continuas averías que afectan al servicio, etc, conducen a los usuarios a equiparse con tanques y aljibes, a fin de garantizarse el suministro de un bien tan esencial. Cuando las condiciones de insuficiencia de la red empeoran drásticamente, la última solución es recurrir al suministro intermitente por sectores, lo que finalmente lleva a los usuarios a incrementar aún más las reservas de agua a nivel domiciliario.

Los suministros a través de aljibes son intrínsecamente dependientes de la presión, ya que el caudal de entrada al aljibe depende de la diferencia entre la presión de suministro y la cota de éste; en cambio, el caudal consumido puede considerarse independiente de la presión de suministro, al romperse la carga de la red en el depósito. En consecuencia, la curva de demanda de los usuarios no puede trasladarse directamente a la red de suministro suponiendo una demanda fija en la acometida, como se hace en los modelos tradicionales. Desde el punto de vista de la red, el caudal suministrado depende de la presión de suministro, y del estado de llenado del aljibe en cada momento. El resultado final es una laminación de la curva de demanda exigida a la red de suministro, - tanto más cuanto mayor sea la capacidad de los aljibes domiciliarios -, en comparación con la curva que se le exigiría en caso de un suministro directo.

Metodología

Para determinar el efecto de laminación introducido por los aljibes, o los retos a los que la compañía suministradora debe enfrentarse de cara a su erradicación (Ilaya, 2010), hay que

modelar correctamente el comportamiento de éstos e integrarlos en el modelo hidráulico global de la red de distribución. EPANET (Rossman, 2000) es el software de simulación actualmente utilizado por excelencia por la mayoría de los técnicos y gestores de las redes urbanas. Sin embargo, modelar en todos los modos el comportamiento de los aljibes con esta herramienta no resulta sencillo (Pacchin, 2016). En particular, los aljibes suelen estar equipados con una válvula de flotador, que limita el caudal entrante a medida que se van llenando en la última etapa. Cuando el aljibe está lleno, el caudal de entrada pasa a igualarse con el caudal demandado, mientras que si se vacía el caudal consumido queda limitado por el caudal entrante. Además, el comportamiento en estas dos situaciones extremas depende de si el aljibe está conectado a la instalación interior en serie o en derivación. Por otra parte, durante el llenado la descarga al aljibe puede hacerse desde la parte superior, desde el fondo o a través de una conducción parcialmente sumergida. Si la válvula de flotador fallara, el agua entrante y no consumida desbordaría por el rebosadosero. Por otra parte, si se dispone de grupos de bombeo para alimentar los tanques ubicados en los tejados o grupos hidropresores para alimentar directamente las viviendas cuando el aljibe se ubica en el sótano, habrá que modelar también el comportamiento de los tanques o calderines a presión que controlan el arranque y paro de las bombas. Toda esta casuística debe tenerse en cuenta a la hora de modelar correctamente el comportamiento de los aljibes en un modelo hidráulico de la red, lo que no resulta sencillo. En esta comunicación se mostrará cómo representar de forma adecuada y lo más simple posible todas estas situaciones, utilizando los 6 elementos básicos de que dispone EPANET para modelar cualquier red a presión, y posteriormente se aplicarán dichos modelos para extraer conclusiones.

Resultados

La figura 1 muestra el modelo propuesto para simular el comportamiento de un aljibe en serie, conectado directamente a la red de distribución, en todos sus modos de funcionamiento posible. El modelo incluye, además del aljibe, una primera válvula reductora de presión V1_PRV para simular la presión de red, una válvula sostenedora V2_PSV para simular las situaciones de aljibe vacío, una válvula reductora V3_PRV para simular las situaciones de aljibe lleno, y finalmente un embalse auxiliar 1 enrasado con la cota de solera del aljibe para simular las situaciones de déficit en que no se puede satisfacer la demanda requerida.

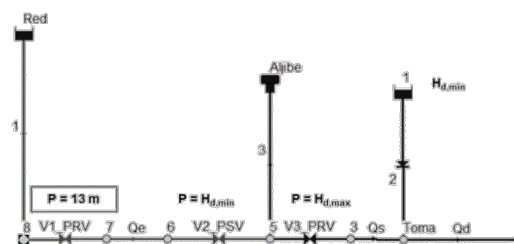


Figura 1.- Modelado de un aljibe en serie en EPANET, contemplando todas las modalidades de comportamiento posibles.

En la figura 2 se muestra la variación del nivel en el aljibe para una presión de suministro de 13 m, y una cota de solera de 10 m, mientras que en la figura 3 se muestra la evolución de los diferentes caudales en el mismo caso, siendo Q_d la curva modulada de la demanda, Q_e al caudal entrante desde la red, y Q_s el caudal saliente del aljibe.

