



Laboratorio de Mecánica de Fluidos I

Práctica # 3: Demostración del Teorema de Bernoulli

Objetivo

- Demostrar el Teorema de Bernoulli y sus limitaciones.
- Determinar el coeficiente de descarga.

En este experimento se estudia la conservación de la energía mecánica y la validez del Teorema de Bernoulli a través de un experimento sencillo. El aparato de pruebas consta de un tubo hecho en acrílico que tiene una contracción o una expansión en su diámetro interno, dependiendo del sentido de flujo. Una serie de tomas se localizan a lo largo de la parte superior del tubo, permitiendo así medir el perfil de presión estática a lo largo del mismo. Las tomas unen el tubo de sección variable a un banco de manómetros piezométricos por medio una red de mangueras.

La presurización del sistema se logra a través de una bomba centrífuga que se alimenta de un tanque de agua, abierto a la atmósfera, el cual cumple la doble función de suministrar y recoger el agua. El caudal se controla a través de una válvula reguladora de flujo que se encuentra al final (o principio) de la sección de prueba.

Se deben estudiar las características del flujo cuando va tanto en sentido convergente como en sentido divergente. El experimento es una forma de medición de flujo, además de que permite determinar el coeficiente de descarga de un sistema.

Equipos

- Tanque de almacenamiento (T2), tanque de medición de caudal (T1), bomba, sistema de tuberías-válvulas.
- Aparato de Bernoulli: Banco de manómetros, tubo de acrílico, conexiones.
- Cronómetro.

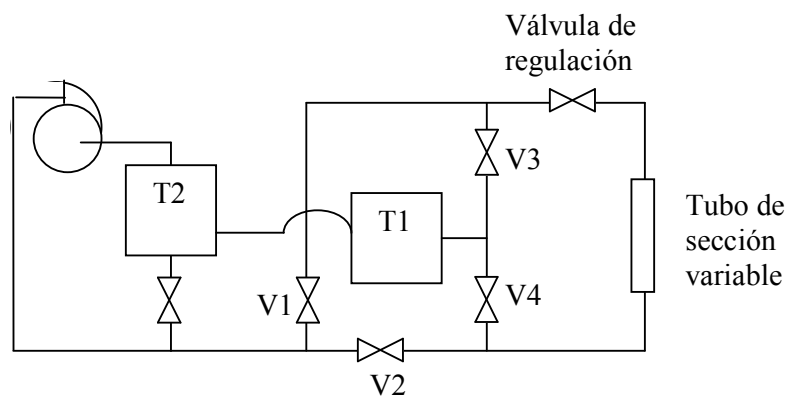


Figura 1.- Bosquejo del equipo



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
MECÁNICA DE FLUIDOS I
MC - 2312

Procedimiento Experimental

El procedimiento experimental es el siguiente:

1. Ponga en funcionamiento la bomba, verificando que al menos alguna de las siguientes configuraciones de válvulas se encuentren abiertas: 1-4 ó 2-3 y siempre teniendo en cuenta que la válvula reguladora de caudal se encuentre abierta, sea en forma total o parcial.
2. Se van a realizar dos tipos de experiencia: Una de forma que el flujo vaya en sentido de expansión en el aparato de Bernoulli y una en sentido inverso (contracción).
3. Para la experiencia de contracción:
 - 3.1. Abra las válvulas 1 y 4, mientras que las válvulas 2 y 3 deben estar cerradas.
 - 3.2. Efectúe dos (2) o más mediciones abriendo o cerrando la válvula reguladora de caudal.
 - 3.3. Para cada medición tome los valores en cada uno de los piezómetros, que corresponden a la presión de los distintos puntos a lo largo del tubo.
 - 3.4. Mida el caudal de descarga utilizando el cronómetro y el tanque de nivel constante. Para ello debe cerrar la válvula del tanque de almacenamiento y registre un cambio de altura en un tiempo determinado por el cronómetro. Luego abra la válvula
4. Para la experiencia de expansión:
 - 4.1. Abra las válvulas 2-3 y cierre las válvulas 1-4.
 - 4.2. Seguir las mismas instrucciones explicadas de los pasos 3.2 a 3.4

Presentación de informe

A través de esta experiencia se puede comprobar la validez de la ecuación de Bernoulli y su importancia como herramienta para obtener relaciones energéticas entre 2 puntos.

