

REDUCCION DE LOS GASTOS DE ENERGIA POR LA DESCARGA DE AIRE DE LA CANERIAS

Por el Prof. M. Tarshish

Este documento trata de analizar la pérdida de energía relacionada con grandes bolsillos de aire que aparecen en los conductos o cañerías para el transporte de agua. Un método aproximado para estimar la reducción de los gastos energéticos por medio de válvulas de descarga de aire, ha sido desarrollado e introducido en la práctica por la empresa fabricante de válvulas de descarga de aire A.R.I. (Israel).

Ubicación y tamaño de los bolsillos de aire

Los bolsillos de aire pueden estar situados en los topes del conducto, en sus tramos descendentes y en los puntos de cambio de inclinación (1,4). Las velocidades de los flujos que atraviesan los conductos frecuentemente no son suficientemente elevadas para poder eliminar los bolsillos de aire, y es necesario usar un gran número de válvulas de aire para conseguirlo en los sistemas de suministro de agua. (1,5) La reducción de los gastos energéticos brindada por las válvulas de aire, podría ser estimada si se conociera el descenso de la resistencia hidráulica conseguida con la descarga del bolsillo de aire. El caso extremo, en el que todas las secciones transversales de un tramo del conducto descendente fueran llenadas de aire, interrumpiéndose de ese modo por completo el flujo de agua, ha sido analizado por Lescovic. (1) (véase esquema a), Fig. 1).

Analizaremos casos más comunes como el flujo de agua en un tramo descendente, en el que la parte superior de la sección transversal está llena de aire (esquema b), y otro caso, en el que el bolsillo de aire está ubicado cerca del tope del conducto (esquema c). Todavía no se ha encontrado un método para anticipar los tamaños a que pueden llegar de hecho los grandes bolsillos de aire y, por consiguiente, es razonable tratar de encontrar la manera de idear estimaciones para evaluar las pérdidas ocasionadas en ambos casos, que son presentadas en los esquemas b) y c)

Pérdidas distribuidas a lo largo de un tramo descendente

La suma de las pérdidas hidráulicas distribuidas a lo largo de un tramo descendente (esquema b) es proporcional al gradiente de la carga hidráulica. Este gradiente puede ser estimado como en el caso de un flujo estable de una profundidad constante:

$$(1) \quad J_{of} = i = \sin\theta$$

donde,

J_{of} = el gradiente de la carga hidráulica para el flujo abierto

θ = ángulo de inclinación del tramo del conducto en relación al plano horizontal.

El bolsillo de aire puede quedar en el tramo descendente, en cuyo caso la velocidad será menor que la velocidad crítica necesaria para poder eliminar el bolsillo. Si los bolsillos de aire son completamente descargados por medio de las válvulas de aire, el gradiente será el siguiente:

$$(2) \quad J = \frac{4u^2}{c^2d}$$

donde

u = velocidad del flujo

d = diámetro del orificio del tubo

c = coeficiente de Chezy

y el radio de la suma de las pérdidas:

$$(3) \quad \frac{h_{rof}}{h_r} = \frac{J_{of}}{J} = \frac{idc^2}{4u^2}$$

donde,

h_{rof} = la suma de las pérdidas en el caso de un flujo abierto

h_r = la suma de las pérdidas en el caso de la ausencia de un bolsillo de aire.

El aumento de la potencia que resulta necesaria para obtener un flujo a través del tramo es:

$$(4) \quad \Delta N = Ag\rho_w u (h_{rof} - h_r)$$

donde,

A = la sección transversal del orificio del conducto

g = aceleración de la gravedad

ρ_w = densidad del agua

Las ecuaciones (3) y (4) son suficientes para obtener un estimado de la posible reducción de potencia, derivada de la descarga de agua del tramo. El descenso relativo de potencia (%) para la bomba con un coeficiente de eficacia η_p es:

$$(5) \quad \delta_N = \frac{100\Delta N}{h_p N_p} = \frac{100Ag\rho_w u h_r}{h_p N_p} \left(\frac{idc^2}{4u^2} - 1 \right) \%$$

Pérdidas relacionadas con la ubicación del bolsillo de aire en el pico del conducto

