



Este equipo está diseñado para estudiar el comportamiento de los fluidos en canales abiertos, mediante la realización de una amplia gama de prácticas y experiencias.

#### **ASPECTOS DESTACABLES**

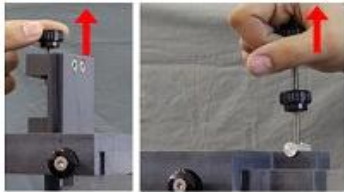
- Posibilidad de pendiente del canal negativa y positiva.
- Diversos elementos de lectura, tomas manométricas, limnímetro, tubo de Pitot, etc.
- Gran variedad de accesorios para estudio de múltiples fenómenos.
- Incluye válvula de regulación con la que se consigue establecer el régimen de flujo adecuado en cada momento.
- El caudalímetro dispuesto permite conocer el caudal de trabajo en cada momento.

#### **NOTA IMPORTANTE**

- Existe la posibilidad de fabricar canales hidrodinámicos con otras dimensiones. Consulte sin compromiso.

**FL 05.4 CANAL HIDRODINÁMICO CON BANCO 5M**

**NOTA IMPORTANTE:** Si corremos el riesgo de que se produzca un desdesequilibrio basta con girar de la ruleta superior de las compuertas verticalmente para liberar el agua.



23

**FL 05.4 CANAL HIDRODINÁMICO CON BANCO 5M**

**4.7. DETERMINACIÓN DE LA PENDIENTE DEL CANAL**

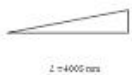
- Para establecer una pendiente en el canal, giramos el volante (17) del soporte con regulación de altura (18) observando cómo la esfera sube o baja según el sentido de giro.



- La pendiente del canal la obtenemos con la lectura de la elevación de la esfera en el apoyo (bajo el volante) donde se encuentra la regla con el porcentaje de inclinación con el que estamos trabajando.

$$\alpha = \arctg\left(\frac{Z}{L}\right)$$

$$\alpha = \frac{Z}{L} \cdot 100\%$$



$$L = 4000 \text{ mm}$$

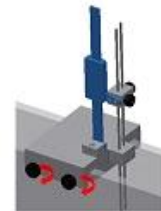


24

**FL 05.4 CANAL HIDRODINÁMICO CON BANCO 5M**

**4.8. USO DE CONJUNTO LÍMNIMETRO Y PÍLOT**

- El conjunto tiene unas orijas en su parte superior con cuatro niveladoras. Lo apoyamos sobre las paredes del canal y ajustamos con las niveladoras como el caso de las compuertas anteriormente descritos.



- Ajustando los mandos niveladoras que sujetan tanto al Limnómetro como al Ríster realizamos una primera aproximación a las distancias con las que queremos trabajar.



- Para posicionar en altura el Pílot con precisión desplazamos el calibre verticalmente.

25

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

**5.2.- FLUJO UNIFORME**

**5.2.1. FUNDAMENTO TEÓRICO**

El flujo uniforme es aquel con profundidad y velocidad constantes. Este tipo de flujo sólo puede ocurrir en un canal prismatico recto con una pendiente en el fondo constante. Cuando el líquido entra en el canal, existe una región de desarrollo de flujo gradualmente variada, llamada zona transitoria. La profundidad correspondiente a un flujo uniforme en un canal particular se denomina profundidad normal " $y_0$ ", ésta es constante, por lo que la superficie del líquido es paralela al fondo del canal.

Rasteando la ecuación de Bernoulli entre dos secciones transversales, tenemos:

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (1)$$

La ecuación de continuidad es:

$$Q = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 = b \cdot y_1 \cdot V_1 = b \cdot y_2 \cdot V_2$$

Como es flujo uniforme  $y_1 = y_2$  y en nuestro caso  $b = \text{cte}$ , tenemos que  $V_1 = V_2$ . Sustituyendo en (1) nos queda que:

$$z_1 = z_2$$

Por lo tanto la línea de nivel energético es paralela al fondo y a la superficie libre.

