

## Aparato de Venturi

### Objetivo.

Estudiar cualitativa y cuantitativamente para verificar la ecuación de continuidad, el principio de Bernoulli y el efecto Venturi.

### Introducción.

Un fluido incompresible de densidad  $\rho$  fluye por un canal de diámetro variable (ver Figura 1). Debido a que la sección transversal decrece de  $A_0$  (mayor) a  $A$  (menor), la velocidad del fluido incrementa de  $v_0$  a  $v$ . La tasa de flujo  $R$  (volumen/tiempo) del fluido por el tubo, está relacionada con la velocidad del fluido (distancia/tiempo) y el área de la sección transversal del tubo. El flujo debe ser constante sobre la longitud del tubo.

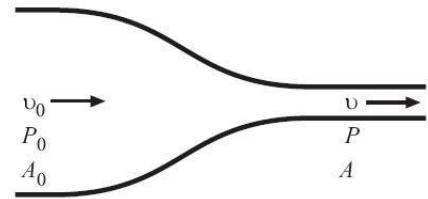


Figura 1: Flujo del fluido por un tubo de diámetro variable.

Esta relación es conocida como la ecuación de continuidad, y es expresada como:

$$R = A_0 v_0 = A v \quad (1.1)$$

Como el fluido viaja de la parte ancha del tubo a la constricción, la velocidad incrementa de  $v_0$  a  $v$ , y la presión decrece de  $P_0$  a  $P$ . Si la presión cambia, será debido solo al cambio de velocidad. La ecuación de Bernoulli puede ser simplificada a:

$$P = P_0 - \frac{1}{2} \rho (v^2 - v_0^2) \quad (1.2)$$

En el aparato de Venturi, un flujo de agua atraviesa un canal de anchura no uniforme, debido a los cambios de área en sección transversal. La tasa de flujo volumétrico permanece constante, pero la velocidad y presión del fluido varía.

Por medio de cuatro sensores de presión conectados a los tubos piloto incorporados al aparato de Venturi, se podrá verificar y estudiar cuantitativamente la ecuación de continuidad, el principio de Bernoulli y el efecto Venturi.

### Material.

- Aparato de Venturi
- Sensores de presión (cuádruple)
- Sensor de movimiento
- Dos recipientes grandes de plástico
- Agua

## Instalación

1. Conecta los cuatro sensores de presión en la interfaz Passport (pero no conectes las mangueras a los puertos de presión todavía). Inicia el programa DataStudio.
2. Calibra los cuatro sensores de presión (ver Apéndice A).
3. Conecta cada una de las mangueras del aparato de Venturi a los cuatro sensores de presión, como se muestra en la Figura 2.

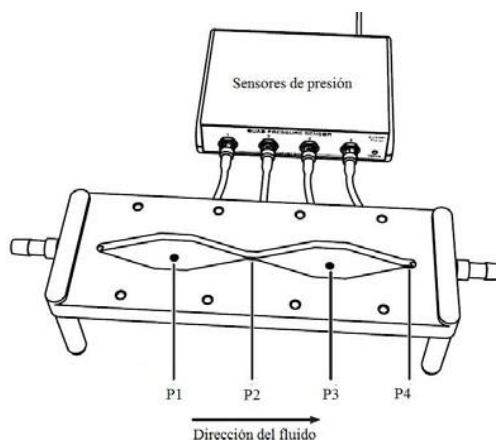


Figura 2. Sensor de presión cuádruple conectados al aparato de Venturi.

**Importante:** No permitas que entre agua a los sensores. Asegúrate que no exista agua cerca del sensor al final de las mangueras.

4. Coloca la tapa superior transparente sobre el aparato y fíjala con los 8 tornillos en forma de T. Aprieta los tornillos no más de lo necesario para no romperlos.
5. Instala el recipiente de agua y realiza la medición de la tasa de fluido como se describe en el Apéndice B.

## Procedimiento.

1. Inicia el flujo del fluido (agua).
2. Inicia la recolección de los datos en la computadora.
3. Continúa la recolección de los datos mientras observas las mediciones de presión en pantalla. Obtén valores por algunos segundos antes de detener la recolección de los datos y el flujo del agua.

