

## EXPERIMENTO 12

# Dinámica del flujo de agua en un sifón

### Objetivos

- \* Estudiar el flujo de agua a baja velocidad en la manguera de un sifón.
- \* Verificar que la ecuación de Bernoulli no se cumple por efectos de la fricción entre el agua y las paredes de la manguera.

### Teoría

La ecuación de Bernoulli describe la conservación de la energía en el flujo de un fluido ideal que pasa por un tubo. Este modelo está restringido para fluidos incompresibles, no viscosos y en los cuales el flujo es estable y no experimenta efectos de fricción con las paredes del tubo. Sin embargo, la mayoría de los fluidos son viscosos y están sometidos a disipación de energía durante el flujo. En situaciones reales la ecuación de Bernoulli aplicada entre dos puntos de una línea de corriente debe incluir la energía intercambiada por el fluido. Dicha energía está relacionada con la fricción, la transferencia de calor u otros efectos presentes en el proceso de flujo. En este sentido, la ecuación de Bernoulli no se cumple si el fluido no es ideal.

Para un flujo de baja velocidad, el efecto de la fricción entre el fluido y las paredes del tubo extrae energía. Si la energía cinética y potencial se mantienen constantes durante el flujo entre dos puntos, la disipación causada por la fricción puede interpretarse como una variación de presión  $\Delta P_{\text{fricción}}$  entre dichos puntos. Con base en estos argumentos, la ecuación de Bernoulli puede modificarse de la siguiente manera:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2 + \Delta P_{\text{fricción}} \quad (12.1)$$

Aunque no es el interés de esta práctica, cuantificar directamente los efectos de fricción en el interior de un tubo, es importante mencionar que existen diferentes ecuaciones obtenidas experimentalmente que dependen de la rugosidad, diámetro y longitud del tubo; la viscosidad, la velocidad del fluido (o el número de Reynolds), entre otros

factores complicados<sup>1</sup>. El propósito de esta práctica es cuantificar indirectamente estos efectos, verificando la falla de la ecuación de Bernoulli cuando fluye agua por una manguera rugosa.

### Equipo

- \* Probeta de 1000mL, probeta de 100mL, jarra de 1000mL, manguera de 2m, agua, barra metálica y soportes universales.
- \* Guías para tubos, calibrador, flexómetro, cronómetro, paño y cinta de enmascarar.

### Procedimiento

1. Use los soportes universales para ajustar la barra metálica a la mesa, luego ponga las guías para tubos en los extremos de la barra; tal como se ve en la Figura 12.1. Ponga la probeta 1 de 1000mL sobre la mesa y la probeta 2 de 100mL en el piso. Extienda la manguera desde el fondo de la probeta 1 hasta la probeta 2. No permita que la manguera baje al fondo de la probeta 2 y menos que se pegue a las paredes. Tampoco olvide pasar la manguera por ambas guías y asegurarla en la guía superior con un pedazo de cinta de enmascarar.
2. Llene con agua la probeta 1 hasta los 1000mL y observe como baja el nivel de agua en esta probeta. También verifique la salida de agua a través de la manguera y el llenado de la probeta 2. En esta configuración conocida como un sifón a presión atmosférica, es posible calcular la velocidad del nivel de agua en la probeta 1 y la velocidad de salida del agua en el extremo de la manguera.

<sup>1</sup>Una discusión completa sobre efectos de disipación de energía en un tubo puede leerse del libro: F. M. White, *Fluids Mechanics*, 7th Edition (McGraw-Hill, 2011), Chapter 3, 6. Este fenómeno es muy interesante en la práctica de dinámica de fluidos, sin embargo, está fuera de los alcances de este curso.

