

## ***Tema N° 3. FUERZAS Y PRESIONES EN LOS FLUIDOS. HIDROSTÁTICA***



**Me encuentro en la cabina de la Máquina del Tiempo. Voy a realizar un viaje que me lleve a cualquier día de Julio o Agosto de 1960. Pongo las coordenadas y pulso el botón de arranque:**

**Estoy jugando un partido de futbol en la playa. Después del partido iremos todos los jugadores a bañarnos para quitarnos la arena. Diez años es la edad media de todos los componentes de la pandilla.¡ Qué veranos pasábamos!. Todo era juego, pesca, reuniones de la pandilla en donde contábamos anécdotas.**

**También teníamos nuestros periodos de soledad, de pensar, de hacernos preguntas. Por ejemplo, cuando veía los barcos, como el de la fotografía superior cargando sal, solía preguntarme el por qué un barco construido con hierro podía flotar si yo sabía que si tiraba un trozo de hierro al agua , este se hundía. Mis amigos no sabían la respuesta, como era lógico. Me quedaba con la duda y seguía con lo mío que era jugar, pasarlo y enamorarte por primera vez.**

**En este tema vamos a dar explicación a la cuestión que yo me planteaba a los 10 años de edad y de otras muchas referidas con los líquidos y con los gases.**



## HIDROSTÁTICA

**Video:** Flotabilidad de un barco

<http://www.youtube.com/watch?v=m8gG1VOifHM&feature=related>

Pueden aparecer en pantalla avisos de riesgo por desconocimiento del origen del archivo, no hacer caso y pinchar aceptar

**Los contenidos que voy a utilizar son:**



- 1.- *La Materia. Repaso de 3º de ESO (pág. Nº 2)*
- 2.- *Fluidos. propiedades (pág. Nº 4)*
- 3.- *Densidad (pág. Nº 5)*
- 4.- *Presión (pág. Nº 7)*
- 5.- *Presión Hidrotática (pág. Nº 10)*
- 6.- *Principio de Pascal (pág. Nº 18)*
- 7.- *La presión Atmosférica (pág. Nº 24)*
- 8.- *Principio de Arquímedes (pág. Nº 27)*
- 9.- *Flotación (pág. Nº 36)*
- 10.- *Experiencia de laboratorio (pág. Nº 47)*

### **1.- La Materia. Repaso 3º ESO**

La materia

<http://www.iesaguilarycano.com/dpto/fyq/mat/mhomo.htm>

**La materia es todo aquello que tiene masa y que ocupa un volumen.**

Una vez que sabemos qué es la materia. Me interesa que recordemos cómo se formó la **MATERIA**.

El punto de partida, según la teoría del Big-Bang, se forman los átomos de los elementos químicos. Estos átomos más tarde se pueden unir entre ellos mismos o con otros átomos distintos, dando lugar a dos especies químicas:

- a) *Iones.*
- b) *Moléculas.*

## HIDROSTÁTICA

A continuación los iones se pueden unir entre sí, como las moléculas, dando lugar a los compuestos químicos y de ellos llegamos a la **Materia**.

La **Materia** en la **Naturaleza** se encuentra en tres estados de agregación:

- a) Estado sólido
- b) Estado líquido
- c) Estado gas

### El estado sólido se caracteriza:

En este dibujo cada bolita representa una molécula de la sustancia y



entre molécula y molécula existen unas fuerzas de unión llamadas **FUERZAS DE COHESIÓN** que son tan sumamente fuerte que no permiten que dichas moléculas se muevan, a lo máximo, pueden vibrar muy poco alrededor de su posición. Por esta fortaleza en las fuerzas de cohesión los sólidos:

- a) Tienen forma fija
- b) No se pueden comprimir
- c) No fluyen por sí mismos

### El estado líquido se caracteriza:

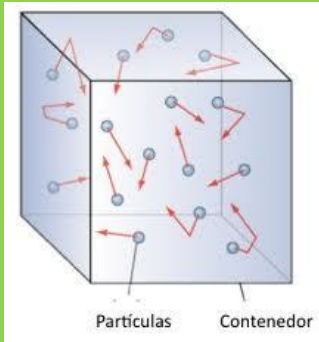
Las **fuerzas de cohesión** entre las moléculas es menor que en el caso de los sólidos. Las moléculas tienen mayor movilidad y esto hace que los líquidos:

- a) Toman la forma de la vasija que los contiene, es decir, no tienen forma fija
- b) Tienen volumen fijo
- c) Se pueden comprimir muy poco

## HIDROSTÁTICA

d) Se difunden y fluyen por sí mismos

**El estado gas se caracteriza por:**



Las fuerzas de cohesión son sumamente débiles o no existen lo que hace que los gases se caractericen por:

- a) Ocupan el volumen del recipiente que los contiene
- b) No tienen forma fija
- c) Se puede comprimir fácilmente
- d) Se difunden con facilidad y tienden a mezclarse con otros gases.

