

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN UNA TUBERÍA

I.1.OBJETIVO

Determinar el coeficiente de viscosidad, el gradiente hidráulico, el número de Reynolds, y el factor de fricción.

I.2.EQUIPO

Friction Loss in a Pipe apparatus H7, TecQuipment Hydraulic Bench, H1.



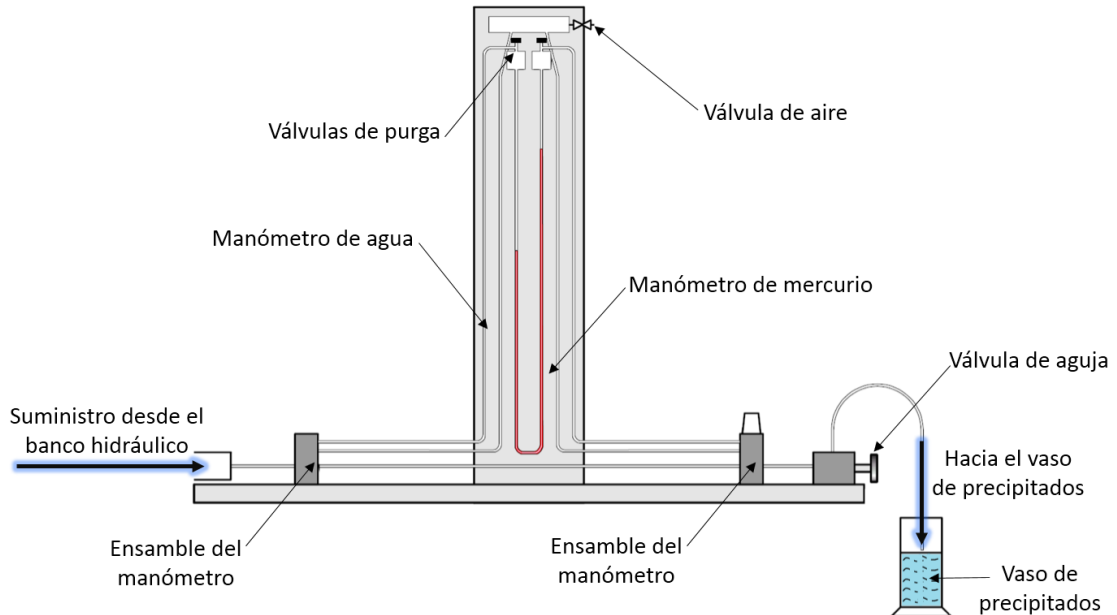
Fuente: Propia

Fig. 1 Aparato para determinar pérdidas por fricción (H7)

Otros elementos

- Vaso de precipitados
- Cronómetro
- Termómetro

Descripción de la instalación



Fuente: Laboratory sheet H7, Friction loss along a pipe, TecEquipment.

Fig. 2 Diagrama esquemático del aparato H7

El aparato de pérdidas por fricción (H7) de TecEquipment permite la medición de las pérdidas por fricción en un tubo horizontal de diámetro pequeño. Las mediciones pueden ser efectuadas tanto en régimen laminar como turbulento. Por consiguiente, se puede utilizar para la medición en el cambio de las leyes de la resistencia del fluido de flujo laminar a turbulento y, por lo tanto, el número Re crítico puede ser determinado (CCP, 2003, p1).

La figura 2 muestra la disposición del aparato y sus componentes principales. A lo largo de la base del aparato se tiene una tubería con una gran relación longitud/diámetro a través del cual puede ser medida la pérdida por fricción. Tomas de presión estática en cada extremo de la longitud de la prueba están permanentemente conectadas por tubos de plástico, con un manómetro de agua invertida y un manómetro de mercurio de tubo en U. Los manómetros de agua o mercurio están aislados unos de otros mediante el grifo de aislamiento (válvulas) en el lado derecho del aparato (CCP, 2003, p2).

Nota: El manómetro de agua se utiliza para los flujos laminares de y hasta más allá del punto crítico, y el manómetro de mercurio para todos los flujos turbulentos posteriores.

