

ÍNDICE

7	PRÁCTICAS MANUAL.....	2
7.1	DESCRIPCIÓN.....	2
7.1.1	Descripción del equipo.....	2
7.1.2	Posibilidades prácticas.....	5
7.1.3	Especificaciones.....	5
7.1.4	Dimensiones y peso.....	6
7.1.5	Servicios requeridos.....	6
7.2	FUNDAMENTO TEÓRICO.....	7
7.2.1	Determinación del centro de presiones.....	9
7.2.2	Determinación de la fuerza resultante.....	13
7.2.3	Distribución de presiones en el FME08.....	14
7.2.4	Superficie plana parcialmente sumergida.....	15
7.2.5	Superficie plana totalmente sumergida.....	19
7.3	PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....	23
7.3.1	Práctica 1: Determinar el centro de presiones con un ángulo $\alpha=90^\circ$, parcialmente sumergido.....	23
7.3.2	Práctica 2: Determinar la fuerza resultante con un ángulo de 90° , parcialmente sumergido.....	30
7.3.3	Práctica 3: Determinar el centro de presiones, ángulo $\angle 90^\circ$, parcialmente sumergido.....	32
7.3.4	Práctica 4: Determinar la fuerza equivalente con ángulo $\angle 90^\circ$, parcialmente sumergido.....	40
7.3.5	Práctica 5: Determinar el centro de presiones con ángulo 90° , totalmente sumergido.....	42
7.3.6	Práctica 6: Determinar la fuerza resultante con ángulo 90° , totalmente sumergido.....	48
7.3.7	Práctica 7: Determinar el centro de presiones, ángulo $\angle 90^\circ$, totalmente sumergido.....	50
7.3.8	Práctica 8: Determinar la fuerza resultante, ángulo $\angle 90^\circ$, totalmente sumergido.....	52
7.3.9	Práctica 9: Equilibrio de momentos.....	54
7.4	ANEXOS.....	55
7.4.1	ANEXO I. Simbología empleada.....	55
7.4.2	ANEXO II. Ejemplos de resultados.....	57
7.4.3	ANEXO III. Datos geométricos aproximados del equipo.....	58

7 PRÁCTICAS MANUAL

7.1 DESCRIPCIÓN

7.1.1 Descripción del equipo

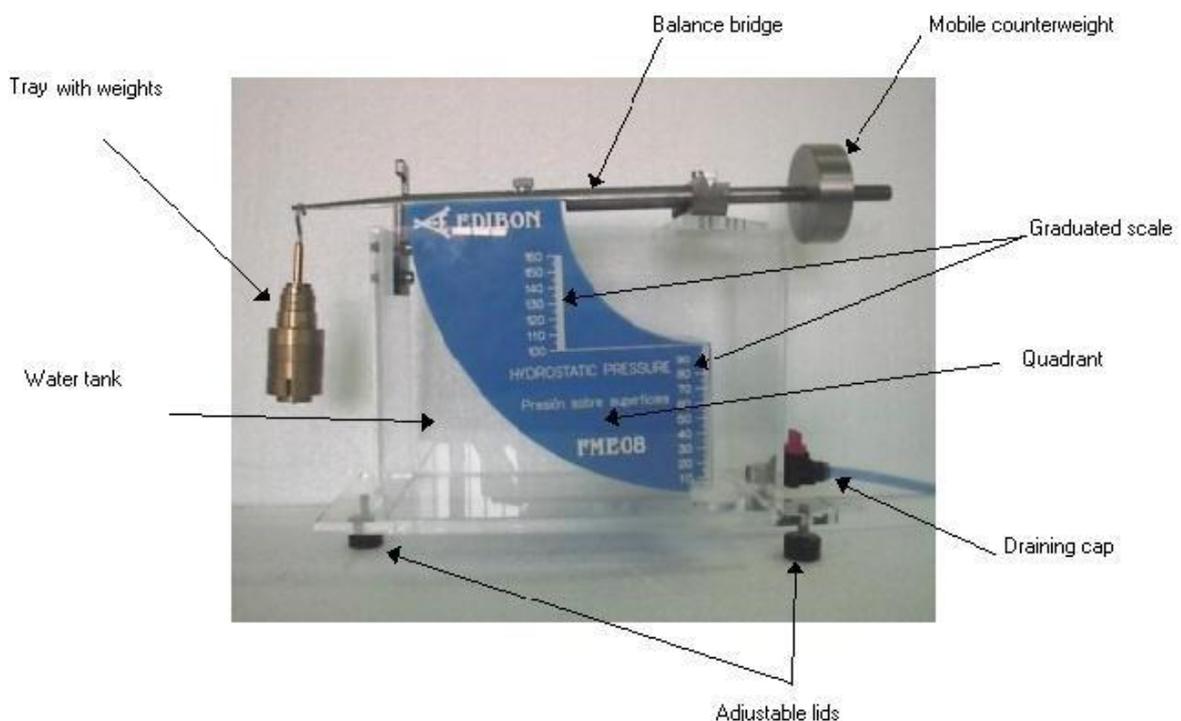


Figura 1. General sight of the unit

El accesorio consiste en un cuadrante (cuarta parte de un anillo) que será el elemento que flotará en el fluido. Este elemento a estudiar se encuentra montado sobre el brazo de una balanza que bascula alrededor de un eje.

Cuando el cuadrante está inmerso en el depósito de agua, la fuerza que actúa sobre la superficie frontal (plana y rectangular), ejercerá un momento con respecto al eje de apoyo.

El brazo basculante incorpora un soporte para pesas, en el cual podremos colocar diferentes pesas, y un contrapeso capaz de desplazarse en la dirección del eje de giro del sistema.

El depósito tiene unas patas de sustentación regulables que determina su correcta nivelación con ayuda del nivel de burbuja situado en una de sus patas. Dispone una válvula (espita) de desagüe.

El nivel alcanzado por el agua en el depósito se indica en una escala graduada situada en el flotador. Las dimensiones y cotas del equipo serán:

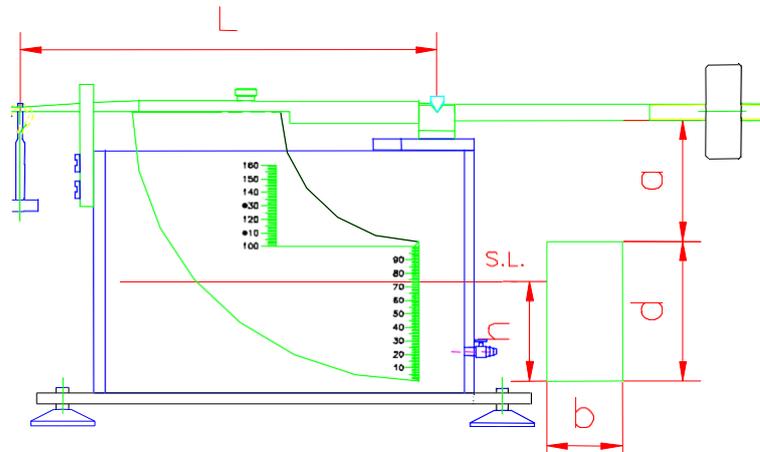


Figura 2. Dimensiones de la unidad (I)

Ver ANEXO III para dimensiones del equipo.

La cota b representa la profundidad del cuadrante.

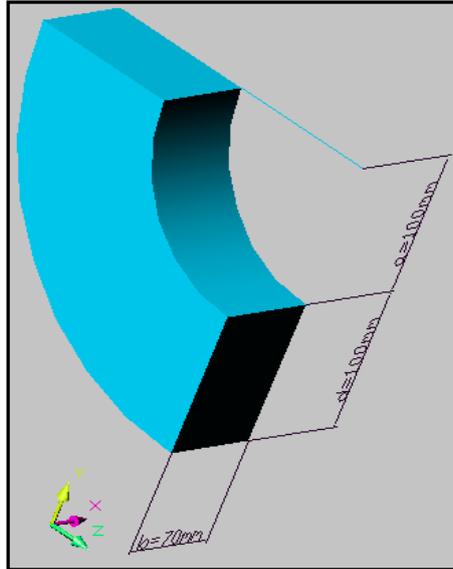


Figura 3. Dimensiones de la unidad (II)

7.1.2 Posibilidades prácticas

- Determinación experimental del centro de presiones sobre una superficie plana, parcialmente sumergida en un líquido en reposo, y comparación con las posiciones teóricas.
- Determinación experimental del centro de presiones sobre una superficie plana completamente sumergida en un líquido en reposo y comparación con posiciones teóricas.
- Determinación experimental de la fuerza resultante sobre una superficie plana, parcialmente sumergida en un líquido en reposo, y comparación con las posiciones teóricas.
- Determinación experimental de la fuerza resultante sobre una superficie plana, completamente sumergida en un líquido en reposo, y comparación con las posiciones teóricas.
- Equilibrios de momentos y cálculos de ángulos girados en base a presiones ejercidas sobre una superficie plana.

7.1.3 Especificaciones

- Capacidad del depósito: 5,5 L

- Distancia entre las masas suspendidas y el punto de apoyo: 285 mm (longitud del brazo de giro).
- Área de la sección: 0.007 m²
- Profundidad máxima del cuadrante sumergido: 160 mm
- Altura del punto de apoyo sobre el cuadrante: 100 mm
- Se suministra un juego de masas de distintos pesos.

4 pesas de 100gr

1 pesa de 50gr

5 pesas de 10gr

1 pesa de 5gr

7.1.4 Dimensiones y peso

- Dimensiones aproximadas: 500x200x300 mm.
- Volumen aproximado: 0.04 m³
- Peso aproximado: 5 kg.

