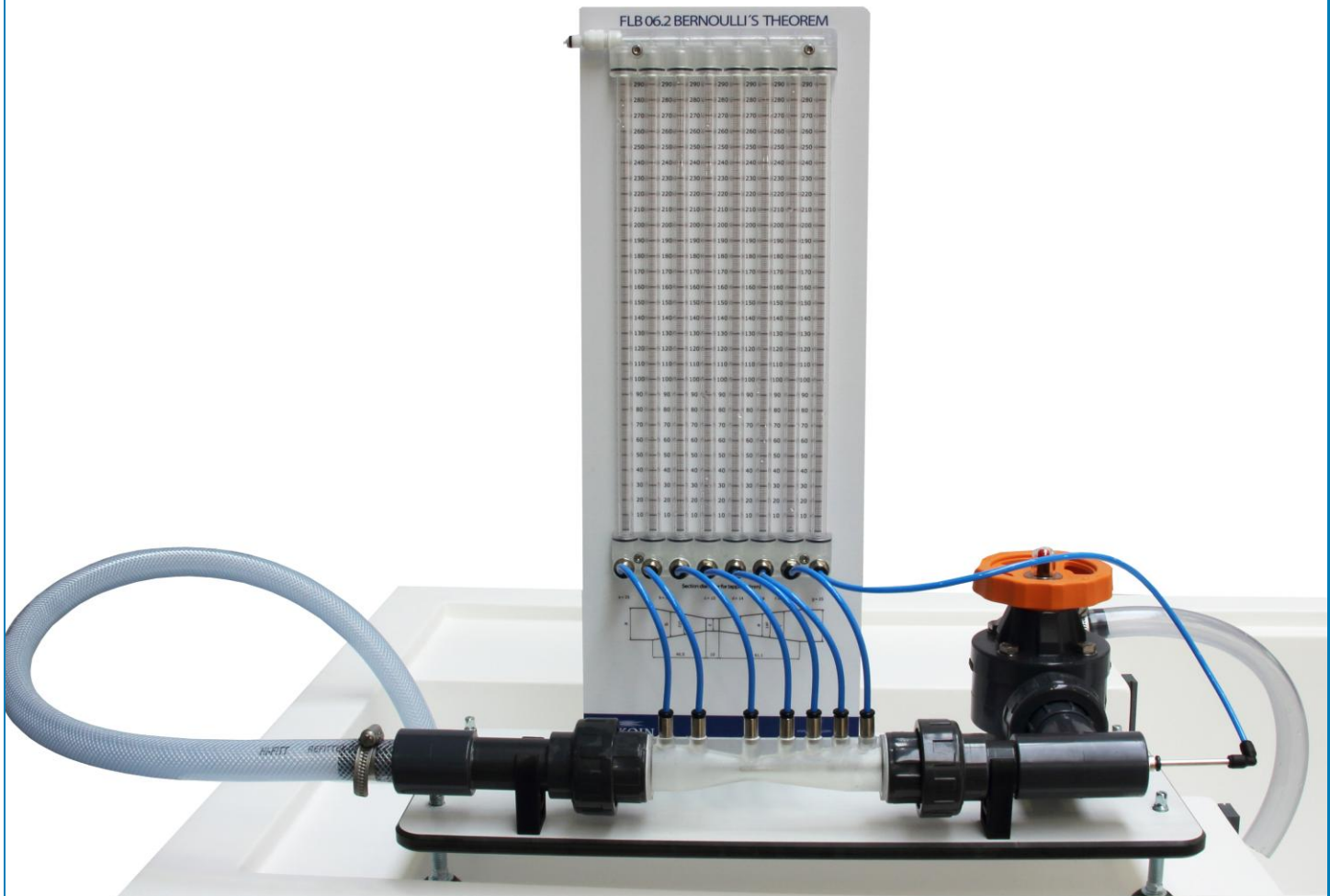




El objetivo que se pretenden alcanzar con este sencillo equipo, es el estudio en profundidad de la **ecuación de Bernoulli** y su demostración.

