



# **FLUIDOS y ELASTICIDAD**

## **Manual de Prácticas de Laboratorio**

**Ing. Pablo Walter E. Wynter Rodríguez.**

## INDICE

	<u>Páginas</u>
<b>I Normas Generales del laboratorio de Fluidos y Elasticidad</b>	<b>1</b>
1 Desarrollo de la práctica	
2 Formato del Reporte de Practica Semanal	
<b>II Prácticas</b>	
Práctica 1: Propiedades físicas de los fluidos. Densidad, volumen específico y peso específico	5
Práctica 2A: Viscosidad	8
Práctica 2B: Capilaridad y tensión superficial	11
Práctica 3: Calibración de manómetros	13
Práctica 4: Presión sobre superficies planas	17
Práctica 5: Principio de Arquímedes	22
Práctica 6: Altura metacéntrica	25
Práctica 7: Demostración del sistema de medidas de flujo	29
Práctica 8: Teorema de Bernoulli	31
Práctica 9: Pérdidas en tubería	34
Bibliografía	35

## NORMAS GENERALES DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA

---

---

## Desarrollo de la Práctica

Los experimentos se realizarán una vez. Cada estudiante es responsable de anotar las mediciones realizadas en los equipos hidráulicos, para posteriormente realizar el reporte semanal de máximo dos páginas que contenga los procedimientos básicos (metodología, fundamentos teóricos empleados, resultados, etc.). Será conveniente que los reportes contengan gráficos y dibujos (fotografías) de la práctica realizada.

El reporte debe estar escrito de tal forma que cualquier persona pueda duplicar el experimento realizado y obtener resultados similares a los reportados. Los reportes deben de ser concretos, simples y claramente escritos.

El reporte debe comunicar ciertas ideas al lector, aun cuando el interesado sea una persona no versada en el tema. Como primera medida debe de estar bien escrito y debe de convencer al lector de que su experimento fue realizado cuidadosamente con toda la atención necesaria. Un reporte mal escrito lleva al lector a pensar en un experimento mediocrementemente realizado. El reporte debe de estar bien organizado: el lector debe de seguir con facilidad y paso a paso lo discutido en su texto. Además el reporte debe de contener datos precisos. Esto requiere un chequeo exhaustivo de los cálculos hasta garantizar la precisión de los datos reportados. Se da por descontado que el informe estará libre de errores gramaticales y de ortografía.

El plagio y/o copia a un compañero o desde el Internet está totalmente prohibido. La primera vez que un estudiante se demuestre que ha realizado una copia textual (del Internet o de otro estudiante) tendrá un cero en este reporte y en el examen de esta práctica. La segunda vez reprobará el laboratorio, con lo que ya no tiene derecho al examen final de la clase teórica.

### Formato del Reporte de Práctica Semanal.

El siguiente formato lo guiará en la realización de su informe:

- 1. Portada** La portada u hoja de presentación debe establecer claramente la información de la práctica y del estudiante que lo realiza. Debe tener el nombre de la universidad, el recinto, el nombre de la materia, clave, práctica que se reporta, sección, nombre y matrícula, y fecha que se realizó la práctica y fecha de entrega del reporte.
- 2. Tabla de Contenido:** En una hoja indique que está entregando y en el orden que lo está haciendo. Esta tabla debe servirle para revisar si su informe está completo.
- 3. Introducción:** Motivación del estudio, citando aplicaciones o conceptos involucrados. No debe bajo ninguna circunstancia ser una introducción teórica, y mucho menos repetir el contenido de las guías respectivas.
- 4. Objetivo Específico:** Es un párrafo conciso en el que se expresa el propósito del experimento. Generalmente escrito en tiempo pasado. Esta es una parte importante del reporte pues todo lo incluido en el reporte debe de cierta manera relacionarse con el objetivo descrito. Esta sección debe de responder a la pregunta ¿Por qué hice lo que hice?

5. **Metodología:** Explica los pasos seguidos, resultados esperados y datos tomados (complemento de los datos tomados el día de la práctica).
6. **Cálculo y Presentación de Resultados:** aquí se analizan los temas investigados en la práctica y se muestran los cálculos que se realizan (si son pertinentes) y se presentan los resultados obtenidos tanto de los cálculos como de la práctica realizada.
7. **Análisis de resultados y Conclusiones**
8. **Gráficos**
9. **Bibliografía:** la bibliografía debe tener al menos dos referencias de libros y/o revistas consultadas. No se permitirán solamente referencias de páginas Web. Quedan totalmente prohibidas las referencias a:

El Rincón del Vago.com

Monografia.com

Wikipedia.com, a menos que se cite la bibliografía de donde salió dicho artículo de Wikipedia.

## **Seguridad en el Laboratorio**

El trabajo en un Laboratorio trae consigo ciertos riesgos y complicaciones, como pueden ser la congestión por el alto número de estudiantes, los posibles accidentes generados por el uso negligente de los equipos o simplemente riesgos por las características de las sustancias que se utilizan. Estas complicaciones y riesgos no traerán consecuencias negativas si se manejan ciertas normas y precauciones de seguridad.

Siempre maneje los equipos o montaje experimentales con cautela, tenga en cuenta que la mayoría de estos contienen partes móviles o funcionan a altas temperaturas, evite accidentes o situaciones peligrosas para usted y el resto de sus compañeros.

## **Reglas generales del laboratorio de Fluidos y Elasticidad**

- 1) El uso del laboratorio es exclusivo para labores de carácter académico.
- 2) Podrán hacer uso de los servicios del Laboratorio: Estudiantes, personal docente.
- 3) Está PROHIBIDO FUMAR, INGERIR BEBIDAS O ALIMENTOS dentro de las aulas del laboratorio.

4) Es obligatorio el uso de batas hidráulicas para el laboratorio (como caso excepcional quienes ya tengan su bata de otra materia se les permitirá utilizar estas en vez de las batas hidráulicas de color azul marino).

5) Las personas que utilicen los servicios del laboratorio tienen la obligación de limpiar los instrumentos, equipos, bancos y área de trabajo al finalizar su trabajo.

6) A pesar que no existe una normativa oficial sobre daños de equipos, aquellos daños que por EXTREMA NEGLIGENCIA, MAL USO O CUALQUIER OTRA CAUSA IMPUTABLE, sean causados por el usuario, deberá asumir las sanciones citadas en el artículo.

7) En caso de robo o hurto de elementos del laboratorio por parte de algún usuario del mismo, este deberá asumir las sanciones citadas en el artículo.

### **Reglas sobre seguridad del Laboratorio**

1) Todos los usuarios del servicio del laboratorio deberán observar y acatar las normas de seguridad indicadas en las instalaciones del laboratorio; la persona que no cumpla con estas normas, de manera que sus acciones pongan en peligro su seguridad o la de sus compañeros, será retirado de las instalaciones del laboratorio, por el profesor encargado.

2) El uso de bata es de carácter OBLIGATORIO desde el momento en que el usuario entra al laboratorio; el usuario debe conseguir una por su cuenta o de lo contrario NO podrá utilizar los servicios solicitados.

3) También dentro del laboratorio el usuario deberá usar el equipo de seguridad adecuado (Gafas, guantes, tapabocas, protectores auditivos, etc.) de acuerdo a las actividades a realizar.

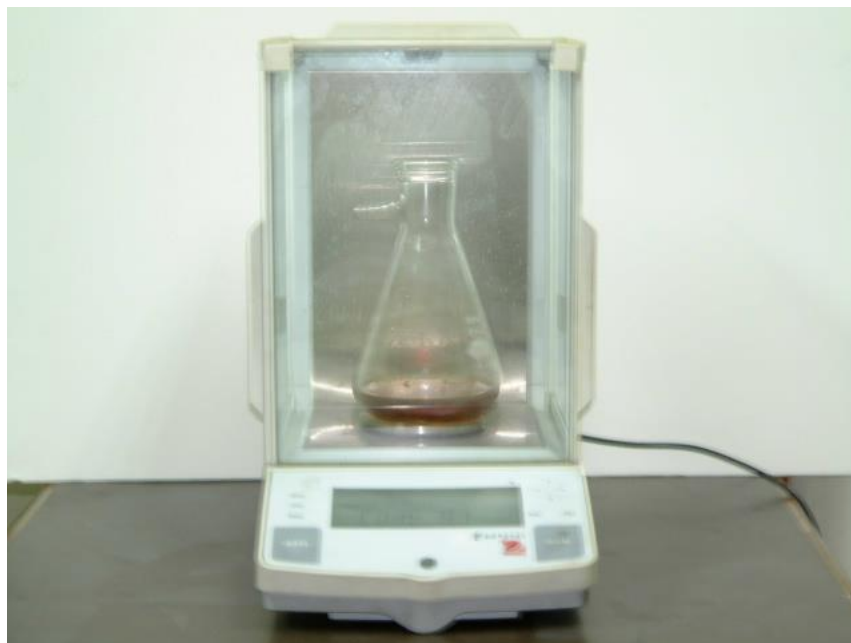
4) La operación de los equipos, instrumentos y maquinas herramientas se hará sólo con la autorización y supervisión del personal del laboratorio.