7.1.5 Servicios requeridos

- Este equipo puede trabajar de forma autónoma.

7.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

El objetivo de este equipo es medir la fuerza que ejerce un fluido sobre las superficies que están en contacto con él. Para ello tomaremos una geometría en la cual la presión ejercida sobre sus superficies no generan momentos con respecto a un punto, a excepción de en una de ellas, que será la superficie en la que nos basaremos para la realización de la experiencia.

Conceptos importantes:

- a) Momento es el producto de la aplicación de una fuerza a una distancia dada.

$$M = F * d$$

- b) La fuerza que ejerce el fluido sobre una superficie sólida que está en contacto con él es igual al producto de la presión ejercida sobre ella por su área (ver **Figura 4**, donde $A = b * l$).

$$F = P * A$$

- c) Esta fuerza, que actúa en cada área elemental, se puede representar por una única fuerza resultante (ver F en **Figura 4**) sobre la superficie completa que actúa en un punto llamado centro de presiones (en la figura coincidente con el centro de gravedad).

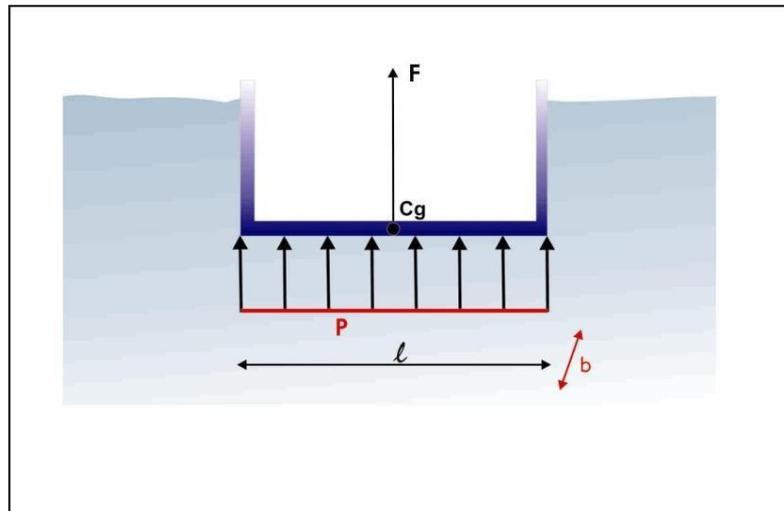


Figura 4

Basándonos en estos fundamentos calcularemos la presión ejercida por el fluido sobre la superficie sumergida, que según lo comentado anteriormente, será igual a una fuerza equivalente aplicada en un punto determinado.

- Si la superficie sólida es plana, la fuerza resultante coincide con la fuerza total, ya que todas las fuerzas elementales son paralelas (es una suma aritmética de las fuerzas).
- Si la superficie es curva, las fuerzas elementales no son paralelas y tendrán componentes opuestas de forma que la fuerza resultante es menor que la fuerza total (es una suma vectorial de las fuerzas, habrá componentes que se sumen o se resten).

7.2.1 Determinación del centro de presiones

Si tenemos una superficie sumergida la presión que el fluido ejerce sobre ella es proporcional a la profundidad, en la figura vemos que la presión “ p ” se va incrementando a medida que varía la distancia a la superficie del fluido “ h ”. La presión variará desde la presión “ p_1 ” hasta “ p_2 ”.

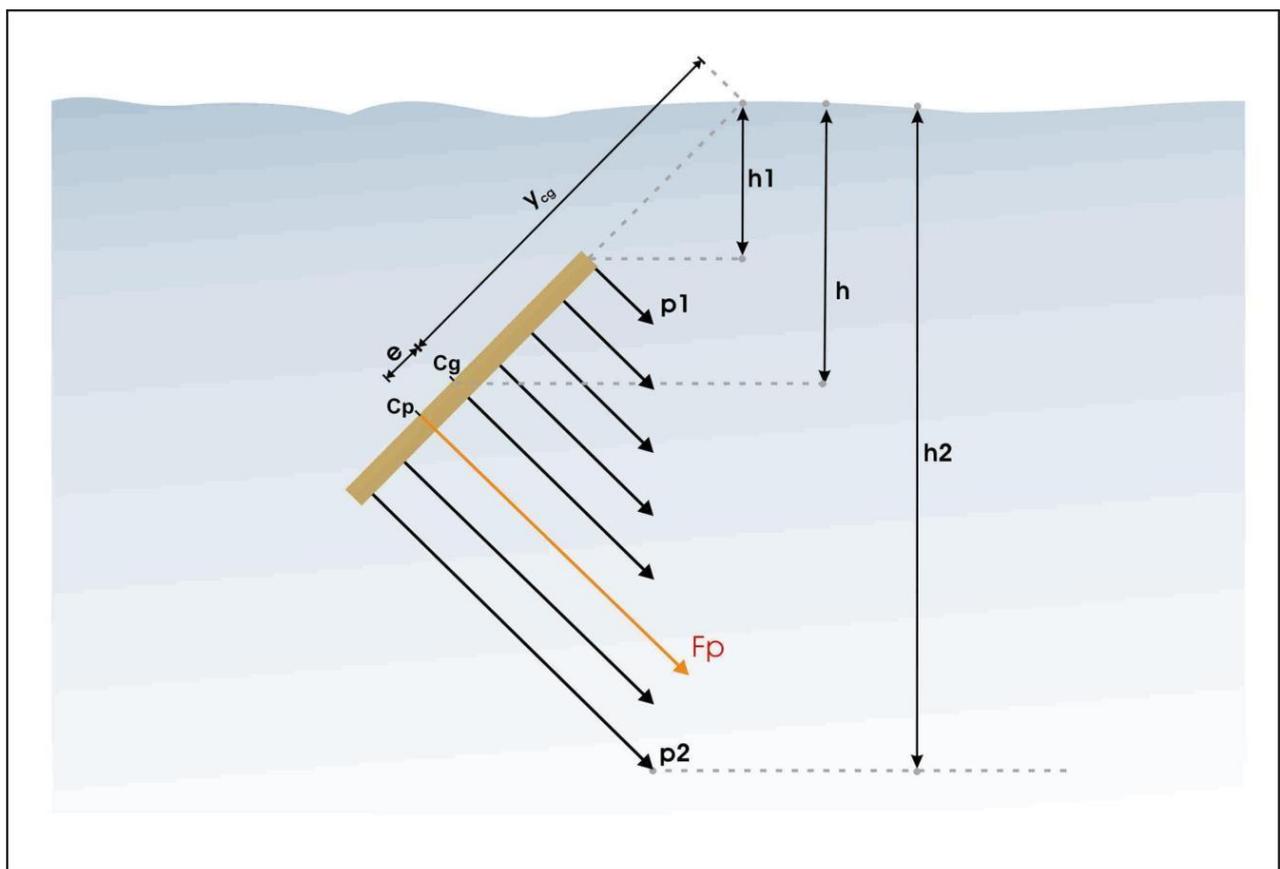


Figura 5

Debido a esta variación de las presiones a lo largo de la superficie, la Fuerza Equivalente “ F_p ” se ve desplazada del Centro de Gravedad “ C_g ” de la superficie, al punto “ C_p ”, llamado centro de presiones, una distancia “ e ”.

Si tomamos una superficie dada, dividimos la distribución de presiones en una zona rectangular de presión constante “ p_1 ” y una triangular de base “ $p_2 - p_1$ ” y altura “ l ”. Estas dos distribuciones de presiones nos generan dos fuerzas equivalentes

“F1” y “F2”.