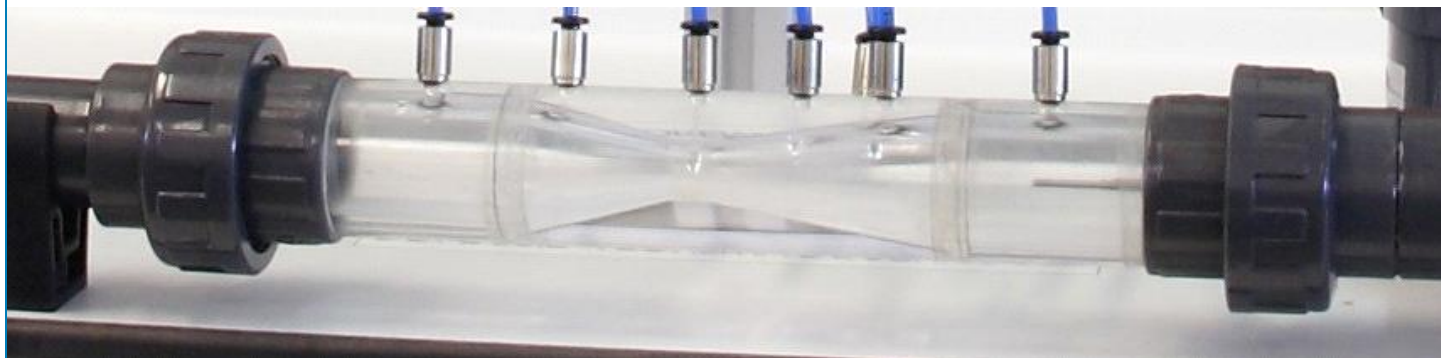
Este equipo nace del principio de Bernoulli, en el que se describe el comportamiento de un flujo laminar moviéndose a lo largo de un conducto, y considera que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la **energía que posee permanece constante** a lo largo de su recorrido.

El equipo dispone de un **tubo de Venturi** con el que de manera experimental, se podrá demostrar su procedimiento teórico basado en el teorema de la **conservación de la energía mecánica**.

La válvula de diagrama permite trabajar con diferentes caudales, que darán lugar a diferentes escalas, en la diferencia de presiones.

Las lecturas de presión, se obtienen en el manómetro multitubo del que dispone el equipo, en el que de manera sencilla se pueden obtener las diferentes lecturas de presión a lo largo del conducto.

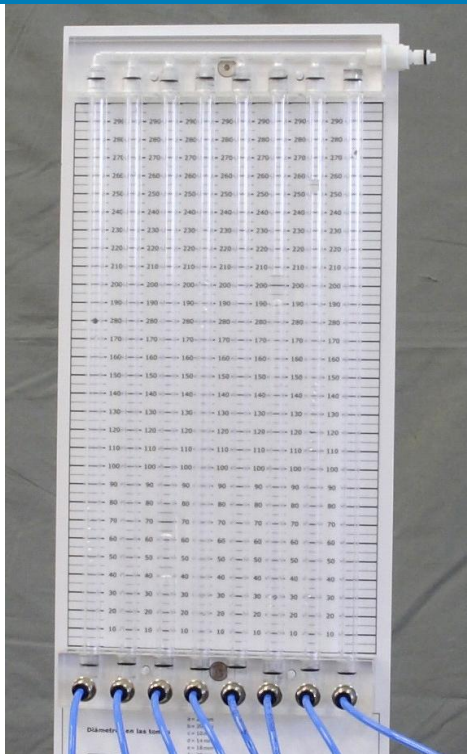
Las medidas de caudales se realizan mediante el depósito volumétrico del banco hidráulico (requerido), con lo que también se estudia la **relación entre la pérdida de carga y la velocidad** del fluido.



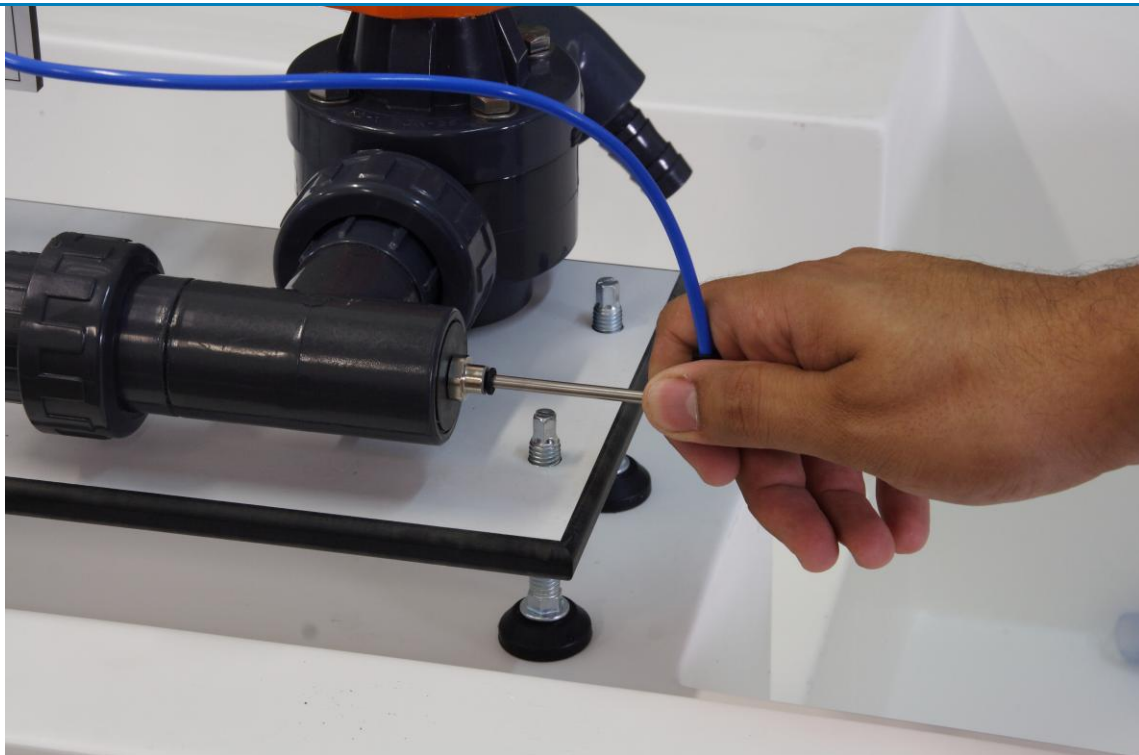
Venturi de facil colocacion y totalmente transparente.



