

# UNIDAD I: ELECTROSTÁTICA

TEMA: HIDRODINÁMICA

4° medio A – B – C – D – E



EDUCACIÓN  
MEDIA

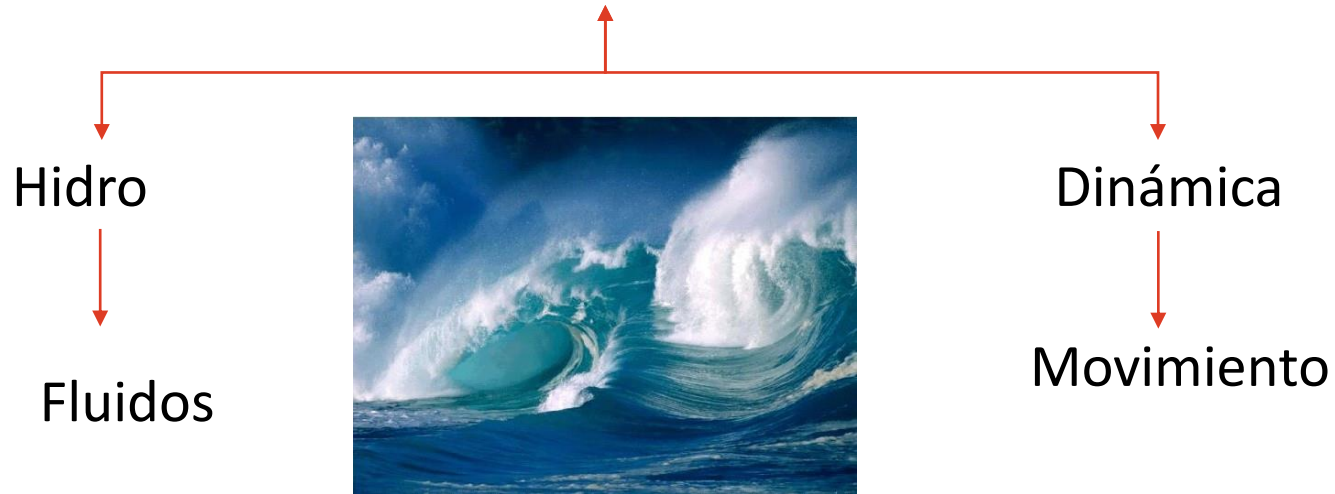


**NORTH AMERICAN COLLEGE**  
HACIA UN FUTURO CON FE  
BUILD YOUR FUTURE WITH FAITH



# Definición:

## Hidrodinámica



Hidrodinámica: Estudio de los fluidos en movimiento



# Característica de fluidos: Viscosidad.

Observemos la siguiente ilustración, en la cual se muestran distintos líquidos que fluyen libremente de un recipiente a otro.

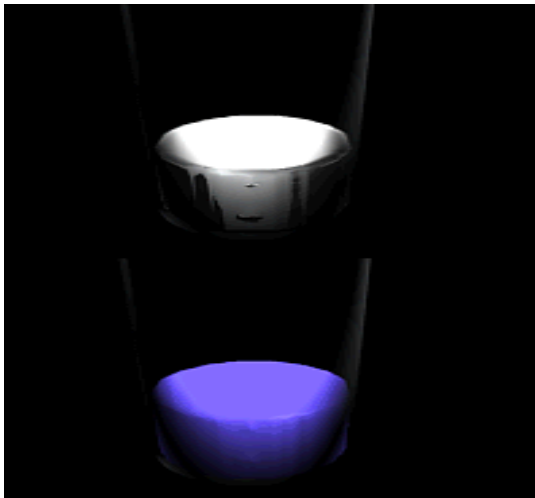


Se puede apreciar la dificultad de fluir de un recipiente a otro de los últimos líquidos, y que los primeros han llenado más volumen del recipiente donde son vertidos en el mismo tiempo, por lo que, la rapidez con que fluyen es mayor.



# Viscosidad

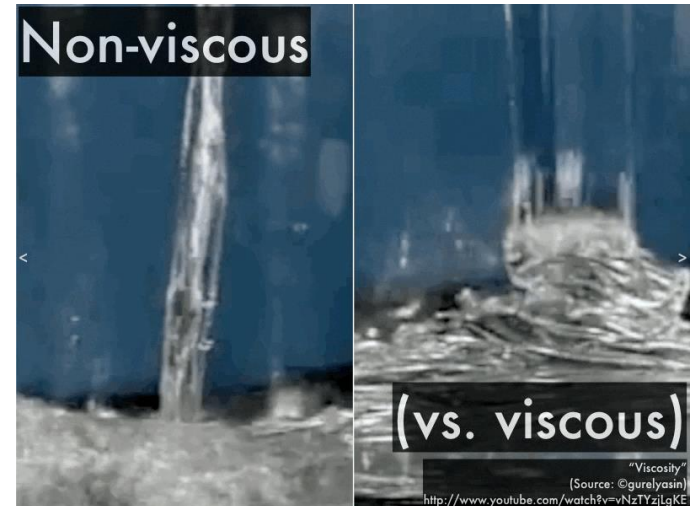
- El concepto de viscosidad se relaciona con la capacidad de fluir de los líquidos, que tiene directa relación con la fricción interna de las moléculas que los constituyen. Una definición práctica de este fenómeno se puede resumir como la resistencia al flujo que experimentan los líquidos.



## DATO

En la práctica, todos los líquidos presentan algún grado de viscosidad, por lo que solo hipotéticamente se puede considerar a un líquido sin viscosidad, al que se denomina "fluido ideal".

## Non-viscous



(vs. viscous)

"Viscosity"  
(Source: ©gurelyasin)  
<http://www.youtube.com/watch?v=vNzTYzJgKE>



# Viscosidad depende de la temperatura

- Los líquidos disminuyen su viscosidad conforme aumenta su temperatura, lo que se debe al incremento de la energía cinética de las moléculas, en desmedro de las fuerzas de atracción entre dichas moléculas. La viscosidad es propia de cada material, debido a que el grado de atracción entre las moléculas de los líquidos es distinta. Por ejemplo, el agua, el alcohol y el aceite presentan viscosidades diferentes. Por el contrario, la viscosidad de un material puede llegar a ser tan alta que un líquido puede llegar a tener formas definidas y no adaptarse a la forma del recipiente que lo contiene. Un ejemplo característico es el manjar, el que, al introducirlo a un vaso, no toma la forma de este hasta que adquiere la temperatura ambiente.







