

ESTIMACIÓN DE LAS PÉRDIDAS LOCALES EN REDES DE TUBERÍAS A PRESIÓN CON PERÍODOS EXTENDIDOS Y ANÁLISIS DINÁMICO

Óscar A. Fuentes Mariles, Joana B. Luna Alonso, Guillermo R. Vega Silva

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
E-mail: ofuentesm@iingen.unam.mx, joanaalonso.civil@gmail.com, vega_silva_gr@hotmail.com

Introducción

La variación a lo largo del día de la demanda de los usuarios de las redes de distribución de agua potable, ocasiona modificaciones temporales de carga de presión y de caudales en sus tuberías, para analizar su funcionamiento es necesario considerar el flujo no permanente en ellas.

Existen varios programas de cómputo para conocer el comportamiento hidráulico en las redes de distribución de agua potable, en su mayoría hacen un análisis de períodos extendidos, es decir, no consideran los términos de inercia (análisis dinámico). Cabe mencionar que dichos programas no suelen considerar las pérdidas locales en función de los gastos que circulan en las redes, les asignan valores fijos o simplemente no se incluyen, por lo cual se desprecian los efectos que pueden llegar a tener en los gastos dentro de las tuberías y las cargas de presión en los extremos de estas a lo largo del tiempo.

El objetivo de este trabajo, es llevar a cabo un análisis dinámico de una red de tuberías a presión, considerando las pérdidas locales, comparando los resultados obtenidos del análisis por períodos extendidos para diferentes horas.

Metodología

La red teórica mostrada en el esquema de la Figura 1, cuenta con 22 tuberías de policloruro de vinilo (PVC), los diámetros de las tuberías van de 19mm a 38mm, con longitudes de 4.5m a 30m. Cuenta con 15 nudos la red, incluyendo el del tanque.

Dicha red cuenta con piezas especiales (las cuales sirven como uniones entre las tuberías) como lo son: cruces, tes y codos.

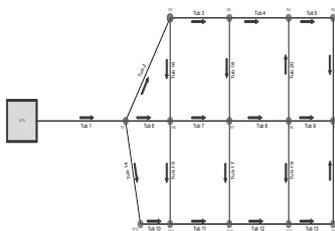


Figura 1.- Esquema de la red de tuberías.

El primer paso a realizar fue resolver la red funcionando a flujo permanente, con ello se obtuvo una primera aproximación del comportamiento de la red, para ello se utilizó el método del Instituto de Ingeniería para redes estáticas (Sánchez-Fuentes, 1991).

Posteriormente se procedió a calcular la red de tuberías funcionando a flujo que cambia con el tiempo, primero mediante períodos extendidos y en seguida se realizó el análisis dinámico, esto para un periodo de 24 horas. Para considerar los cambios en las demandas se utilizó la curva de variación horaria de la Ciudad de México. Para el análisis dinámico se empleó el método desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México para flujo no permanente (Fuentes, 1992).

Cabe mencionar que para considerar las pérdidas locales dentro del cálculo, se utilizaron una serie de ecuaciones que permiten

obtener el coeficiente de pérdida local (K) en función del número de Reynolds de las tuberías en donde se ubica el accesorio. En este caso, solo se incluyó la pérdida originada por cruces, tes y codos. Dichas ecuaciones relacionan el número de Reynolds del tramo de tubería que conecta la salida con el de la tubería que entra, continuación se muestra un ejemplo.

Cuando en un cruce se da un flujo perpendicular o de alimentación doble (Figura 2) se puede utilizar la ecuación 1.



Figura 2.- Cruce: flujo perpendicular.

$$K = \frac{1.0561}{\left(\frac{Re_{sal}}{Re_{ent}}\right)^{1.191}} \quad [1]$$

Resultados

Se obtuvieron las cargas disponibles en cada nudo de la red considerando los efectos de las pérdidas originadas por uniones de tuberías para diferentes horas, tanto para el análisis por períodos extendidos como para el dinámico. En la siguiente tabla se aprecia los resultados de ambos análisis, así como la diferencia porcentual entre uno y otro para las 11 horas.

Tabla 1.- Diferencias porcentuales para las 11 horas.

Períodos extendidos		Análisis dinámico			
Carga disponible (m)		Carga disponible (m)		Dif cargas (m)	%
h1	10.95	h1	9.73	1.22	11.17
h2	8.94	h2	7.71	1.23	13.79
h3	5.66	h3	4.41	1.25	22.08
h4	3.20	h4	1.94	1.26	39.43
h5	2.99	h5	1.72	1.26	42.30
h6	8.50	h6	7.26	1.24	14.54
h7	5.47	h7	4.22	1.25	22.85
h8	3.60	h8	2.34	1.26	35.00
h9	2.60	h9	1.34	1.27	48.60
h10	9.05	h10	7.81	1.23	13.63
h11	7.78	h11	6.54	1.24	15.92
h12	4.47	h12	3.21	1.26	28.10
h13	2.94	h13	1.68	1.26	42.92
h14	2.82	h14	1.56	1.26	44.83
h15	20.00	h15	18.82	1.18	5.89

Conclusiones

Para algunas redes es importante contemplar las pérdidas locales en el cálculo de una red de tuberías a presión, sobre todo en los intervalos de tiempo en los que se tienen mayores gastos. Cabe resaltar que las pérdidas locales toman mayor importancia en aquellas redes donde sus tuberías tienen longitudes cortas.

Debido a que en una red de tuberías a presión funcionando a flujo no permanente los gastos están cambiando principalmente por la variación de la demanda de los usuarios, es recomendable utilizar expresiones que permitan la obtención del coeficiente de pérdida local en función del número de Reynolds.

Como se mostró en la tabla 1, en algunos casos las diferencias porcentuales entre las cargas obtenidas con el método de períodos extendidos y el análisis dinámico son significativas, tal es el caso del nudo 9, en el cual la diferencia es de casi 49%.

Para poder conocer con mayor precisión las cargas de presión y la cantidad de agua disponible que se puede entregar en una red de tuberías a presión, es conveniente considerar el cambio de almacenamiento en los tanques, de ahí la importancia de llevar a cabo un análisis dinámico.

En el apartado final de referencias se presentará un listado de las mismas ordenadas alfabéticamente por el primer autor (apellido e iniciales, separados con coma), indicando autores secundarios, año de publicación (entre paréntesis), título de referencia (entre comillas para artículos y en itálicas para libros), revista (en el caso de los artículos) o editorial (en el caso de los libros), y si es necesario, lugar de publicación y páginas. Es posible añadir cualquier información complementaria que ayude a identificar plenamente la referencia en cuestión.

Referencias bibliográficas

CONAGUA. (2007). “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Redes de Distribución, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México”.

Fuentes, M.O.A. y Rosales, P.I.L. (2004) “Estimación de pérdidas locales de energía en tomas domiciliarias de agua potable”, En: Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XIX, Núm. 1, pp. 65-73, México.

Patiño, M. J. A. (2011). Tesis: “Pérdidas menores de energía en redes de tubería de agua potable”, México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Sotelo, A.G. (1991). *Hidráulica General*, Limusa-Noriega Editores, México.

White, F.M. (2007). *Mecánica de Fluidos*, McGraw-Hill, México.