5) Está prohibido el uso de sustancias químicas diferentes a las permitidas en el laboratorio de fluidos.

## **PRÁCTICA No 1**

### **PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS.**

## DENSIDAD, VOLUMEN ESPECÍFICO Y PESO ESPECÍFICO



**OBJETIVO:** Determinar las propiedades físicas de los fluidos: la densidad, el volumen específico y el peso específico de diferentes líquidos; a una presión atmosférica y a una temperatura determinada.

**MEDIOS:**

- Balanza de precisión.
- Probetas de 300 ml.
- Termómetro 0-100°C
- Líquidos para ensaya
- Paño de limpieza.

< | agua  
          | glicerina  
          | Aceite

**FUNDAMENTOS TEÓRICOS:** La Densidad absoluta ( $\rho$ ) de un fluido se define como la relación entre la masa y el volumen que ésta ocupa.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Tiene como dimensiones  $[M/L^3]$ . ( $kg/m^3$ )

La Densidad absoluta de los líquidos depende de la temperatura y es prácticamente independiente de la presión, por lo que se pueden considerar incompresibles. Para agua a presión estándar es de 760 – mm Hg y 4°C,  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

El Volumen Especifico ( $v_s$ ) es el recíproco de la densidad ( $\rho$ ). Es decir, es el volumen ocupado por una masa unitaria de fluido.

$$v_s = \frac{1}{\rho}$$

Tiene como dimensiones  $[L^3/M]$ .

El Peso específico ( $\gamma$ ) de un fluido es el peso por unidad de volumen, varía con la altitud, ya que depende de la gravedad.

$$\gamma = g\rho$$

Tiene como dimensiones  $[F/L^3]$ .

El Peso específico es una propiedad útil cuando se trabaja con estática de fluidos o con líquidos con una superficie libre.

Densidad relativa o gravedad específica (S): Otra forma de cuantificar la densidad o el peso específico de un líquido se hace refiriéndolos a los correspondientes al agua, esto es:

$$S = \frac{\rho_{sustancia}}{\rho_{agua}} = \frac{\gamma_{sustancia}}{\gamma_{agua}}$$

“S” se conoce como Densidad Relativa y no tiene dimensiones.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- a) Encender la balanza y esperar a que se auto calibre.
- b) Elegir el sistema de medidas a utilizar
- c) Colocar la probeta vacía sobre el platillo de la balanza. Se deben utilizar tres diferentes probetas (una para cada fluido: glicerina, aceite y agua) ya que quedan residuos de estos y pueden alterar los resultados.
- d) Reiniciar la balanza
- e) Verter el líquido para ensayar en la probeta, y leer el volumen con tanta precisión como sea posible.
- f) Tomar la lectura de la masa del líquido.
- g) Tomar la temperatura del líquido.
- h) Calcular la densidad, volumen específico y peso específico (llenar tabla).
- i) Limpiar y ordenar los instrumentos utilizados.

### Formulas

$$M_f = M_{p+f} - M_p$$

$$W = mg$$

$\gamma = \frac{W}{V_f}$

**PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y CALCULOS**

Datos:

1	2	3	4
Líquido que se va a ensayar	Masa del líquido (g)	Volumen del líquido (ml.)	Temperatura (°C)

Resultados

5	6	7	8	9	10	11
Líquido ensayado	Masa (10 <sup>-3</sup> g) (kg)	Volumen (10 <sup>-6</sup> ml) (m <sup>3</sup> )	Densidad absoluta (ρ) (Kg./m <sup>3</sup> )	Densidad relativa (S) adimensional	Volumen específico (v) (m <sup>3</sup> /N)	Peso específico (γ) (N/m <sup>3</sup> )

**ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Utilizando diagrama de barras verticales, ilustre la variación de la densidad, volumen específico y el peso específico en los diferentes líquidos ensayados con la densidad, volumen específico y peso específico teóricos.

**GUÍA DE SÍNTESIS**

- a) ¿Cuáles son las diferencias entre las sustancias ensayadas con relación a su peso específico?
- b) ¿Cuáles son las diferencias, si existen, entre los valores obtenidos experimentalmente y los presentados en el texto o referencia? ¿A qué se deben?
- c) ¿Cómo serían los resultados experimentales si la temperatura ambiental fuera menor? ¿Por qué?
- d) ¿Cómo serían los resultados obtenidos en el laboratorio si los ensayos se realizan a nivel medio del mar? ¿Por qué?

**PRÁCTICA NO .2 A**

**Viscosidad**

**OBJETIVO**



Determinar la viscosidad de varios fluidos a presión atmosférica y temperatura ambiente, utilizando el viscosímetro de esfera descendente.

## **MARCO TEORICO**

**VISCOSIDAD** es la resistencia que presenta un fluido al movimiento. Esta resistencia depende fundamentalmente de la cohesión y de la capacidad de intercambio molecular.

A medida que aumenta la temperatura, la viscosidad disminuye en los líquidos y aumenta en los gases.

La viscosidad puede clasificarse en viscosidad dinámica o absoluta, representada por  $\mu$ , y viscosidad cinemática, representada por  $\nu$ . Según la ley de viscosidad de Newton:

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy}$$

donde:  $\tau$  = esfuerzo cortante  
 $du/dy$  = gradiente de velocidad o índice de deformación cortante  
 $\rho$  = densidad

### **Medición de la viscosidad**

El viscosímetro de esfera descendente consiste en un tubo de cristal sostenido en posición vertical. En él se introduce el líquido cuya viscosidad se quiere determinar y en éste se deja caer una esfera de material y diámetro conocidos. La velocidad de la esfera al caer es una medida de la resistencia al movimiento que presenta el líquido. Utilizando estos parámetros y combinándolos mediante sumatoria de fuerzas en el sistema se llega a la fórmula para determinar la viscosidad del líquido (fórmula de **Stoke**):

$$\mu = \frac{d^2(\gamma_{\text{esf.}} - \gamma_{\text{liq.}})}{18\nu}$$

Donde:  $d$  = diámetro de la esfera  
 $\nu$  = velocidad de caída de la esfera  
 $\gamma_{\text{esf.}}$  = peso específico de la esfera  
 $\gamma_{\text{liq.}}$  = peso específico del líquido

## **INSTRUMENTOS**

- Viscosímetro de esfera descendente
- Esferas de acero
- Pie de rey
- Cronómetro

- Termómetro
- Hidrómetro

### ***PROCEDIMIENTO***

1. Medir con el termómetro las temperaturas de los líquidos, para determinar a qué temperatura se está realizando la practica y asegurar que se encuentren a temperatura ambiente. Medir la Densidad Relativa de cada líquido con el hidrómetro, dejándolo caer en el líquido y leyendo el valor correspondiente en la escala. Multiplicar este valor por 1000 para hallar el peso específico del líquido y anotar estos valores en las tablas correspondientes.

2. Llenar el tubo de descenso del viscosímetro con el primer líquido para ensayar. Medir los diámetros de las esferas con el pie de rey y anotar los datos en la tabla.

3. Medir y marcar en el tubo de descenso la distancia que van a recorrer las esferas.

4. Dejar caer cada esfera y medir con el cronómetro el tiempo que tarda en recorrer la distancia marcada. Con estos datos, calcular la velocidad de caída de cada una. Repetir para cada líquido.

### ***DATOS***

Distancia que van a recorrer por las esferas. \_\_\_\_\_

Diámetro promedio de las esferas.

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Peso específico de las esferas \_\_\_\_\_

- NOTA: El peso específico de las esferas es el peso específico del acero.

Líquido	Temperatura (°C)	Peso específico	Tiempo de Caída		
			Esfera #1	Esfera#2	Esfera#3

--	--	--	--	--	--

## CÁLCULOS

Para cada uno de los líquidos, calcular:

1. La velocidad de caída de cada esfera,

$$v = d/t \quad d = \text{distancia recorrida}$$

$$t = \text{tiempo}$$

2. La viscosidad dinámica para cada esfera.

$$\mu = \frac{d^2(\gamma_{\text{esf.}} - \gamma_{\text{liq.}})}{18v}$$

Liq.	Tiempo (seg.)			Velocidad (m/seg.)			Viscosidad (kg.seg./mt <sup>2</sup> )		
	Esfera #1	Esfera #2	Esfera #3	Esfera #1	Esfera #2	Esfera #3	Esfera #1	Esfera #2	Esfera #3

3. Calcular la viscosidad promedio.

$$\mu_{\text{prom.}} = \frac{\mu E1 + \mu E2 + \mu E3}{3}$$

## CUESTIONARIO

1. ¿Presentan los líquidos ensayados resistencia al movimiento? ¿Por qué?
2. ¿Cómo serían los resultados experimentales si la temperatura ambiental fuera mayor o menor? ¿Por qué?
3. ¿Influye en el experimento el tamaño de las esferas utilizadas? ¿Por qué?
4. Mencione tres fuerzas que influyen en la esfera mientras ésta se encuentra sumergida en el líquido.
5. Investigue y hable brevemente sobre la ley de Stokes.
6. ¿Qué son los viscosímetros y cuales son los tipos de viscosímetros?

