

XII

Laboratorio n.º 12.

Aforo en tuberías

12.1 Introducción

La tubería es un conducto que se crea como fuente de transporte de distintos tipos de fluidos y gases, generalmente por sistemas de conducción controlados y especificados con diferentes características, dependiendo del tipo de fluido o gas que va a transportar y de las propiedades químicas.

Existe una gran variedad y tipos de tuberías que se diferencian en cuanto a sus condiciones físicas, tamaños, materiales, tipos de rugosidad, ancho de sus paredes, formas de unión de estos sistemas y demás especificidades que buscan crear canales de conducción óptimos, que permitan un control estricto en la conducción de los diferentes fluidos y gases (Vera, 2018, p. 19).

En las tuberías, la presión que cada fluido ejerce en este sistema de conducción se representa gráficamente por la altura que dicho fluido alcanza en el interior del tubo conectado al sistema de conducción: a esta altura se le conoce como *cota piezométrica*.

Cuando se procede a realizar los cálculos de diámetros del sistema de tubería que transportará un fluido determinado es necesario

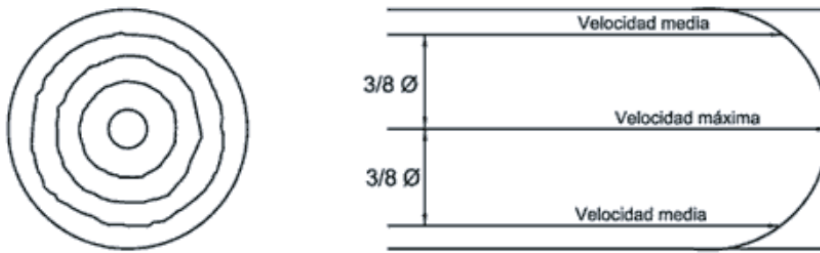
calcular las presiones a las que este sistema se verá sometido, las velocidades de escurrimiento que alcanzará el fluido y los tamaños de las líneas de aducción que le transportarán. Además, el sistema funcionará por gravedad o si será alimentado por una fuente de energía que permitirá el desplazamiento del flujo.

Se debe tener en cuenta que entre más pequeño sea el tamaño de la tubería, mayores serán las pérdidas de carga por la fricción que el fluido generará al interior de la tubería, pero si esta es más grande permitirá al fluido un mayor desplazamiento.

Cuando se determina la cantidad de fluido que será transportado por el sistema de tuberías, este se denomina *aforo*, y determinar el caudal es de suma importancia ya que de este depende la funcionalidad del sistema de conducción que se realiza, los cambios de dirección y presión al interior de la tubería, la calibración de esta y los cálculos de descarga, la determinación de pérdidas por carga, todo esto se deriva de conocer el caudal de aforo. En pocas palabras, no conocer este caudal hace inherente el sistema diseñado, y cualquier cálculo desarrollado para su realización.

Para poder hallar el caudal promedio es importante conocer las secciones del sistema de tubería y medir las velocidades de las diferentes secciones transversales. La velocidad promedio se asemeja a un paraboloides con un foco señalado hacia el punto donde alcanza su velocidad máxima.

Si la tubería que moviliza el fluido se encuentra totalmente llena, la velocidad máxima de desplazamiento la alcanza en el centro de la tubería y las velocidades mínimas son las que logran el fluido en las paredes al interior de la tubería, ya que sobre esta actúa la fricción que se genera entre el fluido y el material de los tubos, así que para conocer la velocidad promedio debemos tomar como punto de referencia la zona localizada en la $3/8$ parte del diámetro de la tubería: esta velocidad promedio equivale aproximadamente a un 80%, de la velocidad máxima.

Figura 7. *Círculo de velocidades medias*

Círculo de velocidades medias Paredes del ducto

Nota: tomado de Salas y Pérez (2007).

12.2 Marco teórico

Cuando en un sistema de tubería se presentan pérdidas por fricción, se debe a que el fluido —al estar en movimiento— siempre tendrá una fuerza que se opondrá y es lo que se conoce como *fricción*, lo que convierte parte de la energía de desplazamiento en energía térmica que es absorbida por las paredes del sistema de tuberías.