En ésta práctica se debe reportar lo siguiente:

- La variación de presión (**perfil de presiones**) a lo largo del tubo de acrílico para el caso de expansión y contracción del flujo.
- El **caudal experimental** obtenido por la medición en el tanque y el **caudal teórico** determinado por el teorema de Bernoulli.
- El **coeficiente de descarga**.
- La **verificación del teorema de Bernoulli** en cada caso, partiendo del caudal experimental y las alturas piezométricas. Compare la energía mecánica en dos o más secciones, considerando la referencia constante.
- **Análisis** y discusión de los resultados obtenidos considerando los principios físicos como criterio.
- **Conclusiones** y cualquier otro aspecto que el grupo de estudiantes considere importante destacar.



Información adicional

A continuación se dan algunos de los datos necesarios para determinar los valores a incluir en el informe:

a) Tabla de valores con los diámetros de los puntos de medición en el tubo de acrílico, van enumerados en el sentido de la expansión:

Ubicación	Diámetro (mm)
D1	16.10
D2	16.48
D3	17.35
D4	20.08
D5	23.05
D6	25.76
D7	25.92

b) Ecuación de Bernoulli (sin incluir las pérdidas por fricción):

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + g.z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + g.z_2$$

c) Ecuación de Continuidad para flujo incompresible:

$$A_1.V_1 = A_2.V_2$$

Datos Experimentales

h_1 [cm]	h_2 [cm]	h_3 [cm]	h_4 [cm]	h_5 [cm]	h_6 [cm]	h_7 [cm]	t [s]	h_{Tanque} [cm]
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Tabla 1.- Alturas piezométricas y tiempo de llenado del tanque



Impulso y Cantidad de movimiento

Objetivos

- Verificar continuidad y la conservación de la cantidad de movimiento.
- Registrar la fuerza que se origina debido a la salida de un chorro que fluye a través de un orificio en un tanque.

Equipos

El banco de pruebas (figura 1) utilizado esta compuesto por:

- Válvula reguladora de caudal.
- Tanque pivotante.
- Tanque de caudal.
- Balanza.
- Juego de pesas.
- Vertedero.
- Cinta métrica solidaria al tanque pivotante.
- Válvula de descarga.
- Medidor de flujo en la tubería de entrada.
- Sistema de tuberías.

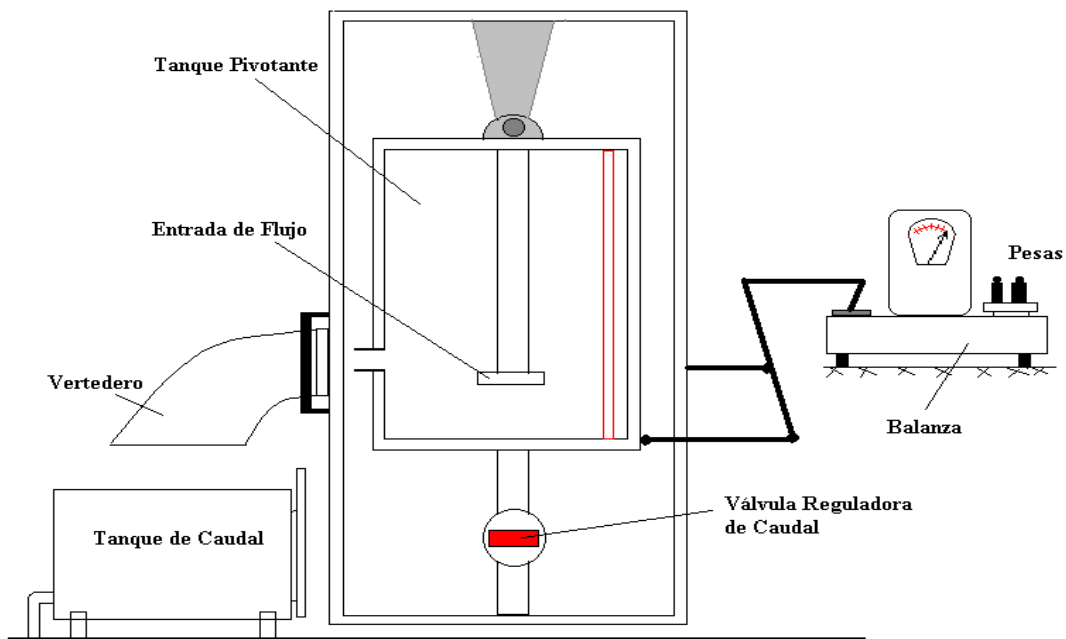


Figura 2.- Montaje Experimental



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
MECÁNICA DE FLUIDOS I
MC - 2312

El tanque pivotante (figura 1) se encuentra acoplado a una balanza por un lado y a un orificio de descarga por el lado opuesto. La descarga se realizará dentro de un vertedero y a través de un tubo de diámetro $3,28 \pm 0,01 \text{ cm}$.