Las tomas de presión se encuentran lo suficientemente lejos de la entrada y salida de la tubería horizontal para evitar los efectos de la entrada o salida. La toma de presión aguas arriba se encuentra a unos 45 diámetros de distancia de la entrada del tubo, y la toma de presión aguas abajo es de aproximadamente 40 diámetros de la salida de la tubería. Una válvula de aguja abajo se utiliza para controlar con precisión el flujo que proviene de un tanque de carga constante montada sobre el aparato. Sin embargo, para obtener una serie de resultados en la región turbulenta, es necesario conectar el agua directamente de la red principal.

I.3.MARCO TEÓRICO

La resistencia a la fricción de un fluido está sometida a como éste fluye en una tubería, resultando en unas pérdidas continuas de energía o carga total del fluido. En 1883 Osborne Reynolds efectuó experimentos sobre el movimiento de fluidos para determinar las leyes de la resistencia por fricción (UNICAUCA, s.f., p1). Él encontró que el flujo en tuberías de diferente diámetro y diferente fluido podría estar relacionado entre sí haciendo uso del parámetro adimensional (conocido como número de Reynolds):

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (1)$$

Reynolds encontró que al incrementarse la velocidad del flujo, las características del mismo presentan dos regímenes primarios, laminar y turbulento, los cuales son separados entre sí por un pequeño régimen de transición. El flujo laminar se caracteriza por un flujo suave y permanente,

mientras que el flujo turbulento se caracteriza por fluctuaciones y agitación en el flujo. Reynolds determinó que el punto donde el flujo cambia de laminar a turbulento siempre ocurre en aproximadamente el mismo valor del número de Re (UNICAUCA, s.f., p1). Este punto de transición es conocido como el número de Reynolds crítico, y para tubería circular es:

$$Re_c \approx 2000 - 2300$$

Diferentes leyes de resistencia de fluidos se aplican a flujo laminar y turbulento. Para un fluido dado fluyendo en un tubo, la experimentación muestra que para flujo laminar, el gradiente hidráulico h_f (pérdidas por fricción por unidad de longitud) es proporcional a la velocidad del flujo, mientras que para flujo turbulento una relación potencial es más apropiada:

$$h_f \propto V \quad \text{flujo laminar}$$

$$h_f \propto V^n \quad \text{flujo turbulento (n = 1.7 a 2.0)}$$

El gradiente hidráulico para flujo en una tubería puede ser determinado de la ecuación de Darcy-Weisbach, la cual es válida para los flujos en conductos de cualquier sección transversal y para flujos laminares o turbulentos:

$$h_f = f \frac{1}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación de Darcy - Weisbach} \quad (2)$$

El parámetro adimensional, f , es conocido como el factor de fricción de Darcy y es función del número de Reynolds del flujo y de la rugosidad del material de las paredes del conducto (MEGARIDIS, 2003, p5). Se puede mostrar que para flujo laminar con una distribución de velocidad Hagen-Poiseville el factor de fricción de puede calcular como:

$$f = \frac{64}{Re} \quad \text{flujo laminar} \quad (3)$$

Por tanto, la ecuación (2) para flujo laminar se puede escribir como:

$$h_{f,lam} = \frac{64}{Re} \frac{1}{D} \frac{V^2}{2g} = \frac{32\mu V}{\rho g D^2} \quad (4)$$

de la cual se puede ver que para una tubería con un diámetro específico, las pérdidas totales de carga corresponden a una relación lineal con la velocidad del fluido.

Para flujo turbulento no hay una relación simple del factor de fricción de Dracy, el cual es un valor determinado experimentalmente que varía con el número de Reynolds del flujo y la rugosidad de la tubería. Se acostumbra a utilizar el diagrama de Moody para determinar el valor del factor de fricción de Darcy. Sin embargo, para tuberías de paredes lisas, se tienen algunas aproximaciones analíticas:

$$f_{turbulento,liso} \approx 0.316 Re_D^{-0.25} \quad 4000 < Re < 100000 \quad (5)$$

En este experimento, un manómetro de agua y uno de mercurio se utilizan para medir la carga de presión (altura de líquido) a través de la tubería, respectivamente. Los gradientes hidráulicos para flujos laminares y turbulentos, es decir, las pérdidas por fricción por unidad de longitud (parámetros no dimensionales), son definidas como:

$$h_{f,exp} = \frac{h_1 - h_2}{L} \quad \text{para manómetro de agua} \quad (6)$$

$$h_{f,exp} = \frac{(h_1 - h_2)(SG_{mercurio} - 1)}{L} \quad \text{para manómetro de mercurio} \quad (7)$$