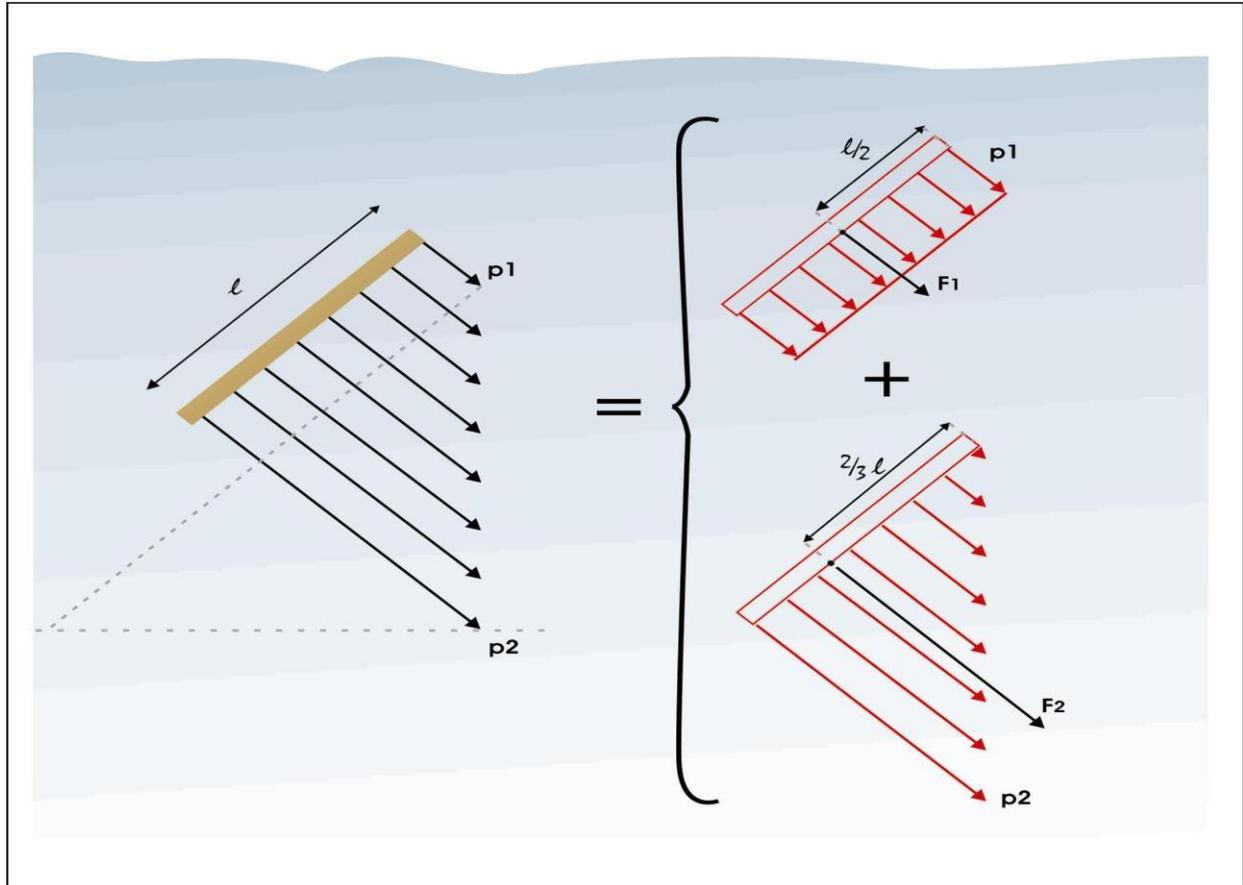


Figura 6

Si calculamos los momentos generados con respecto a un punto "O", y teniendo en cuenta que, por la geometría de la distribución de presiones, "F1" estará aplicada a "l/2", y "F2" a "2*l/3", ambas dos en el punto más cercano a la superficie del fluido.

$$\sum M = 0 \rightarrow F_{cp} \cdot \left(\frac{l}{2} + e \right) = F1 \cdot \frac{l}{2} + F2 \cdot \frac{2 \cdot l}{3}$$

Ecuación 1

Es decir, las dos fuerzas que nos quedan aplicadas a las distancias conocidas,

generan el mismo momento que una fuerza total (Fuerza Equivalente, “ F_p ”) aplicada a una distancia dada (Centro de Presiones, “ C_p ”).

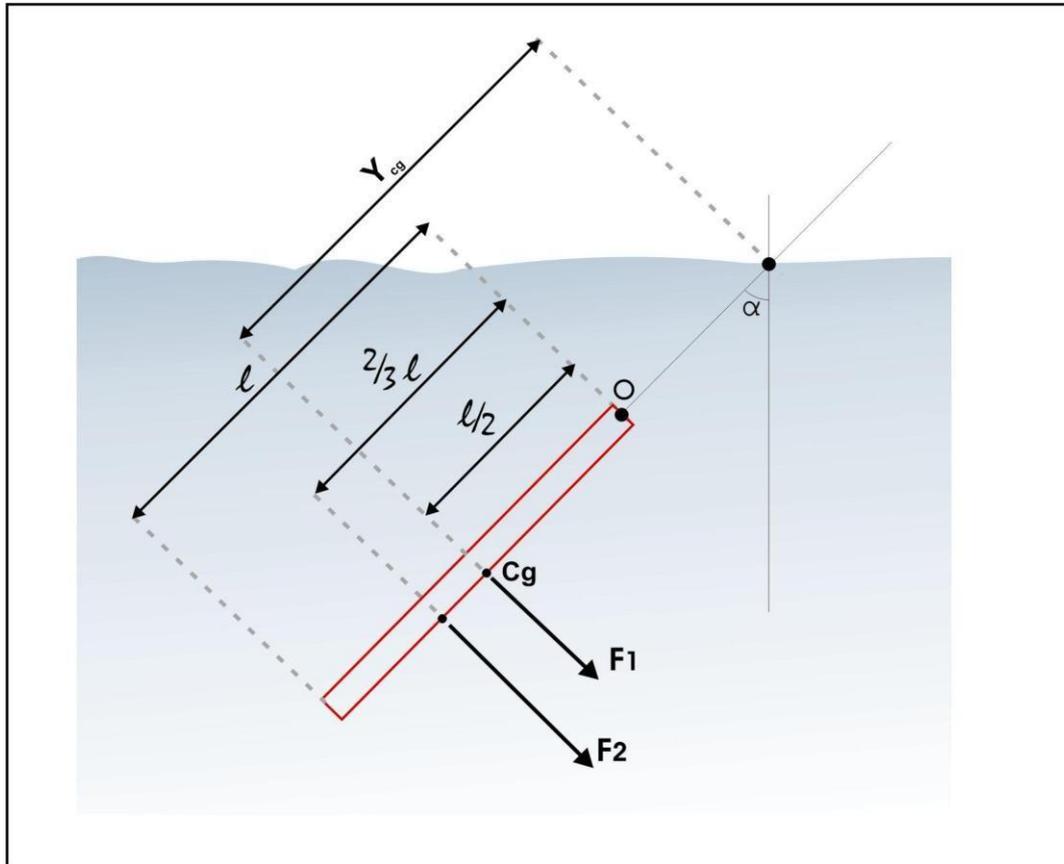


Figura 7

Despejando de la ecuación anterior, tenemos que:

$$e = \frac{l}{6} \cdot \frac{(p_2 - p_1)}{p_2 + p_1}$$

Ecuación 2

Teniendo en cuenta que la presión hidrostática nos dice que:

$$p = \rho * g * h$$

Ecuación 3

Que aplicando a nuestro caso:

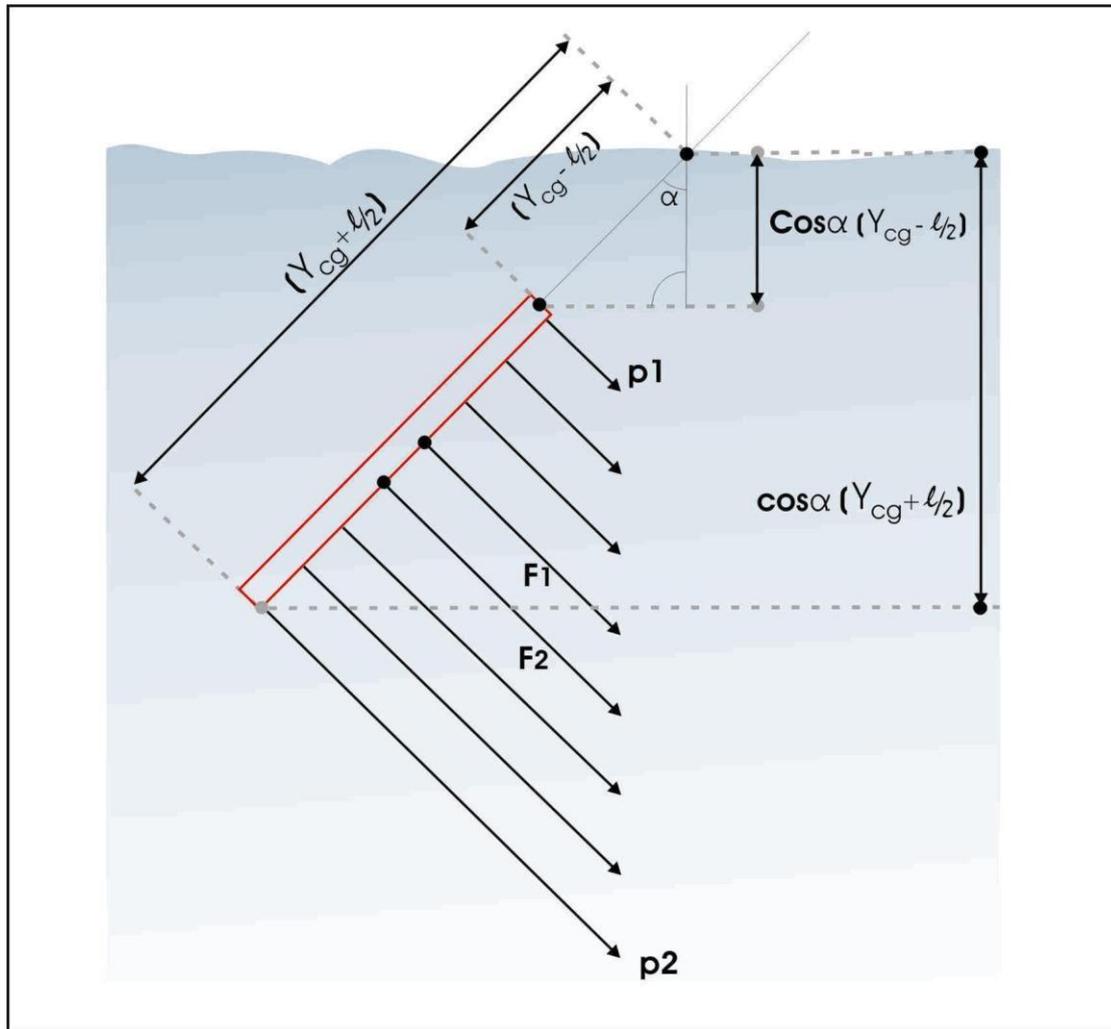


Figura 8

$$p1 = \rho \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot \left(y_{cg} - \frac{l}{2} \right)$$

$$p2 = \rho \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot \left(y_{cg} + \frac{l}{2} \right)$$

Ecuación 4

Entrando en la ecuación anterior:

$$e = \frac{l^2}{12 \cdot y_{cg}}$$

Ecuación 5

Con esta ecuación deduciremos la distancia del Centro de Presiones al punto de giro (punto de aplicación de la fuerza equivalente).

$$L_{cp} = L_{cg} + e$$

Ecuación 6

7.2.2 Determinación de la fuerza resultante

La presión ejercida por un fluido sobre una superficie sumergida depende de la densidad del fluido y de la distancia del sólido a la superficie del fluido “*h*”.

$$p_{cg} = \rho * g * h_{cg}$$

Ecuación 7

Esta presión variará con la profundidad (distancia del sólido a la superficie del fluido “*h*”), aumentando a medida que el elemento se sumerge a más profundidad. La ecuación anterior también se puede expresar como:

$$p_{cg} = \rho * g * \cos \alpha * y_{cg}$$

Ecuación 8

La fuerza resultante es el resultado de la presión sobre el centro de gravedad de la superficie de trabajo multiplicado por el área de la superficie sumergida.

$$F_p = P_{cg} * A_s$$

Ecuación 9

7.2.3 Distribución de presiones en el FME08

En la **Figura 9**, vemos que la distribución de presiones por las superficies curvas no producen ningún momento con respecto al eje de giro, por estar en la dirección radial a este (P_{r1} y P_{r2}). La distribución de presiones en la cara frontal (cara con la escala graduada) es igual y de sentido opuesto a la de la cara posterior (cara opuesta a la de la escala graduada). Por todo esto la única superficie que provoca un momento con respecto al punto de giro “O” es la superficie plana (P_p).