## Análisis.

1. Observa los datos sobre una gráfica de presión versus tiempo.
2. Selecciona un intervalo de tiempo de alrededor 2 segundos en las cuales todas las mediciones de presión están relativamente limpias (aunque no necesariamente constante o libre de ruido).
3. Dentro del intervalo de tiempo, determine el promedio de cada medición de presión: (y  $P_4$  si deseas un segundo análisis).
4. Sobre el mismo intervalo de 2 segundos, determina la tasa de flujo promedio  $R$ .
5. Si no hay fricción o turbulencia en el canal, la presión en las secciones ( $P_1$  y  $P_3$ ) deberán ser iguales; sin embargo, encontrarás que esto no es el caso. Porque el canal es simétrico alrededor del punto 2, puedes estimar la pérdida de presión en el punto 2, debido a la fricción y turbulencia asumiendo que esta es la mitad de la presión perdida entre en punto

1 y el punto 3. En otras palabras, si el tubo fuera recto, la presión en el punto 2 debería ser el promedio de  $P_1$  y  $P_3$ .

Calcule esta presión teórica:

$$P_0 = \frac{P_1 + P_2}{2} \quad (1.3)$$

6. Utilice la tasa de flujo medida  $R$ , y la ecuación 1 para calcular la velocidad del fluido en las partes anchas del tubo ( $v_0$ ), y la velocidad en la constricción Venturi ( $v$ ).
7. Utilice esos valores de  $v_0$ ,  $v$  y la ecuación 2 para calcular la presión teórica ( $P$ ) en la constricción Venturi. Compare este resultado con la presión actual medida por el sensor ( $P_2$ ).
8. Repita el análisis alrededor de los puntos 2, 3 y 4.

### Limpieza.

1. Permita que el depósito de agua se vacíe. Inclina el aparato para que también se vacíe.
2. Con el aparato vacío de agua, desconecte los tubos de presión de los cuatro sensores, (Mantenga los tubos conectados al aparato de Venturi).
3. Remueve la tapa superior transparente del aparato y permite que éste y los tubos se sequen completamente.

## Apéndice A: Calibración de los cuatro sensores

El propósito de esta calibración es permitir que las cuatro mediciones de presión lean el mismo valor cuando sean expuestas a la presión atmosférica. Esto deberá permitir que las pequeñas diferencias de presión que ocurran en el aparato sean medidas con mayor exactitud.

Realice este procedimiento con los cuatro puertos de presión expuestos a la misma presión.

En el DataStudio:

1. Haga click en el botón **Setup** para abrir la ventana de **Experimental Setup**.
2. Haga click en el botón **Calibrate Sensors** para abrir la ventana de calibración (ver Figura 3).
3. En la parte superior de la ventana **Calibrate Sensors**, seleccione **Quad Pressure sensor**.
4. Seleccione la opción **Calibrate all similar measurements simultaneously**.
5. Seleccione la opción **1 Point (Adjust Offset Only)**.
6. Haga click en **Read From Sensor** (en la sección Calibration Point 1 de la ventana).
7. Haga click en el botón **OK**.

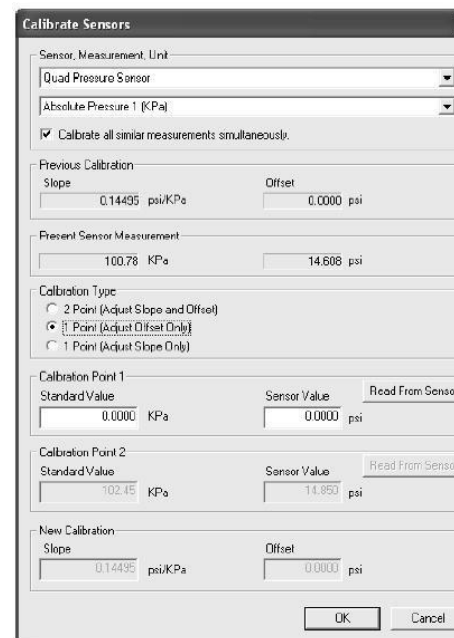


Figura 3. Ventana de calibración.

## Apéndice B: Medición de la tasa de flujo.

Instala el recipiente de agua con al menos 1.5 m de caída vertical respecto al recipiente de drenaje, (ver Figura 4).