El caudal para flujo uniforme y permanente, aplicando la fórmula de Manning viene dada por la siguiente expresión:

$$Q = A \cdot V = 0.49 \frac{R_h^{4/3} S_0^{1/2}}{n}$$

$$n = 0.49 \frac{R_h^{2/3}}{Q} S_0^{1/2}$$

25

donde:  
b: Ancho del canal (m)  
y: Profundidad del agua  
R<sub>h</sub>: Radio hidráulico

$$R_h = \frac{A}{P} = \frac{b \cdot y}{b + 2y} \quad (\text{m})$$

S<sub>0</sub>: Pendiente del canal  
Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s)

**5.2.2.- MÉTODO**

La práctica que se propone es el cálculo del factor de rugosidad para el revestimiento del canal utilizando la fórmula de Manning. Sin embargo, se pueden realizar otras prácticas como son el cálculo de caudales a partir de expresiones como las de Chézy, Kutter, Manning, Bazin, Powell, etc., y los factores de rugosidad experimentales obtenidos por ellos, comparándolos entre sí y con nuestros resultados experimentales en el canal.

- Establecemos una pendiente determinada en el canal
- Leemos el caudal
- Medimos la profundidad normal " $y_0$ " alcanzada por el agua
- Finalmente calculamos el radio hidráulico y el factor de rugosidad " $n$ "

26

**5.2.3.- LECTURAS Y RESULTADOS**

Lectura nº	Profundidad y	Radio hidráulico R <sub>h</sub>	Pendiente S <sub>0</sub>	Caudal Q	Factor rugosidad n
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

27

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



Accesorio Opcional: HD.Z.01 - MULTIMANOMETRO 4 TUBOS  
Multimanómetro de 4 tubos para canal hidrodinámico.

Características:

- Altura 300mm
- Conexiones con doble obturación
- Acoplamiento a canal con regulación de ángulo de inclinación



Accesorio Opcional: HD.Z.02 - MANOMETRO INCLINADO  
Manómetro inclinado para canal hidrodinámico.

Características:

- Altura máxima 300mm
- Regulación de inclinación angular de tubo de manómetro
- Conexiones con doble obturación
- Acoplamiento a canal con regulación de ángulo de inclinación



Accesorio Opcional: HD.Z.05 - PITOT + LIMNIMETRO (Para canal hidrodinámico)

Accesorio compuesto de un tubo de Pitot y un limnimetro, unidos a un calibre, lo que permite un gran exactitud en las lecturas.

Características:

- Calibre de gran exactitud.
- Acoplamiento fácil a las paredes del canal.



Accesorio Opcional: HD.Z.10 - VERTEDERO PARED DELGADA SIN CONTRACCION (Para canal hidrodinámico)  
Vertedero rectangular de pared delgada sin contracción.

Características:

- Perfiles de goma en los laterales del vertedero, para estanqueidad.
- Fácil colocación en la solera del canal.
- Parte superior del vertedero afilada.
- Altura del vertedero 150mm.



Accesorio Opcional: HD.Z.11 - COMPUERTA VERTICAL (Para canal hidrodinámico)  
Compuerta vertical para canal hidrodinámico.

Características:

- Sistema de elevación de la compuerta que permite una apertura rápida para evitar desbordamientos o una apertura controlada para un fácil ajuste a la altura deseada.
- Fácil colocación en las paredes del canal.
- Perfiles de goma en los laterales de la compuerta, para estanqueidad.



Accesorio Opcional: HD.Z.12 - COMPUERTA RADIAL (Para canal hidrodinámico)  
Compuerta radial para canal hidrodinámico.

Características:

- Sistema de elevación de la compuerta que permite una apertura rápida para evitar desbordamientos o una apertura controlada para un fácil ajuste a la altura deseada.
- Fácil colocación en las paredes del canal.
- Perfiles de goma en los laterales de la compuerta, para estanqueidad.
- Fabricación en acero inoxidable.





Accesorio Opcional: HD.Z.15 - VERTEDERO DE PARED GRUESA RECTANGULAR (Para canal hidrodinámico)  
Vertedero de pared gruesa para canal hidrodinámico.

Características:

- Fácil colocación en la solera del canal.
- Perfiles de goma en los laterales, para estanqueidad.
- Dimensiones (Largo x Alto): 250 x 150 mm.
- Radios en un extremo de 25 mm, y el otro con cresta afilada.



Accesorio Opcional: HD.Z.16 - VERTEDERO DE PARED GRUESA TRIANGULAR (Para canal hidrodinámico)  
Vertedero de pared gruesa triangular para canal hidrodinámico.