Se puede llegar a obtener una estimación de las pérdidas de carga relacionadas con el bolsillo de aire en el tope del conducto (esquema c), si se presume que estas pérdidas aparecen principalmente en razón de la disminución de la velocidad del agua luego de la angosta sección transversal 1-1. Estas pérdidas hidráulicas pueden ser expresadas de esta forma:

$$(6) \quad h_p = \zeta (u_n - u)^2 / 2g$$

donde,

u_n = velocidad en una estrecha sección transversal

ζ = coeficiente

Las pérdidas de carga locales debidas a la repentina disminución de la velocidad pueden ser calculadas a $\zeta = 1$ (la estimación superior) y el coeficiente de hecho habrá de ser un intervalo de:

$$0 < \zeta < 1$$

Un estimado de la velocidad de flujo u_n puede ser obtenido presumiéndose que el bolsillo de aire puede aumentar de volumen, reduciendo el ancho de la sección transversal del tubo a un momento en que:

$$(7) \quad u_n = u_c = \sqrt{gd} \left(0.25 \sqrt{\sin\Theta} + 0.825 \right)$$

donde,

u_c = la velocidad crítica del flujo que resulta necesario alcanzar para poder eliminar el bolsillo de aire del oriificio del conducto.

La disminución relativa de potencia (%) puede ser calculada como en la sección previa, de este modo:

$$(8) \quad \delta_N = \frac{100\Delta N}{\eta_p N_p} = \frac{50A\rho_w u \zeta}{\eta_p N_p} \left[\sqrt{gd} \left(0.25 \sqrt{\sin\Theta} + 0.825 \right) - u \right]^2 \%$$

A continuación se transcribe un ejemplo de la estimación de la disminución relativa de potencia, que permite la descarga de aire del conducto (Fig. 1,a).

Datos iniciales: longitud del tramo descendente $l_d = 85$ m, $\theta = 50^\circ$ y diámetro interno del tubo $d = 1$ m (área de la sección trasversal $A = 0.785$ m²), coeficiente de Chezy, $C = 56.67$ m^{1/2}/s, coeficiente de las pérdidas locales de energía $\zeta = 0.1$, velocidad del agua $u = 1.274$ m/s, potencia de la bomba de propulsión $N = 750$ Kw y eficiencia de la bomba $\eta_h = 0.85$, aceleración de la gravedad $g = 9.81$ m/s² y densidad del agua $\rho_w = 998$ Kg/m³.

Las pérdidas hidráulicas son en este caso: $h_f = J l_d = 4u^2 l_d / c^2 d = 0.172$ m, $i = \sin\theta = 0.0871$ y al substituir los datos en la ecuación (5) obtenemos: $\delta_N = 11.1\%$ que es una estimación de las pérdidas sufridas en razón del largo bolsillo de aire situado en la parte superior del tramo descendente.

Un estimado de las pérdidas ocasionadas por el estrecho bolsillo de aire ubicado al principio del tramo descendente puede ser calculado recurriendo a la ecuación (8): $\delta_N = 0.015\%$.

Usando el valor calculado de la disminución de potencia, el tiempo de trabajo de la bomba ahorrado y los precios conocidos de la energía, podemos calcular los gastos energéticos derivados de los grandes bolsillos de aire en

los conductos. Las ecuaciones obtenidas permiten estimar la reducción de los gastos de energía para el transporte del agua a través de los conductos, que nos brindan las válvulas de descarga de agua. Estas estimaciones pueden ser empleadas para seleccionar y ubicar debidamente estas válvulas, durante la fase de diseño de un proyecto de instalación de conductos de agua.

REFERENCIAS

1. Lescovich J.E. (1972) Locating and sizing of air release valves. *Journal of AWWA*, **64** (7), 457-461.
2. Tarshish M.S. (1996) Transients in a well pump-pipeline hydraulic system with air release valve. Proc. of 26th Israel Conference on Mechanical Engineering, 325-327.
3. Van Vuuren S.J. (1995) Valves to control air in pipeline design. *Water Management International*, 27-30.
4. Wisner P.E. et al. (1975) Removal of air from water lines by hydraulic means. *Journal of Hydraulic Division, ASCE*, 243-257.
5. Anon (1988) Water supply accessories. A.R.I., Kibbutz Kfar Haruv, Israel, 2-26.

