

**TEMA7 : Fluidos**  
**Capitulo 2. Hidrodinámica**

# **TEMA7 : Fluidos**

## **Capitulo 2. Hidrodinámica**

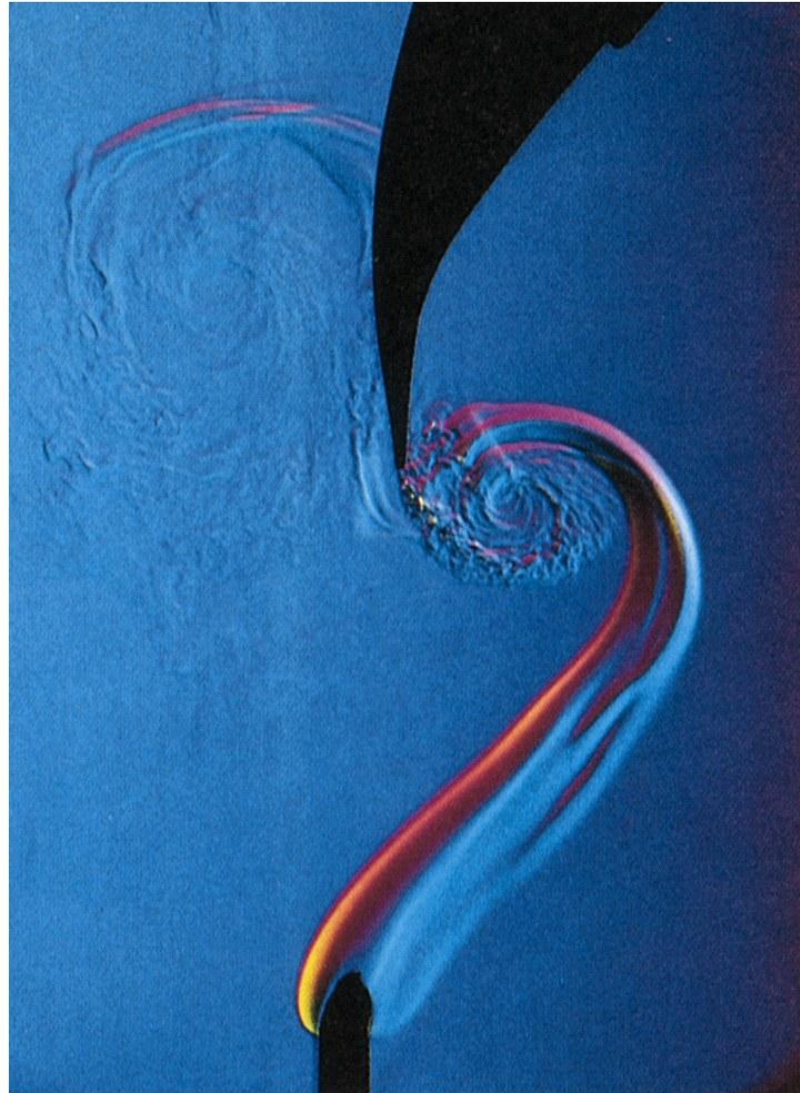
- ❑ Ley de continuidad.
- ❑ Fluidos sin viscosidad.
- ❑ Efecto Venturi.
- ❑ Aplicaciones.
- ❑ Viscosidad.
- ❑ Régimen laminar y turbulento.

# Hidrodinámica

## □ **Movimiento de los fluidos**

- Moléculas se pueden mover libremente
- Ecuaciones de Newton para cada partícula
- En determinados casos se puede definir un flujo conjunto
- Se caracteriza por los vectores velocidad en cada instante para todos los puntos: ***campo de velocidades***
  - Uniendo líneas tangentes a cada vector: "líneas de corriente"
  - Siguiendo una partícula: "trayectoria" o "línea de flujo".
- **Régimen estacionario:**
  - Todas las partículas que pasan por un punto siguen la misma línea de flujo
  - La velocidad en cada punto del espacio permanece constante en el tiempo
  - Las líneas de corriente coinciden con las líneas de flujo
  - No hay mezcla de fluidos en entre líneas de flujo diferentes.