# Viscosidad de ciertos fluidos

| Fluido            | T (°C) | Viscosidad (N · s/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|--------|------------------------------------|
| Agua              | 20     | $1,0 \times 10^{-3}$               |
| Agua              | 100    | $0,3 \times 10^{-3}$               |
| Sangre            | 37     | $2,7 \times 10^{-3}$               |
| Glicerina         | 20     | $1.500 \times 10^{-3}$             |
| Aceite para motor | 30     | $250 \times 10^{-3}$               |



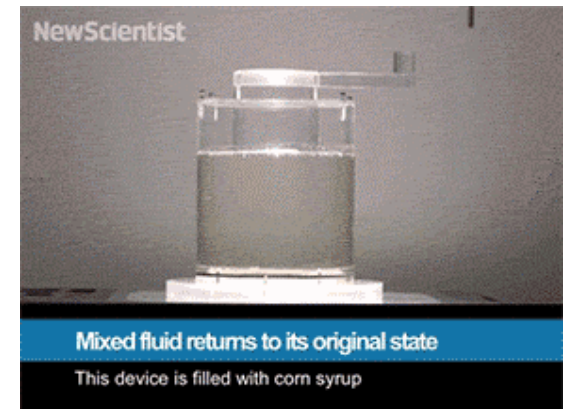
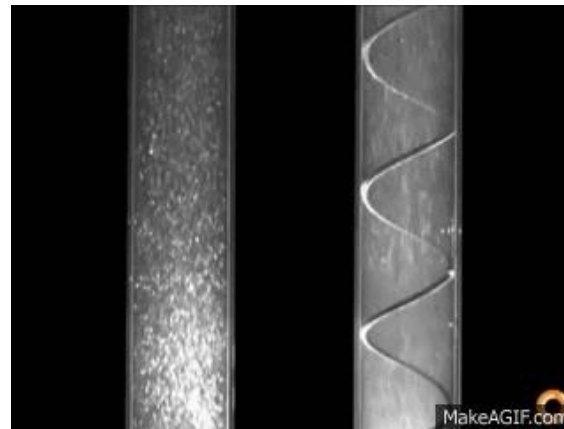
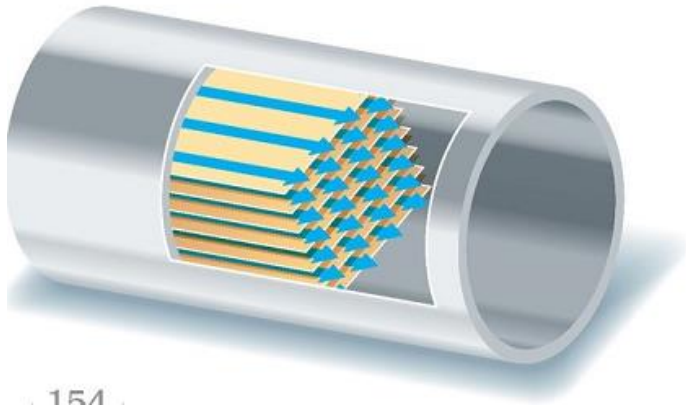
¿Por qué crees que el comportamiento del agua en ambas fotografías es distinto?





# Flujo Laminar

- En un fluido en movimiento, se habla de un flujo laminar cuando una molécula del fluido se desplaza de un punto a otro por un camino rectilíneo y de igual forma lo hacen las moléculas que están detrás, siguiendo la misma ruta, unas tras otras, tal que forman conjuntos de moléculas en forma de capas; y así, sucesivamente, forman una serie de capas.

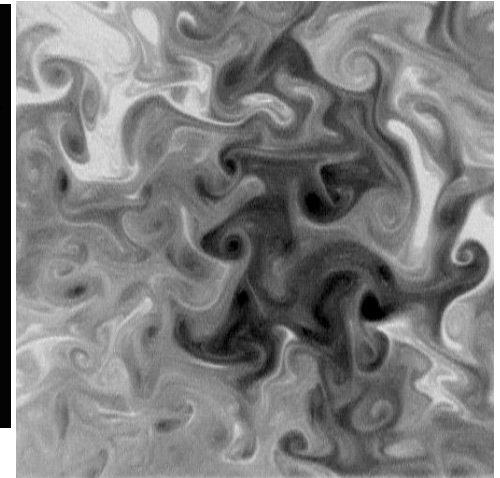
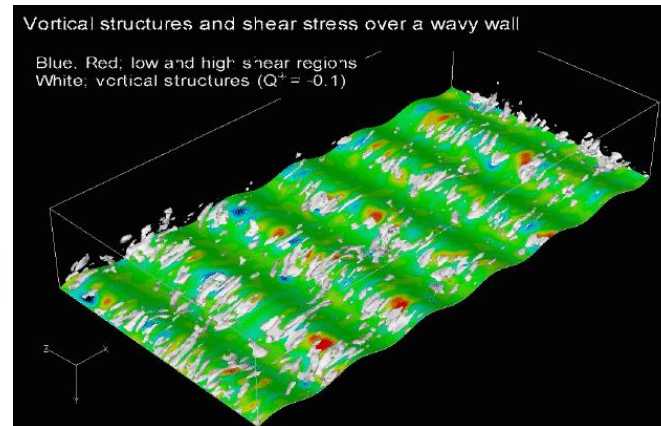