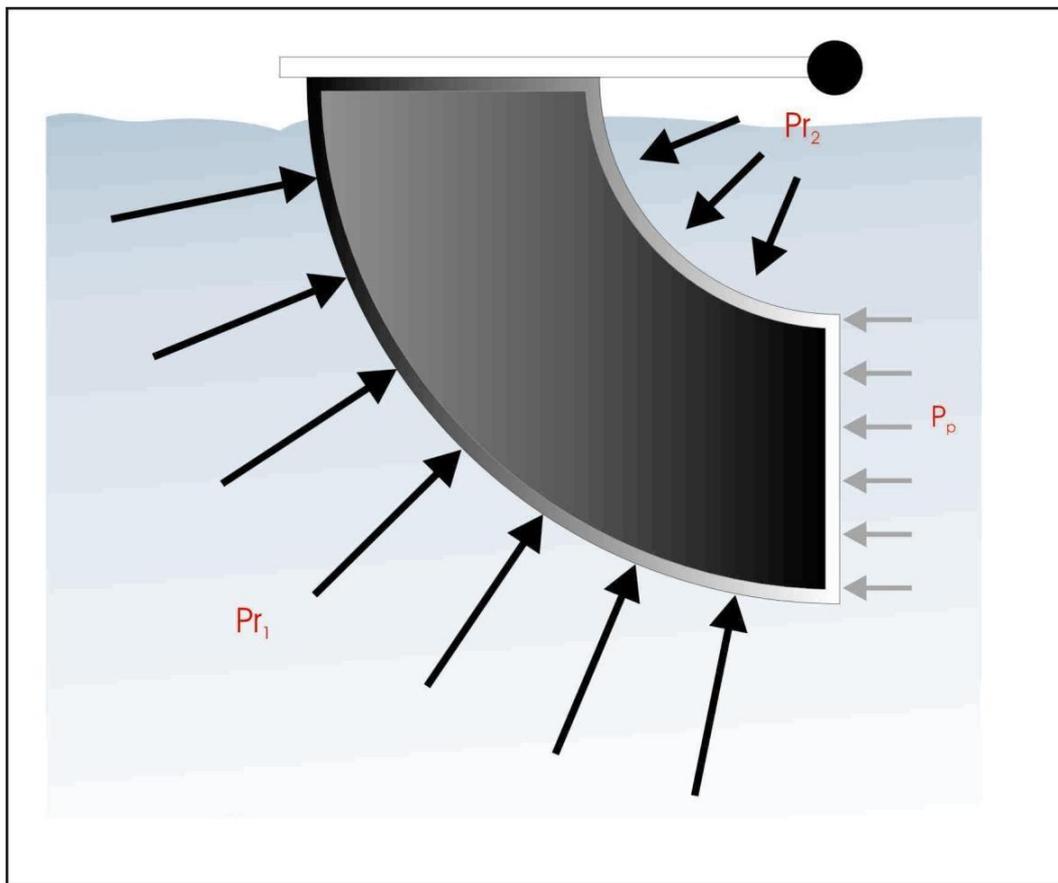


Figura 9

Este equipo se basa en la igualación de momentos generados en esta cara con respecto a los creados por el gancho con pesas, despejando encontraremos la presión ejercida por el fluido sobre la superficie plana.

7.2.4 Superficie plana parcialmente sumergida

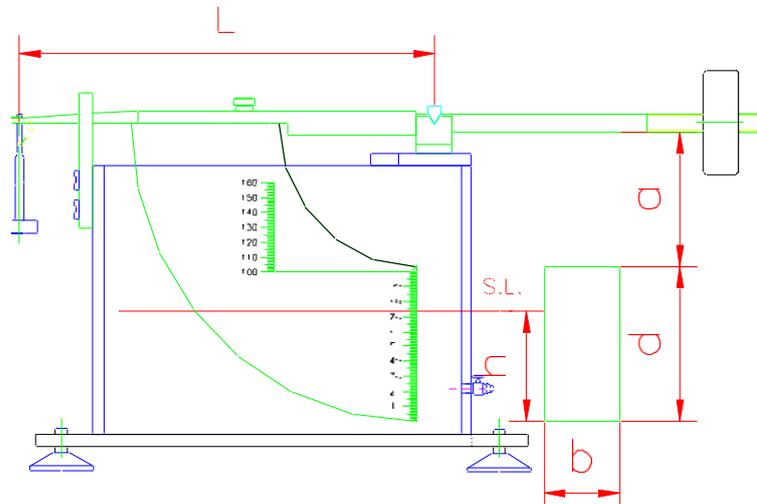


Figure 10. Superficie plana parcialmente sumergida

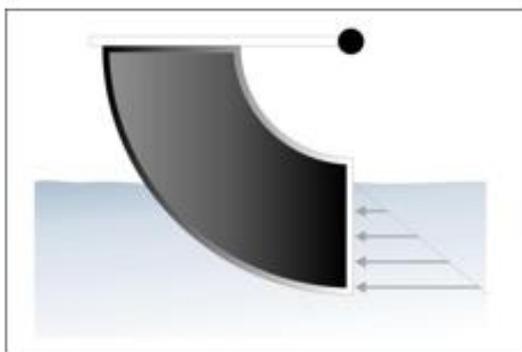


Figura 11. $\alpha=90^\circ$

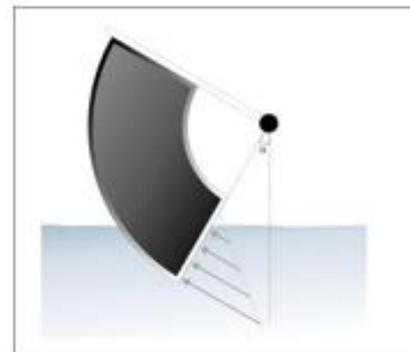


Figura 12. $\alpha < 90^\circ$

7.2.4.1 Determinar el centro de presiones a $\alpha=90^\circ$, parcialmente sumergido

Cuando tenemos el flotador parcialmente sumergido basándonos en la **Ecuación 5** y teniendo en cuenta que en esta situación “ $l = h$ ” e “ $ycg = h/2$ ”, tenemos que:

$$e = \frac{h^2}{12 \cdot (h/2)} \rightarrow e = \frac{h}{6}$$

Ecuación 10

Para lo cual, empleando la **Ecuación 6**, nos encontramos que el centro de presiones se encontrará a una distancia:

$$L_{cp} = L_{p2} - \frac{h}{3}$$

Ecuación 11

Siendo L_{p2} el radio externo de giro (distancia del punto de giro al más sumergido, es decir de máxima presión p_2 , $L_{p2} = a+d$ y le restamos $h/3$ porque tendremos una distribución de presiones triangular, no trapezoidal (por estar el cuerpo parcialmente sumergido).

7.2.4.2 Determinar la fuerza resultante a $\alpha=90^\circ$, parcialmente sumergido

La presión ejercida sobre la superficie plana del objeto, la calcularemos basándonos en la **Ecuación 8** para $\alpha = 0$.

$$p_{cg} = \rho \cdot g \cdot \frac{h}{2}$$

Ecuación 12

Y el área sumergida será:

$$A_s = h * b$$

Ecuación 13

Con lo que la Fuerza Equivalente quedará:

$$F_{cp} = \rho \cdot g \cdot \frac{h^2}{2} \cdot b$$

Ecuación 14

7.2.4.3 Determinar el centro de presiones a $\alpha < 90^\circ$, parcialmente sumergido

Cuando tenemos el flotador parcialmente sumergido basándonos en la **Ecuación 5** y teniendo en cuenta que en esta situación “ $l = h \cdot \cos \alpha$ ” e “ $y_{cg} = h \cdot \cos \alpha / 2$ ”, tenemos que:

$$e = \frac{(h \cdot \cos \alpha)^2}{12 \cdot (h \cdot \cos \alpha / 2)} \rightarrow e = \frac{l}{6} = \frac{h \cdot \cos \alpha}{6}$$

Ecuación 15

Para lo cual, empleando la **Ecuación 6**, nos encontramos que el centro de presiones se encontrará a una distancia:

$$L_{cp} = L_{p2} - \frac{l}{3} = L_{p2} - \frac{h \cdot \cos \alpha}{3}$$

Ecuación 16

Siendo L_{p2} el radio externo de giro (distancia del punto de giro al más sumergido, es decir de máxima presión p_2 , $L_{p2} = a+d$) y le restamos $l/3$ porque tendremos una distribución de presiones triangular, no trapezoidal (por estar el cuerpo parcialmente sumergido).