# Humo que sale de un cigarrillo



A principio el humo asciende mediante un flujo regular, el **flujo laminar**, pero rápidamente este movimiento se hace **turbulento**, de tal forma que el humo hace remolinos irregulares.

# Ecuación de continuidad

## ❑ **Fluido ideal**

- No viscoso. No hay fricción.
- Incompresible. Densidad constante (independiente de P)

## ❑ **Tubo de flujo o de corriente**

- Conjunto de líneas de flujo que atraviesan una superficie cerrada
  - En **régimen estacionario** se comportan como tuberías por las que circula el fluido sin atravesar las paredes.

# Ecuación de continuidad

□ **Suponiendo** densidad constante y régimen estacionario. Si no existen manantiales ni sumideros en el tubo:

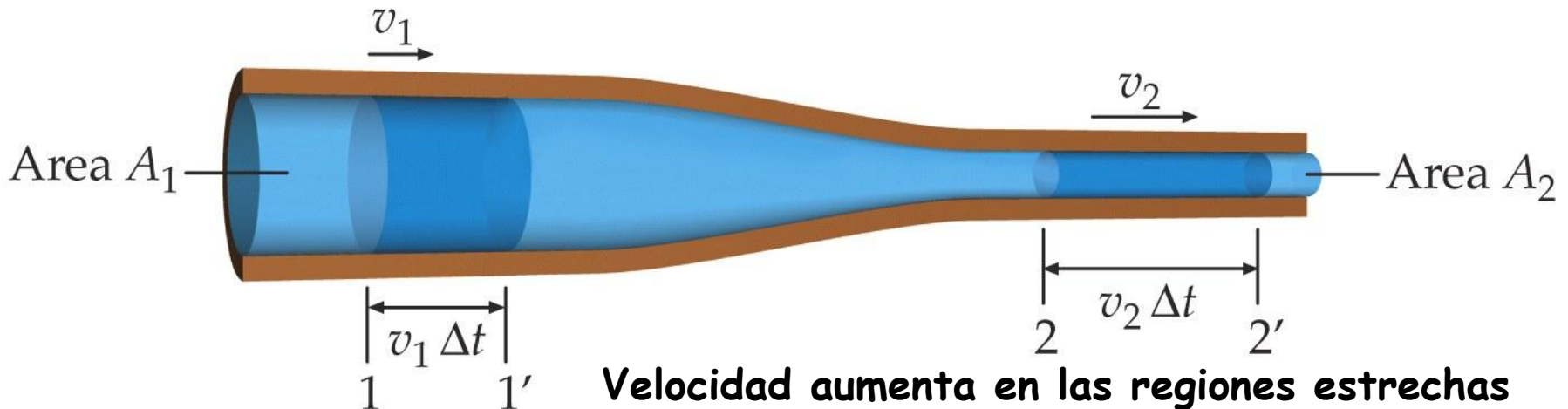
➤ **El volumen de fluido que entra por un tubo es la misma que la que sale en el mismo tiempo:**

$$\Delta V = A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t$$

➤ **El caudal es el mismo** a través de cualquier sección del tubo.

$$A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t = A_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t$$

$$I_v = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = A \cdot v = cte$$



# Teorema de Bernoulli

## □ Hipótesis

- Fluido incompresible (densidad constante)
- Régimen sin rozamiento (sin pérdida de energía)