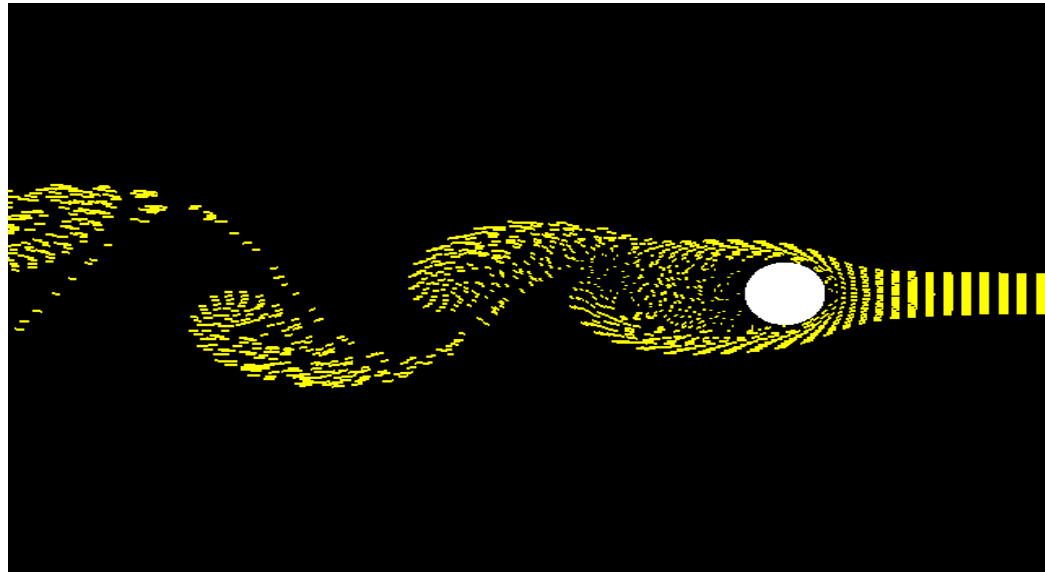
# Flujo Turbulento

- Cuando cada molécula se desplaza con una dirección y rapidez distintas a las de las otras, sin ningún orden aparente, el flujo se define como flujo turbulento.





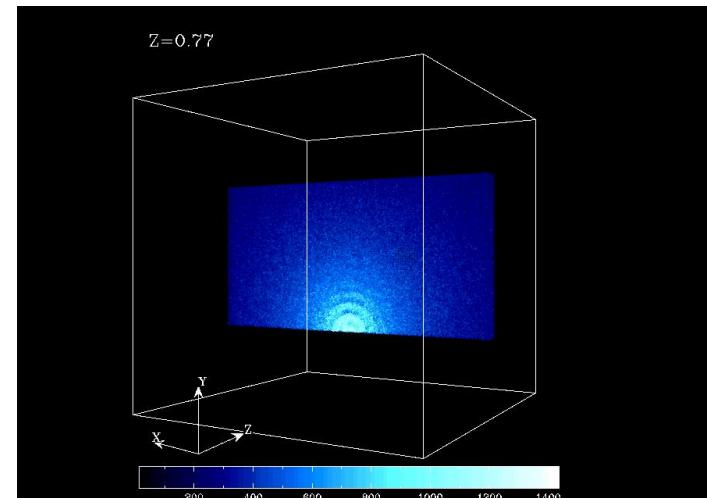
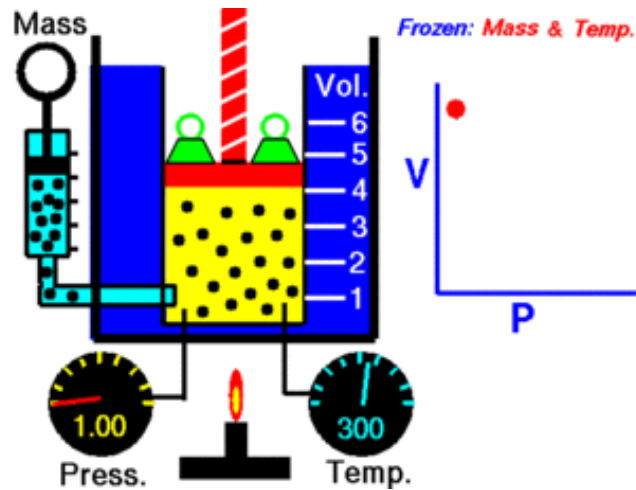
- Una de las principales causas que generan un flujo turbulento son los obstáculos que desvían y cambian la dirección de una molécula, con lo que dan origen a un desorden durante el desplazamiento de un líquido o gas.
- El estudio de los fluidos en movimiento es complicado, si se hace siguiendo el movimiento de una partícula. Por esto, lo que se hace es elegir un volumen de control, analizando las variables tales como la presión, la velocidad, la densidad y la temperatura del fluido en estudio.





# Fluido compresible e incompresible

- Fluidos compresibles: son aquellos fluidos que varían su volumen durante el movimiento y, por ende, varía su densidad. Esto se da principalmente en los gases.
- Fluidos incompresibles: son aquellos fluidos que no varían su volumen y, por ende, no varían su densidad durante su flujo.





# Fluidos ideales

- Un flujo es estacionario cuando la velocidad del fluido en algún tiempo elegido (cualquiera que sea) no varía en el tiempo.
- En el estudio de los fluidos en movimiento es necesario definir el concepto de fluido ideal, ya que en adelante se estudiarán estos. Entonces, podemos definir un fluido ideal, el cual debe cumplir con las siguientes características:
- No debe ser viscoso, es decir, no debe presentar resistencia al movimiento.
- Debe ser incompresible, esto es, que la densidad del fluido no varíe.
- El flujo no debe ser turbulento, es decir, no deben existir remolinos en el flujo.
- El flujo debe ser estable, esto es, que la velocidad, la densidad y la presión del fluido no cambien en el tiempo, en un punto determinado.







# Caudal

- Si se abren dos llaves durante 10 segundos y se llena con cada una un jarro, como se muestra en las siguientes fotografías, ¿por qué el volumen de agua de los jarros es distinto si ambas llaves estuvieron abiertas durante igual tiempo?





# Definición de Caudal

- La cantidad de volumen ( $V$ ) de un fluido que atraviesa una sección transversal por unidad de tiempo se denomina caudal ( $Q$ ) y está dado por la siguiente expresión:

$$Q = \frac{V}{t}$$

En el Sistema Internacional de Unidades, el caudal volumétrico se mide en ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).



# Ejemplos



1. Por un canal fluyen  $40 \text{ m}^3$  de agua en 4 s. ¿Cuál es el valor del caudal volumétrico del canal? Exprésalo en L/s

*Datos :*

$$V = 40(\text{m}^3)$$

$$t = 4(\text{s})$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{40}{4} = 10 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

$$1000(L) = 1(\text{m}^3)$$

$$10 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = 10 \left( \frac{1000L}{\text{s}} \right) = 10000 \left( \frac{L}{\text{s}} \right)$$



2. Un vaso de  $0,2 \text{ m}^3$  de volumen es llenado con agua de una botella. Si el caudal del agua que sale por la botella es de  $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ , ¿en cuánto tiempo se llenará el vaso?