Facil conexionado al banco hidraulico.



Multimanometro de 8 tomas



Pitot para conocer la velocidad del fluido en cada punto.



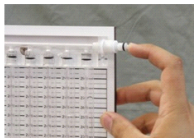
DL FL 06.2 TEOREMA DE BERNOULLI

4.3. PROCEDIMIENTO GENERAL

- Con la válvula de impulsión del banco cerrada ponemos en marcha la bomba. (Ver manual de instrucciones del banco hidráulico)
- Con todas las válvulas del equipo abiertas, abrimos poco a poco la válvula de impulsión del banco hidráulico observando cómo empieza a circular el agua por la instalación.

MULTIMANÓMETRO DE COLUMNA DE AGUA

- Observamos cómo los tubos se van llenando de agua. Para comprobar que no quedan burbujas de aire en los tubos de conexión, cerramos la válvula de membrana (4). Si todas las columnas de agua del manómetro alcanzan la misma altura, significa que hemos eliminado el aire y ya podemos empezar a trabajar con el manómetro de agua. En caso contrario abrimos el purgador (3) de la parte superior hasta que arrastremos las burbujas de aire restantes.
- Si por algún motivo el manómetro se llena completamente de agua, cerrar la válvula de impulsión del banco hidráulico, dejar la de membrana (4) abierta y abrir el purgador (3) para que entre aire.



- Es aconsejable comprobar de vez en cuando el manómetro contrastando el equilibrio en las columnas cuando la instalación está presurizada y no hay circulación de caudal.

10



DL FL 06.2 TEOREMA DE BERNOULLI

NOTA: Para obtener unos resultados fiables, que corroboren la ecuación de Bernoulli, hay que ser riguroso en el proceso de obtención y lectura de los resultados.



DL FL 06.2 TEOREMA DE BERNOULLI

5. PRÁCTICAS REALIZABLES

5.1. ECUACIÓN DE BERNOULLI

5.1.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

Si planteamos la ecuación de Bernoulli para el caso ideal de un flujo sin pérdida de carga, entre dos puntos de una conducción, tenemos la expresión:

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + C_{\text{cor}} \quad (a)$$

De la expresión anterior, observamos que la suma de los tres términos anteriores, debe de ser constante. Esto significa que si uno de ellos, varía, aumenta o disminuye, es a costa de los otros términos.

En nuestro caso particular, el tubo de Venturi, que es donde vamos a estudiar este fenómeno, está en posición horizontal, por lo que en la ecuación (a) tenemos que $z_1 = z_2$ con lo que la expresión queda de la forma:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + C_{\text{cor}} \quad (b)$$

En la ecuación (b), se observa claramente que si aumenta la energía cinética aguas abajo, es decir, en el punto 2, la presión estática en dicho punto debe de disminuir en la misma proporción para que su suma siga siendo constante.

Por otra parte, tenemos la ecuación de continuidad, según la cual el caudal en las diferentes secciones de una conducción, una vez alcanzado el régimen permanente, va a permanecer constante.

$$Q_1 = Q_2 = \text{cte} = Q \quad (c)$$

$$S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2 = \text{cte} \quad (d)$$

En nuestro caso particular, tenemos que:

$$S_1 \cdot b \cdot V_1 = S_2 \cdot b \cdot V_2 = Q \quad (e)$$

12

El manual de prácticas muestra y explica todos los fundamentos teóricos, así como las fórmulas matemáticas utilizadas para la realización de toda la experimentación.



DL FL 06.2 TEOREMA DE BERNOULLI

tubo de pitot. Debemos de tener en cuenta que el propio tubo de pitot disminuye la sección de paso del agua y por lo tanto aumenta la velocidad y disminuye la presión estática.

