

FICHA DE PROYECTO - 2017

TÍTULO: HIDRODINÁMICA	
Centro: I.E.S. El Clot	Curso y Ciclo (ESO/BAC/CFGM): 1ºBAC
Categoría de concurso: FÍSICA	
Nombre del profesor/a tutor/a: José Luis Marqués Martín-Sacristán	
Nombre y apellidos de los alumnos	
1. Rubén Jurado Novella	3. Víctor Pérez López
2. Rubén Mellado Culebras	4. Manuel Tena Rodríguez

1. Resumen breve del proyecto y objetivos

Se van a estudiar algunas propiedades y comportamientos de los líquidos en movimiento. En nuestro caso el estudio se realiza con agua circulando por una conducción de sección circular. Primero se explicarán los dos diferentes regímenes de circulación, laminar y turbulento y como queda determinado por el valor que toma el módulo de Reynolds. Con una jeringa se inyectará un colorante en el agua en ambos regímenes de circulación para observar la diferencia. Después se explicará el efecto Venturi. Para ello se dispone en la conducción de un venturímetro, una pieza formada por dos troncos de cono unidos por su parte más estrecha. Para medir la diferencia de presión se utilizan manómetros diferenciales de ramas verticales. También se explicará la aplicación industrial del venturímetro y otros orificios medidores para medir caudales de fluidos que circulan por una conducción. Se ha realizado un calibrado del venturímetro para poder conocer el caudal volumétrico en función de la diferencia de alturas de las dos ramas del manómetro. Se realizarán algunos pequeños experimentos con aire para explicar el efecto Venturi en los gases. Por último se estudiará la pérdida de energía mecánica por rozamiento y turbulencias que experimenta el agua al circular por un tramo recto. Se ha calculado la pérdida de energía mecánica, midiendo la pérdida de presión del agua al circular por la conducción, con un manómetro diferencial de ramas. Se han comparado los valores experimentales con los obtenidos por las ecuaciones teóricas.

Objetivos: Diferenciar los regímenes de circulación de un fluido por una conducción. Estudiar el efecto Venturi y su aplicación para medir caudales. Calibrar el venturímetro. Determinación experimental y posterior contrastación teórica de la pérdida de energía mecánica por rozamiento y turbulencia, en un tramo recto de conducción.

2. Material y montaje

Material: conducciones de sección circular de diferentes diámetros, bomba de agua, depósito, manómetros diferenciales de ramas verticales, venturímetro, colorante, probetas de distinto volumen y cronómetro.

Montaje: El montaje consiste en un circuito cerrado por el que circula agua por una conducción de sección circular. El agua se impulsa con una bomba (foto 4) sumergida en un depósito y el caudal se controla con una válvula. En una zona de la conducción se puede inyectar un colorante con una jeringuilla (fotos 1 y 2). También hay un venturímetro conectado a un manómetro (foto 3) y un tramo recto, con dos tomas en los extremos conectadas a otro manómetro (fotos 6 y 7).



Foto 1 : Régimen laminar



Foto 2: Régimen turbulento



Foto 3: Venturímetro



Foto 4: Bomba agua



Foto 5: Calibrado venturímetro



Fotos 6 y 7: Determinación de la pérdida de energía mecánica



Foto 8: Manómetro

3. Fundamentación : Principios físicos involucrados y su relación con aplicaciones tecnológicas

- Régimen de circulación de un fluido y su relación con el módulo adimensional de Reynolds. El módulo adimensional de Reynolds es $Re = \frac{d \cdot v \cdot D}{\mu}$, siendo d la densidad del fluido, v la velocidad, D el diámetro de la conducción y μ la viscosidad. Su valor numérico es un criterio seguro para definir el régimen de circulación de una corriente fluida. Para conducciones de sección circular, cuando Re es menor de 2100 el régimen es laminar, para valores del Re comprendidos entre 2100 y 4000, el régimen de circulación es de *transición* entre el laminar y el turbulento y para valores del Re superiores a 4000 el régimen de circulación ya puede considerarse, *turbulento*.

