



Universidad
del Cauca

CALCULAR LA PRESIÓN EN LA ENTRADA Y SALIDA DE UNA BOMBA DE AGUA UTILIZANDO EL PRINCIPIO DE BERNOULLI

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

ANA MERCEDES IBARRA SALAZAR
anibarra@unicauca.edu.co

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

6 de Mayo de 2021

Índice

1. Introducción	2
2. Objetivos	2
3. Resumen del proyecto	2
4. Conclusiones	9
5. Bibliografía	10

1. Introducción

En esta practica se busca aplicar el principio de Bernoulli el cual establece que para un fluido en movimiento “la presión también depende de la velocidad del fluido en cada punto. En efecto, en el caso en que el patrón de velocidades del fluido no cambie con el tiempo (lo que se conoce como flujo estacionario) y la densidad del fluido sea casi constante (incompresible), la presión disminuye allí donde la velocidad aumenta. A esto se le conoce como el principio de Bernoulli”¹. Aplicado el principio de Bernoulli se quiere encontrar la presión y la velocidad en dos puntos situados en una bomba de agua los cuales son la entrada y salida, donde se quiere comprobar que la presión en la entrada debe ser menor y la presión en la salida debe ser mayor, para lo cual se con materiales reciclables como: recipientes plásticos, manguera plástica y un motor AC/DC de 5V.

2. Objetivos

- Realizar el sistema de una bomba de agua utilizando materiales encontrados en casa.
- Verificar el funcionamiento correcto de la bomba de agua.
- Calcular la Presión en la entrada y salida de la bomba de agua utilizando el principio de Bernoulli.

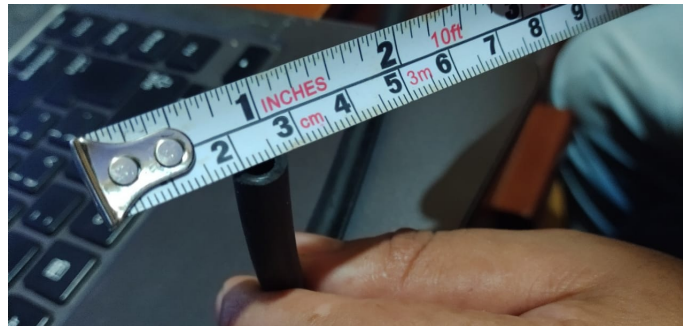
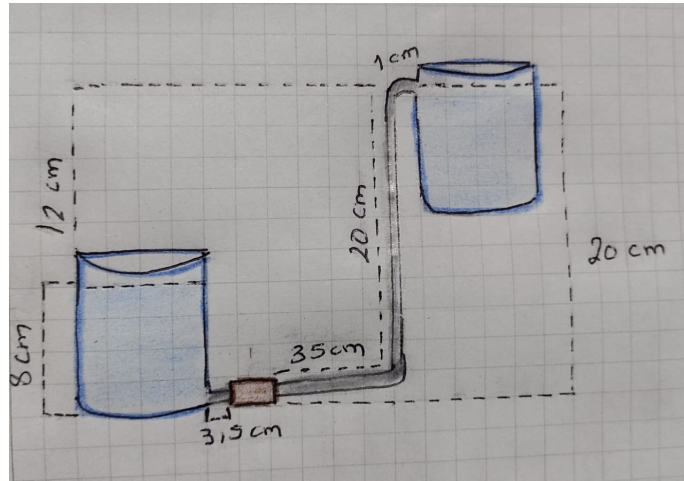
3. Resumen del proyecto

Para realizar la práctica se utilizó una manguera plástica de 5cm de diámetro y 56 cm de largo, también se utilizó dos recipientes plásticos pequeños, una bomba de agua la cual se la hizo manualmente, un flexometro, cargador de celular con entrada USB y corriente eléctrica 110v.

1. Los recipientes plásticos se ubicaron a una altura de 12cm de un punto A o tro punto B, la bomba de agua se colocó a una distancia de 3,5cm del recipiente y se procedió a llenar un recipiente con agua para que a través de la bomba llenara el segundo recipiente.

¹Forero Gonzalez, J. J. Desarrollo cualitativo de los conceptos básicos de la mecánica de fluidos: una aproximación al principio de Bernoulli. Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

La siguiente imagen que se muestra a continuación describe el proyecto que se va a realizar.



2. La imagen muestra la medida del diámetro de la manguera la cual es 5cm, este dato sirve para calcular el caudal y velocidad del agua, de la siguiente manera.

$$A = \pi * r^2 = \pi * (0,0025m) = 0,00002m^2$$

$$Q_{caudal} = \frac{d * A}{t} = \frac{0,035m * 0,00002m^2}{0,24s} = 3 * 10^{-6} \frac{m^3}{s}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{3 * 10^{-6} \left(\frac{m^3}{s}\right)}{0,00002m^2} = \frac{0,15m}{s}$$

3. Luego se procede a calcular la presión en la entrada aplicando el principio de Bernoulli para flujo real, la cual es utilizada cuando existe presencia de bombas las cuales aportan energía al fluido, turbinas que retiran la energía del fluido o pérdida de energía por el rozamiento debido a la rugosidad del material utilizado para transportar el fluido.

