

VIII

Laboratorio n.º 8.

Determinación del coeficiente de longitudes equivalentes

8.1 Introducción

Siempre que un fluido se encuentre en movimiento existirá una fricción entre este con el medio por el cual se está transportando, que se genera por la oposición del canal, tubería, o medio que lo conduce a este movimiento, generando una resistencia.

En la unión de tuberías para el transporte de fluidos son las válvulas y los accesorios los que controlan la dirección de desplazamiento del líquido, generando turbulencias en el transporte de este, ocasionando muchas veces que el fluido choque con las paredes al interior de la tubería para ocasionar cambios de dirección y de velocidad, lo que genera pérdidas de energía en el fluido, pero son consideradas pérdidas menores ya que en un sistema de conducción grande las pérdidas que se generan por fricción en el fluido son mayores en la tubería que en las que se generan en las válvulas y accesorios que la conforman.

Los sistemas de conducción de fluidos siempre presentan pérdidas por fricción mientras que el líquido presenta movimientos en cada uno de los tubos y ductos que lo conducen, pérdidas debido a cambios de dirección en la trayectoria del fluido, o cambios de tamaños en el sistema de instalación diseñado para el transporte del fluido.

Las pérdidas o ganancias de energía en un sistema de conducción de líquido se calculan en energía por unidad de peso, también conocido como *carga*. La magnitud de las pérdidas de energía por fricción en el sistema de tuberías, más las pérdidas menores producidas por los accesorios y válvulas, están proporcionadas directamente con la carga de velocidad del fluido.

8.2 Marco teórico

Siempre que un fluido se transporta por un sistema de tuberías, ducto o cualquier otro dispositivo, se generan pérdidas por fricción debido al contacto directo que se presenta entre el fluido y las paredes del medio que lo está transportando. Estas fricciones originan pérdidas que se ven reflejadas en la disminución de presión entre dos puntos que conducen el líquido.

Para realizar el diseño de un sistema de conducción de tuberías para transportar un fluido es necesario tener en cuenta las pérdidas de fricciones primarias y secundarias que se producirán al interior de este dispositivo.

Las pérdidas primarias son las que se presentan por la fricción directa que tendrá el fluido con la tubería que lo conduce, y las secundarias son las pérdidas que se generan en los diferentes lugares de transición que presenta el sistema: cambios de dirección, cambios de tamaño y cambios de velocidad, esto por medio de accesorios como válvulas, codos y demás complementos que hagan parte del sistema de conducción.

Para calcular las pérdidas de carga que se generan en una tubería es importante conocer algunas características del sistema de conducción del fluido, entre los que prevalecen dos factores:

El material de la tubería y si este es rugoso o liso.

El régimen de conducción del fluido, si es laminar o es turbulento.

Y para calcular las pérdidas secundarias podemos utilizar el método de coeficiente (k) o el método de pérdidas de energía por fricción (v).

8.2.1 Pérdidas por el coeficiente k:

En la mecánica de fluidos e hidráulica, como es habitual, el estudio de pérdidas por carga se desarrolla de manera adimensional, por esta razón se define y se utiliza un sistema adimensional para hallar estas cargas, conocido como *coeficiente de pérdidas* (k), el cual es la relación que existe entre las pérdidas de energía mecánica que se generan en el sistema de conducción de fluido por una unidad de masa del fluido en movimiento, además de la energía cinética por unidad de masa que caracterice al fluido que se encuentre en circulación (Villegas, López, Morales, Pliego, Fuentes y López, 2015, p. 27).

Por los años 1850, Weisbach, Darcy, entre otros, realizaron una fórmula para determinar las pérdidas de carga que se generan por el rozamiento del fluido con el sistema que lo conduce, al utilizar una serie de experimentos, y resultados, utilizando diferentes materiales y tipos de tuberías. Esta fórmula se conoce como la ecuación Darcy-Weisbach.

$$H_{fs} = k \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Donde:

H_{fs}: pérdidas en el aditamento (secundarias)

k: coeficiente del aditamento v: velocidad del flujo

g: gravedad

8.2.2 Pérdidas de energía por fricción (V)

La concepción de *longitud equivalente* busca definir cada uno de los accesorios parte del sistema de conducción de fluido para estudiar la longitud del sistema de tubería si fuese recto, para que, al utilizar la ecuación de pérdida por fricción, genere la misma pérdida que se atribuye a la fricción localizada por cada accesorio (Hernández, 2003, p. 11).

$$H_{fs} = (10.64 Q^{1.85} L_e) / (C^{1.85} D^{4.87})$$

H_{fs}: pérdidas en el aditamento (secundarias)

Q: caudal

L_e: longitud equivalente del aditamento

C: coeficiente de fricción de Hazen Williams

D: diámetro interno de la tubería

Es importante conocer en el desarrollo de un laboratorio las pérdidas tanto por el coeficiente (k), como de longitud equivalente de cada uno de los aditamentos.

8.3 Objetivos

8.3.1 Objetivo general:

Estudiar el comportamiento del fluido a través de su paso por una red de tuberías.