## □ Conservación de la energía mecánica

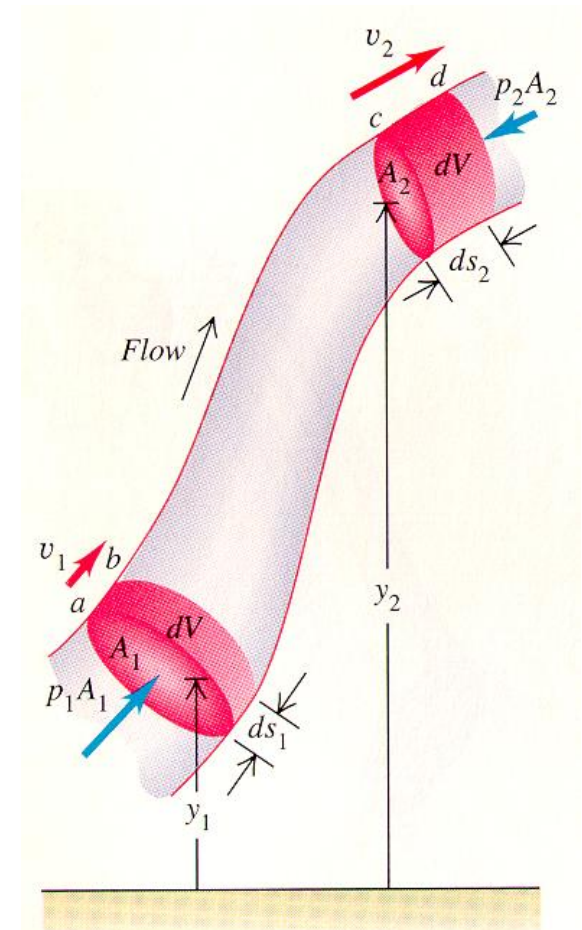
$$W = \Delta E_c + \Delta U$$

- Variación de energía cinética

$$\Delta E_c = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

- Variación de energía potencial

$$\Delta U = mgz_2 - mgz_1$$



# Teorema de Bernoulli

➤ **Trabajo realizado**

$$W = F_1 \cdot \Delta x_1 + (-F_2) \cdot \Delta x_2 = p_1 \cdot A_1 \cdot \Delta x_1 - p_2 \cdot A_2 \cdot \Delta x_2$$

$$W = p_1 \cdot \Delta V - p_2 \cdot \Delta V$$

Sustituyendo

$$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 + mgz_2 - mgz_1 = p_1\Delta V - p_2\Delta V$$

Dividiendo por el volumen

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



# Ecuación de Bernoulli

- ▣ **Para un fluido ideal** (constante, no viscoso, incompresible y sin rozamiento).
  - En el movimiento de un fluido la suma de la presión hidrostática más la debida a la altura más la debida a la velocidad se **mantiene constante** en todos los puntos de una línea de flujo.

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z = cte$$

- **Si el fluido está en reposo ( $v_1 = v_2 = 0$ ):**

$$p_1 + \rho g z_1 = p_2 + \rho g z_2$$

$$p_2 = p_1 + \rho g h$$

# Ley de Torricelli

## Ejemplo: Un depósito agujereado

Un depósito grande de agua, abierto por arriba, tiene un orificio pequeño a una distancia  $\Delta h$  por debajo de la superficie del agua. Hallar la velocidad del agua cuando escapa por el orificio.

Aplicamos la **ley de Bernoulli** a los puntos  $a$  y  $b$  y despreciamos la velocidad del agua en el punto  $a$  ( $v_a=0$ ):

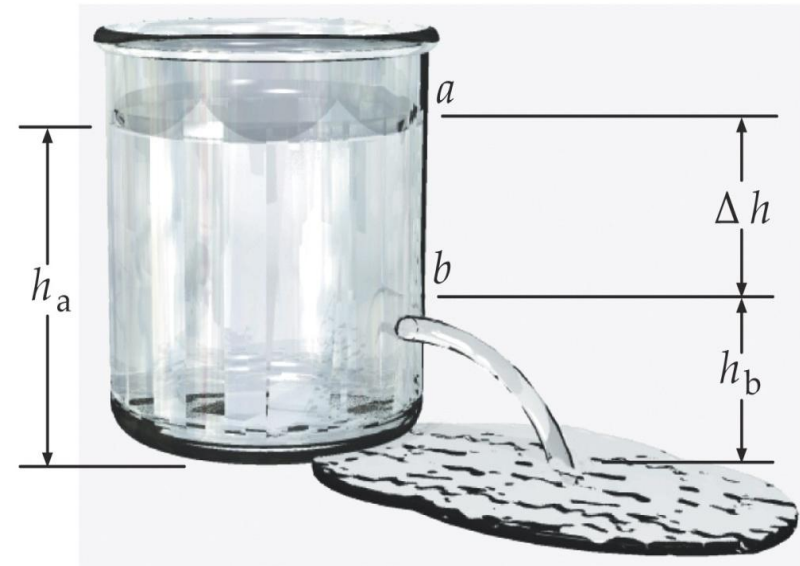
$$p_a + \rho g h_a + 0 = p_b + \rho g h_b + \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