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + h_B - h_f - h_t = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

La imagen describe la formula de Bernoulli para flujo real.

Donde:

h_B = Energía añadida por una bomba de agua

h_f = Pérdidas de energía por parte del fluido en la tubería

h_t = Energía consumida del fluido por alguna turbina

$$h_f = \frac{v^2}{2g} \left(f * \frac{L}{D} + k \right)$$

4. Como primera medida calculamos las pérdidas de energía por parte del fluido en la tubería h_f y para ello utilizamos la formula ubicada a lado izquierdo.

Donde v , es la velocidad del agua g , es la gravedad f , es el factor de fricción y se calcula con la rugosidad relativa y el número de Reynolds (Re), el cual es utilizado para verificar si el fluido sigue un flujo turbulento o describe movimientos suaves, L , es la distancia del recipiente a la entrada de la bomba, D , es el diametro de la manguera pvc y K , es un valor que depende de los accesorios como codos, uniones o boquillas que existan en la trayectoria del agua y este valor se encuentra en la tabla de perdidas menores.

Rugosidad relativa

Rugosidad absoluta (Ks) para diferentes materiales

Material	Ks (mm)
Vidrio	0.0003
PVC	0.0015
Polietileno (PE)	0.002
Asbesto cemento	0.030

$$\frac{e}{d} = \frac{0,0015mm}{0,5mm} = 0,003$$

Donde e , es la rugosidad absoluta y se toma el valor para pvc de $0,0015mm$, el cual se encuentra en la tabla de rugosidad absoluta para diferentes materiales y d , es el diámetro de la manguera, con lo cual obtenemos un resultado de $0,003$

Número de Reynolds

El número de Reynolds se calcula multiplicando la velocidad del fluido, por el diámetro de la manguera en metros y dividido entre la viscosidad cinemática, que para el caso del agua a una temperatura de $10^{\circ}C$ es de $1,308 \times 10^{-6}$, este valor se puede visualizar en la tabla de abajo.

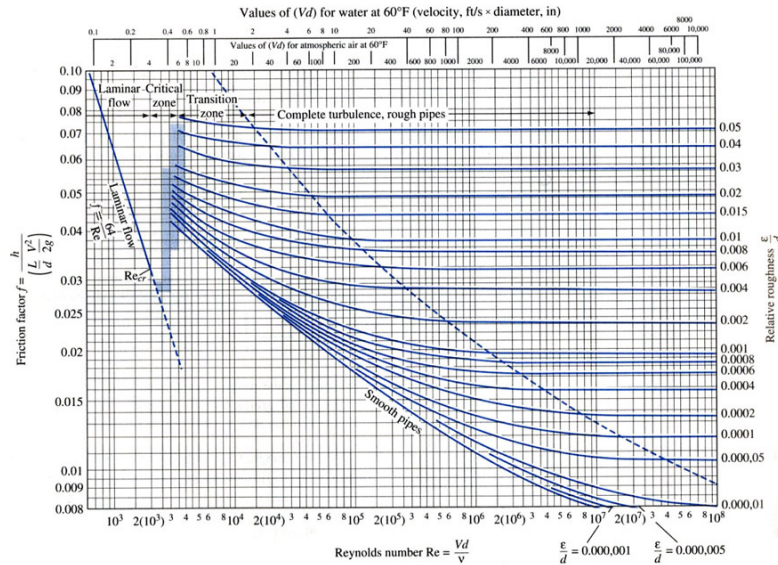
Unidades SI						
Temperatura (°C)	Densidad ρ (kg/m³)	Viscosidad μ (N · s/m²)	Viscosidad cinemática ν (m²/s)	Tensión superficial σ (N/m)	Presión de vapor (kPa)	Módulo de volumen B (Pa)
0	999.9	1.792×10^{-3}	1.792×10^{-6}	0.0762	0.610	204×10^7
5	1000.0	1.519	1.519	0.0754	0.872	206
10	999.7	1.308	1.308	0.0748	1.13	211
15	999.1	1.140	1.141	0.0741	1.60	214
20	998.2	1.005	1.007	0.0736	2.34	220
30	995.7	0.801	0.804	0.0718	4.24	223

Como resultado obtenemos $0,57 \times 10^3$.

$$\frac{vd}{\gamma} = \frac{0,15 \frac{m}{s} * 0,005m}{1,308 * 10^{-6} (m^2 / s)} = 0,57 * 10^3$$

Una vez obtenidos estos dos valores, se procede a encontrar el coeficiente de fricción f en el diagrama de Moody, el cual se usa como una ayuda para determinar el valor del factor de fricción, “ f ”, para flujo turbulento.

Deben conocerse los valores del número de Reynolds y de la rugosidad relativa².