8.3.2 Objetivos específicos:

- Calcular de forma práctica los coeficientes de fricción, coeficientes de pérdidas y longitud equivalentes de los diferentes accesorios.
- Determinar las pérdidas por carga que presenta un fluido al someterse a los diferentes accesorios de una instalación hidráulica, como son las tuberías, válvulas, curvas y piezas especiales.
- Calcular el porcentaje de error de cada procedimiento, partiendo de compararlo con un resultado estándar del mismo.

8.3.4 Materiales

- Tuberías (2", 3" y 4")
- Accesorios (tees, yees y codos)
- Agua
- Cronómetro
- Flexómetro
- Manguera
- Motobomba
- Pie de rey Vaso de precipitado (1000 ml, 50 ml y 25 ml)
- Soportes Nivel

8.5 Procedimiento

1. Tome el diámetro interno de las tuberías.
2. Tome el diámetro interno de los accesorios con los que cuenta:
3. Tome la longitud de las tuberías.
4. Realice el montaje de conexión de las tuberías y accesorios y

tome la longitud interior y exterior del montaje y promédíelas, así obtendrá la longitud equivalente del montaje.

5. Conecte la manguera a la llave de suministro de agua o a la motobomba.
6. Utilice tres presiones de agua diferentes para aforar tres distintos caudales, tome el primer caudal y conéctelo por medio de la manguera al montaje realizado con las tuberías y tome el tiempo que tarda en llenar un volumen conocido de agua.
7. Repita este procedimiento con los otros dos caudales y los montajes de distintos diámetros con los que cuente.

8.6 Fórmulas

8.6.1 Área de la sección de la tubería (A)

$$A = \pi r^2$$

Donde:

A: área (cm²) (m²)

r: radio (cm, m)

1.1.1

8.6.2 Velocidad (V)

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

V: velocidad del fluido (m/s) Q: caudal (m³/s)

A: área de la sección (m²)

8.6.3 Pérdidas secundarias

$$H_{fs} = k \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Donde:

H_{fs}: pérdidas en el aditamento (secundarias)

k: coeficiente del aditamento v: velocidad del flujo m/s

g: gravedad (m/s²)

8.6.4 Pérdidas por fricción de longitud equivalente

$$H_{fs} = \left(\frac{10.64 Q^{1.85} L_e}{C^{1.85} D^{4.87}} \right)$$

H_{fs}: pérdidas en el aditamento (secundarias)

Q: caudal

L_e: longitud equivalente del aditamento

C: coeficiente de fricción de Hazen – Williams

D: diámetro interno de la tubería

8.6.5 Porcentaje de error

$$\%E = \left[\frac{X_o - X_i}{X_o} \right] \times 100$$

Donde:

X_o: parámetro tomado como patrón

X_i: parámetro que se pretende comparar

8.7 Tablas

8.7.1 Tabla de coeficiente

Accesorio	K
Válvula de globo (completamente abierta)	10
Válvula de ángulo (completamente abierta)	5
Válvula de cheque (completamente abierta)	2.5
Válvula de compuerta (completamente abierta)	0.19
Codo en u	2.2
Tee estándar	1.8
Codo estándar	0.9
Codo de radio medio	0.75
Codo de radio largo	0.60

Nota: elaboración propia.

8.7.2 Tabla de tiempos

Montaje	Agua (l)	Tiempo (hora)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)

Nota: elaboración propia.

8.7.3 Tabla de aforo de caudales

Montaje	Agua (l)	Caudal 1	Caudal 2	Caudal 3

Nota: elaboración propia.

8.7.4 Tabla de tiempos por montajes de tuberías

Montaje	Agua (lts)	Tiempo 1 (hora)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)

Nota: elaboración propia.

8.7.5 Tabla de caudales por montajes de tuberías

Montaje	Agua (lts)	Caudal 1	Caudal 2	Caudal 3

Nota: elaboración propia.

8.8 Conclusiones

- Todos los accesorios que se utilicen para realizar una red de conducción de un fluido presentan unas pérdidas de carga que

se generan por el choque del fluido en tránsito con las paredes de este y el cambio de direcciones que se presenten en la red.

- Entre más grande sea el diámetro del accesorio, y la longitud de este, serán mayores las pérdidas de carga que este genere al fluido en conducción.
- Es importante conocer los coeficientes de fricción de cada accesorio, dependiendo de su longitud, el diámetro y el material.
- Es importante tener en cuenta las pérdidas de carga por cada accesorio a la hora de diseñar una red de distribución de agua o de cualquier fluido.

8.1 Informe de práctica de laboratorio

- El informe deberá presentar los siguientes puntos:
- Título del laboratorio
- Introducción
- Marco teórico (investigado por el estudiante)
- Objetivos (uno general y tres específicos)
- Procedimientos desarrollados
- Toma de datos
- Desarrollo de operaciones
- Entrega de la información
- Resultados del estudiante (lo que aprendió en el desarrollo del laboratorio)
- Conclusiones
- Bibliografía