*Datos :*

$$V = 0,2(\text{m}^3)$$

$$Q = 0,05\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$$

$$Q = \frac{V}{t} \Rightarrow t = \frac{V}{Q}$$

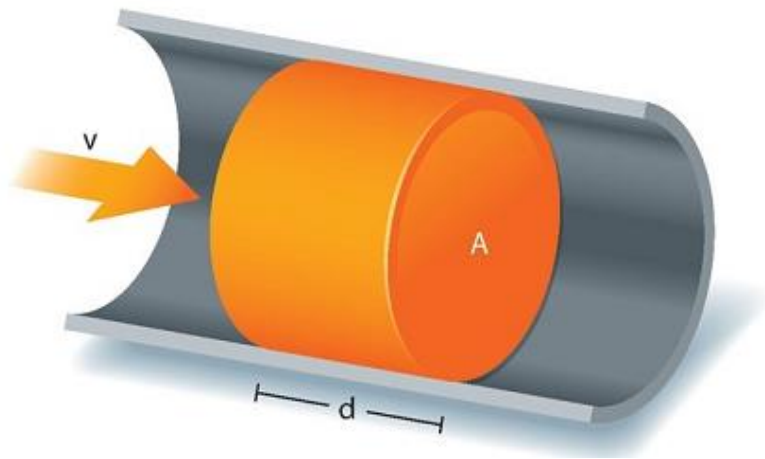
$$t = \frac{0,2}{0,05} = 4(\text{s})$$





# Otra expresión para el caudal

- Considere la siguiente situación:



$$Q = \frac{V}{t}, \quad V = A \cdot d$$

$$Q = \frac{A \cdot d}{t} = A \cdot \frac{d}{t}$$

$$Q = A \cdot v$$



2. Si el caudal en una sección transversal de  $0,125 \text{ m}^2$  es de  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ . ¿Cuál es la velocidad del fluido en dicho punto?

*Datos :*

$$A = 0,125 \left( \text{m}^2 \right)$$

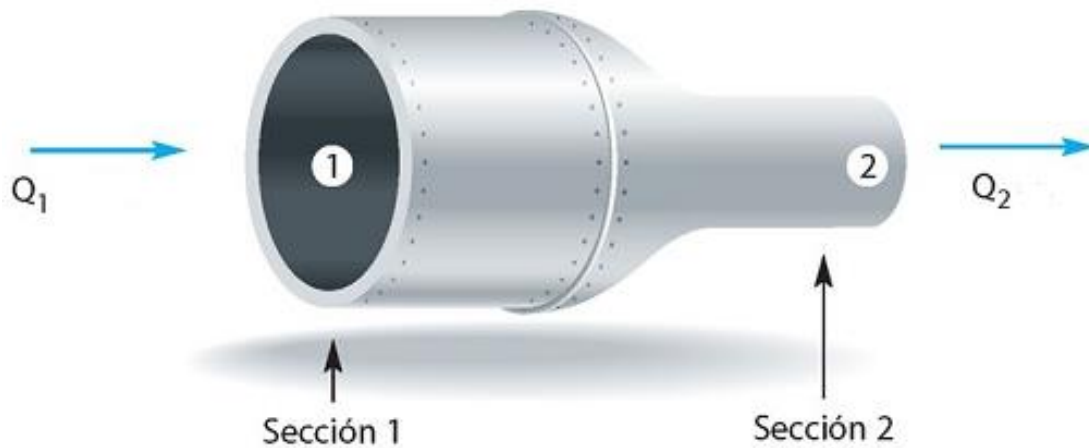
$$Q = 0,25 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

$$Q = A \cdot v \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,25}{0,125} = 2 \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$



# Ecuación de continuidad



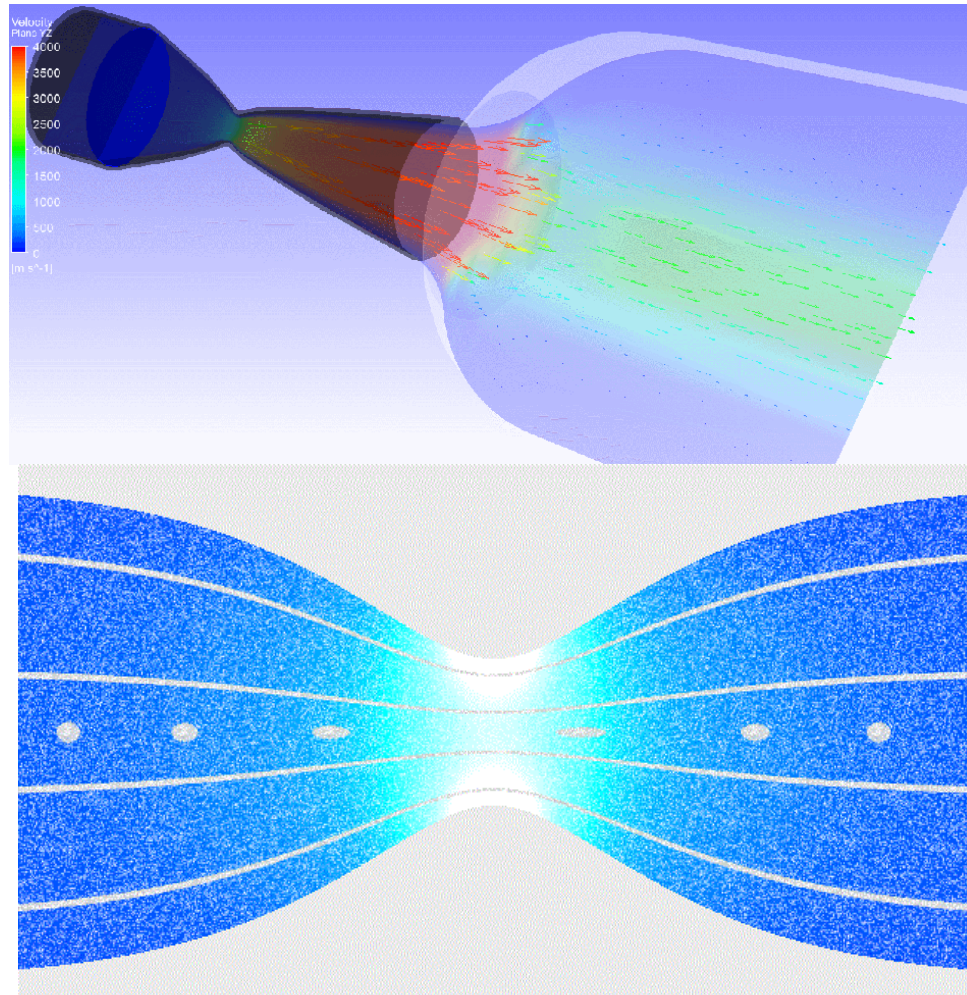
$$Q_1 = Q_2$$

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

Esto quiere decir que el caudal se mantiene constante entre dos puntos. En estricto rigor, se debe hablar de continuidad de un fluido o principio de conservación de la masa.