$$p_a = p_b = p_{atm}$$

$$p_{atm} + \rho g h_a + 0 = p_{atm} + \rho g h_b + \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

$$v_b^2 = 2g(h_a - h_b) = 2g\Delta h$$

$$v_b = \sqrt{2g\Delta h}$$



El agua sale del orificio con una velocidad igual a la que tendría si cayese en caída libre desde una distancia  $h$ .

Este resultado se conoce como **ley de Torricelli**.

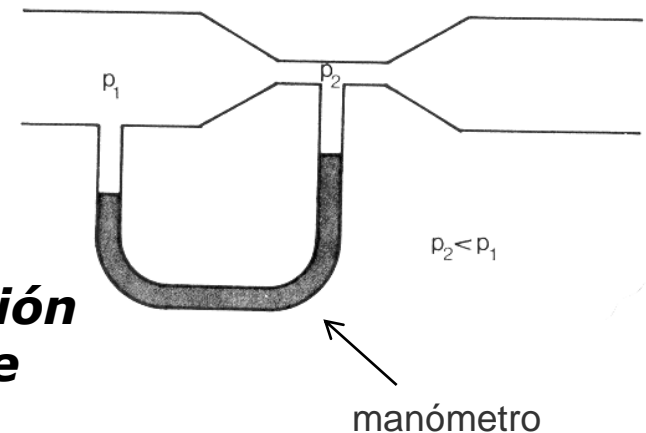
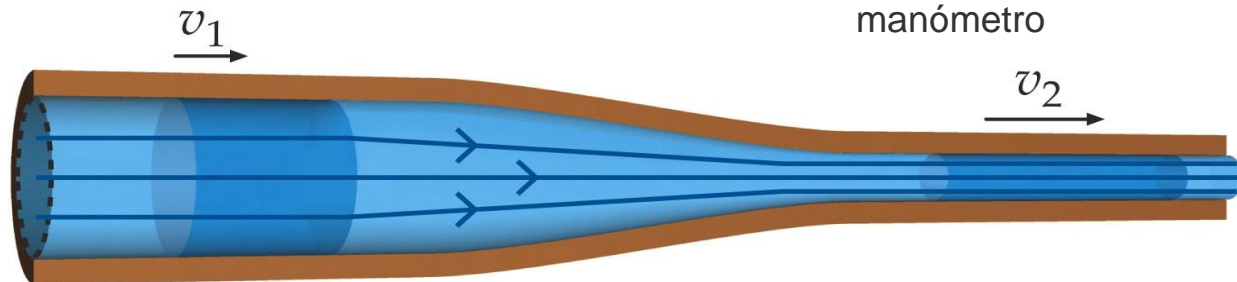
# Efecto Venturi

- Movimiento de un fluido por tubo horizontal que presenta un **estrechamiento**
  - Por la **ecuación de continuidad** ( $A \cdot v = \text{cte}$ ):
    - Al ser menor el área  $A$ , **aumenta su velocidad**
  - Por la **ecuación de Bernoulli**, con ambas partes del tubo a la misma altura ( $p + 0.5\rho v^2 = \text{cte}$ )
    - **Si aumenta velocidad disminuye la presión**

$$p_2 = p_1 - \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

***Si en una conducción disminuye su sección sin variar su altura su presión disminuye***

El espaciado entre las **líneas de corriente** denota la velocidad del flujo.



