

Laboratorio de Ondas y Fluidos 201610
EXPERIMENTO 10: DINÁMICA DEL FLUJO DE AGUA EN UN SIFÓN

Sofía Delgado Balaguera¹ Luis Duarte Lizarazo²

¹Departamento de Geociencias

²Departamento de Geociencias

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

18-04-2016

Resumen

El agua es uno de los fluidos más estudiados a nivel físico gracias a que sus propiedades sirven en el marco de referencia para el estudio de fenómenos físicos como por ejemplo en hidrodinámica. En el estudio de la dinámica de flujo a través de un sifón se obtuvo que el Principio de Bernoulli no se cumple, debido a que en el sistema existe la presencia de fuerzas tales como la fricción entre las paredes del recipiente y el fluido. Sin embargo, estos errores pueden radicar en las malas mediciones por parte de los experimentadores durante la práctica. De igual forma se obtuvo que para mediciones realizadas para entrada y salida de flujo, el caudal tiene órdenes de magnitud similares.

1. Introducción

Cuando se tienen dos recipientes con un determinado fluido, interconectados por una manguera es posible establecer un flujo a través de la misma para transportar el contenido de un recipiente a otro. El Principio de Bernoulli es una aproximación al comportamiento del fluido en condiciones de movimiento a través de una corriente, y su argumento consiste en que un fluido ideal que se encuentra en circulación mediante un entorno cerrado conserva toda su energía lo largo del desplazamiento total.

Sin embargo, este modelo expresado por Bernoulli tiene limitaciones de aplicación dado que considera un fluido ideal: como uno que no posee viscosidad ni sufre rozamiento con el medio por el cual fluye. Así que no es muy acertado en la vida real al ignorar propiedades vitales (y muy complejas) de los fluidos reales. A pesar de esto, su importancia física está en que ofrece un muy buen acercamiento al comportamiento de fluidos en sistemas cerrados o a interacciones entre fluidos, que resultan encontrarse usualmente en la industria: como tuberías que conllevan fluidos a determinada presión, en la optimización de conductos como chimeneas, aviación y dispositivos de Venturi, entre muchos otros.

Dentro de las consideraciones que tiene este principio está la conservación de energía tanto cinética, potencial y de presión, que se mantienen constantes entre el punto inicial y final de la trayectoria por la que se desplaza el fluido. Para los cálculos involucrados en esta práctica es necesario tener en cuenta que la ecuación de Bernoulli está dada por:

$$\frac{v^2 \rho}{2} + P + \rho g z = cte \quad (1.1)$$

El caudal está expresado por:

$$Q = A \bar{v} \quad (1.2)$$

Donde A es el área transversal del conducto por el que se mueve el fluido y \bar{v} la velocidad promedio a la que viaja.

2. Procedimiento experimental

Durante el procedimiento experimental se utilizaron varias probetas con el fin de contener el agua utilizada para el experimento, se utilizó una manguera de 2m de largo para transferir el agua de una probeta a otra. Se utilizaron un cronómetro, un flexómetro y un calibrador para realizar las medidas correspondientes a longitudes y diámetros de las probetas, al igual que el tiempo que tardó en transferirse el agua de un lado al otro.

2.1 Primera parte

Una de las probetas se encuentra sostenida con soportes universales mientras la otra se coloca en el suelo, posteriormente se coloca cada extremo de la manguera dentro de las probetas para conectarlas. La única probeta que contiene agua en este momento es la que está soportada. Luego se absorbe la manguera por el extremo que se encuentra en la probeta del suelo para lograr que se transfiera agua hacia esta. Se mide el tiempo que dura en bajar el agua cuando se han transferido 50, 100, 150, 200... y así sucesivamente hasta 500 mL. También se debe medir

la altura inicial a la que se encuentra el agua y por último la distancia entre cada variación de volumen.

2.2 Segunda parte

Para este caso, se repite el procedimiento anterior pero realizando las medidas correspondientes a la probeta que se encuentra en el suelo, es decir, se mide la distancia entre las variaciones de volumen cuando la probeta se está llenando, también se toma el tiempo que tarda la probeta 2 en llenarse cada 50mL hasta 500mL. Por último se mide el diámetro interno de la manguera con el calibrador, al igual que los de las probetas utilizadas.