Si analizamos la situación anterior, podemos observar claramente que la sección transversal en el punto 1 es mayor que la sección transversal en el punto 2. Para que el caudal sea el mismo por unidad de tiempo debe aumentar la velocidad con la que pasa el agua por ese punto. De esta forma se cumple la continuidad del fluido.



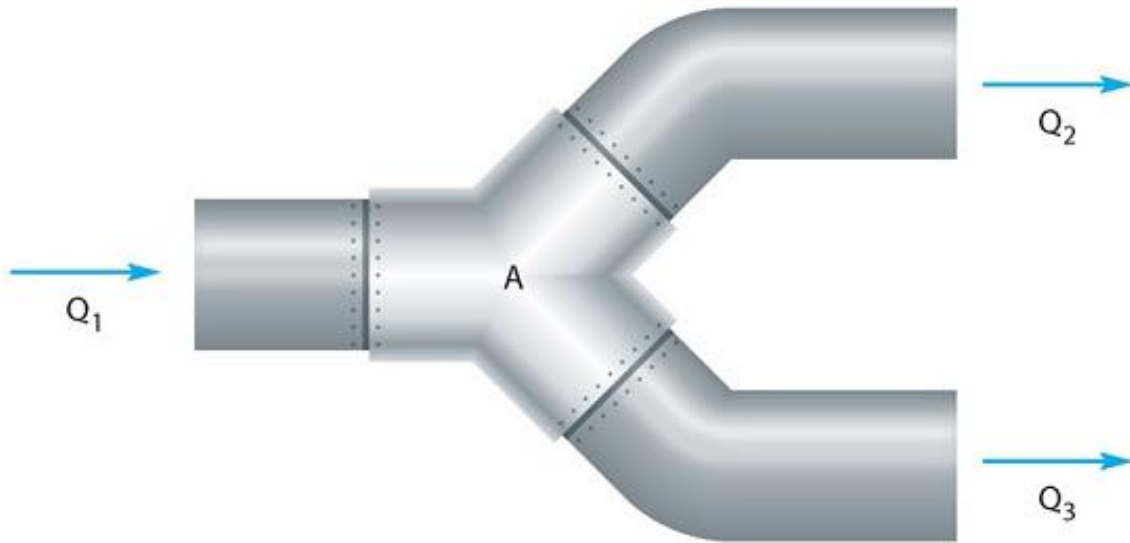


Esto explica por qué al tapar el extremo de la manguera el agua sale con mayor rapidez y el alcance horizontal es mayor. Cuando ponemos nuestro dedo en el extremo de la manguera disminuimos el área de la sección transversal por la que está saliendo el agua; entonces, para que el caudal sea constante, el agua debe salir por el extremo de la manguera con mayor velocidad, puesto que se cumple la continuidad del fluido.





# Bifurcaciones



$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$





1. Por el tubo de la figura circula agua. La sección transversal disminuye su área de  $0,125 \text{ m}^2$  a  $0,0625 \text{ m}^2$ . Si el caudal en la sección A es de  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$  y no existen pérdidas, determina la rapidez del agua en los puntos A y B.

*Datos :*

$$A_A = 0,125(\text{m}^2)$$

$$A_B = 0,0625(\text{m}^2)$$

$$Q_A = 0,25\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$$

$$Q_A = A_A \cdot v_A \Rightarrow v_A = \frac{Q_A}{A_A} = \frac{0,25}{0,125} = 2\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$A_A \cdot v_A = A_B \cdot v_B$$

$$0,125 \cdot 2 = 0,0625 \cdot v_B$$

$$v_B = \frac{0,125 \cdot 2}{0,0625} = 4\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$



2. Por una manguera, cuyo diámetro es de 1 cm, sale agua a razón de 20 cm/s. Determina la rapidez de salida cuando el área de esta sección se reduce a la mitad.

*Datos :*

$$d_1 = 1(\text{cm})$$

$$v_1 = 20\left(\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right)$$

$$A_2 = \frac{A_1}{2}$$

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

$$A_1 \cdot v_1 = \frac{A_1}{2} \cdot v_2$$

$$2v_1 = v_2$$

$$v_2 = 2 \cdot 20 = 40\left(\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right)$$



3. Por una cañería de sección transversal diferente, pasa agua. En la sección donde el agua tiene una velocidad de 20 m/s, el diámetro es de 5 cm. ¿Cuál será la velocidad del fluido si el diámetro aumenta el doble?

*Datos :*

$$d_1 = 5(\text{cm})$$

$$v_1 = 20\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$d_2 = 2d_1$$

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

$$\frac{d_1^2}{4} \cdot v_1 = \frac{d_2^2}{4} \cdot v_2$$

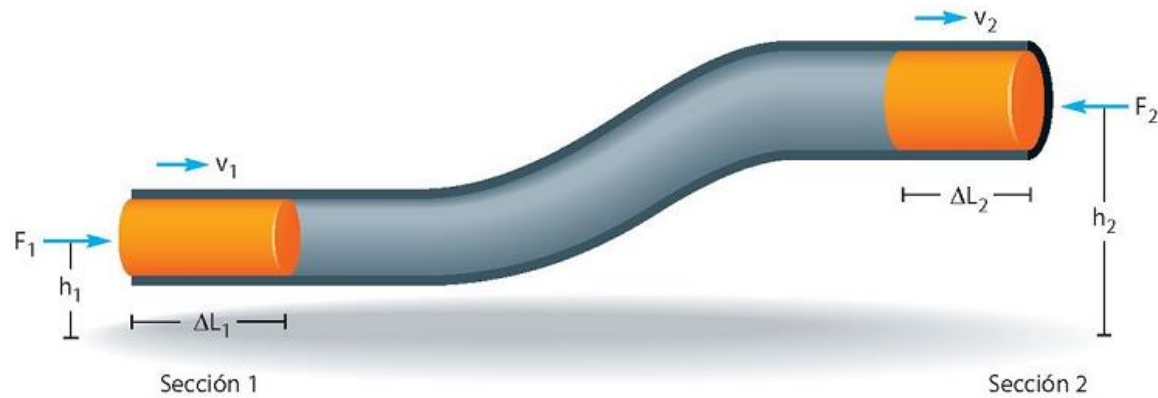
$$d_1^2 \cdot v_1 = 4d_1^2 \cdot v_2$$

$$v_2 = \frac{v_1}{4} = \frac{20}{4} = 5\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$