7.2.4.4 Determinar la fuerza resultante a $\alpha < 90^\circ$, parcialmente sumergido

La presión ejercida sobre la superficie plana del objeto, la calcularemos basándonos en la **Ecuación 8**:

$$p_{cg} = \rho \cdot g \cdot \frac{\cos \alpha \cdot l}{2}$$

Ecuación 17

Y el área sumergida será:

$$A_s = l \cdot b$$

Ecuación 18

Con lo que la Fuerza Equivalente quedará:

$$F_{cp} = \rho \cdot g \cdot \frac{\cos \alpha \cdot l^2}{2} \cdot b$$

Ecuación 19

7.2.5 Superficie plana totalmente sumergida

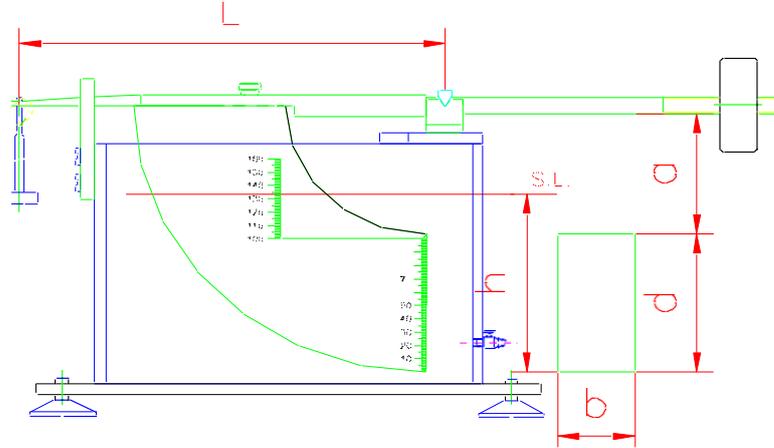


Figura 13. Superficie plana totalmente sumergida

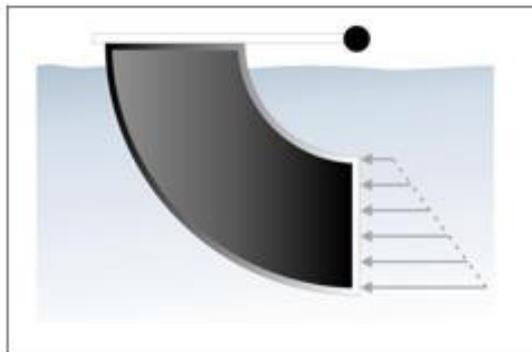


Figura 14. $\alpha=90^\circ$

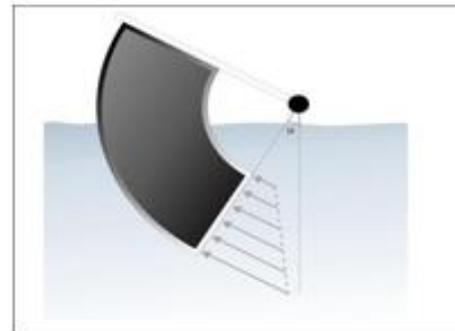


Figura 15. $\alpha < 90^\circ$

7.2.5.1 Determinar el centro de presiones a $\alpha=90^\circ$, totalmente sumergido

Cuando tenemos el flotador totalmente sumergido, basándonos en la **Ecuación 5** y teniendo en cuenta que en esta situación “ $l = d$ ” e “ $y_{cg} = h-d/2$ ”, tenemos que:

$$e = \frac{d^2}{12 \cdot \left(h - \frac{d}{2}\right)}$$

Ecuación 20

Para lo cual, empleando la **Ecuación 6**, nos encontraremos que el centor de presiones se encontrará a una distancia:

$$L_{cp} = L_{cg} + \frac{d^2}{12 \cdot \left(h - \frac{d}{2}\right)} \rightarrow L_{cp} = a + \frac{d}{2} + \frac{d^2}{12 \cdot \left(h - \frac{d}{2}\right)}$$

Ecuación 21

7.2.5.2 Determinar la fuerza resultante a $\alpha = 90^\circ$, totalmente sumergido

La presión ejercida sobre la superficie plana del objeto, la calcularemos basándonos en la **Ecuación 8** para $\alpha = 0$. Recordemos que “ $l = d$ ” and “ $ycg = h-d/2$ ”.

$$p_{cg} = \rho \cdot g \cdot \left(h - \frac{d}{2}\right)$$

Ecuación 22

Y el área sumergida será:

$$As = d \cdot b$$

Ecuación 23

Con lo que la Fuerza Equivalente quedará:

$$F_{cp} = \rho \cdot g \cdot \left(h - \frac{d}{2}\right) \cdot d \cdot b$$

Ecuación 24

7.2.5.3 Determinar el centro de presiones a $\alpha < 90^\circ$, totalmente sumergido

Cuando tenemos el flotador totalmente sumergido, basándonos en la **Ecuación 5** y teniendo en cuenta que en esta situación “ $l = d$ ” e “ $y_{cg} = h/\cos\alpha - d/2$ ”, tenemos que:

$$e = \frac{d^2}{12 \cdot \left(\frac{h}{\cos \alpha} - \frac{d}{2} \right)}$$

Ecuación 25

Para lo cual, empleando la **Ecuación 6**, nos encontramos que el centro de presiones se encontrará a una distancia:

$$L_{cp} = L_{cg} + e \rightarrow L_{cp} = L_{cg} + \frac{d^2}{12 \cdot \left(\frac{h}{\cos \alpha} - \frac{d}{2} \right)}$$

Ecuación 26

Siendo $L_{cg} = +d/2$.

7.2.5.4 Determinar la fuerza resultante a $\alpha < 90^\circ$, totalmente sumergido

La presión ejercida sobre la superficie plana del objeto, la calcularemos basándonos en la **Ecuación 8**. Recordemos que “ $l = d$ ” e “ $y_{cg} = h/\cos\alpha - d/2$ ”.

$$p_{cg} = \rho \cdot g \cdot \left(h - \frac{d \cdot \cos \alpha}{2} \right)$$

Ecuación 27

Y el área sumergida será:

$$A_s = d \cdot b$$

Ecuación 28

Con lo que la Fuerza Equivalente quedará:

$$F_{cp} = \rho \cdot g \cdot \left(h - \frac{d \cdot \cos \alpha}{2} \right) \cdot d \cdot b$$

Ecuación 29

7.2.5.5 Equilibrio de momentos

Si hacemos un equilibrio de momentos, teniendo en cuenta que tenemos una Fuerza Equivalente producida por la presión en el Centro de Presiones y una Fuerza producida por las pesas (F_L) a una distancia L :

$$\sum M = 0 \rightarrow F_{cp} \cdot L_{cp} = F_L \cdot L$$

Ecuación 30

Podremos comprobar el cumplimiento de la ecuación anterior.

7.3 PRÁCTICAS DE LABORATORIO

7.3.1 Práctica 1: Determinar el centro de presiones con un ángulo $\alpha=90^\circ$, parcialmente sumergido

7.3.1.1 Objetivo

Determinar la posición del Centro de Presiones sobre una superficie plana, perpendicular a la superficie del fluido, parcialmente sumergida en un líquido en reposo.

7.3.1.2 Procedimiento experimental

1. Nivelar el depósito actuando convenientemente sobre los pies de sustentación, que son regulables, mientras se observa el "nivel de burbuja".



Figura 16

2. Medir y tomar nota de las cotas designadas por a , L , d y b ; estas últimas correspondientes a la superficie plana situada al extremo del cuadrante (ver **Figura 17**). No olvide este paso para una mayor exactitud de las medidas.

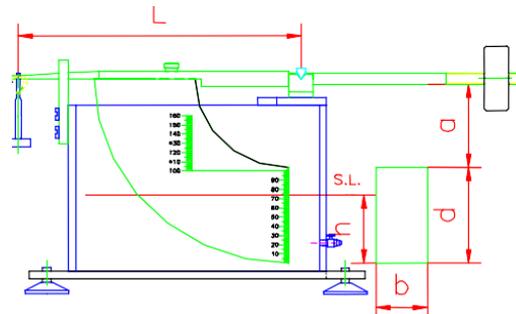


Figura 17

3. Con el depósito emplazado sobre el Banco o Grupo Hidráulico, colocar el brazo basculante sobre el apoyo (perfil afilado, ver **Figura 18**). Colgar el platillo al extremo del brazo (ver **Figura 19**).

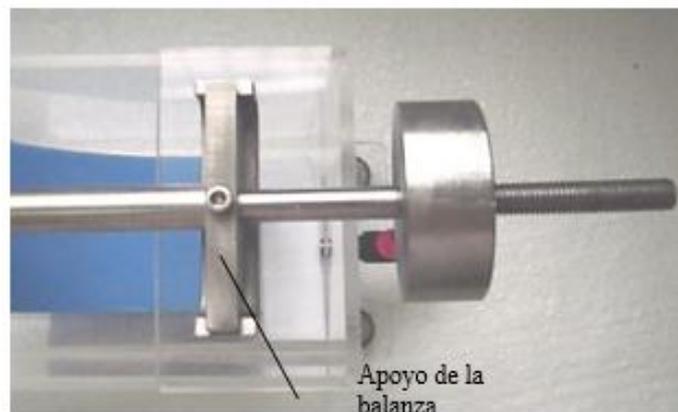


Figura 18

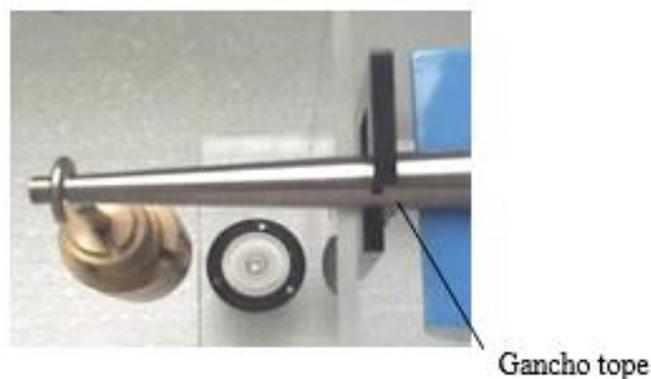


Figura 19

4. Cerrar la espita del desagüe del fondo del depósito. Desplazar el contrapeso del brazo basculante hasta conseguir que la superficie plana a

estudiar sea perpendicular a la base del depósito (base que nivelamos previamente). Con este paso conseguimos comenzar las medidas desde una posición total de equilibrio, así todos los cambios se producirán por medio de una diferencia en el volumen de agua o por una diferencia en las masas que colocamos en el platillo. Este punto es de extrema importancia para una buena toma de medidas (el equipo tiene varias muescas en el “gancho tope”, la central identifica este punto de equilibrio).