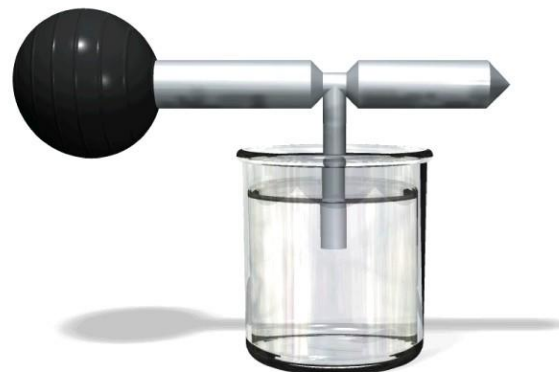
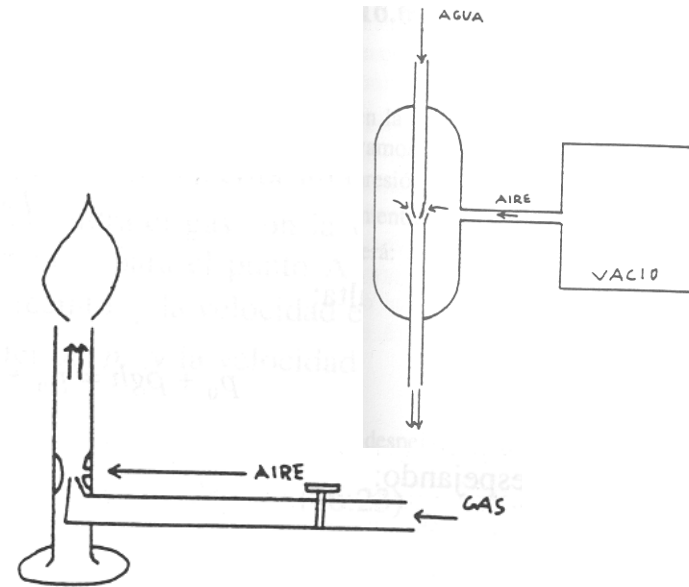
# Efecto Venturi. Aplicaciones