# Ecuación de Bernoulli

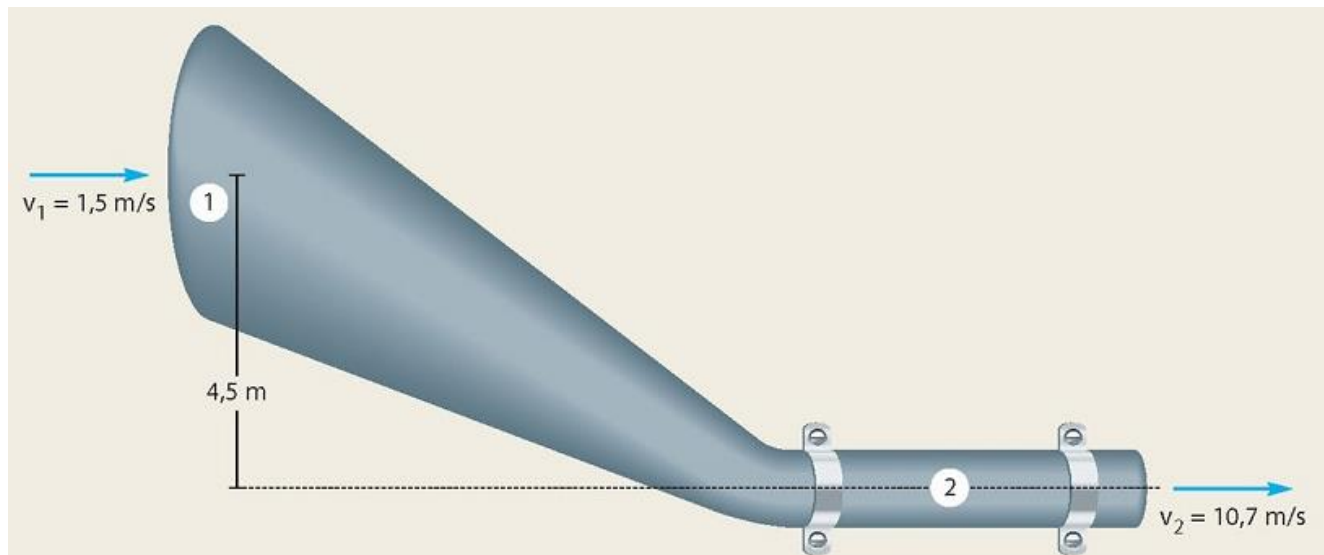
Consideremos un fluido ideal y una cañería como la que se muestra en la siguiente imagen, en la cual no existen pérdidas .



$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$



1. Por el tubo que se muestra en la siguiente figura circula agua. La sección angosta está 4,5 m más abajo que la sección ancha, La presión en el punto 1 es  $1,75 \times 10^4$  Pa y las velocidades en cada punto son las que se indican en la figura. Determina la presión en el punto 2, considerando que no existen pérdidas en la cañería.





$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$1,75 \times 10^4 + 1000 \cdot 9,8 \cdot 4,5 + 0,5 \cdot 1000 \cdot 1,5^2 = p_2 + 0,5 \cdot 1000 \cdot 10,7^2$$

$$62725 = p_2 + 57245$$

$$p_2 = 62725 - 57245$$

$$p_2 = 5480(Pa) = 5,48 \times 10^3(Pa)$$





# Aplicaciones del principio de Bernoulli

Realiza lo siguiente:





En el primer caso, en una primera etapa, antes de soplar, la hoja está sometida por ambas caras a la presión atmosférica y no hay aire en movimiento ni por debajo de la hoja ni sobre ella. Una vez que se sopla por encima de la hoja, el aire adquiere cierta velocidad y se produce una disminución de la presión en esa zona, lo que hace que la hoja comience a elevarse debido a la presión atmosférica que se ejerce en la parte inferior.

Los puntos 1 y 2 están aproximadamente a la misma altura, por lo que podemos simplificar los términos

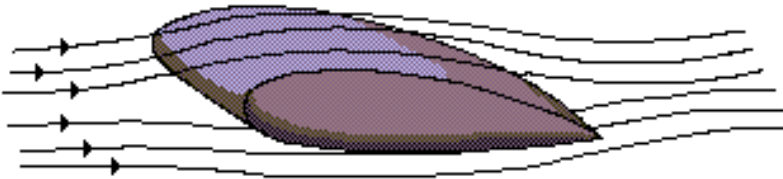
$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Como la velocidad en el punto 2 aumenta y la del punto 1 es cero, para que la igualdad se conserve la presión en el punto 2 debe disminuir al aumentar la velocidad en ese punto; es por esta razón que la hoja se eleva.



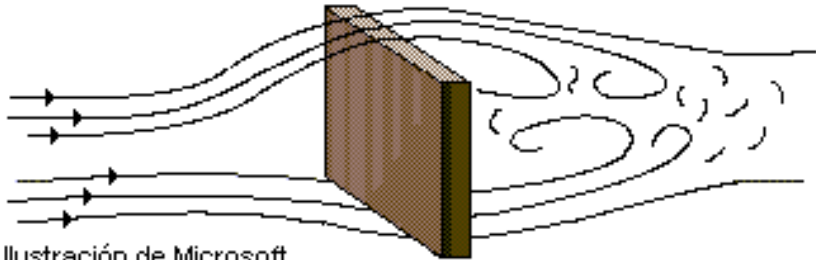
### **Esfera**

Los objetos redondos, como una pelota, experimentan una resistencia aerodinámica media.



