



El equipo FL 06.2 es un equipo sencillo en el que estudiar en profundidad la ecuación de Bernoulli y su demostración.

El equipo dispone de un manómetro multitubo en el que podemos leer de forma simultánea las diferentes presiones a lo largo del conducto.

La conexión al banco hidráulico (no incluido) se realiza con un enlace roscado que se coloca sin necesidad de herramientas, y las del manómetro son conexiones rápidas auto-obturantes, que no dejan salir el agua al desconectar.

DIKOID **FL 06.2 BERNOULLI**

4. METODO GENERAL

4.1. PASOS PREVIOS. INSTRUCCIONES DE USO

4.1.1. CONEXIÓN, DESCONEXIÓN DE LOS TUBOS DE MUESTREO

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

Para su desconexión, utilizar ambos mandos, con uno presionar hacia adentro la anilla negra de la toma manométrica que rodea al tubo de conexión, y con el otro tirar de éste último.

CONECTAR



DESCONECTAR




7


DIKOID **FL 06.2 BERNOULLI**

4.1.2. OPERACIÓN, DESCONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS BARRIOS

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



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



8

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

DIKOID **FL 06.2 BERNOULLI**

5. PRACTICAS REALIZABLES

5.1. EXAMEN 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:

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (1)$$

De la expresión anterior, observamos que la suma de los tres términos anteriores, debe de ser constante. Esta significa que si uno de ellos, varía, aumenta o disminuye, en la misma medida los otros dos términos.

En nuestro caso particular, el tubo de Venturi, que es donde vamos a instalar este fenómeno, está en posición horizontal, por lo que en la ecuación (1) tenemos que $z_1 = z_2$; por lo que la expresión queda de la forma:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (2)$$

En la ecuación (2), se observa claramente que si aumenta la energía cinética (que 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 los diferentes secciones de una conducción, una vez alcanzado el régimen permanente, va a permanecer constante.

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q \quad (3)$$

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \quad (4)$$

En nuestro caso particular, tenemos que:

$$a_1 v_1 = a_2 v_2 = Q \quad (5)$$

10

DIKOID **FL 06.2 BERNOULLI**

En definitiva, observamos como sigue la ecuación de continuidad, a medida que se estrecha la sección de paso, la velocidad debe de aumentar para que el caudal permanezca constante. Esto origina a su vez un incremento del término $\frac{v^2}{2g}$, lo que implica una disminución del otro término de la ecuación de Bernoulli, $\frac{p}{\rho g}$, para que la suma de ambos permanezca estrictamente constante. De forma esquemática:

- Ecuación de continuidad $Q_1 = Q_2 = Q = Q_3$
 $S_1 v_1 = S_2 v_2 = S_3 v_3 = Q = Q_3$
- Derivamos la ecuación $S_1 < S_2 < S_3$ para que $Q = Q_3$
- Si $v_1 > v_2$, $v_1 = \frac{Q_1}{S_1} = \frac{Q_2}{S_2}$
- Ecuación de Bernoulli $\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$
- Si $\frac{v_1^2}{2g} > \frac{v_2^2}{2g}$, $\frac{p_1}{\rho g} > \frac{p_2}{\rho g}$ para que $\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} = Q_3$

Según el razonamiento seguido hasta ahora, en dos secciones con igual área de paso, la velocidad debe de ser la misma y por lo tanto sus términos de energía cinética $\frac{v^2}{2g}$, lo que a su vez implica que sus términos de presión estática $\frac{p}{\rho g}$, sean iguales. Sin embargo, si medimos las presiones estáticas entre dos puntos de igual sección aguas arriba e igual abajo del tubo de Venturi, observamos que sus lecturas estáticas no concuerdan. Esto es debido a que para el caso de un fluido real, a la Ecuación de Bernoulli hay que añadirle un nuevo término debido a la pérdida de carga producida. Con lo que la ecuación queda de la siguiente forma:

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + M_{p1} = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + M_{p2} \quad (6)$$

11

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

DIKOID

FL 06.2 BERNOULLI

DATOS PRECONSTRUIDOS

| CARDA 3 Posición | Diámetro "Ø" mm. | Área sección mm ² | Velocidad media [m/s] | Altura cónica [m] | Área geométrica [m ²] | Altura total [m + Hg (1000 c.a.)] |
|------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---|---|
| a | 26,2 | 675 | 8,63 | 8,61 | 338 | 346,6 |
| b | 21,5 | 363 | 6,7 | 25,49 | 330 | 357,5 |
| c | 35,5 | 214 | 1,2 | 72,49 | 275 | 348,5 |
| d | 20 | 314 | 8,63 | 34,64 | 314 | 348,0 |
| e | 23,8 | 445 | 8,37 | 26,87 | 338 | 347,0 |
| f | 29,2 | 525 | 8,41 | 8,01 | 337 | 345,0 |

| CARDA 3 Posición | Diámetro "Ø" mm. | Área sección mm ² | Velocidad media [m/s] | Área cónica [m ²] | Área geométrica [m ²] | Altura total [m + Hg (1000 c.a.)] |
|------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|---|
| a | 26,2 | 675 | 8,00 | 42,42 | 412 | 434,92 |
| b | 21,5 | 363 | 1,37 | 117,64 | 309 | 436,05 |
| c | 16,5 | 214 | 2,68 | 366,75 | 41 | 431,35 |
| d | 20 | 314 | 1,92 | 399,69 | 345 | 414,67 |
| e | 23,8 | 445 | 1,28 | 84,80 | 323 | 409,61 |
| f | 26,2 | 675 | 8,03 | 42,42 | 387 | 399,63 |

15

DIKOID

FL 06.2 BERNOULLI

GRÁFICA DE RESULTADOS

• Carda 1

• Carda 2

16

Junto con el manual de uso, se entrega un manual completamente resuelto con los datos que se deben obtener durante las prácticas con el equipo. De este modo, el profesor puede revisar fácilmente si los alumnos están realizando el trabajo correctamente.



Para el estudio de las presiones estática, dinámica y total, el equipo dispone de un tubo de pitot, cuya posición dentro del venturi se puede variar.

PRACTICAS REALIZABLES

- 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 de un tubo de venturi como medidor de caudal y cálculo del coeficiente de descarga.

DATOS TECNICOS**Diámetros interiores:**

- Tubería principal:
 - \varnothing interior = 28,2 mm.
 - \varnothing exterior = 32 mm.

Manómetros:

- Multimanómetro de 7 columnas de agua, rango de medida 600 mm c.a.

REQUERIMIENTOS

- Banco Hidráulico Dikoin.