### PRÁCTICA NO. 2 B

## CAPILARIDAD Y TENSIÓN SUPERFICIAL

## **OBJETIVOS**

Determinar la capacidad producida por varios líquidos en tubos capilares de varios tamaños, a una presión atmosférica determinada y temperatura determinada.

## **MARCO TEORICO**

Alrededor de cada molécula de un líquido en reposo se desarrollan fuerzas moleculares de cohesión, que actúan dentro de una pequeña zona de acción del radio  $r$ .

Las moléculas del líquido y que se encuentran a una profundidad mayor que  $r$  producen fuerzas de tracción que se compensan; lo contrario acontece con las moléculas que se encuentran dentro de la capa de espesor  $r$  en la proximidad de la superficie libre.

Dentro de esta capa se ejercen fuerzas resultantes de cohesión en dirección hacia el líquido, por lo reducido de las fuerzas de cohesión del medio que se encuentra encima de la superficie libre.

Estas fuerzas impulsan a las moléculas inferiores a un movimiento ascendente, que solo es posible al desarrollarse un trabajo por el movimiento de las moléculas, equivalente al crecimiento de energía potencial ganado por las mismas.

**LA CAPILARIDAD** es el producto de la unión de tres fuerzas que intervienen en un líquido contenido en un recipiente. Estas tres fuerzas son las fuerzas de cohesión, la tensión superficial y la fuerza de adhesión.

La fuerza de cohesión se debe al intercambio de las moléculas dentro de un fluido debido a que este intercambio se da desde abajo hasta arriba. Existen moléculas en la superficie que no tienen con quien realizar el intercambio; por ello se crea una capa de Stress o tensión en la superficie del fluido que es lo que se denomina **TENSIÓN SUPERFICIAL**.

Por medio a esta **TENSIÓN SUPERFICIAL** es que existe el denominado “Menisco”, que no es más que la pequeña capa de moléculas formada por la tensión. La capilaridad o el ascenso capilar ( $h$ ) se pueden obtener mediante la fórmula siguiente.

$$h = \frac{4 * \sigma * \cos \theta}{\delta * D}$$

Donde:

$\sigma$  = es el peso específico del fluido.

$D$  = es el diámetro del tubo.

$\delta$  = es la tensión superficial.

$\theta$  = es el ángulo de contacto.

La altura a la cual un líquido es elevado en un tubo capilar es inversamente proporcional al radio del tubo. La capilaridad es la responsable del rápido mojado y la retención de líquidos en telas y papeles absorbentes.

## ***INSTRUMENTOS.***

- Banco hidrostático.
- Aparatos de capilaridad.
- Tubos capilares de diámetros diversos.
- Sustancias para ensayar.
- Paño de limpieza.

## ***PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL***

1. Asegúrese de que los tubos capilares estén totalmente limpios.
2. Llénese el recipiente con el líquido para ensayar hasta el nivel de llenado indicado en el aparato.
3. Insertar los tubos capilares en el líquido hasta el nivel superior de la forma indicada.
4. Observar en el tubo capilar el ascenso del líquido, en especial la rapidez con que alcanza su altura.
5. Tomar las alturas alcanzadas en los diferentes tubos.
6. Repetir los pasos anteriores para los demás líquidos para ensayar.

# **PRÁCTICA No. 3**

## **CALIBRACIÓN DE MANÓMETRO**

**OBJETIVO:** Confirmar los valores teóricos con los prácticos.  
Saber utilizar el calibrador de manómetro

**MEDIOS:**

- Banco Hidráulico (FME 00)
- Equipo de Calibración de Manómetros (FME 10)
- Masas Aproximadas: 0.5 Kg. 1.0 Kg. 2.5 Kg. 5 Kg.

**FUNDAMENTOS TEÓRICOS:**

Hay muchos instrumentos para medir la presión, tanto en fluidos en reposo como en movimiento. Todos están basados en el hecho de que la presión aplicada sobre un área finita de material produce fuerza, esfuerzo y un desplazamiento de éste.

Estos efectos mecánicos pueden ser cuantificados de diversas formas:

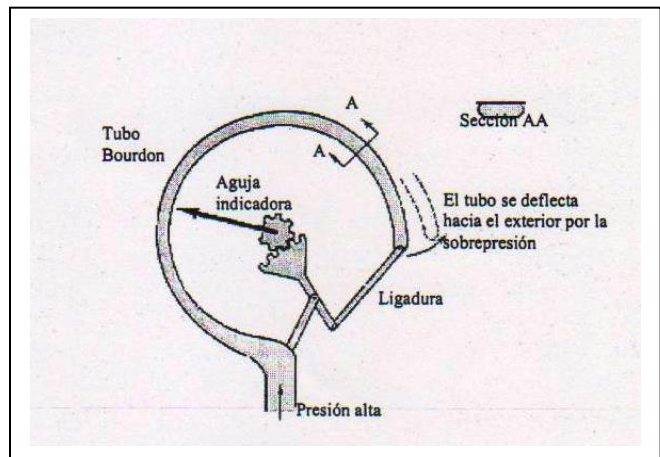
- Balanzas
- Altura de una columna líquida
- Medida directa del desplazamiento
- Medida indirecta (eléctrica) del desplazamiento

Las balanzas se utilizan comúnmente para calibrar los demás instrumentos, más que como medidores propiamente dichos. El manómetro es un instrumento barato y simple, sin más partes móviles que la columna líquida. Puede ser construido con fiabilidad extrema utilizando fluidos con pequeñas diferencias de densidad, columnas líquidas inclinadas y micrómetros y oculares para localizar el menisco con precisión.

Manómetro Tipo Bourdon Los manómetros tipos Bourdon corresponden al grupo de medidores de presión directos de desplazamientos.

En la figura anexa podemos verla en el esquema del manómetro. Es un tubo curvado con sección transversal aplanada que se deflectará hacia fuera cuando se le presuriza internamente.

La deflexión puede ser medida por medio de una ligadura con una aguja indicadora calibrada. Podemos tener una exactitud del orden del 0.01%.



Presión en un Fluido: Los fluidos difieren de los sólidos en que son incapaces de soportar una tensión de corte, por lo que se deforman adquiriendo la forma del recipiente, cualquiera que sea este.

Cuando se sumerge un cuerpo en un fluido como el agua, el fluido ejerce una fuerza perpendicular a la superficie del cuerpo en cada punto de la superficie. Si el cuerpo es lo suficientemente pequeño como para que se pueda despreciar las diferencias de profundidad en el fluido, las fuerzas por unidad de área ejercida por el fluido son las mismas en cada punto de la superficie del sólido. Esta fuerza por unidad de área se denomina presión P del fluido.

$$P = \frac{F}{A}$$

La unidad de presión dentro del sistema Internacional (SI) es el Pascal (Pa).

$$1 \text{ Pa} = \text{N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 10^6 \text{ barias} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 102 \text{ kN/m}^2 = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kg/cm}^2 = 104 \text{ kg/m}^2 = 98070 \text{ Pa} = 0.98 \text{ bar}$$

La presión debida a un fluido que presiona contra un cuerpo tiende a comprimirlo. El coeficiente entre la presión y la disminución relativa del volumen ( $-\Delta V/V$ ) se denomina **módulo de compresibilidad, B**.

$$B = - \frac{P}{\Delta V/V}$$

Como todos los materiales disminuyen de presión cuando se les somete a una presión externa, se incluye un signo menos en la ecuación anterior para hacer que B sea positivo. La presión ejercida por un fluido es equivalente a una tensión de compresión y la disminución relativa de volumen ( $-\Delta V/V$ ) es la deformación de compresión. El inverso del módulo de compresibilidad se denomina **compresibilidad k**.

Cuanto más difícil se hace comprimir un sólido, menor será su cambio relativo ( $\Delta V/V$ ) para una determinada presión y, por tanto, menor es su compresibilidad. Los líquidos como el agua, son relativamente incompresibles.

Según el **Principio de Pascal** “*la presión aplicada a un líquido encerrado dentro de un recipiente se transmite por igual a todos los puntos del fluido y a las propias paredes del mismo*”.

En nuestro caso, la fuerza ejercida por el peso de las pesas suministradas sería

$$F = m * g.$$

Teniendo en cuenta el área del cilindro, la presión que idealmente sería medida por el manómetro sería F/A.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### Practica 1: Calibración de un Manómetro tipo Bourdon

1. Pese en una balanza el pistón y las diferentes masas para así determinar con precisión las mismas.
2. Abrir la espita del manómetro
3. Cuando se haya eliminado el aire del sistema, poner la válvula anti-retorno en el tubo flexible que sale de la parte superior del cilindro; posteriormente cerrar la espita de salida del manómetro que va a contrastar e inmediatamente después, dejar de introducir agua en el equipo. Se tendrá entonces todo el sistema lleno de agua.
4. Introducir totalmente el pistón dentro del cilindro.
5. Repetir estos pasos añadiendo al pistón de forma escalonada las distintas masas de que dispone el juego de pesas suministrado.
6. Una vez acabada la prueba, quitar el pistón y secarlo. Por último vaciar el cilindro.
7. ¡IMPORTANTE! No deje el pistón en el cilindro cuando no se este usando.