FICHA DE PROYECTO - 2017

- Principio de Bernoulli. Efecto Venturi. Los orificios medidores de carga variable o de presión diferencial, como el venturímetro, tienen una gran importancia, debido a sus aplicaciones desde el punto de vista industrial, ya que pueden utilizarse para medir caudales de cualquier fluido: gases o líquidos..

- Pérdida de energía mecánica por rozamiento y turbulencias en un fluido que circula por un tramo recto de una conducción. Siempre que un fluido real circula por una conducción experimenta una pérdida de energía útil, en virtud del rozamiento y turbulencia, que se transforma en calor y que se traduce en una caída de presión a lo largo de la conducción. Cálculo experimental aplicando un balance de energía entre dos puntos de la conducción. Obtención teórica a partir de las ecuaciones de Poiseuille y Fanning. Es de gran importancia en la industria conocer la pérdida de energía mecánica en el diseño de conducciones de fluidos.

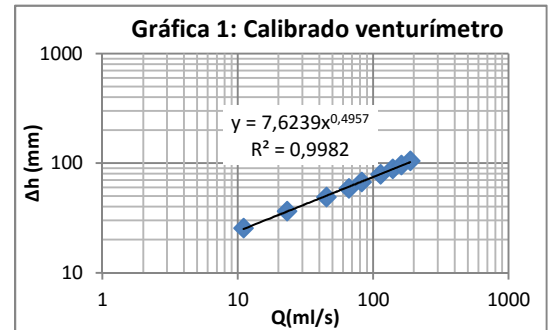
4. Funcionamiento y Resultados: observaciones y medidas.

Régimen de circulación: Se inyecta un colorante con una jeringuilla en la conducción y se observa su comportamiento (fotos 1 y 2). Se mide el caudal de agua para calcular el módulo de Reynolds. De este experimento se puede deducir que para velocidades de circulación del agua pequeñas, la vena coloreada que sale del capilar no pierde su identidad, manteniéndose perfectamente definida y recta a lo largo del eje del tubo. Esto quiere decir que el líquido se desplaza en capas concéntricas paralelas, no existiendo desplazamiento de porciones macroscópicas de fluido en sentido radial (*régimen laminar*). Al aumentar progresivamente la velocidad del líquido, llega un momento en que la vena coloreada empieza a ondear, rompiéndose en pequeños trozos y dispersándose radialmente en el seno del fluido. Este tipo de circulación en el que las porciones macroscópicas de fluido se desplazan en sentido radial, se denomina *turbulento*.

Efecto Venturi. Calibrado del Venturímetro: Se observa como la presión

en la sección con menor diámetro es menor (foto 4). Al disminuir la sección, aumenta la velocidad del agua y por tanto disminuye la presión (Principio de Bernoulli). Para medir la diferencia de presión se utiliza un manómetro diferencial de ramas. Aplicando el principio fundamental de la hidrostática: $\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h$, siendo Δh la diferencia entre las alturas del agua en las ramas del manómetro. Para calibrar el venturímetro se mide la diferencia de alturas en el manómetro para diferentes caudales. El caudal (Q) se obtiene midiendo el tiempo, t, que se tarda en recoger cierto volumen de agua (V) medido con una probeta ($Q=V/t$)

Δh (mm)	Q (ml/s)
11	25,5
23	36,5
45	49,0
66	58,6
82	67,3
113	79,0
139	88,5
161	96,0
188	104,4