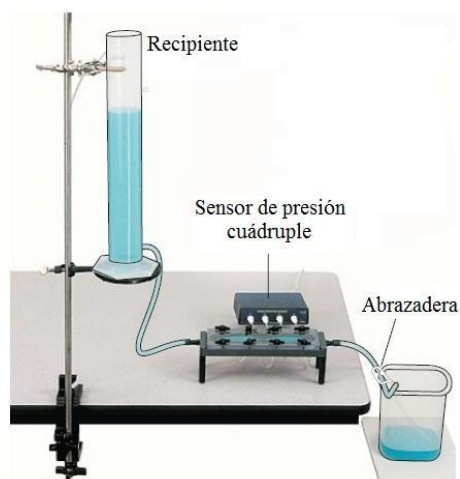


Figura 4. Instalación de los recipientes de agua.

Utiliza dos tramos de manguera de longitud apropiada e inserta a cada manguera una abrazadera de plástico. Cierra parcialmente una de las dos abrazaderas para regular el flujo de agua. Cierra la otra abrazadera completamente, con ésta podrás abrirla y cerrarla para iniciar y detener el flujo de agua. Conecta una manguera entre el recipiente superior y el aparato Venturi. Un extremo de la segunda manguera conéctala a la salida del aparato y el otro extremo introdúcela al recipiente de drenaje.

**Nota:** *Observa la dirección correcta del flujo de agua para el Aparato indicado en la Figura 2.*

Conecta los cuatro sensores de presión si es que aún no están conectados (ver sección **Instalación**).

Llena el recipiente con agua, (si estas utilizando la manguera como un sifón, llénala con agua y el aparato también, o realiza succión para drenar el agua en ellas).

Abre la abrazadera para dejar fluir agua en el aparato; después cierra ésta. Inicialmente, habrá aire en el aparato: inclínalo para que el aire se desplace al puerto de salida del aparato. Deja que un poco más de agua saque el aire retenido. Repite este procedimiento hasta que todo el aire sea removido del aparato y de la manguera. No permitas que el recipiente de agua se vacíe, de lo contrario entrarán más burbujas. Cierra la abrazadera y llena el recipiente nuevamente.

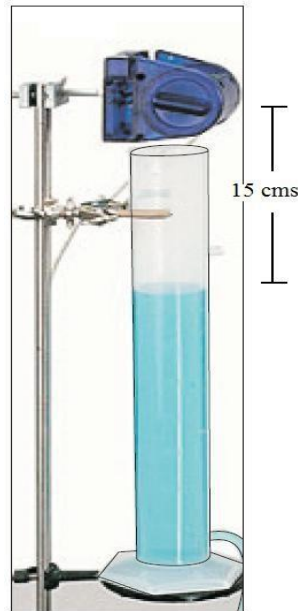
### **Método de medición del flujo de agua:**

En este método, un sensor de movimiento medirá la velocidad del agua con respecto a la superficie inicial y final del agua descendiente en el recipiente.

1. Coloca el interruptor del sensor de movimiento en el menor intervalo.
2. Asegura al sensor de movimiento arriba del recipiente. Coloca el sensor muy cerca a la parte superior del recipiente para que mida la distancia de la superficie del agua (ver Figura 5). La superficie del agua deberá estar al menos a 15 cm. del sensor.
3. Pruebe la instalación. Inicie el flujo del agua y la recolección de los datos. Observe la gráfica la velocidad vs tiempo. Ajuste la posición y ángulo del sensor para obtener buenos datos de velocidad cuando el agua está fluyendo (para la obtención de datos requieres alrededor de 2 segundos de muestreo). Detén el flujo del agua y vuelve a llenar el recipiente de agua. Borra los datos de prueba.
4. Crea un cálculo de la tasa de flujo. En la ventana de la calculadora del DataStudio introduce la siguiente relación:

$$R = vA \quad (1.4)$$

Define a la variable  $v$  como la Medición de la velocidad. Define a  $A$  como una constante igual al área de sección transversal del recipiente. Mide el área en unidades de  $m^2$ . De esta manera,  $R$  es calculada en unidades de  $m^3/s$ .



*Figura 5. Posición del sensor de movimiento respecto al nivel de agua.*

**NOTA: Revise bien el estado de los componentes a utilizar. Cualquier desperfecto, repórtelo con el técnico del laboratorio. Cualquier duda con las conexiones, funcionamiento o el uso del software puede preguntarle a su profesor o al técnico del laboratorio.**