El valor del coeficiente de fricción encontrado en el diagrama de Moody es de $f = 0,065$

Una vez encontrado este valor, se calcula las pérdidas de energía por parte del fluido en la tubería o conductos por donde circula el agua (h_f).

$$h_f = \frac{v^2}{2g} \left(f * \frac{L}{D} + k \right)$$

$$h_f = \frac{\left(0,15 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right)} \left(0,065 * \frac{0,035m}{0,005m} + 1 \right) = 0,00167m$$

La siguiente tabla permite encontrar el valor de K, para una sección del sistema planteado.

Con estos valores obtenidos procedemos a calcular la presión a la entrada de la bomba

²CUELLAR, S. A. A. Diagrama De Moody. Sistema, 25(3.1), 1.

PÉRDIDAS MENORES

Tipo de singularidad	K
Válvula de compuerta totalmente abierta	0,2
Válvula de compuerta mitad abierta	5,6
Curva de 90°	1
Curva de 45°	0,4
Válvula de pie	2,5
Emboque (entrada en una tubería)	0,5
Salida de una tubería	1
Ensanchamiento brusco	$(1-(D1/D2)^4)^{-1}$
Reducción brusca de sección (Contracción)	$0,5(1-(D1/D2)^4)^{-1}$

$z_1 = 0,08m$ medida de la base del recipiente hasta el punto de llenado de agua

$v_2 = 0,15 \left(\frac{m}{s}\right)$ velocidad del agua encontrada anteriormente

$g = 9,8 \left(\frac{m}{s^2}\right)$

$\rho = 997,7 \frac{kg}{m^3}$ densidad del agua a una temperatura de 10°C

$$p_2 = \left(0,08m - 0,00167m - \frac{\left(0,15 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right)} \right) \left(997,7 \frac{kg}{m^3} \right) \left(9,8 \frac{m}{s^2} \right) = 754,64 \text{ pa}$$

El resultado de la presión en la entrada de la bomba es de 754,64pa, ahora se realiza de manera similar el calculo de la presión en la salida de la bomba.

Cálculo de las pérdidas de energía por parte del fluido en la tubería (h_f), en el punto de salida, utilizamos la formula anterior.

$g = 9,8 \left(\frac{m}{s^2}\right)$ gravedad

$f = 0,065$ factor de fricción

$L = 0,56 m$ longitud la salida de la bomba al recipiente

$D = 0,005$ Diametro de la manguera pvc

$K = 1$ valor de la tabla de perdidas para la salida de una tuberia

Reemplazamos los anteriores valores en la siguiente formula.

$$h_f = \frac{v^2}{2g} \left(f * \frac{L}{D} + k \right)$$

$$h_f = \frac{\left(0,15 \frac{m}{s}\right)^2}{2\left(9,8 \frac{m}{s^2}\right)} \left(0,065 * \frac{0,56m}{0,005m} + 1\right) = 0,0095m$$

A continuación, se procede a calcular el valor de la presión en el punto de salida, para lo cual se reemplaza los siguientes valores en la formula anterior. Una vez realizado el cálculo de los valores se obtiene $2037,15Pa$,

$$h_f = 0,0095m$$

$$h_2 = 0,2m \text{ altura desde el punto 1 al punto 2}$$

$$v = 0,15 \left(\frac{m}{s}\right) \text{ velocidad}$$

$$g = 9,8 \left(\frac{m}{s^2}\right) \text{ gravedad}$$

$$\rho = 997,7 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$$

garantizando que se cumple la ecuación de Bernoulli, la cual establece que la presión de entrada debe ser menor a la presión en la salida.

$$p_s = \left(h_2 + h_f - \frac{v_s^2}{2g}\right) \rho g$$

$$p_s = \left(0,2m + 0,0095m - \frac{\left(0,15 \left(\frac{m}{s}\right)\right)^2}{2\left(9,8 \left(\frac{m}{s^2}\right)\right)}\right) \left(997,7 \left(\frac{kg}{m^3}\right)\right) \left(9,8 \left(\frac{m}{s}\right)\right) = 2037,15 \text{ pa}$$

4. Conclusiones

- En el proyecto aplicamos distintos métodos y procedimientos los cuales permitieron verificar con certeza el principio de Bernoulli para flujo real.
- En la parte experimental se colocó a prueba el sistema funcional de la bomba de agua, llenando con satisfacción el recipiente que estaba ubicado a una determinada altura.
- Realizando el proyecto se logro evidenciar que se debe tener en cuenta valores como la fricción que genera el agua cuando circula por un medio como pvc, hierro, concreto, etc.

5. Bibliografía

- Pedroza González, E., Ortiz Medel, J., Martínez González, F. (2007). Historia del teorema de Bernoulli.
- González, J. A. P., Piqueras, J. A. M. (2014). La bomba de mecate en abastecimientos de agua y aplicaciones para la seguridad alimentaria. Diseño y Tecnología para el Desarrollo, (1), 158-167.
- CUELLAR, S. A. A. Diagrama De Moody. Sistema, 25(3.1), 1.
- Jaramillo Diaz, J. D., Cardenas Bañol, H. A. (2015). Numero de Reynolds.