- ❑ Conducción a gran velocidad comunicada con recinto con fluido en reposo

- **Trompa de agua**

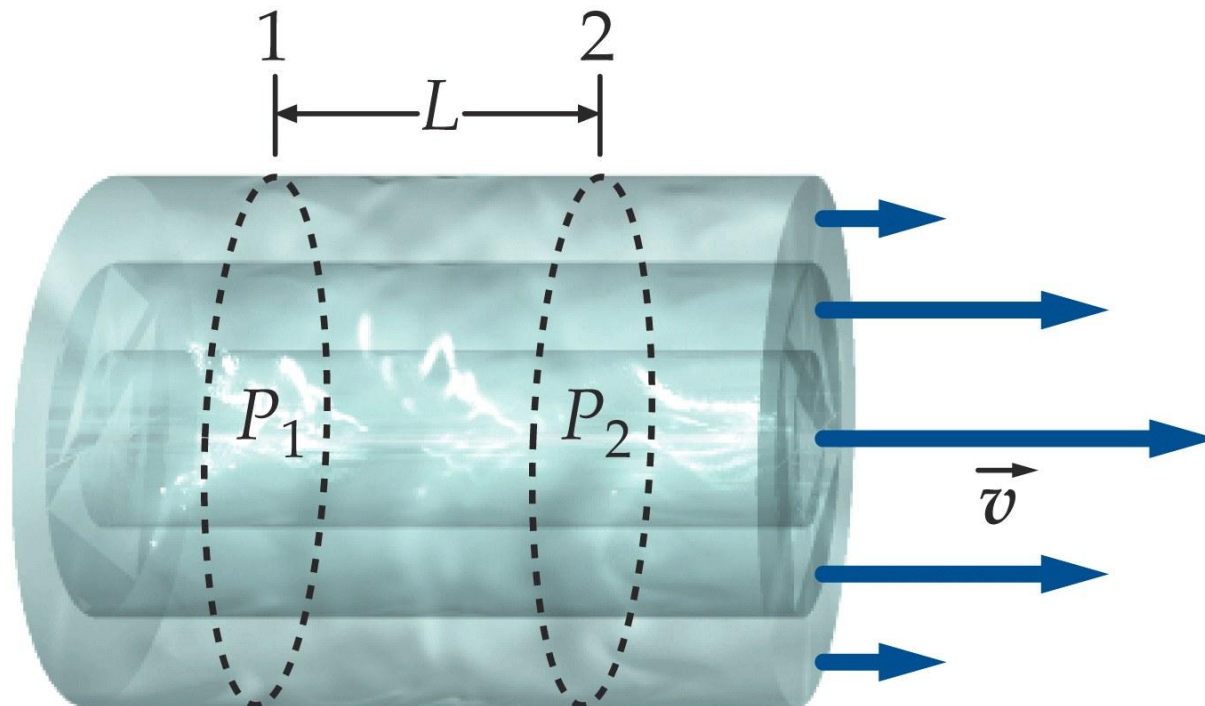
- **Mechero Bunsen**

- **Pulverizador**



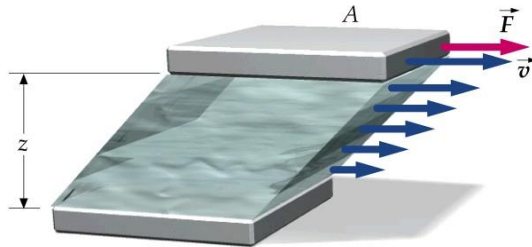
# Viscosidad

- Cuando un **fluido viscoso fluye por una tubería**, su velocidad es mayor en el centro de la misma. Próximo en las paredes de la tubería el fluido tiende a permanecer en reposo. Estas fuerza de resistencia se denomina **fuerzas viscosas**. La velocidad del fluido varia a lo largo del diámetro de la tubería siendo mayor cerca de su centro y menor cerca de sus bordes.



# Viscosidad

- ❑ **Rozamiento entre capas de fluido** que se desplazan unas respecto a otras.
- ❑ La **fuerza tangencial** entre dos capas de fluido separadas una distancia  $dz$  entre las que existe una diferencia de velocidad  $dv$  tiende a frenar la capa rápida y a arrastrar la lenta:

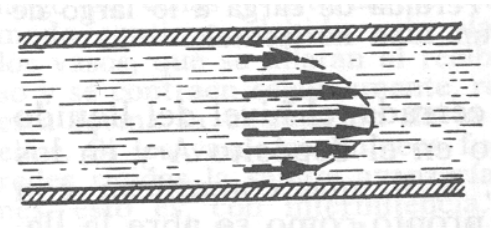
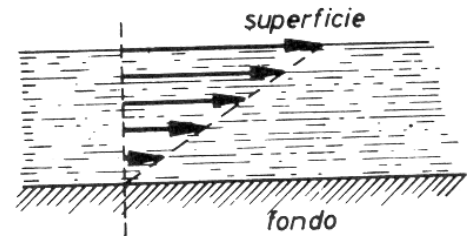


$$F = \eta \cdot A \frac{dv}{dz}$$

- ❑ **Fuerza viscosa** es proporcional al gradiente de velocidad y a la superficie de las capas de fluido arrastradas
- ❑ El coeficiente característico del fluido se denomina **Coefficiente de viscosidad**

# Régimen laminar

- ❑ Las líneas de corriente no se cruzan
- ❑ Unas capas deslizan sobre otras con distinta velocidad
- ❑ Líneas de flujo coinciden con líneas de corriente
- ❑ Gradiente de velocidad en el eje  $Z$ :
  - **Canal abierto**: Máxima velocidad superficie y nula el fondo
  - **Tubería**: Velocidad nula en las paredes y máxima en el centro
- ❑ Conservación de energía
  - Un nuevo término para la disipación (viscosidad)
    - Pérdida de energía en forma de calor



Cuando la velocidad de flujo de un fluido resulta suficientemente grande, se rompe el flujo laminar y se establece la turbulencia (**Número de Reynolds**  $> 3000$ )

# Ejercicio

Un depósito grande de agua tiene, a una profundidad respecto a la superficie libre del agua, un orificio prolongado por un pequeño tubo, como puede verse en la figura. Hallar la distancia  $x$  alcanzada por el flujo de agua que sale por el tubo. Supóngase que el flujo es laminar y no viscoso.