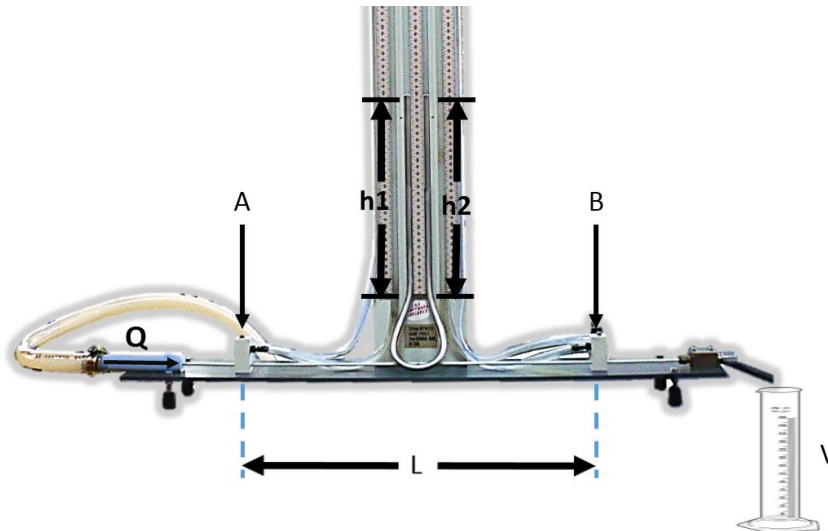
Los valores medidos de h_f se compararán con los valores calculados por Darcy-Weisbach mostrados en la ecuación (2).

I.4.PROCEDIMIENTO

A. Lecturas en el Manómetro de Agua – Flujo Laminar

1. Gire el interruptor a la posición de la prueba de flujo laminar. Cierre la válvula de aguja.
2. Abra el grifo de agua para llenar el depósito de cabecera hasta que rebose. Abra la válvula de aguja un poco más, cierre el suministro de agua y espere hasta que el rebose se detenga.
3. Advertencia: Un exceso de velocidad de flujo hará que el agua rebose del depósito decabecera.
4. Compruebe que la válvula de aislamiento se ha seleccionado para el manómetro de agua.
5. Abra completamente la válvula de aguja hasta obtener una carga diferencial de por lo menos 400 mm. Ajuste la entrada de aire en el colector en la parte superior de los manómetros para conseguir una lectura de carga de por lo menos 400 mm de la parte inferior del manómetro.
6. Mida la tasa de flujo de agua cronometrándola en un volumen conocido. Tome por lo menos tres lecturas y promedie los resultados para determinar la tasa de flujo volumétrica. Tome la lectura de la temperatura del agua.
7. Mida las alturas manométricas h_1 y h_2 para así obtener el diferencial de carga de presión a través de la sección horizontal del tubo.

8. Repita los pasos 5 y 6 para tasas de flujo menores ajustando lentamente la válvula de aguja para reducir la velocidad de flujo. Trate de obtener al menos cinco puntos de información distribuidos en el rango de caudal disponible.



Adaptado de: Pérez R., H. (2011) "Guías para prácticas de laboratorio mecánica de fluidos"

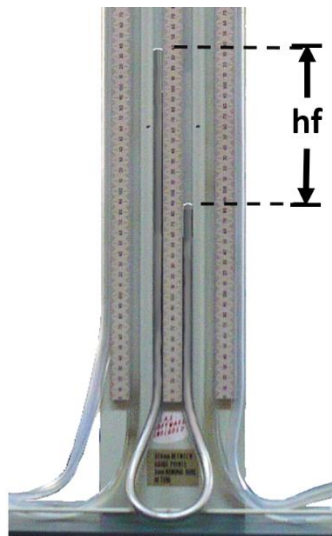
B. Lecturas en el manómetro de mercurio – Flujo turbulento

ADVERTENCIA: AJUSTAR EL SUMINISTRO DE AGUA PARA EVITAR DAÑOS EN EL APARATO.