3. Análisis de resultados

En el primer caso se calcularon las velocidades por cada uno de los intervalos de variación de volumen, al igual que el caudal en todos los casos. Obteniendo la siguiente tabla:

(V ± 10)mL	(ΔL ± 0,1)m	(Δt ± 0,01)s	v (m/s)
50	111,86	0,53	210,98
100	110,52	1,56	70,99
150	109,18	3,02	36,10
200	107,84	4,05	26,61
250	106,50	5,10	20,90
300	105,16	6,18	17,02
350	103,82	7,26	14,30
400	102,48	8,38	12,23
450	101,14	9,50	10,64
500	99,80	11,05	9,03

Tabla 1. Muestra las velocidades de flujo para cada variación volumétrica.

De lo anterior se puede decir que la velocidad disminuye conforme a las distancias entre variaciones disminuyen, y conforme el tiempo posee una mayor magnitud. A partir de las velocidades obtenidas anteriormente se halló el caudal, tal como se muestra en la siguiente tabla:

v (m/s)	A (m ²)	Q (m ³ /s)
210,98	1,02E-07	2,15E-05
70,99	1,02E-07	7,23E-06
36,10	1,02E-07	3,67E-06
26,61	1,02E-07	2,71E-06
20,90	1,02E-07	2,13E-06
17,02	1,02E-07	1,73E-06
14,30	1,02E-07	1,46E-06
12,23	1,02E-07	1,24E-06
10,64	1,02E-07	1,08E-06
9,03	1,02E-07	9,19E-07

Tabla 2. Caudal hallado para cada una de las velocidades.

A partir de los resultados se puede concluir que las velocidades no son constantes, puesto que el caudal también cambia en cada una de las variaciones volumétricas, así el área permanezca constante la velocidad disminuye a medida que la diferencia volumétrica aumenta.

En la tabla 3 se muestran las diferentes velocidades halladas por diferencia de variación volumétrica para el procedimiento 4, es decir para las mediciones realizadas en la probeta 2.

(V ± 10)mL	(ΔL ± 0,1)m	(Δt ± 0,01)s	v (m/s)
50	111,86	0,54	205,51
100	110,52	1,54	71,62
150	109,18	2,55	42,81
200	107,84	3,60	29,97
250	106,50	5,04	21,13
300	105,16	6,11	17,20
350	103,82	7,22	14,38
400	102,48	8,39	12,21
450	101,14	9,50	10,65
500	99,80	11,15	8,95

Tabla 3. Se muestran las velocidades encontradas para cada diferencia volumétrica. Medidas desde probeta 2.

A continuación se muestra también una tabla que contiene los caudales hallados para cada uno de los cambios de volumen al que se midieron los tiempos y las longitudes.

v (m/s)	A (m ²)	Q (m ³ /s)
205,51	1,02E-07	2,09E-05
71,62	1,02E-07	7,29E-06
42,81	1,02E-07	4,36E-06
29,97	1,02E-07	3,05E-06
21,13	1,02E-07	2,15E-06
17,20	1,02E-07	1,75E-06
14,38	1,02E-07	1,46E-06
12,21	1,02E-07	1,24E-06
10,65	1,02E-07	1,08E-06
8,95	1,02E-07	9,11E-07

Tabla 4. Caudal para cada una de las variaciones volumétricas de la probeta 2.

Según los resultados obtenidos se muestra que el orden de magnitud del caudal hallado en la probeta 1 y el caudal hallado en la probeta 2 es muy similar, esto puede verse relacionado con la ecuación de

continuidad la cual nos describe que la velocidad de llegada es igual a la velocidad de salida cuando se tienen áreas diferentes, aunque en este experimento el área de entrada y de salida son la misma puesto que la manguera usada poseía un diámetro constante. La masa de agua para este caso siempre se conserva puesto que es transferida de un lado a otro con velocidades muy parecidas.

Ahora, usando los resultados para la altura inicial h_0 , las alturas h y las velocidades previamente obtenidas, se verificó que efectivamente el Principio de Bernoulli no se cumple, ya que si este se cumpliera, el valor obtenido para cada recipiente sería el mismo, y por ende, la diferencia entre estos dos valores sería exactamente 0. En la siguiente tabla se muestran los resultados de aplicar la ecuación de Bernoulli a cada punto del sistema.