Características:

- Fácil colocación en la solera del canal.
- Perfiles de goma en los laterales, para estanqueidad.
- Dimensiones (Largo x Alto): 273 x 50 mm.
- Angulos en extremos de 15º y 30º.

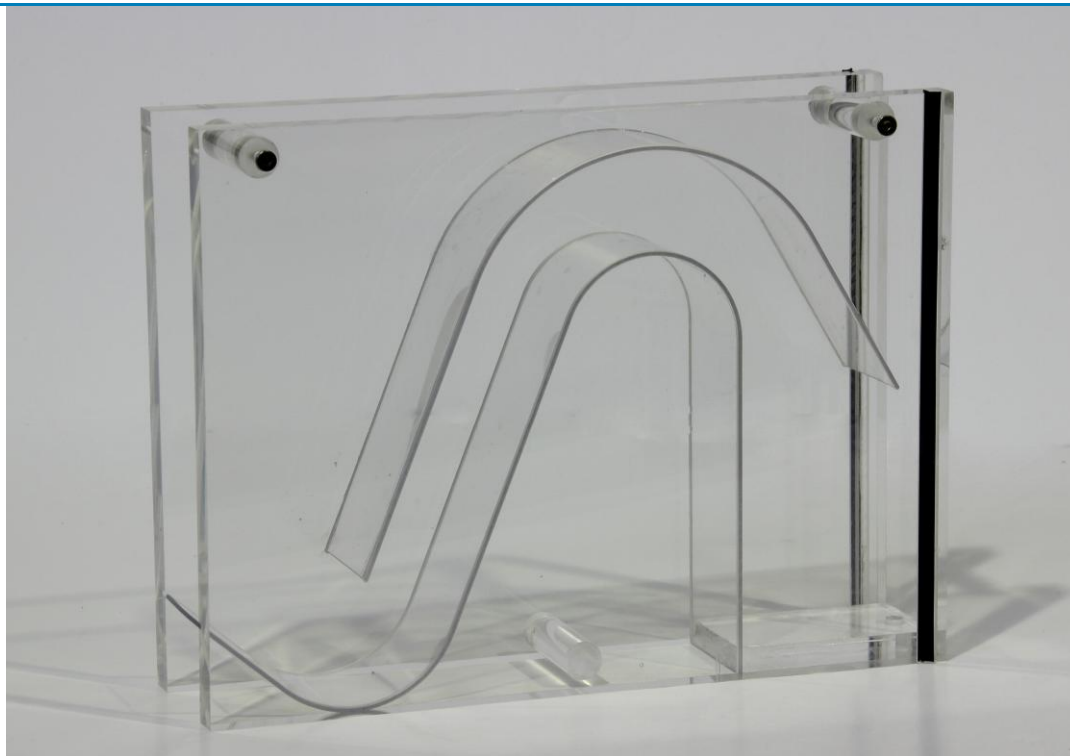


Accesorio Opcional: HD.Z.17 - PRESA-VERTEDERO (Para canal hidrodinámico)

El equipo HD.Z.17 permite realizar un estudio sobre el comportamiento de la presa-vertedero y analizar el caudal de descarga que éste origina.

Características:

- Fácil colocación en la solera del canal.
- Perfiles de goma en los laterales, para estanqueidad.
- Altura del vertedero 150mm.