1. Aislar el manómetro de agua girando la válvula de aislamiento en el lado derecho del aparato.
2. Asegúrese de que el suministro de agua está conectado directamente a la tubería horizontal.
3. Con la válvula de aguja parcialmente abierta, toque las líneas del manómetro para eliminar burbujas de aire a las válvulas de sangrado en la parte superior del aparato. Purgar el aire del sistema, debe haber una

conexión continua de agua de las tomas de presión en el tubo horizontal de la superficie del mercurio.

4. Cierre la válvula de aguja y asegúrese de que el nivel de mercurio en ambos lados del manómetro es igual.
5. Abra lentamente la válvula de aguja hasta que esté completamente abierta monitoreando la altura de mercurio para garantizar que no se desborde.
6. Mida la tasa de flujo cronometrando el caudal en un volumen conocido. Tome por lo menos tres medidas y promedie los resultados para obtener la tasa de flujo volumétrica. Tome la temperatura del agua.
7. Mida las alturas manométricas h_1 y h_2 .
8. Repita el paso 7 disminuyendo las tasas de flujo ajustando las válvulas de aguja para reducir el caudal. Tome por lo menos cinco mediciones para garantizar que se han tomado suficientes puntos a lo largo del rango de caudales para caracterizar adecuadamente la naturaleza de la curva de respuesta.



Adaptado de: Pérez R., H. (2011) "Guías para prácticas de laboratorio mecánica de fluidos"

I.5.DATOS, OBSERVACIONES Y RESULTADOS

Longitud de la tubería entre conexiones del piezómetro = 254 mm

Diámetro nominal de la tubería = 3 mm

Área transversal de la sección = 7.06 mm²

I.6.ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

1. Calcule la tasa de flujo volumétrico Q para cada ensayo.
2. Determine la velocidad promedio del fluido V .
3. Utilizando las ecuaciones 6 y 7 calcule el gradiente hidráulico h_f para flujos laminares y turbulentos respectivamente.
4. Haga una gráfica de gradiente hidráulico (eje y) vs. velocidad (eje x) (h_f Vs. V). Dibuje los resultados para flujo laminar y turbulento en la misma gráfica. De la gráfica determine el número de Reynolds crítico.
5. Averiguar la relación lineal entre el gradiente de flujo hidráulico y la velocidad para el flujo laminar, ajuste una curva potencial (es decir, $y = x^n$) con los datos del flujo turbulento y encontrar el índice n .
6. Calcule el coeficiente de viscosidad para el flujo laminar utilizando la ecuación 4.
7. Calcule el número de Reynolds para los flujos probados.

8. Aplicando el valor medido del gradiente hidráulico $h_{f,exp}$ calcule el factor de fricción de Darcy para cada tasa de flujo probado utilizando la ecuación 2.
9. Dibuje el factor de fricción de Darcy vs. Número de Reynolds en una gráfica logarítmica, es decir $Log(f)$ (eje y) vs. $Log(Re)$ (eje x) para los flujos laminar y turbulento en dos gráficas separadas. Determine la constante referida a la ecuación 3 para flujo laminar y el valor de la potencia referida a la ecuación 5.
10. Compare los resultados experimentales con las ecuaciones teóricas y discuta la diferencia.

I.7. BIBLIOGRAFÍA

PÉREZ R., H. (2011) "Guías para prácticas de laboratorio mecánica de fluidos", Pérdidas por Fricción en Tuberías, versión 2, Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás.

ME313L Fluid Mechanic Lab Manual (2003). Universidad Estatal Politécnica de California (CCP). Recuperado de: <http://www.cpp.edu/~padashner/313/PipeFriction.pdf>. Fecha de recuperación: 12 de agosto de 2014.

V Estudio del régimen de flujo. Universidad del Cauca (UNICAUCA). Departamento de Hidráulica. Recuperado de: http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/5_reynolds.pdf. Fecha de recuperación: 12 de agosto de 2014.

MEGARIDIS C., Mechanical and Industrial Engineering. University of Illinois at Chicago (2003). Recuperado de: <http://www.uic.edu/classes/me/me211/Lab/lab5>, Fecha de recuperación: 12 de agosto de 2014.