### **Plano aerodinámico**

La forma del ala de un avión minimiza la resistencia aerodinámica.



### **Superficie cuadrangular**

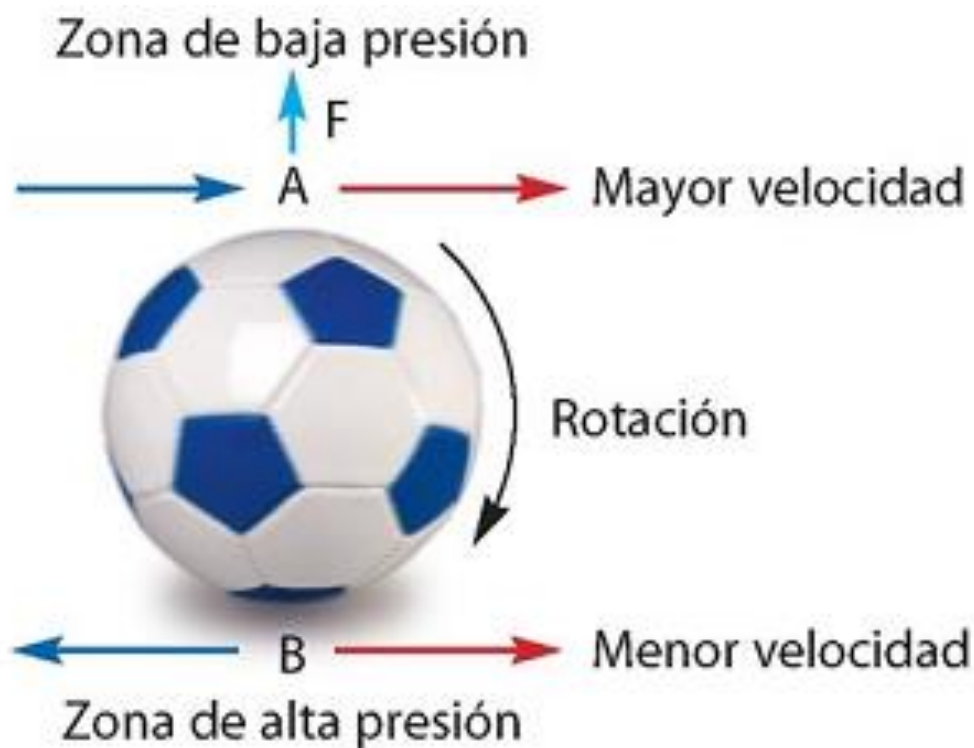
Los objetos planos con aristas marcadas, como una caja, experimentan una elevada resistencia al avance.

Ilustración de Microsoft

Debido a la forma curva del ala, el flujo de aire se divide en el punto A y tiene que recorrer una distancia mayor por la superficie superior del ala para llegar al punto B, en comparación con la otra parte del flujo de aire, que evidentemente tiene que recorrer una distancia menor en el mismo tiempo. Entonces, para que el flujo llegue al mismo tiempo al punto B, debe tener mayor rapidez en la superficie superior del ala y menor rapidez en la superficie inferior. Esto origina una presión menor sobre el ala y, de manera contraria, una presión mayor bajo esta. La diferencia de presiones genera una fuerza neta vertical ascendente ( $F$ ), mostrada en la figura, lo que permite que el avión se eleve.



Cuando el aire a gran velocidad se encuentra de frente con una casa con todas sus ventanas cerradas, este circula en su totalidad sobre el techo. En consecuencia, como la cantidad de aire que circula dentro de la casa es mínimo, el viento sobre la casa se mueve con mucha rapidez, lo que produce que la presión sobre el techo sea menor que la presión dentro de la casa, lo que provoca en algunos casos que el techo sea expulsado. Por la misma razón pueden explotar los vidrios de las ventanas. Entonces, ¿será mejor mantener la ventanas abiertas durante una tormenta?