V1 (m/s)	V2 (m/s)	rho (kg/m3)	P1 (atm)	P2 (atm)	z1 (m)	z2 (m)	Bernoulli 1	Bernoulli 2	Diferencia	Cumple ?
210,98	205,51	1000	0,725	0,725	1,132	1,1186	33316,645	32046,627	1270,0182	No
70,99	71,62				1,132	1,1052	13580,155	13363,241	216,91385	No
36,1	42,81				1,132	1,0918	11711,97	11583,959	128,01095	No
26,61	29,97				1,132	1,0784	11414,411	10985,793	428,6176	No
20,9	21,13				1,132	1,065	11278,77	10629,013	649,75655	No
17,02	17,2				1,132	1,0516	11205,205	10422,777	782,4282	No
14,3	14,38				1,132	1,0382	11162,61	10247,331	915,2788	No
12,23	12,21				1,132	1,0248	11135,151	10087,563	1047,5884	No
10,64	10,65				1,132	1,0114	11116,97	9938,8143	1178,1556	No
9,03	8,95				1,132	0,998	11101,135	9791,2363	1309,8992	No

Tabla 5. Comprobación Principio de Bernoulli.

Esta tabla muestra que tal y como se predecía la diferencia entre las constantes halladas para cada recipiente no da 0; lo que permite concluir que el principio no se cumple, probablemente debido a que el modelo no toma en cuenta características como la fricción entre el agua y la manguera, la viscosidad (así sea mínima) y la temperatura a la que se encuentra.

Finalmente, analizando el material de la manguera es posible concluir que el principio de Bernoulli no se cumple debido a que, para este fluido real (a pesar de ser incompresible), no se conserva toda la energía a lo largo del transporte. Si bien puede pensarse en una conservación de la energía cinética y potencial, la que menos se conserva es la de presión.

Sucede que, a lo largo del transporte ocurre una pérdida de energía de presión que resulta convirtiéndose en calor, que se ve disipado de manera constante por lo que el incremento de temperatura sobre el fluido es imperceptible a pesar de que sí está sucediendo. En este punto vale la pena pensar que el material de la manguera: goma puede servir como un aislante térmico que reduce mucho más las

posibilidades de percibir el aumento de temperatura sobre el agua. A esto también es necesario añadir que el trayecto que recorre el agua es muy pequeño como para generar algún aumento de temperatura significativo; y el motivo por el que esta disipación de calor no permite que se cumpla el principio de Bernoulli es que esta transformación de energía en calor es irreversible, por lo que no se obtendrá una conservación energética total.

Otra causa que puede causar el incumplimiento del principio es que la ecuación de Bernoulli, para un fluido ideal, representa la conservación de la energía mecánica mientras que en el fluido real. Para que el principio sea satisfecho por este sistema es necesario plantear/considerar un balance energético en el se computen las pérdidas de energía causadas por diversos factores como las dimensiones del cauce, su forma, la rugosidad de la superficie interna, y la velocidad y viscosidad del fluido.

4. Conclusiones

- Ya que existe fricción entre el agua y las paredes de la manguera, se considera que la ecuación de Bernoulli no arroja resultados satisfactorios. Su funcionamiento sólo es óptimo para el caso de fluidos y sistemas ideales en los que las fuerzas como la fricción sean despreciables al igual que factores como viscosidad del fluido.
- El caudal en este caso debería ser diferente, sin embargo, se encontraron valores de igual magnitud para los dos casos. A partir de esto se puede deducir que la precisión de los datos obtenidos durante el procedimiento experimental carecen de precisión al igual que de exactitud.
- Los errores presentes en la práctica pueden ser debidos a factores tales como malas mediciones por parte de los practicantes, incertidumbres de los instrumentos utilizados y el error causado por la reacción tardía de los experimentadores frente a las mediciones realizadas.

5. Referencias

- Marion, J. B., & Hornyak, W. F. (1982). *Physics for science and engineering*. Philadelphia: Saunders College Pub.

- *Ecuación de Bernoulli*. Consultado Abril 17 de 2016, de la página: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/pber.html>
- Departamento de Física. (2016). *Experimento 8: Ondas mecánicas de sonido en el aire*. Bogotá. Universidad de los Andes.
- Nahid, V. (2011). *Dinámica de los Fluidos Reales*. Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires, Argentina. Disponible en: http://www.edutecne.utn.edu.ar/guias_de_estudio/dinamica_fluidos_reales.pdf