Las válvulas y accesorios que hacen parte del sistema de tuberías se encargan de realizar cambios de presión y de dirección dentro de dicho sistema, lo que genera turbulencias en el fluido que es transportado, que crea pérdidas de energía que también se convierten en calor, aunque estas pérdidas se consideran menores ya que en los sistemas de tubería, las pérdidas por fricción son mayores a las que se generan en los ductos de válvulas y accesorios

Cuando se tiene en cuenta la rugosidad en el material de tubería se habla de rugosidad absoluta y rugosidad relativa, y esta última es generada para ocasionar mayores pérdidas por fricción en el desplazamiento del fluido en el interior de la tubería. Muchas de estas rugosidades se presentan para generar mayores turbulencias en el fluido, ocasionando pérdidas de velocidad y fuerza, lo anterior para mitigar el impacto que este generará en los tubos.

Sin importar de qué material están hechos los tubos de un sistema de conducción, ni la rugosidad en el interior, con el tiempo la capacidad de conducción se verá deteriorada por los daños que el caudal ocasiona al interior de este, además de la corrosión y sedimentos con los que se encuentra el fluido y son arrastrados en su movimiento, lo que genera que la rugosidad absoluta aumente con el tiempo.

Podemos observar esta función en el desarrollo de la siguiente ecuación:

$$K_t = K_0 + a * t$$

Donde:

K_t : rugosidad absoluta con el paso de los años

K_0 : rugosidad absoluta de la tubería nueva

a : índice de rugosidad

t : tiempo.

Esta ecuación es aplicable a cualquier tipo de tubería (Férrandez, 2009, p. 58).

12.3 Objetivos

12.3.1 Objetivo general

En esta práctica lo que se busca es que el estudiante pueda determinar el tipo de tubería en cuanto a material, diámetro y longitud y que esté acorde a los distintos trabajos a los que será sometida.

12.3.4 Objetivos específicos

- Hallar las pérdidas por fricción para los distintos tipos de tuberías, cambiando el material de estas.
- Detectar las pérdidas por rozamiento que se generan en el interior de la tubería.
- Encontrar las velocidades medias y la máxima del flujo del caudal que se desplaza por medio de las tuberías.
- Comparar la velocidad del caudal de una tubería con una que presente las mismas características físicas, pero que demuestre un desgaste por el tiempo.

12.4 Materiales

- Flujo de alimentación de agua (llave de mano, motobomba y río)
- Tuberías de materiales y diámetros diferentes (PVC, 2, 3, 4 pulgadas, otro tipo, 2, 3, 4 pulgadas)
- Recipiente con volumen conocido
- Cronómetro
- Flexómetro
- Calibrador
- Segueta
- Nivel de mano
- Manguera

12.5 Procedimiento

1. Tome la longitud de las tuberías: debe velar porque todas cumplan una longitud estándar.

2. Utilice el calibrador y tome el diámetro interno de las tuberías y agrúpelas en diámetros iguales.
3. Realice el aforo de tres caudales diferentes utilizando la jarra, el volumen conocido y el cronómetro.
4. Debe mantener constantes estos caudales.
5. Realice el montaje de la tubería: cuide que esta se mantenga a nivel.
6. Coja la red de suministro de agua, conéctela a la tubería y tome el tiempo que tarda en llenar el recipiente de volumen conocido para el primer caudal.
7. Repita esto con los dos caudales restantes y las distintas tuberías; posteriormente, halle el caudal de aforo para cada procedimiento.
8. Lo anterior, de tal manera que compare los tiempos entre tuberías del mismo diámetro y tuberías del mismo material.

12.6 Fórmulas

12.6.1 Fórmula del caudal:

$$(Q = v / t)$$

v: velocidad (cm/s) (m/s) t: tiempo (s)

12.6.2 Área del círculo:

$$A = \pi r^2$$

Donde:

A: área (cm²) (m²)

r: radio (cm, m)

12.6.3 Área de la tubería

$$A = D * L * \pi$$

Donde:

A: área (cm²) (m²)

D: diámetro (cm, m) L: longitud (cm, m) π : 3,1415

12.7 Tablas

12.7.1 Tabla de información

Tubería	Material	Longitud	Volumen	Tiempo	Caudal
2 pulgadas	PVC				
3 pulgadas	PVC				
4 pulgadas	PVC				
2 pulgadas					
3 pulgadas					
4 pulgadas					

Nota: elaboración propia.

12.8 Conclusiones

- Es importante conocer los coeficientes de fricción de cada tubería, ya que todos los materiales no muestran las mismas características y algunos generan menos pérdidas que otros.
- Cuando en las tuberías se presentan desgastes por el tiempo los coeficientes de fricción varían.
- En el transporte de un fluido es importante conocer el tipo de conducción que se va a generar. Por eso, en el cuidado de la

velocidad con la que se mueve el fluido se debe tener en cuenta el coeficiente de fricción estandarizado para cada material y tubería.

12.9 Informe de práctica de laboratorio

- El informe deberá exponer 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