Masas	Peso (gr.)
Cilindro	493.50
Masa 1	500.30
Masa 2	990.60
Masa 3	2,495.50
Masa 4	5,008.80

## PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y CÁLCULOS

Con los valores obtenidos completar la siguiente tabla.

Masa del émbolo (Kg.)	Presión en el cilindro (KN/m <sup>2</sup> )	Lecturas del manómetro (bar)	Lectura manómetro (KN/m <sup>2</sup> )	Error absoluto (KN/m <sup>2</sup> )	Error relativo (%)

Utilice las siguientes medidas:

$$\begin{aligned} \text{Gravedad (g)} &= 9.8 \text{ m/s} \\ 1 \text{ Pa} &= 101.3 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Área del pistón} = 254.46 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

- a) Realizar a la escala que le convenga, los siguientes gráficos:
  - 1- Error absoluto en función de la presión real en el manómetro.



## 2- Error relativo en función de la presión real en el manómetro

### GUÍA DE SÍNTESIS

- a) ¿Que grado de precisión tiene el equipo?
- b) ¿Explique las posibles discrepancias entre los valores del manómetro y los valores de la presión calculados en el interior del cilindro?
- c) Describa en sus propias palabras la importancia de conocer las medidas de presión sobre un objeto determinado.

### Práctica 2: Determinación de la curva de histéresis<sup>1</sup>

#### Objetivo:

Determinar la curva de histéresis del manómetro, a partir de las medidas proporcionadas por el manómetro y la balanza

#### Equipo Necesario

- Calibrador Manométrico (FME-10)
- Juego de Pesas

#### Procedimiento Experimental

El procedimiento a seguir es exactamente el mismo de la primera parte de esta práctica, teniendo en cuenta que las pesas suministradas se irán introduciendo en orden ascendente en peso en el cilindro. Una vez finalizada la serie de cuatro pesas, se retirara la de aproximadamente 5 Kg; se esperan unos segundos y se introducirá de nuevo en el cilindro, volviendo a realizar el mismo proceso en orden descendente en peso.

#### Análisis de los Resultados

- a) Represente gráficamente la medida tomada por el manómetro tipo Bourdon y la masa (presión real) proporcionada por la balanza.
- b) Se produce histéresis, ¿A qué se debe?

## PRÁCTICA No. 4

### PRESIÓN SOBRE SUPERFICIES PLANAS

---

<sup>1</sup> La **histéresis** es la tendencia de un material a conservar una de sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado.

## OBJETIVOS:

- Determinar experimentalmente el centro de presiones sobre una superficie plana, parcialmente sumergida en un líquido en reposo y en comparación con las posiciones teóricas.
- Determinar experimentalmente el centro de presiones sobre una superficie plana completamente sumergida en un líquido en reposo y en comparación con posiciones teóricas.

## MEDIOS

- Banco Hidráulico (FME 00)
- Equipo de presión sobre superficies (FME-08)
- Juego de pesas de 100, 50, 20, 10 y 5 gr. respectivamente

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El objetivo de esta práctica es la de medir la fuerza que ejerce un fluido cualquiera sobre las superficies que están en contacto con él.

La fuerza que ejerce un fluido sobre una superficie sólida que está en contacto con él, es igual al producto de la presión ejercida sobre ella por su área. Esta fuerza, que actúa en cada área elemental, se puede representar por una única fuerza resultante que actúa en cada punto de la superficie llamado **centro de presión**.

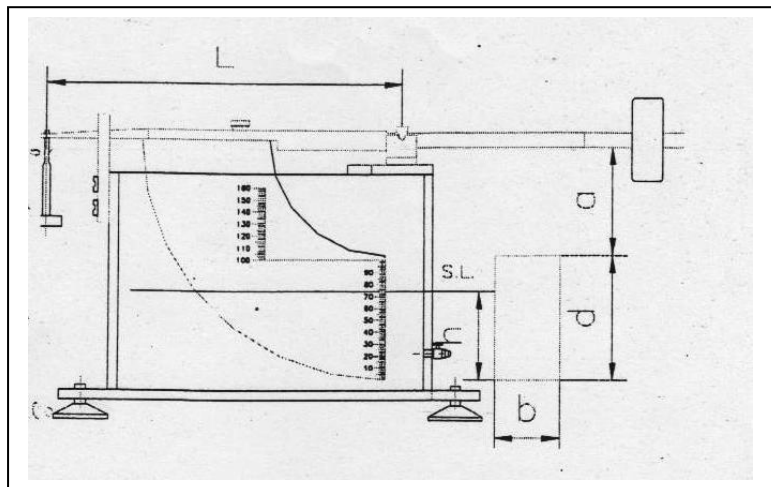
- Si la superficie sólida es plana, la fuerza resultante coincide con la fuerza total, ya que todas las fuerzas elementales son paralelas.
- Si la superficie es curva, las fuerzas elementales no son paralelas y tendrán componentes opuestas de forma que la resultante es menor que la fuerza total.

### Inmersión Parcial

Si tomamos un momento respecto al eje en que se apoya el brazo basculante, se obtiene la siguiente relación:

$$F * L = \frac{1}{2} \gamma * b * h^2 (a+d-h/3)$$

Donde:



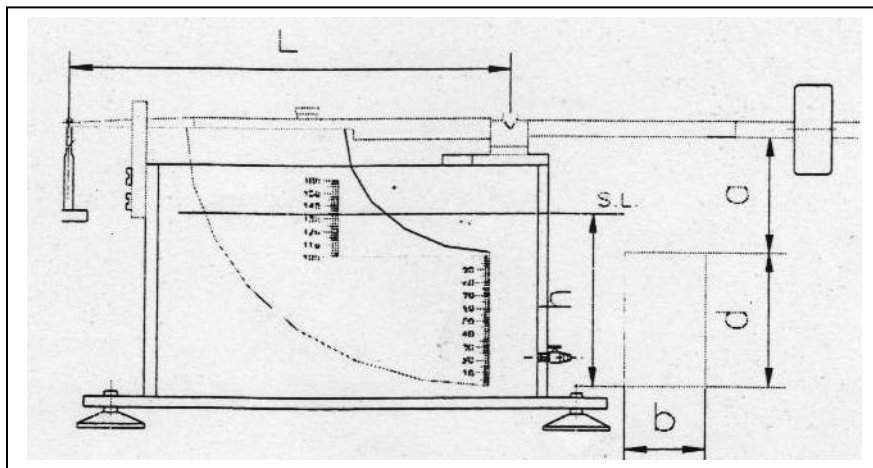
- $\gamma$  = El peso específico del agua e igual a  $9.81 \text{ Kn/m}^3$
- $l$  = la distancia de donde se colocan las pesas al eje de apoyo del brazo basculante.
- $b$  = la distancia horizontal...
- $h$  = la altura del agua donde la superficie plana se logra nivelar después de colocar un peso determinado.
- $a$  = distancia entre el punto de arrostre y el brazo basculante
- $d$  = distancia entre la posición inicial de equilibrio y la cantidad de agua vertida.

### Inmersión Total

Tomando momento respecto al eje en que se apoya el brazo basculante, se obtiene:

$$F * L = \frac{1}{2} \gamma * h_0 * b * h^2 (a + d/2 + d^2/12h_0)$$

Donde  $h_0 = h - d/2$  es la profundidad del cdg de la superficie plana.



## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### Práctica 1: Centro de presiones para inmersión parcial

1. Acoplar el cuadrante al brazo basculante enclavándolo mediante los dos pequeños tetones y asegurándolo después mediante el tornillo de sujeción.
2. Medir y tomar nota de las cotas designadas como  $a$ ,  $L$ ,  $d$  y  $b$ ; estas últimas correspondientes a la superficie plana situada al extremo del cuadrante.
3. Con el depósito emplazado sobre el Banco Hidráulico (FME 00) colocar el brazo basculante sobre el apoyo (perfil afilado) y colgar el platillo al extremo del brazo.
4. Nivelar el depósito actuando convenientemente sobre los pies de sustentación, que son regulables, mientras se observa el nivel de la burbuja.
5. Cierre la espita de desagüe del fondo del depósito.
6. Desplace el contrapeso del brazo basculante hasta conseguir que este se encuentre horizontal.

7. Vaya llenando el depósito lentamente con agua y nivele la báscula agregando pesas. Cada vez que nivele la báscula anote el peso agregado. Repita esto hasta llegar a más de la mitad del nivel.
8. Repita el proceso a la inversa. Vaya quitando pesas de la báscula dejando salir agua a través de la espita de desagüe hasta que el fiel esté horizontal otra vez. Repita el procedimiento hasta que todos los pesos hayan sido retirados. Anote lo que queda del agua.
9. Realizar un promedio del proceso de llenado con el proceso de vaciado.