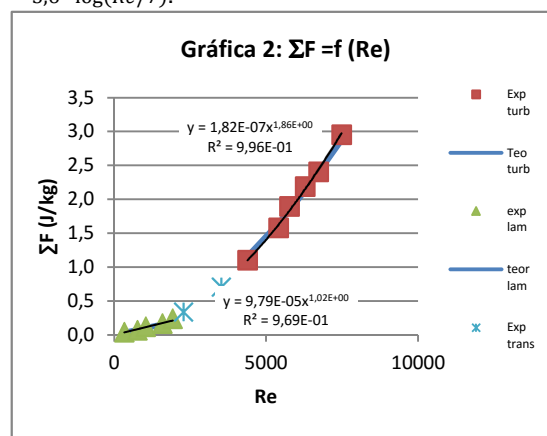
Aplicando un balance de energía mecánica al venturímetro

se llega a la ecuación: $Q = cte \cdot \sqrt{\Delta h}$ o aplicando logaritmos: $\log Q = \log cte + \frac{1}{2} \log \Delta h$. Como se observa en la gráfica 1, al representar el Δh frente al caudal en escala doble logarítmica se obtiene una recta de pendiente aproximadamente 1/2. La ecuación obtenida para medir el caudal es : $Q(\text{ml/s}) = 7,6239 \cdot \Delta h(\text{mm})^{0,4957}$.

Pérdida de energía mecánica por rozamiento y turbulencias: se dispone de una conducción recta de sección circular de longitud $L=1,56\text{m}$ y diámetro $D=8\text{mm}$. En ambos extremos de la conducción hay tomas conectadas a un manómetro (fotos 6 y 7). El manómetro mide la pérdida de presión experimental. Si el fluido es incompresible, la sección es constante y la conducción es horizontal, aplicando un balance de energía mecánica, se puede calcular experimentalmente la pérdida de energía mecánica por rozamiento y turbulencias por unidad de masa : $\Sigma F_{\text{exp}} = g \cdot \Delta h(\text{m})$. La pérdida de energía mecánica teórica, ΣF_{teo} , se calcula con la ecuación de Poiseuille, $\Sigma F = 32 \cdot \mu \cdot v \cdot L / (d \cdot D^2)$, en régimen laminar y con la ecuación de Fanning, $\Sigma F = 2 \cdot f \cdot v^2 \cdot L / D$, en régimen turbulento. El factor de fricción f lo hemos calculado con la ecuación para tuberías lisas: $1/\sqrt{f} = 3,6 \cdot \log(Re/7)$.

Se obtienen los siguientes resultados:

Como se observa en la gráfica 2, los valores experimentales se aproximan bastante bien a los teóricos. Se observa como la pérdida de energía mecánica aumenta con el módulo de Reynolds, que es directamente proporcional al caudal. En régimen laminar se observa como $\Sigma F = f(Re)$ es prácticamente una recta, como indica la ecuación de Poiseuille. En régimen turbulento ΣF es prácticamente proporcional al Re al cuadrado, como indica la ecuación de Fanning. La diferencia se debe al factor de fricción.



Δh (cm)	Q (m³/s)	Re	ΣF_{exp} (J/kg)	ΣF_{teo} (J/kg)
0,4	2,1E-6	334	0,039	0,033
0,7	4,9E-6	772	0,069	0,075
1,2	6,6E-6	1045	0,118	0,102
1,7	1,0E-5	1592	0,167	0,155
2,4	1,2E-5	1926	0,235	0,188
3,4	1,4E-5	2281	0,334	0,222
7,2	2,2E-5	3528	0,706	0,801
11,2	2,8E-5	4387	1,099	1,157
16,1	3,4E-5	5411	1,579	1,651
19,3	3,6E-5	5769	1,893	1,841
22,3	4,0E-5	6287	2,188	2,131
24,5	4,2E-5	6724	2,403	2,390
30,1	4,7E-5	7480	2,953	2,868

5. Conclusiones

Las conclusiones de cada experimento se han comentado en el apartado anterior.

Los resultados han sido muy satisfactorios. Como se ha comentado en el apartado anterior, los resultados experimentales coinciden con los predichos por la teoría.

6. Bibliografía

Ingeniería Química. 3. Flujo de fluidos". E. Costa Novella y otros. Ed. Alhambra Universidad (1985)