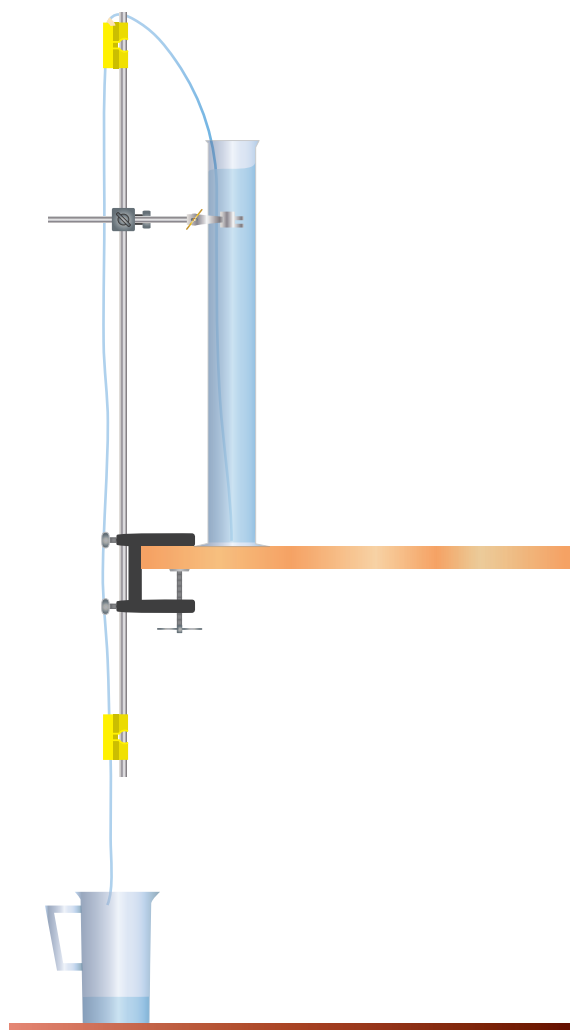


Figura 12.1

3. Para medir la velocidad con la cual baja el nivel de agua en la probeta 1, mida con el cronómetro el tiempo que tarda en bajar desde 1000mL hasta 950mL, luego de 1000mL hasta 900mL; sucesivamente hasta llegar a 500mL, siempre comenzando desde 1000mL y variando cada 50mL. En este punto es necesario cambiar la probeta 2 por la jarra.

Por otro lado, mida con el calibrador la distancia en mm entre cada variación de 50mL en la probeta 1. Use estos datos de longitud y tiempo para obtener la velocidad del nivel de agua  $v_1$ .

Es importante que mida la altura inicial  $h_0$  desde el nivel de agua de la probeta 1 con 1000mL hasta el extremo de la manguera.

Note que una vez haga las variaciones de volumen en la probeta 1, la altura inicial disminuye hasta una altura  $h$ , porque el nivel de agua ha bajado. Registre esta altura para cada variación del nivel de agua.

4. Cada vez que el nivel de agua en la probeta 1 baja, el nivel de agua en la probeta 2 (o jarra) sube. Para cada una de las variaciones de agua (50mL, 100mL, 150mL, etc.) en el paso anterior, mida el tiempo que tarda en llenar las mismas cantidades la probeta 2 (o jarra). El caudal de agua en la probeta 2, resulta ser aproximadamente igual al caudal en la salida de la manguera. De estas mediciones puede calcular la velocidad de salida del agua en el extremo de la manguera, es decir,  $v_2$ .
5. Mida el diámetro interno de la manguera, el de la probeta 1 y también el de la probeta 2 (o jarra).

## Análisis

- \* Use las medidas del procedimiento 3, para obtener la velocidad con la cual baja el nivel de agua en la probeta 1 durante cada variación de volumen. Use estos resultados para calcular los caudales en esta probeta.
- \* Use los resultados del procedimiento 4, para obtener la velocidad con la cual sale el agua por el extremo de la manguera. A partir de ellos obtenga los caudales en esta salida.  
Compare el caudal en la probeta 1 y en la manguera. ¿Sus valores son del mismo orden de magnitud?. ¿Si son diferentes, la masa de agua se conserva?.
- \* Por último, use los resultados de la altura inicial  $h_0$ , las alturas  $h$  y las velocidades  $v_1$  y  $v_2$  para verificar que la ecuación de Bernoulli no se cumple en este sistema, incluso para el agua que es un fluido incompresible. Recuerde que deberá probarlo para cada una de las variaciones de nivel (o volumen) de agua.