A través del vertedero el flujo va un tanque de almacenamiento para luego retornar al sistema por acción de una bomba centrífuga. El banco de pruebas tiene como función crear una vena de flujo saliente por la abertura descrita, lo que genera una fuerza en principio desconocida. Esta fuerza se vincula a un momento angular que hace girar el tanque pivotante. Para equilibrar el tanque se aplica un momento en sentido contrario por medio de una reacción cuya fuerza es conocida a través de una balanza y un sistema de brazos acoplados al tanque. Por lo tanto, la fuerza hidráulica se equilibra con la fuerza reactiva de los pesos, la cual se comparará con una fuerza teórica.

El flujo entrante tiene dirección vertical y la fuerza generada se equilibra con la fuerza reactiva de la articulación del tanque pivotante.

Procedimiento Experimental

1. Equilibre la balanza poniendo en cero el indicador, para lo cual girará la unión roscada del brazo vertical.
2. Ponga en funcionamiento la bomba.
3. Abra la válvula reguladora de caudal para ajustar el mismo arbitrariamente. Espere hasta que se alcance estado estacionario en el tanque pivotante. Se recomienda comenzar con un nivel de agua alto en el tanque y luego ir disminuyendo el mismo para cada nueva medición.
4. Anote la altura aproximada donde se puede apreciar la llegada a estado estacionario.
5. Registre el caudal teórico a través del medidor de flujo instalado en la tubería de alimentación al tanque.
6. Debido a la acción del chorro, la balanza se encuentra desnivelada; equilibre de nuevo la balanza con la ayuda de los pesos. Anote la masa que colocó en la balanza para lograr el equilibrio. Puede conocer las condiciones estables cuando la balanza no varíe.
7. Modifique la altura en el tanque, abriendo o cerrando la válvula reguladora de caudal. Se debe realizar la experiencia hasta obtener 4 alturas de medición distintas.
8. Una vez tomadas las 4 alturas, apague la bomba y verifique la altura final del agua. Este valor será utilizado para obtener la altura de referencia.

Presentación de resultados

Durante la realización de este experimento se debe lograr observar la validez de la continuidad y la conservación de la cantidad de movimiento, representados por medio de 2 ecuaciones que son fundamentales para la mecánica de fluidos.



Para esta práctica se debe reportar lo siguiente:

- Marco teórico breve donde indique las **ecuaciones** a utilizar (Ecuación de energía y conservación de momento lineal).
- Los distintos **niveles de agua** en los que se alcanzó estado estacionario (H), el **peso** que se colocó **en la balanza** para alcanzar el equilibrio y **el caudal medido**.
- Obtenga la **fuerza reactiva teórica** para cada caudal y **compárela** con el **peso de equilibrio**.
- Asumiendo que desconoce el área de la boquilla, obtenga el **diámetro de la boquilla** y compárelo con el suministrado. Para ello, busque la velocidad a partir del principio de Bernoulli (puede asumir que no hay pérdidas en la descarga y debe considerar la altura del centro de la línea de corriente).
- Obtenga el **coeficiente de descarga** en la boquilla.
- Analice los resultados obtenidos, considerando la diferencia entre los resultados teóricos y experimentales, así como las implicaciones físicas del fenómeno observado durante la práctica, teniendo este punto importancia especial pues aquí es donde se demostrará que el grupo ha tenido un aprendizaje efectivo.
- Conclusiones respectivas y cualquier otro aspecto importante que los integrantes del grupo de laboratorio consideren importante destacar.

Datos experimentales

Tabla 2.- Medida de caudal, altura de nivel de agua y peso de equilibrio.

Medida	t [seg]	Volumen de agua [m ³]	H _{tanque} [cm]	Peso [g]
1				
2				
3				
4				
5				

H_{tanque inicial} [cm]