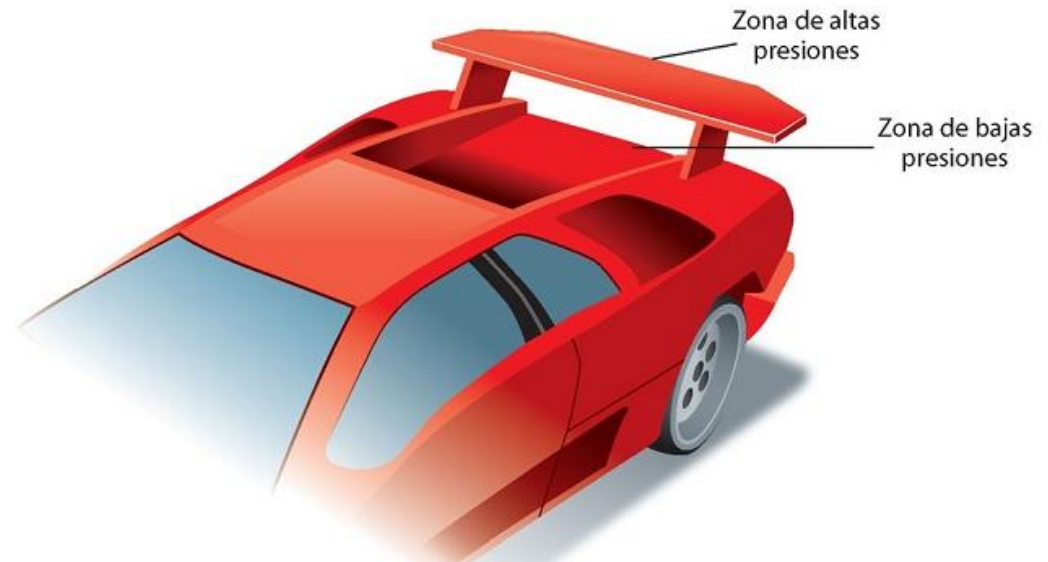


→ Velocidades de traslación

→ Velocidades tangenciales

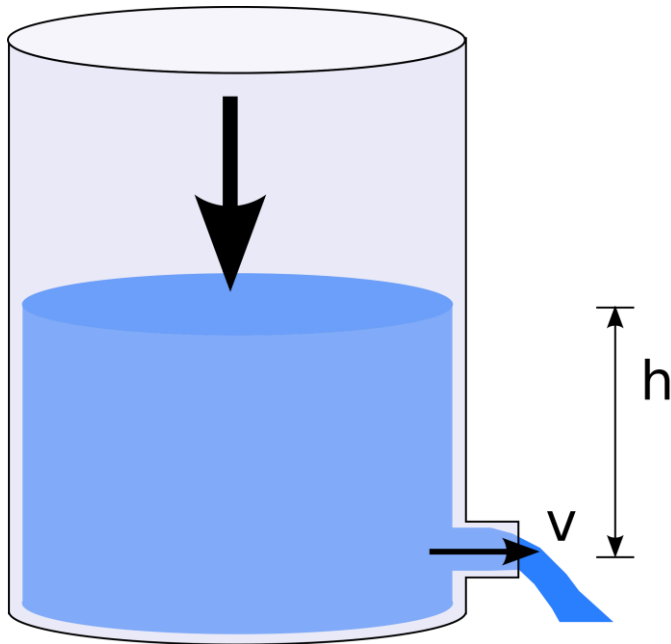


Otra situación en la que se aplica el principio de Bernoulli es en los alerones de los automóviles de carrera. Si realizamos un corte transversal al alerón de uno de estos autos, nos daremos cuenta de que la forma es la misma que la del ala de un avión, pero invertida. Entonces, el aire debe recorrer mayor distancia en la parte inferior del alerón, lo que produce que en esta zona exista menor presión. Esto hace que el auto sea atraído hacia el suelo, lo que es muy importante para que el auto no se eleve al adquirir altas velocidades.





# Ecuación de Torricelli



$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Como  $v_1 \rightarrow 0$

$$p_1 + \rho gh_1 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Además:  $p_1 = p_2$

$$\rho gh_1 = \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

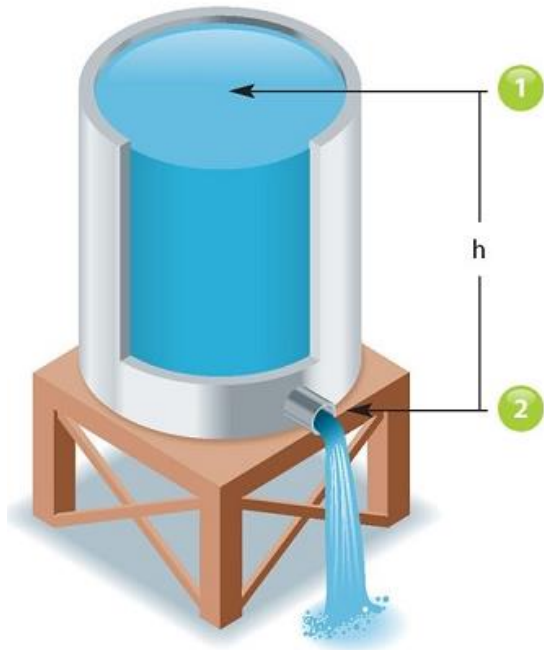
$$gh_1 = gh_2 + \frac{1}{2} v_2^2 \Rightarrow v_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \Rightarrow v_2 = \sqrt{2gh}$$

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$





1. Un contenedor abierto a la atmósfera posee 2 m de agua. A 0,5 m de la base se le realiza un orificio. Determina la velocidad de salida del agua por el orificio.



*Datos :*

$$h_1 = 2(m)$$

$$h_2 = 0,5(m)$$

$$h = 2 - 0,5 = 1,5(m)$$

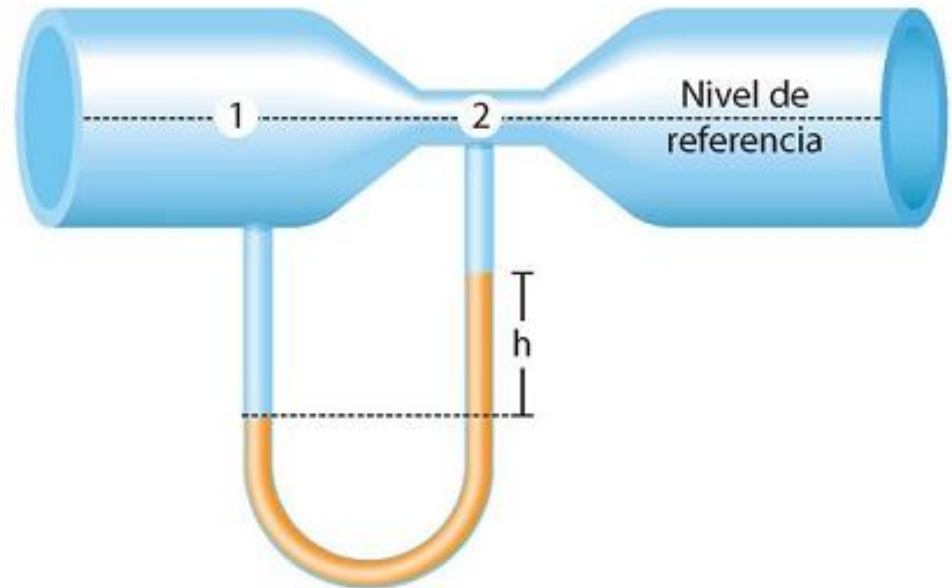
$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 1,5} = 5,42 \left( \frac{m}{s} \right)$$



# Tubo de Venturi

El tubo de Venturi es un dispositivo, como el de la figura, que permite medir el caudal que fluye a través de la estrangulación generada en el punto 2, donde se genera una mayor velocidad del fluido, lo que da origen a una diferencia de presiones entre los puntos 1 y 2 ( $P_1 - P_2$ ) Y ocasiona la diferencia de nivel del líquido contenido en el tubo en U. Para analizar esta situación apliquemos la ecuación de Bernoulli en los puntos 1 y 2.





# Tubo de Pitot

El tubo de Pítot consiste en un tubo delgado que se introduce dentro de un fluido en movimiento. Este sirve para medir la presión total en un punto.



Los aviones poseen un tubo de Pitot que es utilizado para medir la velocidad del avión con respecto al aire.

# Muchas Gracias



EDUCACIÓN  
MEDIA



**NORTH AMERICAN COLLEGE**  
HACIA UN FUTURO CON FE  
BUILD YOUR FUTURE WITH FAITH