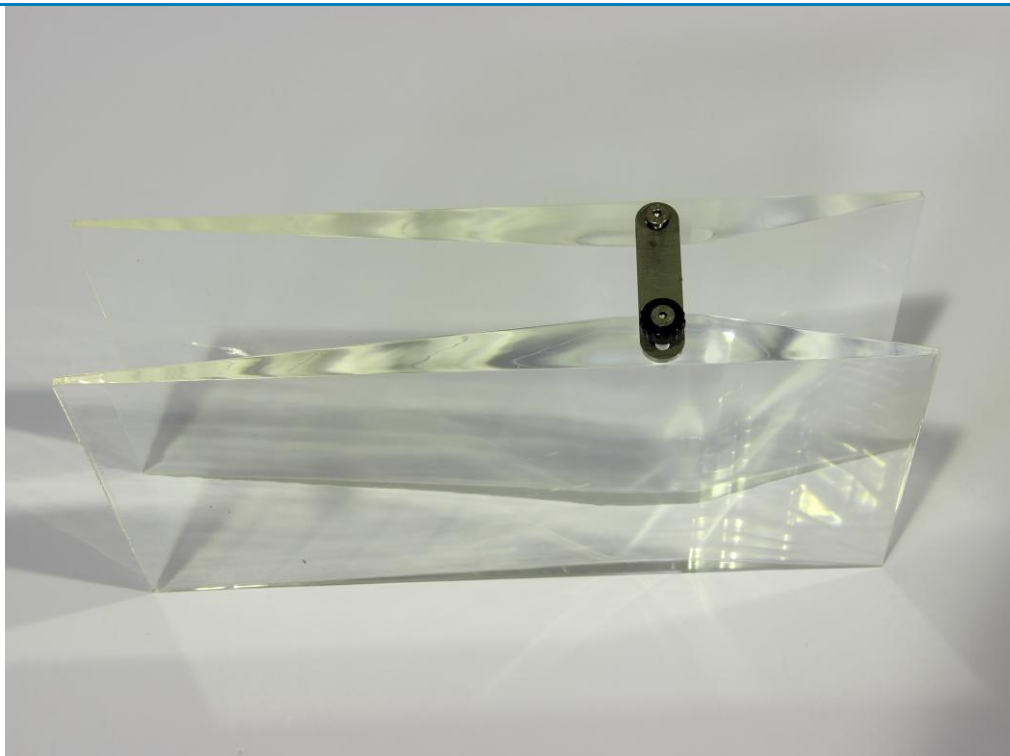


Accesorio Opcional: HD.Z.20 - SIFON (Para canal hidrodinámico)

El accesorio Sifón para canal hidrodinámico, se coloca de forma sencilla en el fondo del canal. Construido con metacrilato transparente, forma un canal cerrado que permite un flujo mayor de agua que un canal abierto, debido al efecto de succión.

Características:

- Perfiles de goma en los laterales del vertedero, para estanqueidad.
- Fácil colocación en la solera del canal.
- Fabricación completa en metacrilato transparente.

