



The aerodynamics bench is designed to perform a variety of experiences in the field of fluid mechanics, using a controlled airstream for it.

It has a frequency shifter, which regulates the rotational speed of the fan, and therefore, the airflow in the test zone.

The bench has a system of fast connections, which facilitates and speeds up the installation of the different work equipments.

INCLUDED ACCESSORIES

- Apparatus for the study of the Bernoulli equation.
- Apparatus for the study of the elbow flow.
- Multiple tube manometer.
- Apparatus for the study of the boundary layer.
- Apparatus for the study of the drag coefficient.
- Cylinder Ø50mm.
- Cylinder Ø50mm, with making radial pressure.
- Sphere of Ø50mm.
- Naca profile with 14 pressure ports.
- A nozzle exit for the study of the jet.

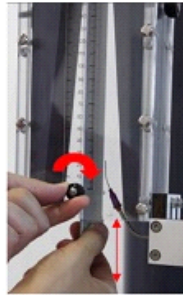


AD 01.1 BANCO DE AERODINAMICA

En la zona de toma de lecturas, consideramos la presión estática cero, con lo que la presión total coincide con la presión dinámica.

5.3.2. METODO

- Acoplamos el equipo para el estudio de la capa límite en la sección de trabajo.



- Con el variador de frecuencia, fijamos el caudal deseado para la realización de la experiencia.
- Con el tubo de Pitot medimos la velocidad del aire en el conducto, fuera de la capa límite, es decir, lejos de la placa plana y multiplicándola por la sección obtenemos el caudal.
- Podemos desplazar verticalmente la placa plana para el estudio de la capa límite, fijándola en las diferentes posiciones con el mando de color negro. Asimismo, tenemos la posibilidad de darle la vuelta, estudiando el fenómeno para placa plana lisa y rugosa.

25



AD 01.1 BANCO DE AERODINAMICA

- Desplazamos el tubo de Pitot a lo largo de la sección transversal utilizando el mando de color negro mostrado en la fotografía. El espesor del tubo de Pitot es de 0,4 mm, por lo que la primera lectura, con el tubo de Pitot en contacto con la placa plana, será a 0,2 mm de ésta.
- Con el tubo de Pitot en contacto con la placa plana, giramos la escala centesimal del reloj comparador para establecer el cero. Conectamos el tubo de Pitot al manómetro inclinado.



- Para el estudio de la capa límite en un flujo convergente o divergente, colocamos las piezas de PVC suministradas en la posición deseada, en función de la experiencia a realizar, fijándolas con los mandos laterales de color negro.



26

The manual shows clearly and with a lot of images, the hole process to operate the equipment.



AD 01.1 BANCO DE AERODINAMICA

En nuestro caso particular, tenemos que:

$$A_1 \cdot B_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot B_2 \cdot V_2 = Q \quad (5)$$

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

- Ecuación de continuidad

$$Q_1 = Q_2 = Q = Cte$$

$$S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2 = Q = Cte$$

- Disminuye la sección $S_2 < S_1$ ($V_2 > V_1$) para que $Q = Cte$

- Si:

$$V_2 > V_1 \Rightarrow \frac{\rho}{2} V_2^2 > \frac{\rho}{2} V_1^2$$

- Ecuación de Bernoulli

$$P_1 + \frac{\rho}{2} V_1^2 = P_2 + \frac{\rho}{2} V_2^2 = Cte$$

- Si:

$$\frac{\rho}{2} V_2^2 > \frac{\rho}{2} V_1^2 \Rightarrow P_1 > P_2$$

$$P_1 + \frac{\rho}{2} V_1^2 = P_2 + \frac{\rho}{2} V_2^2 = Cte$$

para que

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 $\frac{\rho}{2} V^2$, lo que a su vez implica que sus términos de presión estática P , sean iguales.

13



AD 01.1 BANCO DE AERODINAMICA

Sin embargo, si medimos las presiones estáticas entre dos puntos de igual sección aguas arriba y aguas abajo del tubo de Venturi (V_1), observamos que sus presiones estáticas no coinciden. Esto es debido a que para el caso de un fluido real, a la Ecuación de Bernoulli hay que añadir un nuevo término debido a la pérdida de carga producida. Con lo que la ecuación queda de la siguiente forma:

$$P_1 + \frac{\rho}{2} V_1^2 + \frac{\rho}{2} V_1^2 = P_2 + \frac{\rho}{2} V_2^2 + \frac{\rho}{2} V_2^2 = Cte \quad (6)$$

Es decir, entre dos puntos, como los anteriormente descritos, en los que $S_1 = S_2$ lo que implica que $V_1 = V_2$, tenemos que:

$$\Delta P_{L1} = P_1 - P_2 \quad (7)$$

Por lo tanto la diferencia de presiones medida entre esos dos puntos de igual sección es la pérdida de carga producida entre ambos.