5. Introducir agua en el depósito hasta que la superficie libre de ésta resulte **tangente al borde más inferior del cuadrante** (hasta justo el punto inferior del elemento flotador). El ajuste fino de dicho nivel se puede lograr sobrepasando ligeramente el llenado pretendido y, posteriormente, desaguando lentamente a través de la espita. Para desaguar es posible que tengas que inclinar levemente el depósito hacia el lado de la espita. Si tienes que hacerlo asegúrate después que el equipo permanece correctamente nivelado.
6. Colocar un peso calibrado sobre el platillo de balanza y añadir, lentamente, agua hasta que la superficie plana a estudiar sea perpendicular a la base del depósito. Para el ajuste de esta posición nos valemos de la ayuda de la marca blanca que se encuentra en el tope del brazo (gancho-tope), justo al lado del platillo.

Anotar el nivel de agua, indicado en el cuadrante, y el valor del peso situado sobre el platillo (**Tabla 1**). (Nota: comprobar si las pesas están marcadas en gr o grf = N). Las columnas sombreadas en la tabla

corresponden a los datos obtenidos experimentalmente, estos son los que cumplimentaremos en esta parte de la práctica.

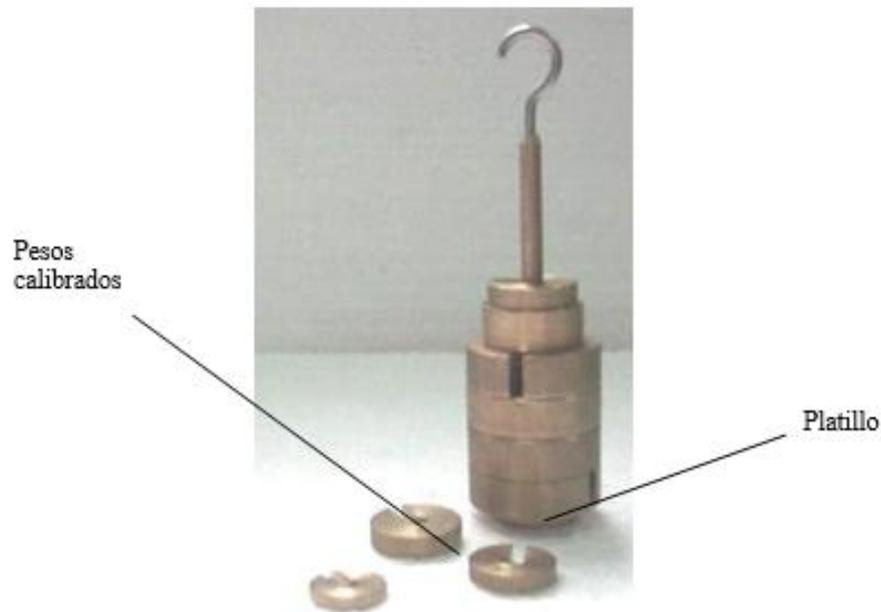


Figura 20

7. Repetir la operación anterior varias veces, aumentando en cada una de ellas, progresivamente, el peso en el platillo hasta que, estando nivelado el brazo basculante, el nivel de la superficie libre del agua enrase con la arista superior de la superficie plana rectangular que presenta el extremo del cuadrante (hasta cubrir totalmente la superficie plana).



Figura 21

8. A partir de ese punto, y en orden inverso a como se fueron colocando sobre el platillo, se van retirando los incrementos de peso dados en cada operación, se nivela el brazo (después de cada retirada) utilizando la espita de desagüe y se van anotando los pesos en el platillo y los niveles de agua (h).

Para $h < d$ (Inmersión parcial)

C.1. Medir las cotas a , b , d y L :

$$a = ___ mm$$

$$b = ___ mm$$

$$d = ___ mm$$

$$L = ___ mm$$

C.2. Promediar los valores obtenidos y cumplimentar en la **Tabla 1** las columnas F_m y h_m . Analizar las desviaciones obtenidas, con respecto a los valores de origen.

C.3. Calcular los valores de L_{cp} , teniendo en cuenta que:

$$L_{cp} = L_{p2} - \frac{h}{3}$$

Siendo L_{p2} el radio externo de giro ($L_{p2} = a+d$).

C.4. Explicar la particularización anterior partiendo de la **Ecuación 5** y **Ecuación 6**.

C.5. Analizar y comentar los datos obtenidos, y comentar posibles discrepancias con los datos esperados.

7.3.2 Práctica 2: Determinar la fuerza resultante con un ángulo de 90° , parcialmente sumergido

7.3.2.1 Objetivo

Determinar la Fuerza Equivalente sobre una superficie plana, perpendicular a la superficie del fluido, parcialmente sumergida en un líquido en reposo.

7.3.2.2 Procedimiento experimental

El procedimiento a seguir para la realización de esta práctica es el descrito en la Práctica 1 (nos valdrán los datos experimentalmente obtenidos en la práctica anterior, si hemos realizado ya la Práctica 1).

7.3.2.3 Hoja de trabajo

Alumno: _____

Año: _____

C.1. Con los datos obtenidos experimentalmente en la Práctica 1 y empleando la siguiente ecuación:

$$F_{cp} = \rho \cdot g \cdot \frac{h^2}{2} \cdot b$$

- calcular los valores de F_{cp} e incluirlos en la **Tabla 1 de la Práctica 1**.

C.2. Explicar la particularización anterior partiendo de la **Ecuación 8**.

C.3. Analizar y comentar los datos obtenidos, y comentar posibles discrepancias con los datos esperados.

7.3.3 Práctica 3: Determinar el centro de presiones, ángulo $\neq 90^\circ$, parcialmente sumergido

7.3.3.1 Objetivo

Determinar la posición del Centro de Presiones sobre una superficie plana, con un ángulo de inclinación con respecto a la superficie del fluido, parcialmente sumergida en un líquido en reposo.

7.3.3.2 Procedimiento experimental

1. Nivelar el depósito actuando convenientemente sobre los pies de sustentación, que son regulables, mientras se observa el "nivel de burbuja".

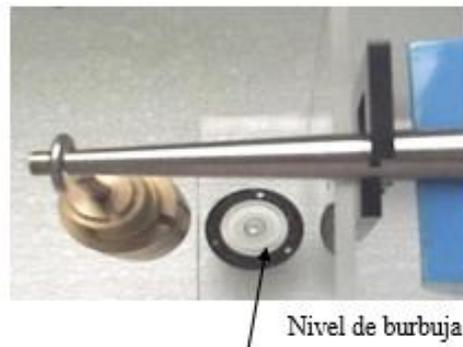


Figura 22

2. Medir y tomar nota de las cotas designadas por a , L , d y b ; estas últimas correspondientes a la superficie plana situada al extremo del cuadrante. No olvide este paso para una mayor exactitud de las medidas.

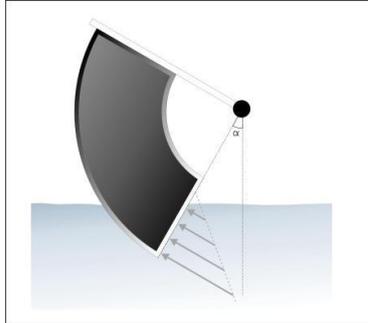


Figura 23

3. Con el depósito emplazado sobre el Banco o Grupo Hidráulico, colocar el brazo basculante sobre el apoyo (perfil afilado, ver **Figura 24**). Colgar el platillo al extremo del brazo (ver **Figura 25**).