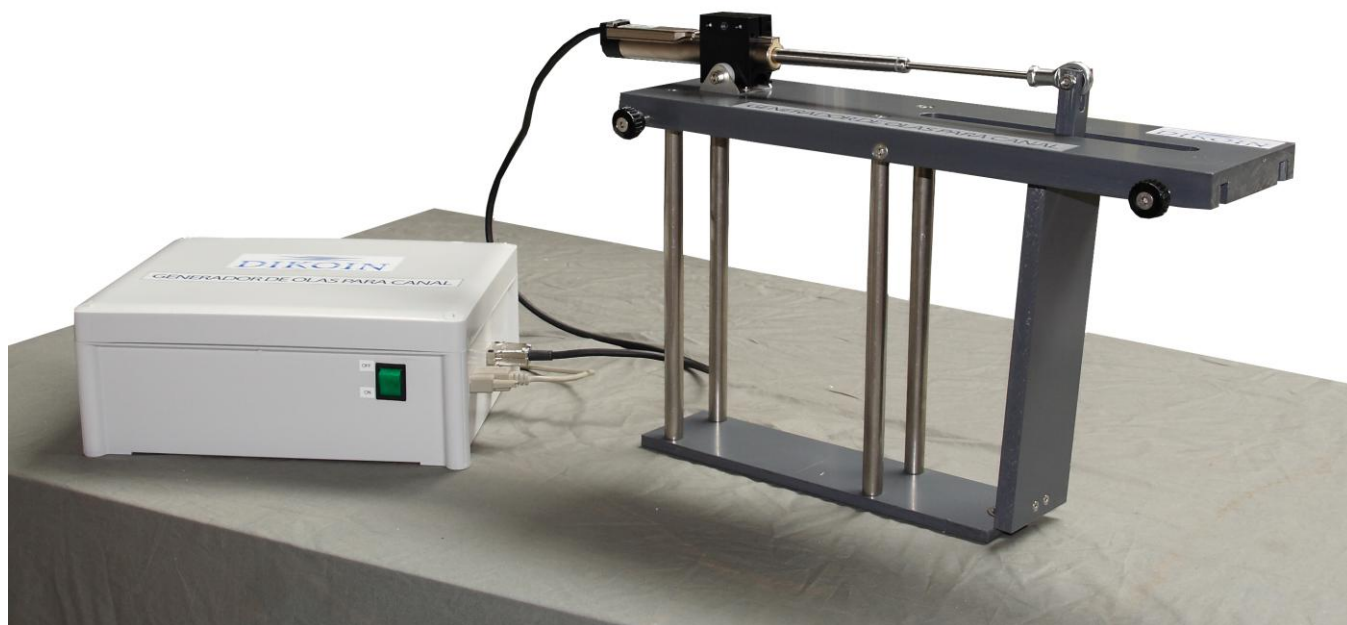


Accesorio Opcional: HD.Z.21 - CANAL DE VENTURI (Para canal hidrodinámico)

El accesorio Canal de Venturi para canal hidrodinámico, se coloca de forma sencilla en el fondo del canal. Construido con metacrilato transparente, forma un estrechamiento en su sección horizontal. Por medio del tubo de pitot, se pueden realizar experimentos según la ecuación de Bernoulli.

Características:

- Fácil colocación en el canal.
- Fabricación completa en metacrilato transparente.



**Accesorio Opcional: HD.Z.50 - GENERADOR DE OLAS**

El generador de olas HD.Z.50, está pensado para su utilización en el canales hidrodinámicos de 80mm en todas sus longitudes, con el fin de poder estudiar el comportamiento de las olas en un entorno controlado.

El equipo dispone de un motor eléctrico que genera un movimiento suave de vaivén sobre una placa que desplaza el agua, con velocidad variable.

Es un equipo compacto, de fácil colocación y fijación en el canal.



Accesorio Opcional: HD.Z.51 - PLAYA LISA DE INCLINACION VARIABLE

El accesorio HD.Z.51, esta pensado para ser utilizado en los canales hidrodinamicos, junto con el HD.Z.50.

Permite variar la inclinacion de la playa de una manera facil, lo que ayuda a observar como se forma la ola en la orilla en diferentes condiciones de trabajo.

La superficie de la playa es impermeable y esta fabricada en acero inoxidable.



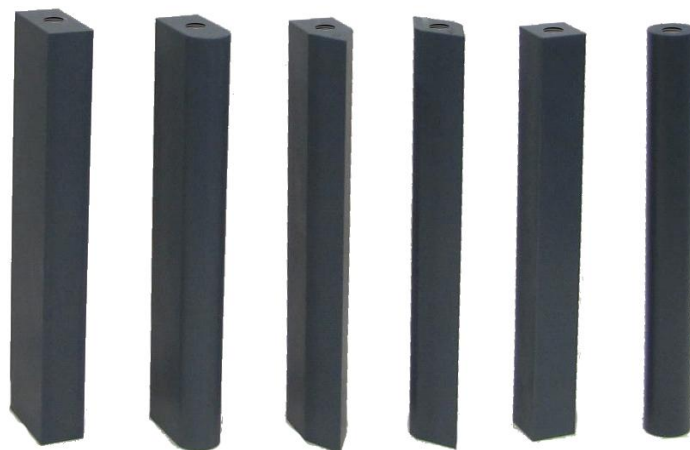
Accesorio Opcional: HD.Z.06 - MEDIDOR DE VELOCIDAD EN AGUA

El medidor de velocidad en agua HD.Z.06 dispone de una pantalla digital y una sonda, que sumergida en el agua, no mostrará la velocidad del flujo a su paso.

Elemento ideal para el estudio de canales de flujo.

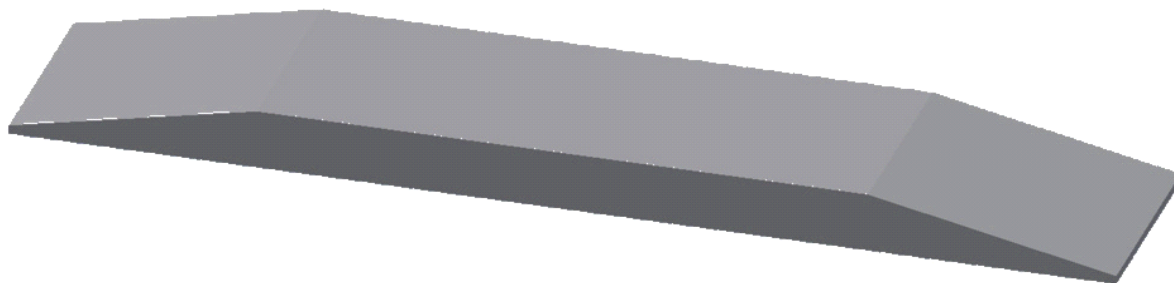
Totalmente portátil y fácil de usar.