Sabemos que la presión total es la suma de la presión estática y de la dinámica, por lo que conociendo la presión total y estática en una sección determinada, podemos obtener la presión dinámica como diferencia de ambos lecturas. A partir de esta última obtenemos la velocidad según la siguiente expresión:

$$V = \sqrt{\frac{2 P_{din}}{\rho}} \quad \text{donde el término de la presión dinámica la tenemos que introducir en Pascales para obtener la velocidad en m/s.}$$

La presión dinámica en Pascales la obtenemos multiplicando la altura leída en milímetros de columna de agua en el manómetro, multiplicado por el coseno del ángulo de inclinación que estamos utilizando y por la gravedad ($9,81$).

Conociendo la velocidad del aire, para obtener el caudal tenemos que multiplicar por la sección en la que estamos haciendo la lectura menos lo que ocupa el tubo de Venturi:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot V = \frac{\pi \cdot 0,008^2}{4} \cdot 0,000025 \text{ m}^3/\text{s}$$

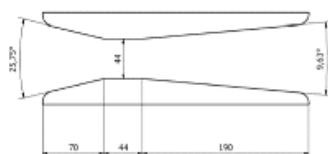
El caudal es el producto de la sección por la velocidad:

$$Q = S \cdot V$$

14

The instruction manual explains and shows all the theoretical foundations, as well as all the mathematic expressions used during the experimentation.

5.1.3. LECTURAS Y RESULTADOS

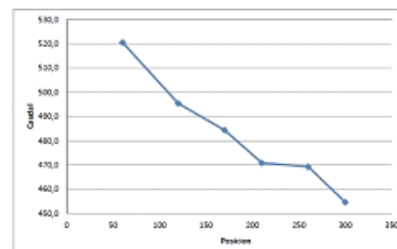
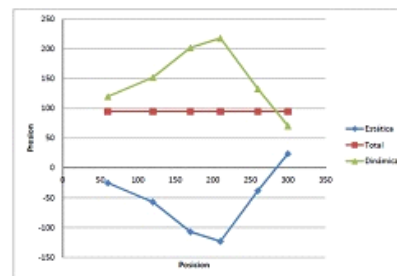


TOMAS PIEZOMÉTRICAS

| Posición | Área sección mm² | Área real mm² | Presión total leída Pt (mm c.a.) | Presión estática Pe (mm c.a.) | Presión dinámica Pd (mm c.a.) | Velocidad (m/s) | Caudal (m³/h) |
|----------|------------------|---------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------|
| 300 | 3722 | 3694 | 24 | 95 | 71 | 33,9 | 454,6 |
| 260 | 2807 | 2779 | -38 | 95 | 133 | 46,4 | 469,3 |
| 210 | 2209 | 2172 | -123 | 95 | 218 | 59,5 | 470,9 |
| 170 | 2351 | 2323 | -107 | 95 | 202 | 57,2 | 484,4 |
| 120 | 2772 | 2744 | -57 | 95 | 152 | 49,6 | 495,4 |
| 60 | 3278 | 3250 | -25 | 95 | 120 | 44,1 | 520,5 |

17

GRÁFICA DE RESULTADOS



18

LEARNING OBJECTIVES

- Study of the Bernoulli equation.
- Study of the boundary layer.
- Study of the Pulling force.
- Reading pressures in the wake.
- Pressures distribution around a cylinder.
- Study of the flow inside an elbow.

TECHNICAL DATA**Manometers:**

- Multimanometer of 14 tubes of water.
- Measuring range from 0 to 500 mm wc.
- Inclination angles with relations 1/1, 1/2, 1/5 y 1/10.

Bodies:

- Cylinder Ø 13 mm. Length 48 mm.
- Cylinder Ø 20 mm. Length 48 mm.
- Flat plane. Width 13 mm. Length 48 mm.
- NACA wing profile 0012 Width 13 mm. Length 48 mm.

Pitot tubes:

- Straight Pitot tube Ø 6 mm.
- 90° flat Pitot tube, thickness 0,4 mm.
- 90° Pitot tube Ø 2 mm.

Other elements:

- Frequency variable.
- Differential switch.

Characteristics of the fan:

- Maximum pressure increase 1.200 Pascals.
- Maximum flow 1.900 m³/h.
- Rated power of engine 1.100 W.
- Rotational speed 2.800 r.p.m. at 50 Hz.

REQUIREMENTS

- Power supply: 230V/50Hz.