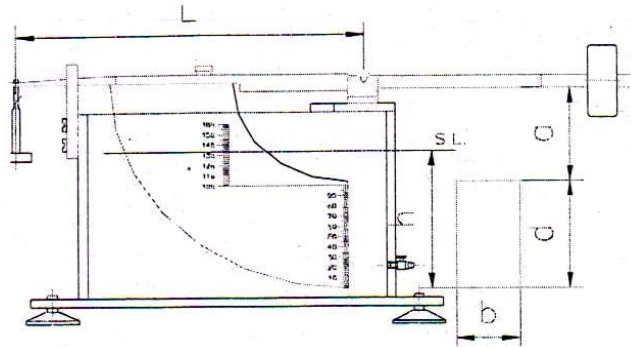
**Presentación de Resultados y Cálculos**

$a = 100 \text{ mm}$

$b = 70 \text{ mm}$

$d = 100 \text{ mm}$

$L = 285 \text{ mm}$



Llenado depósito		Vaciado depósito		Promedios		Cálculos	
Pesos	Alturas	Pesos	Alturas	F (Kg)	h (m)	h/3	F/h <sup>2</sup>
F (Kg)	h (mm)	F (Kg)	h (mm)				

Para  $h < d$  (inmersión parcial)

- 1- Calcular los valores de  $h/3$  y de  $F/h^2$

- 2- Dibujar a la escala conveniente y con los valores obtenidos experimentalmente, el gráfico correspondiente a:

$$F/h^2 = \xi(h/3)$$

La pendiente de esta línea debe ser  $-\gamma b/6L$  y

La ordenada de su intersección con el eje de éstas:  $\gamma b / 2L (a + d)$

- 3- Expresar las razones de las posibles discrepancias, si existen, entre los valores tomados y los que predicen las expresiones anteriores.

### **Práctica 2:** Centro de presiones para inmersión total

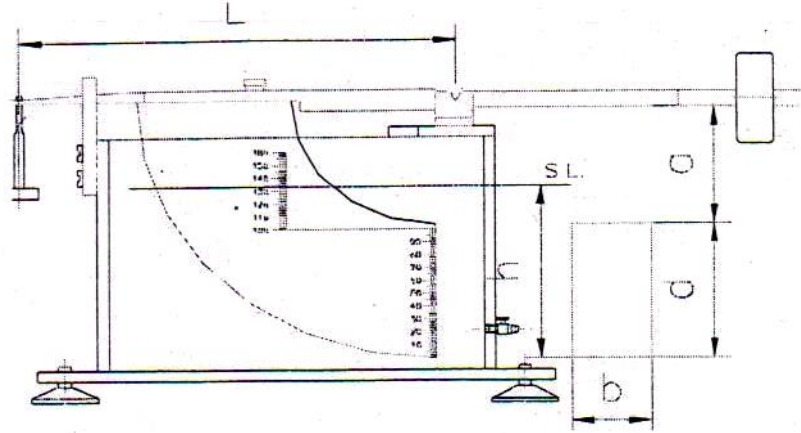
1. Acoplar el cuadrante al brazo basculante enclavándolo mediante los dos pequeños tetones y asegurándolo después mediante el tornillo de sujeción.
2. Medir y tomar nota de las cotas designadas como  $a$ ,  $L$ ,  $d$  y  $b$ ; estas últimas correspondientes a la superficie plana situada extremo del cuadrante.
3. Con el depósito emplazado sobre el Banco Hidráulico (FME 00) colocar el brazo basculante sobre el apoyo (perfil afilado) y colgar el platillo al extremo del brazo.
4. Nivelar el depósito actuando convenientemente sobre los pies de sustentación que son regulables, mientras se observa el nivel de la burbuja.
5. Cierre la espita de desagüe del fondo del depósito.
6. Desplace el contrapeso del brazo basculante hasta conseguir que este se encuentre horizontal.
7. Vaya llenando el depósito lentamente con agua y nivele la báscula agregando pesas. Cada vez que nivele la báscula anote el peso agregado. Repita esto hasta que el nivel del agua libre alcance la cota máxima señalada por la escala del cuadrante más de la mitad del nivel.
8. Repita el proceso a la inversa. Vaya quitando pesas de la báscula dejando salir agua a través de la espita de desagüe, hasta que el fiel esté horizontal otra vez. Repita el procedimiento hasta que todos los pesos hayan sido retirados. Anote lo que queda del agua.
9. Realizar un promedio del proceso de llenado con el proceso de vaciado.

$$a = 100 \text{ mm}$$

$$b = 70 \text{ mm}$$

$$d = 100 \text{ mm}$$

$$L = 285 \text{ mm}$$



Llenado depósito		Vaciado depósito		Promedios		Cálculos		
Pesos F ( Kg )	Altura h (mm)	Pesos F ( Kg )	Altura h (mm)	F ( Kg )	h (mm)	$h_0$ ( m )	F / $h_0$ (Kg /m)	1/ $h_0$ ( $m^{-1}$ )

Para  $h > d$  (inmersión total)

1. Calcular los valores de  $h_0$ ,  $F/h_0$ , y de  $1/h_0$
2. Dibujar, a la escala conveniente y con los valores obtenidos experimentalmente, el gráfico correspondiente a:

$$F/h_0 = \xi (1/h_0)$$

La pendiente de esta línea debe de ser  $\gamma b d^3 / 12L$  y la ordenada de su intersección con el eje de ésta  $\gamma b d / L (a + d/2)$ .

3. Expresar las razones de las posibles discrepancias, si existen, entre los valores tomados y los que predicen las expresiones anteriores.

# PRACTICA No 5

## PRINCIPIO DE ARQUIMEDES

**OBJETIVO:** Utilizando el principio de Arquímedes, determinar la el volumen y la densidad de un sólido sumergido completamente en agua

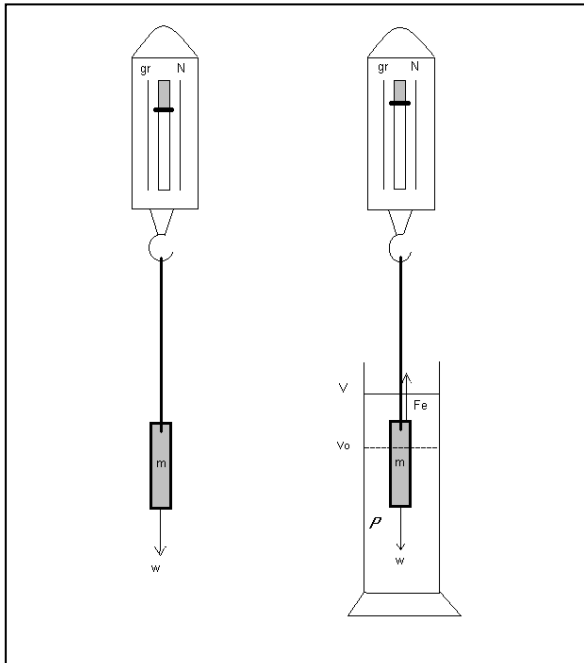
**MEDIOS:**

- Banco Hidráulico (FME 00)
- Balanza Digital
- Hilo de poco diámetro
- Cubeta para llenar de fluido

**FUNDAMENTOS TEORICOS:**

### Principio de Arquímedes

Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza de empuje vertical y hacia arriba igual al peso del líquido desalojado por el cuerpo.



### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Este principio, también conocido como la ley de hidrostática, se aplica a los cuerpos, tanto en flotación, como sumergidos; y a todos los fluidos. El principio de Arquímedes también hace posible la determinación de la densidad de un objeto de forma irregular, de manera que su volumen no se mide directamente. Si el objeto se pesa primero en el aire y luego en el en agua, entonces; la diferencia de estos pesos igualará el peso del volumen del agua cambiado de sitio, que es igual al volumen del objeto. Así la densidad del objeto puede determinarse prontamente, dividiendo el peso entre el volumen.