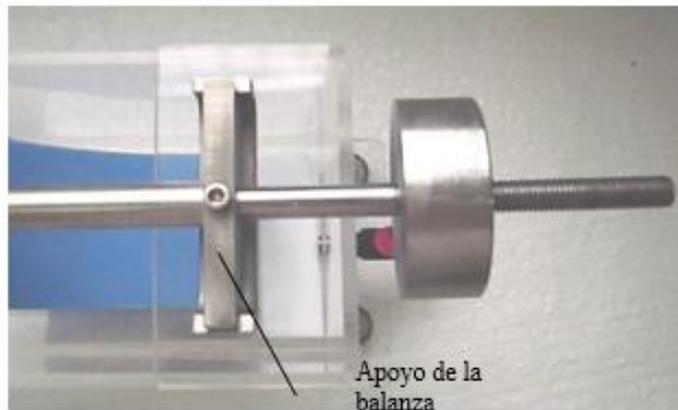


Figura 24

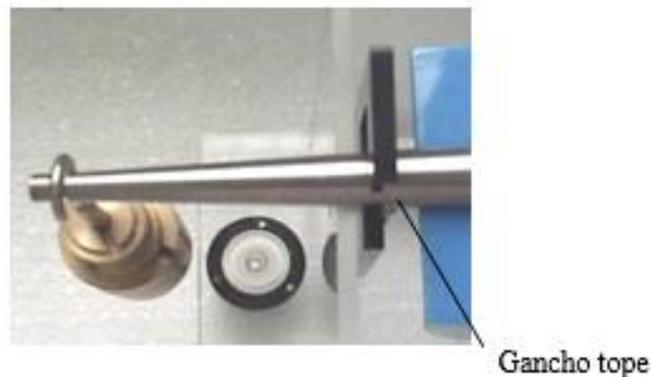


Figura 25

4. Cerrar la espita del desagüe del fondo del depósito. Desplazar el contrapeso del brazo basculante hasta conseguir que la superficie plana a estudiar sea perpendicular a la base del depósito (base que nivelamos previamente). Con este paso conseguimos comenzar las medidas desde una posición total de equilibrio, así todos los cambios se producirán por medio de una diferencia en el volumen de agua o por una diferencia en las masas que colocamos en el platillo. Este punto es de extrema importancia para una buena toma de medidas (el equipo tiene varias muescas en el “gancho tope”, la central identifica este punto de equilibrio).

5. Introducir agua en el depósito hasta que la superficie libre de ésta resulte **tangente al borde más inferior del cuadrante** (hasta justo el punto inferior del elemento flotador). El ajuste fino de dicho nivel se puede lograr sobrepasando ligeramente el llenado pretendido y, posteriormente, desaguando lentamente a través de la espita. Para desaguar es posible que tengas que inclinar levemente el depósito hacia el lado de la espita. Si tienes que hacerlo asegúrate después que el equipo permanece correctamente nivelado.

- Colocar un peso calibrado sobre el platillo de balanza y añadir, lentamente, agua hasta alcanzar la muesca superior en el “gancho tope” justo al lado del gancho porta-pesas.

Anotar el nivel de agua, indicado en el cuadrante, y el valor del peso situado sobre el platillo (**Tabla 2**). (Nota: comprobar si las pesas están marcadas en gr o grf = N). Las columnas sombreadas en la tabla corresponden a los datos obtenidos experimentalmente, estos son los que cumplimentaremos en esta parte de la práctica.

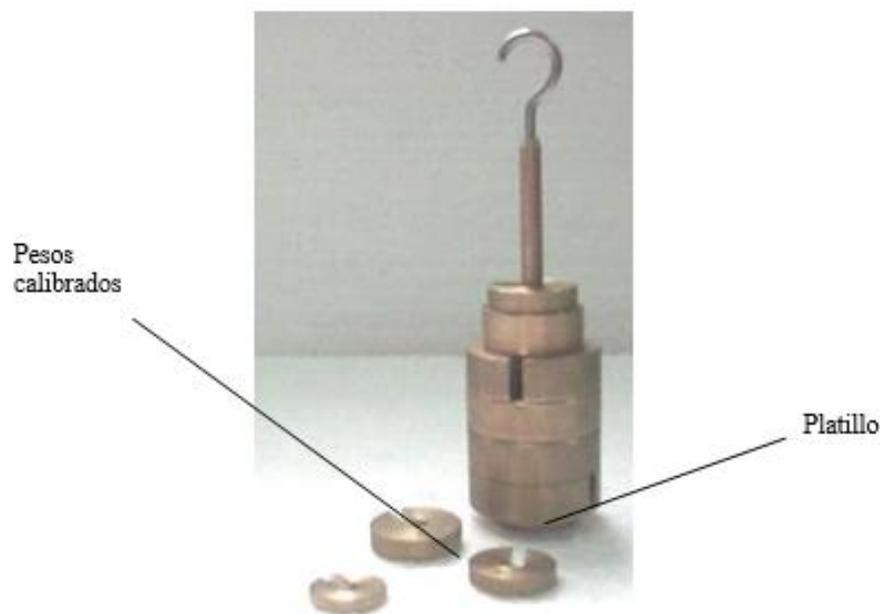


Figura 26

- Repetir la operación anterior varias veces, aumentando en cada una de ellas, progresivamente, el peso en el platillo hasta que, estando nivelado el brazo basculante en la muesca superior del “gancho tope”, el nivel de la superficie libre del agua enrase con la arista superior de la superficie plana rectangular que presenta el extremo del cuadrante (hasta cubrir totalmente la superficie plana).



Figura 27

8. A partir de ese punto, y en orden inverso a como se fueron colocando sobre el platillo, se van retirando los incrementos de peso dados en cada operación, se nivela el brazo (después de cada retirada, manteniendo el ángulo de inclinación) utilizando la espita de desagüe y se van anotando los pesos en el platillo y los niveles de agua (y).
9. Repetir los experimentos con la marca inferior y anotar los resultados en la tabla de la hoja de trabajo.

Para $h < d$ (Inmersión parcial)

C.1. Medir las cotas a, b,d y L:

$$a = ___ mm$$

$$b = ___ mm$$

$$d = ___ mm$$

$$L = ___ mm$$

C.2. CPromediar los valores obtenidos y cumplimentar en la **Tabla 2** las columnas F_m y h_m . Analizar las desviaciones obtenidas, con respecto a los valores de origen.

C.3. Calcular los valores de L_{cp} , teniendo en cuenta que:

$$L_{cp} = L_{p2} - \frac{l}{3} = L_{p2} - \frac{h \cdot \cos \alpha}{3}$$

Siendo L_{p2} el radio externo de giro ($L_{p2} = a+d$).

C.4. Explicar la particularización anterior partiendo de la **Ecuación 5** y **Ecuación 6**.

C.5. Analizar y comentar los datos obtenidos, y comentar posibles discrepancias con los datos esperados.

7.3.4 Práctica 4: Determinar la fuerza equivalente con ángulo $\neq 90^\circ$, parcialmente sumergido

7.3.4.1 Objetivo

Determinar la Fuerza Equivalente sobre una superficie plana, con un ángulo de inclinación con respecto a la superficie del fluido, parcialmente sumergida en un líquido en reposo.

7.3.4.2 Procedimiento experimental

El procedimiento a seguir para la realización de esta práctica es el descrito en la Práctica 3 (nos valdrán los datos experimentalmente obtenidos en la práctica anterior, si hemos realizado ya la Práctica 3).

7.3.4.3 Hoja de trabajo

Alumno: _____

Año: _____

C.1. Con los datos obtenidos experimentalmente en la Práctica 3 y empleando la siguiente ecuación:

$$F_{cp} = \rho \cdot g \cdot \frac{\cos \alpha \cdot l^2}{2} \cdot b$$

- Calcular los valores de F_{cp} e incluirlos en la **Tabla 2 of the Práctica 3**.

C.2. Explicar la particularización anterior partiendo de la **Ecuación 8**.

C.3. Analizar y comentar los datos obtenidos, y comentar posibles discrepancias con los datos esperados.

7.3.5 Práctica 5: Determinar el centro de presiones con ángulo 90° , totalmente sumergido

7.3.5.1 Objetivo

Determinar la posición del Centro de Presiones sobre una superficie plana, completamente sumergida en un líquido en reposo.

7.3.5.2 Procedimiento experimental

1. Nivelar el depósito actuando convenientemente sobre los pies de sustentación, que son regulables, mientras se observa el "nivel de burbuja".

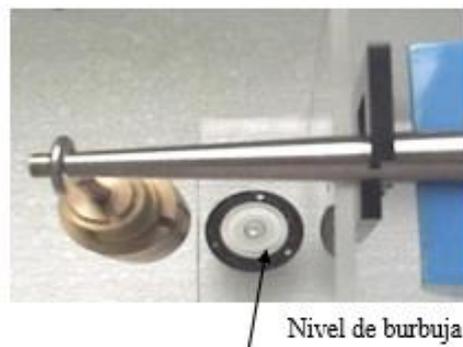


Figura 28

2. Medir y tomar nota de las cotas designadas por a , L , d y b ; estas últimas correspondientes a la superficie plana situada al extremo del cuadrante (ver **Figura 29**). No olvide este paso para una mayor exactitud de las medidas.

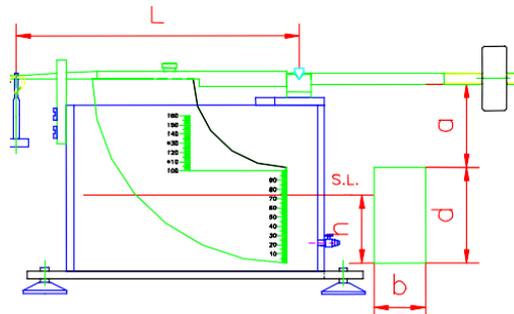


Figura 29

3. Con el depósito emplazado sobre el Banco o Grupo Hidráulico, colocar el brazo basculante sobre el apoyo (perfil afilado, ver **Figura 30**). Colgar el platillo al extremo del brazo (ver **Figura 31**).