- Completamos la tabla siguiente, comparando el caudal medido con el tanque volumétrico y el calculado utilizando el tubo de pitot.
- Dibujamos la gráfica correspondiente en la que aparezcan las presiones estática, dinámica y total para cada una de las tomas piezométricas.

5.3.3. LECTURAS Y RESULTADOS

CAUDALES

Lectura nº	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)	Caudal volumétrico	Caudal medio (l/s)
1	20	2	0,1	0,1026
	19	2	0,1052	
2	25,7	4	0,1556	0,1556
	25,7	4	0,1556	

22



DL FL 06.2 TEOREMA DE BERNOULLI

TOMAS PIEZOMÉTRICAS

CAUDAL 1 Posición	Presión total (mm c.a.)	Presión estática (mm c.a.)	Presión dinámica (mm c.a.)	Caudal calculado (l/s)	Caudal medido (l/s)
c	221	133	88,0	0,09	0,102
d	220	197	23,0	0,09	
e	218	209	9,0	0,10	
f	217	210	7,0	0,10	
g	216	213	3,0	0,11	
				Qmedio	0,097

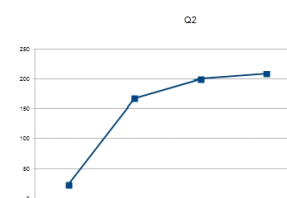
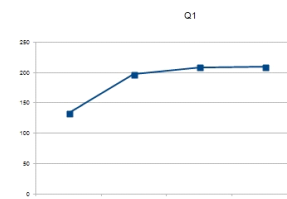
CAUDAL 2 Posición	Presión total (mm c.a.)	Presión estática (mm c.a.)	Presión dinámica (mm c.a.)	Caudal calculado	Caudal medido
c	225	23	202,0	0,14	0,155
d	224	168	56,0	0,14	
e	223	200	23,0	0,15	
f	222	209	13,0	0,14	
g	221	215	6,0	0,15	
				Qmedio	0,144

23



DL FL 06.2 TEOREMA DE BERNOULLI

GRÁFICA DE RESULTADOS



24



DL FL 06.2 TEOREMA DE BERNOULLI

4. MÉTODO GENERAL

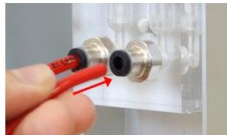
4.1. PASOS PREVIOS. INSTRUCCIONES DE USO

4.1.1. CONEXIÓN, DESCONEXIÓN DE LOS RACORES INSTANTANEOS

Para conectar los tubos a las tomas manométricas, simplemente empujar los tubos dentro de las mismas hasta que hagan tope.

Para su desconexión, utilizar ambas manos. Con una presionar hacia adentro la anilla negra de la toma manométrica que rodea al tubo de conexión, y con la otra tirar de éste último.

CONECTAR



DESCONECTAR



7



DL FL 06.2 TEOREMA DE BERNOULLI

4.1.2. CONEXIÓN, DESCONEXIÓN DE LOS ENCHUFES RÁPIDOS

Para conectar los enchufes rápidos introducir el enchufe macho en los enchufes hembra.



Para desconectarlos simplemente presionar la pieza metálica que hay en la parte superior del enchufe.



8



DL FL 06.2 TEOREMA DE BERNOULLI

4.2. INSTALACIÓN

- Conectamos el equipo al banco hidráulico utilizando para ello las tuercas de unión y la manguera flexible proporcionada.



- Nivelamos el equipo mediante las patas regulables, fijándonos en el nivel de burbuja.



9

El manual de usuario muestra claramente y con gran cantidad de imágenes, todo el proceso a seguir para el manejo del equipo.

PRACTICAS REALIZABLES

Algunas de las prácticas realizables son las siguientes:

- Demostración de la ecuación de Bernoulli a lo largo de un tubo de Venturi.
- Cálculo de la pérdida de carga de un tubo de Venturi.
- Estudio de las presiones estática, dinámica y total.
- Estudio del tubo de Venturi como medidor de caudal y cálculo del coeficiente de descarga.

DATOS TECNICOS**Diámetros interiores:**

- Tubería principal $\varnothing$ interior = 25 mm.

Tubo de Venturi:

- Diámetro de la garganta $\varnothing$ 10mm.
- Conicidad aguas arriba 21°.
- Conicidad aguas abajo 14°.

Tomas de presión:

- a =25 mm
- b =20 mm
- c =10 mm
- d =14 mm
- e =18 mm
- f =20 mm
- g =25 mm

* La sección de las tomas de presión se establece según las necesidades de cada equipo suministrado.

Manómetros:

- Multimanómetro de 8 columnas de agua, rango de medida 300 mm.c.a.

REQUERIMIENTOS:

- Banco Hidráulico FL 01.4 ó FL 01.5 ó FL 01.6