...rar al estudiar las fuerzas que un fluido ejerce sobre de área A y altura H el cual está completamente sumergido en un fluido. Recuérdese que la presión a cualquier profundidad h en un fluido está dada por:

$$P = \rho g h$$

En donde  $\rho$  es la densidad de masa del fluido y  $g$  la aceleración de la gravedad. Si se desea representar la presión absoluta dentro del fluido, se debe sumar la presión externa ejercida por la atmósfera. La presión total hacia abajo  $P_1$  en la cara superior del disco, es por tanto.

$$P1 = Pa + \rho g h1 \quad \text{hacia abajo}$$

En donde Pa es la presión atmosférica y h1 es la profundidad superior del disco. Análogamente, la presión hacia arriba P2 sobre el fondo del disco

$$P2 = Pa + \rho g h2 \quad \text{hacia arriba}$$

Donde h2 es la profundidad a la parte inferior del disco. Puesto que h2 es mayor que h1, la presión sobre la base del disco excederá la presión sobre la cara superior, y el resultado será una fuerza neta hacia arriba. Si la fuerza hacia abajo se representa por F1 y la fuerza hacia arriba por F2, puede escribirse

$$F1 = P1 A \quad F2 = P2 A$$

La fuerza hacia arriba ejercida por el fluido sobre el disco se llama empuje y se expresa mediante

$$\begin{aligned} Fe &= F2 - F1 = A (P2 - P1) \\ &= A (Pa + \rho g h2 - Pa - \rho g h1) \\ &= A \rho g (h2 - h1) = A \rho g H \end{aligned}$$

Donde H = h1 - h2 es la altura del disco. Finalmente si se recuerda que el volumen del disco es V = A H, se obtiene el siguiente resultado importante

$$\underline{Fe = \rho g V = m g}$$

**Empuje = Peso del fluido desalojado.** El cual es el principio de Arquímedes.

### PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

1. Tenga a mano tres masas irregulares de diferentes materiales (p.e. un pedazo de ladrillo, un pedazo de concreto, una piedra irregular.)
2. Pese la masa en su estado seco.
3. Llene la cubeta de agua y sumerja completamente la masa suspendida de la balanza digital.
4. Con los datos recabados calcule el volumen de los objetos pesados, haciendo una suma de las fuerzas verticales.

$$\sum F_v = 0$$

$$F_b + F_e - w = 0$$

$$F_b = V \rho_f g$$

$$W = \text{peso seco}$$



$F_e = \text{peso sumergido}$

$$V = \frac{W - F_e}{\rho_f g}$$

5. Con el volumen del material, este se divide entre el peso seco y obtendremos el peso específico del material.
6. Con este número se va a una tabla de características de materiales y se busca el peso específico que este más cercano para saber el material que ha sido analizado.

Con los valores obtenidos completar la siguiente tabla.

Peso Seco	Peso Húmedo	$\rho_f$	Volumen	$\rho_{mat}$	Error Absoluto	Error relativo (%)
		.				

### ANALISIS DE LOS RESULTADOS

- a) Realizar a la escala que le convenga, los siguientes gráficos:
  - 3- Error absoluto en función del material
  - 4- Error relativo en función del material

### GUIA DE SINTESIS

- a) ¿Qué causa la fuerza de flotación?
- b) ¿Cuál es la magnitud de la fuerza de flotación que actúa sobre un cuerpo cuyo volumen es "V"?
- c) ¿Cuáles son la dirección y la línea de acción de la fuerza de flotación?

# PRÁCTICA No. 6

## DEMOSTRACIÓN DE LA ALTURA METACÉNTRICA

### OBJETIVOS:

- Determinar cuáles son los factores que afectan la estabilidad de un cuerpo flotante
- Determinar experimentalmente la estabilidad de un cuerpo flotante a través de calcular su metacentro y su centro de gravedad.

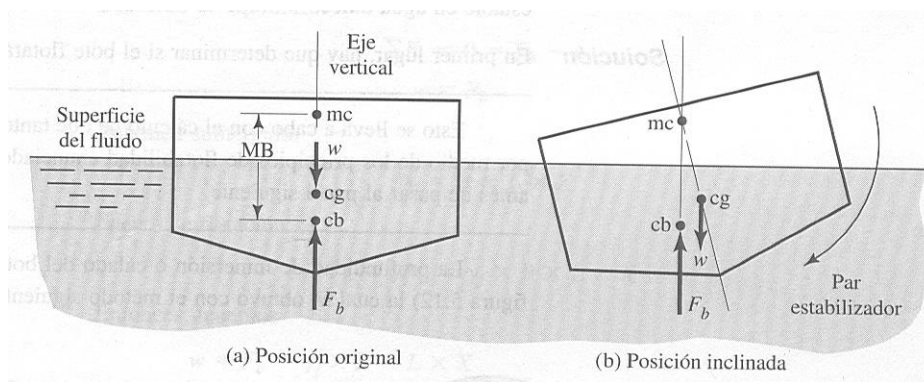
### MEDIOS

- Banco Hidráulico (FME 00)
- Equipo de altura metacéntrica (FME-11)
- Una plomada
- Un peso de 5 Kg. y de 0.22 m<sup>3</sup>

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La mayoría de los problemas que tratan de cuerpos parcialmente o totalmente sumergidos son problemas de equilibrio entre las fuerzas debidas al peso del cuerpo y la fuerza resultante del fluido sobre el cuerpo. Si el equilibrio es estable, cuando el cuerpo se incline se producirá un momento que tiende a restablecer la posición de equilibrio.

Definimos metacentro como el punto de intersección del eje vertical de un cuerpo cuando se encuentra en su posición de equilibrio y la recta vertical que pasa por la nueva posición del centro de flotabilidad cuando el cuerpo es girado ligeramente.



Para que el equilibrio sea estable, la altura metacéntrica (mc) tiene que ser positiva, es decir, el punto mc debe estar por encima del centro de gravedad (cg).

Esta altura metacéntrica (mc) se obtiene fácilmente mediante las siguientes relaciones:

El momento producido al desplazar la masa ajustable será:  $m \cdot g \cdot x$

Siendo:

- $m \cdot g$  el peso de la masa ajustable
- $x$  el desplazamiento realizado medido en la escala lineal.

El par restaurador será

$$W \cdot x = W \cdot GM \cdot \sin \theta$$

Siendo

$W$  el peso del conjunto flotante igual a  $M \cdot g$

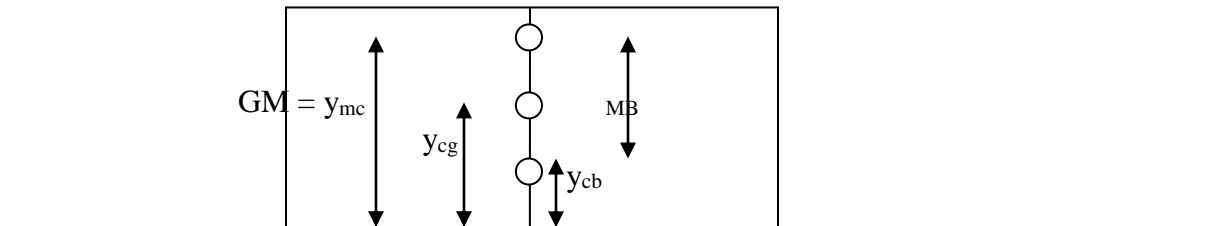
$GM$  es la altura metacéntrica

$\theta$  el ángulo de inclinación

Para que exista equilibrio, ambos momentos han de ser iguales. Por tanto:

$$m \cdot g \cdot x = W \cdot GM \cdot \tan \theta = M \cdot g \cdot GM \cdot \tan \theta$$

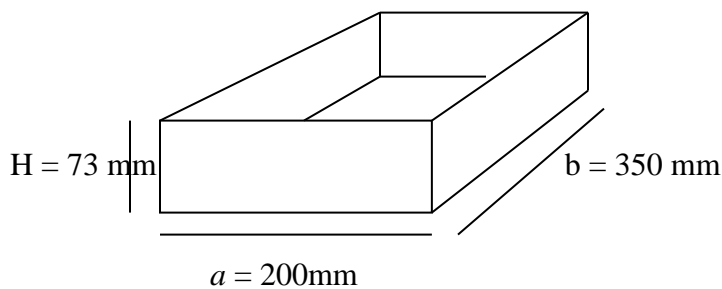
$$GM = \frac{m \cdot x}{M \tan \theta}$$



$$MB = I/Vd$$

$MB$  es la división del momento de inercia de la sección longitudinal más pequeña entre el volumen desplazado del fluido.

Para nuestro caso la barcaza tiene las siguientes medidas y pesos.



Masa móvil = 304.7 gr  
 Masa Barcaza = 1046.10 gr  
 $b = 350$  mm  
 $a = 200$  mm  
 $H = 73$  mm  
 $y_{mc} = H/2 = 36.5$  mm

Para nuestro caso aquí en el laboratorio, la superficie de la base flotante tiene de dimensión **a \* b** siendo “**a**” el ancho del rectángulo y “**b**” su longitud, será:

$$I = \frac{a^3 * b}{12}$$

El  $y_{cg}$  es el centro de gravedad del volumen desplazado por la barcaza

Una vez conocida las distancias entre el metacentro y los centros de gravedad y empuje respectivamente, se puede conocer la distancia entre estos dos últimos puntos. La altura del metacentro ( $y_{mc}$ ) será igual a la altura del centro de flotación más la altura metacéntrica

$$y_{mc} = GM + MB$$

Si  $y_{mc} > y_{cg}$  el cuerpo es estable

Si  $y_{mc} < y_{cg}$  el cuerpo es inestable.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Pesar la masa transversal ajustable, así como la base prismática flotante y montarla.
2. Desplazar la masa deslizante hasta la parte superior del mástil, de modo que el centro de gravedad esté en lo alto del conjunto flotante.
3. Llenar el tanque volumétrico de agua.
4. Asegurarse de que la masa ajustable esté en su posición central. Situar el equipo en el tanque volumétrico y comprobar el cero entre la línea de plomada y escala.
5. Mover la masa ajustable a la derecha del centro en incremento de X de 10 mm hasta el extremo de la escala, anotando el desplazamiento angular de la línea de plomada para cada posición.
6. Repetir el mismo proceso para movimientos de la masa ajustable a la izquierda del centro.