Accesorio Opcional: HD.Z.30 - 7 PILARES PARA CANAL HIDRODINÁMICO

Juego de 7 pilares intercambiables de diferentes formas geométricas, para colocación y estudio en canales hidrodinámicos.



Accesorio Opcional: HD.Z.40 - FONDO PLANO CANAL

Este accesorio para el canal hidrodinámico, es un fondo con entrada y salida en ángulo, en el que se puede comprobar claramente el comportamiento del agua y sus perturbaciones.



Accesorio Opcional: HD.Z.07 - INDICADOR DE NIVEL VERNIER

Accesorio compuesto de un limnómetro, unido a un calibre, lo que permite un gran exactitud en las lecturas.

Características:

- Calibre de gran exactitud.
- Acoplamiento fácil a las paredes del canal.



Accesorio Opcional: HD.Z.19 - JUEGO DE VERTEDEROS (TRIANGULAR, RECTANGULAR Y CIPOLETTI)  
Juego de 3 vertederos de pared delgada; Triangular, Rectangular y Cipolletti.

Características:

- Perfiles de goma en los laterales de los vertederos, para estanqueidad.
- Fácil colocación en la solera del canal.
- Parte superior de los vertederos afilada.
- Altura de los vertedero 190mm.

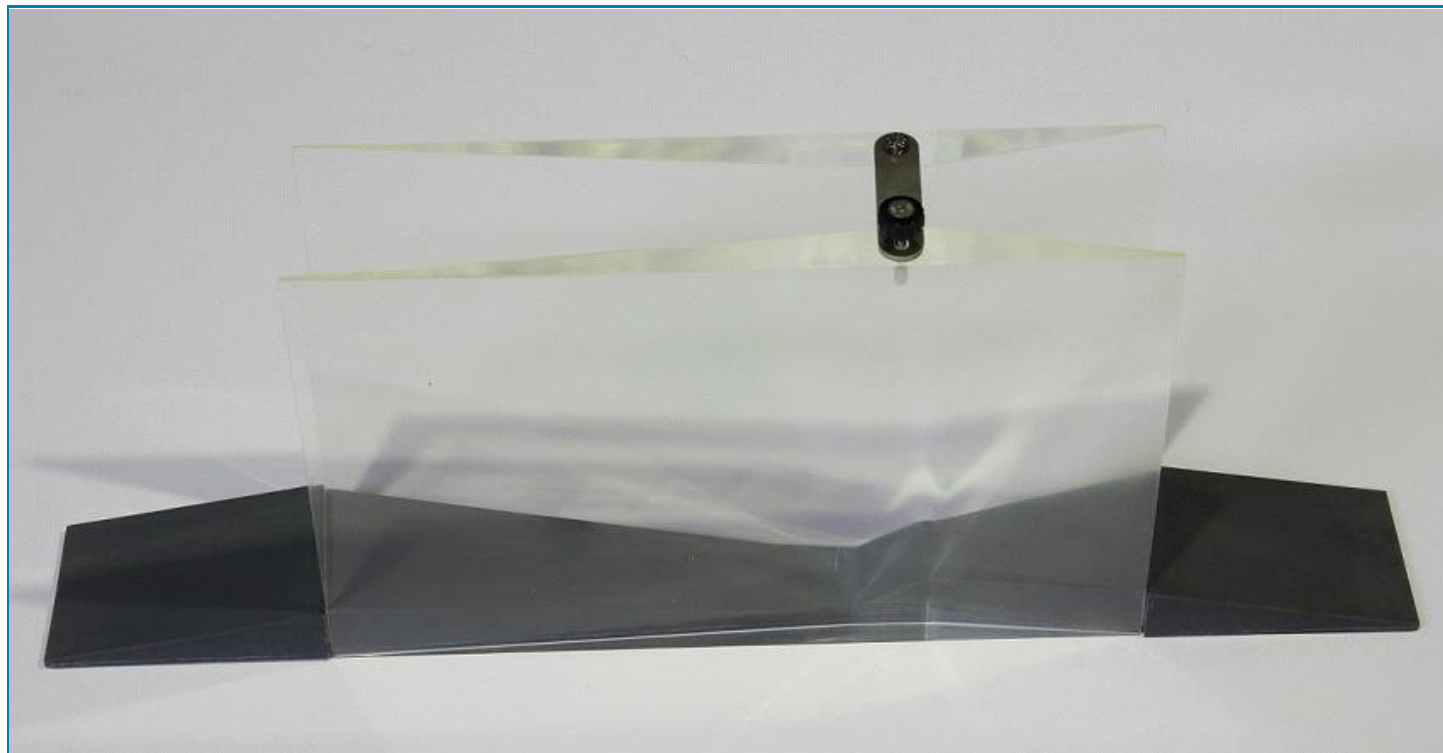


Accesorio Opcional: HD.Z.22 - CANAL DE DRENAJE DE SECCIÓN SEMICIRCULAR Y RECTANGULAR

El canal de drenaje permite la contracción del canal desde su parte superior, ajustable con dos mandos giratorios. Dispone de un calibre para ajustar su posición de una forma muy precisa

Características:

- Fácil colocación en el canal.
- Perfiles de goma en los laterales, para estanqueidad.
- Radios en un extremo de 25 mm, y el otro con cresta afilada.
- Calibre para ajuste exacto de la posición.



**Accesorio Opcional: HD.Z.24 - DISPOSITIVO A CANAL PARSHALL**

El dispositivo a canal Parshall para canal hidrodinámico, se coloca de forma sencilla en el fondo del canal. Por medio del tubo de pitot, se pueden realizar experimentos según la ecuación de Bernoulli.

**Características:**

- Fácil colocación en el canal.
- Fabricación de las paredes en metacrilato transparente.
- Fabricación del fondo en plástico oscuro para mejora de la visualización del fenómeno.