Entre las 0 h y a las 6 h el caudal entrante supera a la demanda y el aljibe se llena, siendo el caudal saliente igual al demandado, de modo que la demanda es satisfecha. Entre las 6 h y 14 h, el caudal entrante es inferior a la demanda, pero ésta es aún satisfecha gracias al volumen almacenado, con lo que $Q_s = Q_d$. El aljibe empieza a vaciarse a las 6h sin haber alcanzado su nivel máximo de 1,5 m, y a las 14h queda vacío. A partir de éste momento el caudal entrante queda fijado por la cota de solera del aljibe, y al ser éste inferior a la demanda, obliga a reducir la demanda e igualarla al caudal entrante. Se genera con ello un déficit de caudal, suministrado por el embalse auxiliar 1, que se refleja en la curva Q_{def} .

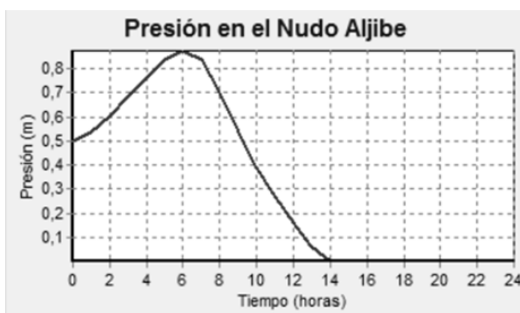


Figura 2.- Llenado inicial y vaciado posterior de un aljibe en serie.

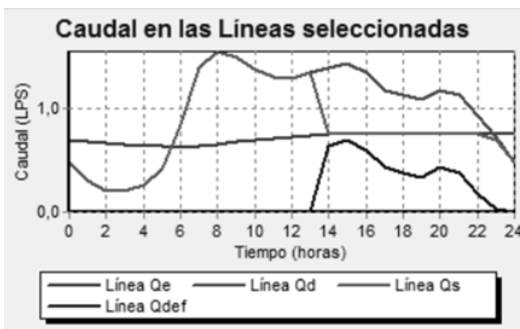


Figura 3.- Caudal demandado, entrante, saliente y déficit de caudal durante el vaciado del aljibe.

Modelos similares a éste pueden construirse para cualquier otra configuración o disposición del aljibe, incluido el rebombado interior desde un aljibe a nivel de suelo hasta un segundo aljibe en el tejado, las cuales se describirán con detalle a lo largo de la comunicación.

A continuación, los diferentes modelos de aljibes pueden integrarse en el modelo hidráulico del sector de una red, para mostrar el papel real que éstos desempeñan a la hora de garantizar la demanda a los usuarios a medida que la red se va deteriorando, y cómo ello influye en la laminación de la curva de demanda (Kesteloot, 2017). En última instancia se simulará el caso de suministro intermitente y el efecto último que tendría estrangular la salida de depósito principal de suministro a la red para reducir aún más las demandas. A partir de aquí, mediante un proceso inverso se mostrarán los pasos a seguir para recuperar la presión en la red y erradicar paulatinamente los aljibes de la misma hasta conseguir dar de nuevo un servicio directo a todos los usuarios.

Referencias bibliográficas

- Cabrera-Béjar, J.A., Tzatchkov, V.G.** (2012), "Modelación de Redes de Distribución de Agua con Suministro Intermitente". *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol III, num 2, pp 5.25
- Cobacho R., Arregui F., Cabrera E., Cabrera E. Jr.** (2008). "Private water storage tanks: evaluating their inefficiencies", *Journal Water Practice and Technology*, IWA Publishing. May 2008 | doi:10.2166/wpt.2008.025
- Conejos, Pilar** (2015). *Desarrollo e implementación de un modelo realista de demandas y fugas dependientes de la presión para redes de distribución de agua urbana*. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València
- Kesteloot, Diego** (2017). *Variación del consumo doméstico de agua con la presión en un suministro con aljibes*. Trabajo Fin de Master. Master en Ingeniería Hidráulica y M. A. Universitat Politècnica de València
- Gómez Sellés, E., Cabrera Marcet, E., J. Soriano Olivares, J., M. Balaguer Garrigós, J.M.** (2013) "Gestión sostenible del agua y usos de aljibes domésticos, un binomio incompatible". *IV Jornadas Ingeniería del Agua, JIA 2015*, 21-22 Octubre, Córdoba
- Haya Ayza, A.E.** (2016) *Propuesta para la transición de un sistema con suministro de agua intermitente a suministro continuo*. Tesis doctoral. Univ. Politècnica de València
- Pacchin, E., Alvisi, S., Franchini, M.** (2016). "A new non-iterative method for pressure-driven snapshot simulations with EPANET". *Int. Conf. on Water Distribution Systems Analysis WDSA 2016*. Cartagena de Indias (Colombia)
- Rossman, L. A.** (2000). *EPANET 2: Users Manual*. Cincinnati US Environmental Protection Agency. National Risk Management Research Laboratory.