## RESULTADOS Y CÁLCULOS

Anotar los valores de las siguientes dimensiones del equipo:

- Longitud de la base prismática  $b = \underline{\hspace{2cm}}$  mm
- Ancho de la base prismática  $a = \underline{\hspace{2cm}}$  mm
- Altura de la base prismática  $h = \underline{\hspace{2cm}}$  mm
- Masa de la masa móvil  $m = \underline{\hspace{2cm}}$  mm
- Masa del conjunto flotante  $M = \underline{\hspace{2cm}}$  mm
- Posición de centro de gravedad (CG)  $y = \underline{\hspace{2cm}}$  mm

del flotador armado en la base.

De la masa y área del flotador se deduce el volumen (V) del líquido desplazado y de ahí la profundidad de la inmersión

$$d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$$

La posición del centro de presión será  
Con los datos anteriores

$$y_{cb} = d/2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$$

$$GM = \frac{m * x}{M \text{ sen } \theta}$$

$$MB = \frac{a^3 * b}{12 V}$$

$$y_{mc} = y_{cb} + MB$$

Si  $y_{mc} > y_{cg}$  el cuerpo es estable  
Si  $y_{mc} < y_{cg}$  el cuerpo es inestable.

## PREGUNTAS

¿Depende la posición del metacentro de la posición del Centro de Gravedad?

¿Varía la altura del metacentro con el ángulo de inclinación?

## PRÁCTICA No. 7

### DEMOSTRACIÓN DE SISTEMAS DE MEDIDAS DE FLUJO

#### Objetivos:

1. Determinar el coeficiente de descarga de distintos elementos de obstrucción usados para medir caudales.
2. Analizar el funcionamiento de los elementos de obstrucción para medir el flujo volumétrico o caudal.

#### Equipo y Materiales

- Calibrador manométrico FME-18
- Banco Hidráulico FM-00
- Agua

#### Fundamento Teórico

En cualquier sistema hidráulico práctico tienen lugar pérdidas de carga, pero conviene ignorarlas al obtener las expresiones de las ecuaciones en estos aparatos y luego corregir los resultados obtenidos, multiplicándolos por un coeficiente experimental para evaluar los efectos de las pérdidas de energía (en este caso  $C_D$ ).

Para medir este flujo se aplica la ecuación de Bernoulli:

$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma}$$

Donde

$$\gamma = \rho * g = \text{peso específico}$$

Ahora bien, para el medidor de Ventura y placa de orificio,  $Z_1 = Z_2$ , por lo que la ecuación básica de Bernoulli se reduce a

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

Debido a la continuidad de flujo

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

$$V_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot V_1$$

$$Q = c_D \cdot A_2 \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{2g \cdot \frac{(P_1 - P_2)}{\gamma}}$$

Los valores asignados a  $C_D$  son:

Para medidores de Ventura                      0.98

Para placas de orificio                        0.63

### Procedimiento Experimental

1. Cierre la válvula de control de flujo del Banco Hidráulico (VC) además de la válvula de control de flujo del equipo (CVV).
2. Conecte la bomba y abra completamente la válvula VCC. Abra lentamente la válvula VCC. Abra lentamente la válvula VC hasta alcanzar un caudal de 40 l/min. Espere unos minutos hasta que los tubos manométricos estén completamente llenos y que no se queden burbujas de aire en su interior.
3. Cierre VC y a continuación VCC. Esté seguro que en el equipo no salga ni entre agua.
4. Quite la válvula de anti retorno, o abra la válvula de purga.
5. Abra con cuidado la válvula VCC, se puede observar como los tubos manométricos se llenan de aire (todos ellos se llenarán igual, excepto el tubo de Pitot que lo hará de forma más lenta).
6. Una vez que el nivel requerido se ha alcanzado (70 u 80 mm.) cierre el VCC y coloque otra vez la válvula anti retorno o en su defecto cierre la válvula de purga.
7. Todos los tubos deben haber alcanzado su nivel.

h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>	h <sub>5</sub>	h <sub>6</sub>	h <sub>7</sub>	h <sub>8</sub>	h <sub>1</sub> - h <sub>2</sub>	h <sub>6</sub> - h <sub>7</sub>

Vol. (m <sup>3</sup> )	T	Q <sub>v</sub>	Q <sub>po</sub>	Q <sub>c</sub>	Q <sub>real</sub>

# PRÁCTICA No. 8

## DEMOSTRACIÓN DEL TEOREMA DE BERNOULLI

### Objetivos

- 1 Determinar el comportamiento de un fluido
- 2 Demostrar el sistema de Bernoulli

### Equipos y Materiales

- Equipo de demostración del Teorema de Bernoulli
- Banco Hidráulico
- Cronómetro

### Base Teórica

Si consideramos el caudal de dos secciones diferentes de una tubería y aplicando la ley de la conservación de la energía, la ecuación de Bernoulli se puede escribir como:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

y en este equipo,  $Z_1 = Z_2$ ; y  $P = \gamma * h$ .

Con esto, se quiere demostrar en estas prácticas que, para una tubería dada con dos secciones, 1 y 2, la energía entre las secciones es constante. La suma de los tres términos anteriores es constante y, por tanto, el teorema de Bernoulli queda como sigue:

$$H = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$$

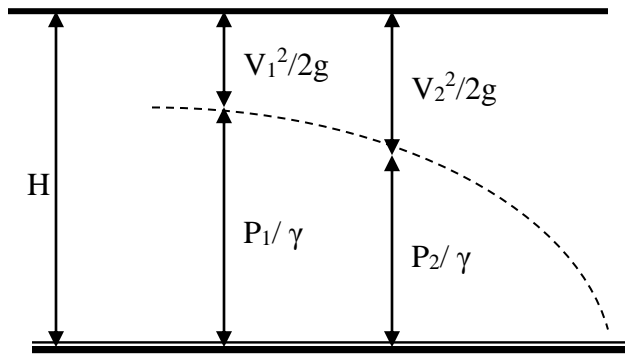
Donde:

$\frac{V^2}{2g}$  = altura cinética

$\frac{P}{\gamma} = h$  = altura piezométrica, que es la altura de una columna de agua asociada con el campo gravitacional.



## Representación gráfica del teorema de Bernoulli



En estas bases teóricas, se considera que el fluido es ideal, pero las partículas rozan unas con otras. En este proceso la velocidad de las partículas disminuye y la energía del sistema se transforma en calor.

Se considera que  $\Delta H$  es la pérdida de presión entre las dos secciones, por lo que:

$$\Delta P = \rho * g * Q * \Delta H$$

Donde

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho * g * Q}$$

Donde  $\Delta P$  es la pérdida potencial.

Con esto se considera la ecuación de Bernoulli como:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \Delta H$$

### Procedimiento Experimental

El objetivo de esta práctica es la demostración de la ecuación de Bernoulli. Tenemos la presión estática y total en las diferentes secciones del tubo de Venturi ( $S_0, S_1, S_2, \dots$ ). La energía total es constante en todas las secciones;  $E_T = E_S + E_K$ , donde  $E_S$  se obtiene de  $P_1/\gamma$  y la energía cinética  $E_K$  de  $V^2/2g$ .

La presión estática es medida por la altura de la columna de agua, y la energía cinética es medida por la diferencia de altura entre el manómetro de Pitot y la lectura estática (otros manómetros). Por otro lado, la velocidad del agua puede ser obtenida con la ecuación de la continuidad:  $V = Q/S$ , donde  $Q$  es el caudal de agua, y  $S$  es la sección del tubo.

## Procedimiento Experimental

1. Colocar el equipo FME 03 al banco hidráulico en sentido convergente.
2. Llene todos los tubos manométricos. El procedimiento a seguir es el siguiente:
  - a) cierre la válvula del banco hidráulico y la válvula de control de flujo del equipo.
  - b) Abra completamente la llave del banco hidráulico. Despacio vaya abriendo la válvula de control de flujo del equipo. Cuando los tubos se llenen completamente vuelva a cerrar ambas válvulas.
  - c) Abra la válvula de purga.
  - d) Abra muy despacio la válvula del equipo. Observara como los tubos comienzan a llenarse de aire
  - e) Cuando los tubos hayan obtenido la altura deseada (70 u 80 mm.), cierre la válvula del equipo y la de purga.
  - f) En este momento tiene todos los tubos al mismo nivel y está listo para iniciar el experimento de Bernoulli.
3. Abra la válvula de caudal del banco hidráulico y la válvula de regulación del equipo
4. Fije un caudal y anote su valor.
5. Coloque el tubo de Pitot en la primera toma de presión de mínima sección. Cuando el tubo de Pitot se estabilice determine la diferencia de altura entre los dos tubos manométricos: presión estática “ $h_i$ ” y presión total “ $h_{TP}$ ” (tubo de Pitot).
6. La diferencia corresponde a la presión cinética dada por  $V^2/2g$ .
7. Determinar la sección con la siguiente ecuación  $S = Q/V$ , donde Q es el caudal de agua y V es la velocidad obtenida en dicha sección.
8. Repita todos los pasos para cada toma de presión
9. Repita los pasos anteriores para tres caudales diferentes.