Accesorio Opcional: HD.Z.03 - MULTIMANOMETRO 10 TUBOS  
Multimanómetro de 10 tubos para canal hidrodinámico.

Características:

- Altura 300mm
- Conexiones con doble obturación
- Acoplamiento a canal con regulación de ángulo de inclinación
- Incluye nivel para colocación totalmente horizontal

**PRÁCTICAS REALIZABLES**

• Estudio del flujo a través de canales abiertos, midiendo variables como:

- Altura de agua.
- Velocidad en los distintos puntos de una sección transversal.

• Estudio del flujo uniforme, flujo gradualmente variado y comportamiento de los perfiles superficiales.

• Estudio y utilización de vertederos de pared delgada para la medida de caudales.

- Vertedero rectangular sin contracción lateral.

• Utilización y estudio de vertederos de pared gruesa para la medida de caudales.

- Vertedero rectangular.
- Vertedero triangular.

• Estudio y utilización del canal de Venturi.

• Análisis y estudio del flujo bajo compuertas.

- Compuerta vertical.
- Compuerta radial.

• Estudio del resalto hidráulico.

• Análisis del flujo sobre aliviaderos de presas.

\*Algunas de las prácticas pueden requerir accesorios opcionales.

**DATOS TÉCNICOS****Conformado por:**

- Canal, estructura de soporte.
- Mecanismo de regulación de caudal.
- Sistema de estabilización de flujo compuesto por panel de abeja a la entrada, para minimizar turbulencia.

**Materiales utilizados:**

- Todos los materiales utilizados son resistentes a la corrosión, especialmente en las zonas en contacto con el agua.
- Canal: Acero inoxidable tratado.
- Paredes canal: Vidrio laminado, templado y viselado de 10mm de espesor.
- Depósitos: Acero inoxidable tratado.
- Patas: Acero tratado y pintado.

**Sección de trabajo:**

- Sección de trabajo (alto/ancho): 300 / 87 mm.
- Longitud: 2.500 mm.

**Pendiente:**

- Regulable -1%+3% de su longitud.

**Caudalímetro:**

- Rotámetro: 1.000 a 10.000 l/h.

**REQUERIMIENTOS**

- Banco Básico de Hidráulica 250 l, equipo FL 01.6 (no incluido).
- Para realización de algunas de las prácticas, se requieren accesorios de la gama HD.Z.xx.

**NOTA: La imagen mostrada es orientativa.**