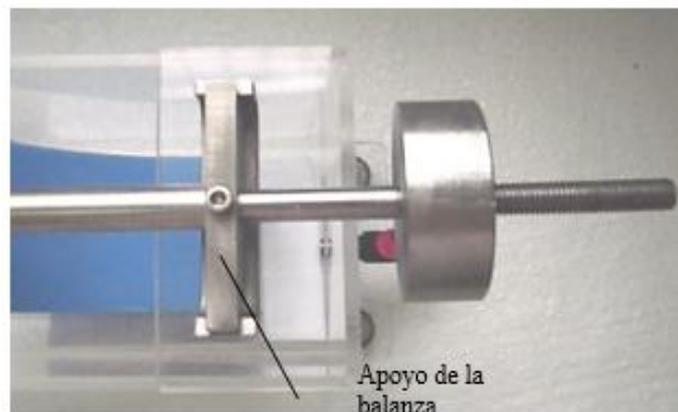


Figura 30

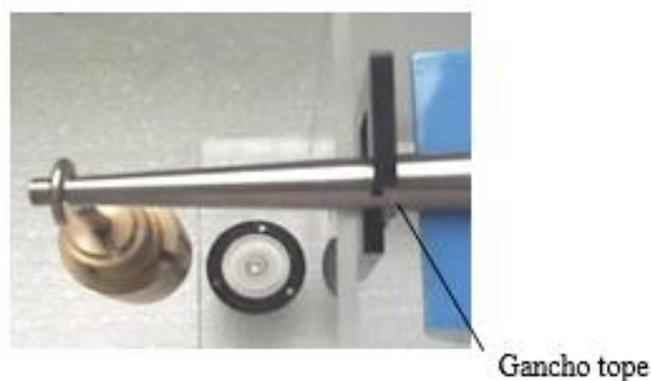


Figura 31

4. Cerrar la espita del desagüe del fondo del depósito. Desplazar el

contrapeso del brazo basculante hasta conseguir que la superficie plana a estudiar sea perpendicular a la base del depósito (base que nivelamos previamente). Con este paso conseguimos comenzar las medidas desde una posición total de equilibrio, así todos los cambios se producirán por medio de una diferencia en el volumen de agua o por una diferencia en las masas que colocamos en el platillo. Este punto es de extrema importancia para una buena toma de medidas (el equipo tiene varias muescas en el “gancho tope”, la central identifica este punto de equilibrio).

5. Introducir agua en el depósito hasta que la superficie libre de ésta resulte **tangente al borde más inferior del cuadrante** (hasta justo el punto inferior del elemento flotador). El ajuste fino de dicho nivel se puede lograr sobrepasando ligeramente el llenado pretendido y, posteriormente, desaguando lentamente a través de la espita. Para desaguar es posible que tengas que inclinar levemente el depósito hacia el lado de la espita. Si tienes que hacerlo asegúrate después que el equipo permanece correctamente nivelado.
6. Colocar un peso calibrado sobre el platillo de balanza y añadir, lentamente, agua hasta que la superficie plana a estudiar sea perpendicular a la base del depósito. Para el ajuste de esta posición nos valemos de la ayuda de la marca blanca que se encuentra en el tope del brazo (gancho-tope), justo al lado del platillo.

Anotar el nivel de agua, indicado en el cuadrante, y el valor del peso situado sobre el platillo (**Tabla 4**).

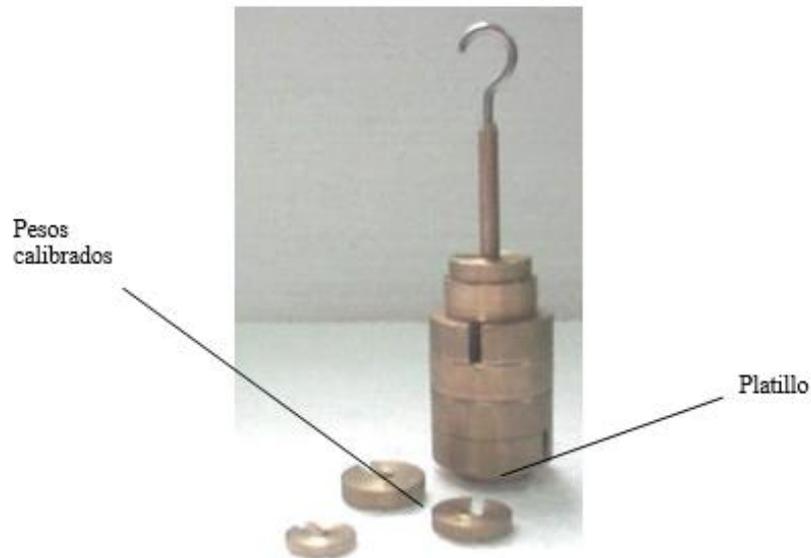


Figura 32

7. Repetir la operación anterior varias veces, aumentando en cada una de ellas, progresivamente, el peso en el platillo hasta que, estando nivelado el brazo basculante, el nivel de la superficie libre del agua enrase con la arista superior de la superficie plana rectangular que presenta el extremo del cuadrante (hasta cubrir totalmente la superficie plana).

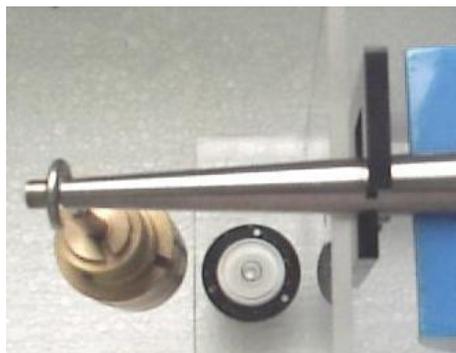


Figura 33

8. A partir de ese punto, y en orden inverso a como se fueron colocando sobre el platillo, se van retirando los incrementos de peso dados en cada operación, se nivela el brazo (después de cada retirada) utilizando la espita de desagüe y se van anotando los pesos en el platillo y los niveles de agua.

Para $h > d$ (Inmersión total)

C.1. Calcular los valores de h_0 , F/h_0 y de l/h_0 .

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

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

La pendiente de esta línea debe ser $\gamma b d^3 / 12L$, y la ordenada de su intersección con el eje de ésta $(\gamma b d / L)(a + d/2)$. A partir de esta gráfica calcular el valor exacto del centro de presiones.

Nota: tenga especial cuidado con las unidades utilizadas.

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

7.3.6 Práctica 6: Determinar la fuerza resultante con ángulo 90° , totalmente sumergido

7.3.6.1 Objetivo

Determinar la Fuerza Equivalente sobre una superficie plana, completamente sumergida en un líquido en reposo.

7.3.6.2 Procedimiento experimental

El procedimiento a seguir para la realización de esta práctica es el descrito en la Práctica 5 (nos valdrán los datos experimentalmente obtenidos en la práctica anterior, si hemos realizado ya la Práctica 5).

7.3.6.3 Hoja de trabajo

Alumno: _____

Año: _____

La tabla a usar es la incluida Práctica 5.

C.1. Calcular los valores de F_c e incluirlos en la tabla de la Práctica 5

7.3.7 Práctica 7: Determinar el centro de presiones, ángulo $\neq 90^\circ$, totalmente sumergido

7.3.7.1 Objetivo

Determinar la posición del Centro de Presiones sobre una superficie plana, con un ángulo de inclinación con respecto a la superficie del fluido, totalmente sumergida en un líquido en reposo.

7.3.7.2 Procedimiento experimental

El procedimiento a seguir para la realización de esta práctica es el de la práctica 5 y 6 pero cambiando el ángulo.

7.3.7.3 Hoja de trabajo

Alumno: _____

Año: _____

La tabla a usar es la incluida en la Práctica 3.

C.1. Calcular los valores de L_{cp} .

7.3.8 Práctica 8: Determinar la fuerza resultante, ángulo $\neq 90^\circ$, totalmente sumergido

7.3.8.1 Objetivo

Determinar la Fuerza Equivalente sobre una superficie plana, con un ángulo de inclinación con respecto a la superficie del fluido, totalmente sumergida en un líquido en reposo.

7.3.8.2 Procedimiento experimental

El procedimiento a seguir para la realización de esta práctica es el mismo que en la Práctica 7.

7.3.8.3 Hoja de trabajo

Alumno: _____

Año: _____

La tabla a usar es la incluida en la Práctica 3.

C.1. Calcular los valores de Fcp.

7.3.9 Práctica 9: Equilibrio de momentos

7.3.9.1 Objetivo

Comprobar el cumplimiento de la ecuación de equilibrio estático con los datos obtenidos.

$$\Sigma M = 0 \longrightarrow F_{cp} * L_{cp} = F_L * L$$

7.4 ANEXOS

7.4.1 ANEXO I. Simbología empleada

COTAS GEOMÉTRICAS:

a = radio interno del elemento.

b = profundidad del elemento (cota geométrica del espesor).

d = altura de la sección a estudiar (diámetro externo-diámetro interno).

L = distancia del soporte para pesas al punto de giro.

L_{p2} = distancia del eje de giro al punto de aplicación de máxima presión (radio externo del anillo).

SIMBOLOGÍA DEL ELEMENTO:

p = presión sobre la superficie del objeto.

p_1 = presión en el punto más cercano a la superficie del fluido.

p_2 = presión en el punto más alejado de la superficie del fluido.

y = distancia a la superficie del fluido a lo largo de la superficie del objeto.

y_{cg} = distancia a la superficie del fluido desde el centro de gravedad a lo largo de la superficie del objeto.

y_{cp} = distancia a la superficie del fluido desde el centro de presiones a lo largo de la superficie del objeto.

h = profundidad.

h_1 = profundidad en el punto más cercano a la superficie del fluido.

h_2 = profundidad en el punto más alejado de la superficie del fluido.

F_{cp} = Fuerza equivalente sobre el centro de presiones.

e = distancia del centro de gravedad al centro de presiones [m].

l = longitud sumergida de la superficie a estudiar [m].

CONSTANTES DEL FLUIDO:

g = aceleración debida a la fuerza de gravedad [m/s^2].

ρ = densidad del fluido [g / cm^3] ($1000Kg/m^3=1g/cm^3$ para el agua).

7.4.3 ANEXO III. Datos geométricos aproximados del equipo

-a = 100mm

-b = 70mm

-d = 100mm

-L = 285mm