Las secciones de los tubos del equipo FME 03 son:

$S_0$	$1.19 \times 10^{-3} \text{ m}$	$S_4$	$2.61 \times 10^{-2} \text{ m}$
$S_1$	$1.20 \times 10^{-3} \text{ m}$	$S_5$	$2.65 \times 10^{-2} \text{ m}$
$S_2$	$2.50 \times 10^{-2} \text{ m}$	$S_6$	$2.98 \times 10^{-2} \text{ m}$
$S_3$	$2.87 \times 10^{-2} \text{ m}$	$S_7$	$2.88 \times 10^{-2} \text{ m}$

S	h(m)	Q (m <sup>3</sup> /seg)	A (m <sup>2</sup> )	V	V <sup>2</sup>	h <sub>Total</sub>
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

¿Existe alguna diferencia entre los diferentes  $h_{Total}$ ? ¿Por qué?

# **PRACTICA No. 9**

## **PÉRDIDAS EN TUBERÍAS**

### ***OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA***

Determinar las pérdidas de carga en tuberías y accesorios de diferentes diámetros a fin de que el estudiante pueda visualizar la importancia de las mismas, y que pueda comprobar cómo varían las pérdidas según que el flujo sea a lo largo de una tubería o cuando discurre a través de accesorios y piezas especiales.

### ***EQUIPOS QUE SE VAN A UTILIZAR***

- El Rezóométrico
- Fluxómetro
- Tuberías de diversos diámetros o diferentes formas (o tamaño)
- Tubería de PVC recta y curva
- Tubería contado

### ***MARCO TEÓRICO***

Un proceso puede definirse como la trayectoria de la sucesión de estado a través de los cuales pasa el sistema, tales como los cambios de velocidad, elevación, presión, densidad, temperatura, etc. Cuando es posible que un proceso se lleve a cabo de tal manera que pueda ser invertido, es decir que regrese a su estado original sin ningún cambio final, ya sea en el sistema o a sus alrededores, se dice que es reversible. En cualquier situación de flujo de fluido real, o cambio en un sistema mecánico, los factores de fricción viscosa o de COULOMB, expansión no limitada, histéresis, etc., impiden que el proceso sea reversible. Es, sin embargo, ideal a lograr en procesos de diseño y la eficiencia de ellos se define generalmente en términos de su proximidad a la reversibilidad.

Cuando cierto proceso tiene un solo efecto sobre sus alrededores se dice que se ha realizado un trabajo en sus alrededores, un proceso verdadero es **irreversible**. La diferencia entre la cantidad de trabajo que una sustancia puede llevar a cabo al cambiar de un estado a otro a lo largo de una trayectoria reversible y el trabajo real que produce para la misma trayectoria se denomina **irreversibilidad** del proceso. Puede definirse en ciertas condiciones, la irreversibilidad de un proceso se denomina trabajo por unidad de tiempo. En ciertas condiciones, la irreversibilidad de un proceso se denomina trabajo perdido, es decir, es la pérdida de capacidad para realizar trabajo debido a la fricción y a otras causas.

Las pérdidas que ocurren en tuberías debido a dobleces, codos, juntas, válvulas, etc., se llaman pérdidas menores, nombre que podemos considerar incorrecto porque en muchas ocasiones son más importantes que las pérdidas debidas a la fricción en el tubo, pero el nombre es convencional. Las pérdidas menores ocurren de una manera puntual mientras que la fricción y la viscosidad ocurren de una manera distribuida. En casi todos los casos la pérdida menor se determina por experimentos.

## ***PÉRDIDAS LOCALES***

Las tuberías de conducción que se utilizan en la práctica están por lo general compuestas por tramos rectos y curvos para ajustarse a los accidentes topográficos del terreno, así como a los cambios que se presentan en la geometría de la acción y los distintos dispositivos para el control de las descargas (Válvulas y Compuertas). Estos cambios originan pérdidas de energía, distintas a las de la fricción localizada en el mismo lugar de cambio de geometría o alteración de flujo. Su magnitud se expresa como una fracción de la carga de velocidad, inmediatamente aguas abajo del sitio donde se produjo la pérdida.

### ***DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS DISTRIBUIDAS PARTE A***

Para una tubería a cota constante (las secciones de entrada y de la salida a la misma altura) y a sección constante (diámetro de la tubería) las pérdidas distribuidas debido a fricción en las paredes, pueden expresarse con la relación:

Donde:

$$O_p = P_1 - P_2 = K (Q^2)$$

- **K** =  $O_p/Q^2$
- **O<sub>p</sub>** = Pérdida de carga en metros de columna de agua (MH<sub>2</sub>O)
- **P** = Presiones en metros de columna de agua (MH<sub>2</sub>O)
- **K** = factor de pérdida
- **Q** = Caudal en unidades de volumen por tiempo determinado

Usualmente para cada tubería se encuentran tabuladas las pérdidas unitarias (P) en milímetros de columnas de agua por metro, de tubería en función del caudal o de las constantes (K) independientes del caudal, definidas de la siguiente manera:

$$K = P/Q$$

Estos dos parámetros se obtienen experimentalmente en forma muy simple

$$P = (1000 O_p) L$$

**L** = Longitud del tubo considerado en metros (m)

**K** = se obtiene con la misma definición vista más arriba

### ***PROCEDIMIENTO PARTE A***

1.- Montar en un tubo rectilíneo a cota constante y concreta las piezométrica en la primera y en la segunda toma de presiones (las mismas pruebas se pueden efectuar con una de estas dos relaciones).

2.- En por lo menos tres caudales diversos medir a régimen:

- Presión estática inicial (MH<sub>2</sub>O)
- Presión estática final (MH<sub>2</sub>O)

- La longitud L del tubo considerado en metros
- 3.- Calcular para cada prueba las pérdidas. ( $P = P_1 - P_2$ )
  - 4.- Calcular el factor de pérdida
  - 5.- La pérdida P
  - 6.- Calcular la constante K

## ***DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS EN LAS CURVAS DE LA PARTE B***

La instalación posee tubos de pruebas con curvas a greca y con curvas a 800° circulares. En este experimento se utiliza siempre el de circulares.

Se procede como la experiencia anterior, pero considerando los órganos de intersección regulables y determinados del caudal con su grado de estrechamiento. En general interesa conocer la Ley de correspondencia entre grado de estrechamiento y pérdidas.

Cada tipo de válvula se construye con ciertas exigencias. Las válvulas más comunes son:

- Válvulas de Compuertas
- Válvulas de Hongo
- Válvulas de Agujas

El factor de pérdida relativo a una curva doble se determina por medio de la fórmula:

$$K_p = ((P_1 - P_2) / N_1 + (P_1 - P_3) / N_2 + \dots + (P_1 - P_n) / N_n) / M$$

$$K_o = K_p / Q^2 (1/L)$$

Donde:

- **K<sub>p</sub>** = promedio de los puntos.
- **K<sub>o</sub>** = coeficiente de corrección de pérdidas.
- **M** = Número de puntos tomados en cuenta.
- **N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>n</sub>** = Número de curvas dobles existentes entre un punto de toma de presión y el siguiente.
- **Q** = Caudal relativo en litro por segundo (L/s).
- **P** = Presión en los puntos considerados en la práctica en metros de la columna de agua (MH<sub>2</sub>O).
- **L** = Longitud total del tubo tomando en cuenta las curvas dobles.
- **l** = Longitud de una curva doble 2or.

## ***PROCEDIMIENTO PARTE B***

1. Montar las tuberías con las curvas en la conexión a cuota constante.
2. Insertar los piezómetros en los bordes inicial, final y los intermedios.
3. Regular el caudal por medio de la válvula de impulsión de la bomba
4. Medir:
  - a. Las presiones estáticas en cada punto
  - b. El número de curvas dobles
5. Variar el caudal y repetir las medidas.

## ***ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS***

1. - Realizar una gráfica con los caudales Vs, los coeficientes de pérdidas para
  - La Práctica A
  - La Práctica B
2. - Realizar una breve investigación sobre la vida de DANIEL BERNOULLI y sobre el banco de pruebas de Pérdida de Carga.
3. - Investigar sobre la formula de DARCY-WESBACH

## ***GUÍA DE SÍNTESIS***

1. ¿Por qué son causadas las perdidas en el experimento?
2. ¿Como deben ser las perdidas en tuberías con curvas comparándolas con las tuberías rectas?
3. ¿Podríamos decir que las perdidas en tuberías rectas de gran longitud podrían ser despreciables?  
¿Por qué?
4. ¿Mientras mayor es el caudal como son las perdidas?

## Bibliografía

Instituto Tecnológico de Santo Domingo. Manual de laboratorio de mecánica de fluidos.  
(ING-208)