## *2.- Fluidos. Propiedades*

Una vez que hemos recordado las características de la materia nos interesa, en este Tema, agrupar a los líquidos y gases en un grupo que se conoce como **FLUIDOS**.

Proyecto Newton de Física

[http://newton.cnice.mec.es/newton2/Newton\\_pre/alumnos.php](http://newton.cnice.mec.es/newton2/Newton_pre/alumnos.php)

Hidrostática:

- .- Fluidos.
- .- Concepto de presión.
- .- Presión atmosférica y presión hidrostática.
- .- Principio de Pascal.
- .- Principio de Arquímedes.
- .- Presión atmosférica y tiempo.

<http://perso.gratisweb.com/grupopascal/FLUIDOS%20Profe/FLUIDOS%20Profe/index.htm>

Propiedades de los fluidos

<http://www.monografias.com/trabajos85/propiedades-fluidos/propiedades-fluidos.shtml>

Video: Fluidos

<http://www.youtube.com/watch?v=N23ib-K4Pjs>

Podemos definir los **FLUIDOS** “ como la materia **NO sólida**”

La conclusión es: **LOS FLUIDOS ESTAN CONSTITUIDOS ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE POR LÍQUIDOS Y GASES**

La razón de esta agrupación reside en el hecho de que los cuerpos en el seno de un líquido o de un gas están sometidos a unas fuerzas ( ya estudiadas) y a presiones ( estudiaremos en este Tema).

Para poder avanzar en el tema necesitamos de una **nueva magnitud**. Entre estudiantes es muy normal hacer la siguiente pregunta **¿qué pesa más 1 Kg de paja o 1 Kg de hierro?** . Respondemos tomando como base el tamaño de 1 Kg de paja y el tamaño de 1 Kg de hierro. Lógicamente el Kg de paja es, en tamaño, mucho mayor que el Kg de hierro. La respuesta es el Kg de paja. Razones un poco: el peso de los cuerpos lo podemos deducir mediante la ecuación  **$P = m \cdot g$**

$$P_{\text{paja}} = 1 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 9,8 \text{ N}$$

$$P_{\text{hierro}} = 1 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 9,8 \text{ N}$$

### *3.- Densidad*

Observamos como el peso de los dos cuerpos es exactamente el mismo. La diferencia está en los volúmenes diferentes de los dos cuerpos. Necesitamos la existencia de otra magnitud que se conoce con el nombre de **DENSIDAD**.

**Vamos a:**

## HIDROSTÁTICA



### La Densidad

[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93\\_iniciacion\\_interactiva\\_materia/curso/materiales/propiedades/densidad.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/propiedades/densidad.htm)

### La Densidad

<http://www.misrespuestas.com/que-es-la-densidad.html>

### La Densidad

<http://www.monografias.com/trabajos4/ladensidad/ladensidad.shtml>

La magnitud que relaciona la masa de un cuerpo con el volumen que ocupa se conoce como **DENSIDAD**

$$d = m / v$$

En nuestro ejemplo, lógicamente la densidad de la paja es mucho más pequeña que la del hierro ( para una misma masa, el volumen de la paja es mucho mayor) .

La densidad es una magnitud característica para cada sustancia ( a una temperatura determinada) por lo que se puede utilizar para la identificación de la muestra.

**Video:** Densidad y flotación

<http://www.youtube.com/watch?v=m8gG1VOifHM&feature=related>

**Video:** Flotación de un barco

<http://www.youtube.com/watch?v=vCJxDxSWFpo>

Se trata de una magnitud **ESCALAR** y **DERIVADA** y su unidad en el S.I. es **Kg/ m<sup>3</sup>**

Una unidad de densidad muy utilizada es el **g/cm<sup>3</sup>**

Es conocido por todos los amantes del buceo, el hecho de que a cierta profundidad aparecen unas molestias en los oídos.

## HIDROSTÁTICA

Los enterados en la materia nos dicen que esas molestias son debidas a la **PRESION** que ejerce el líquido sobre el submarinista.

**Video:** Submarinismo

[http://www.youtube.com/watch?v=C\\_90\\_3xHkJ4](http://www.youtube.com/watch?v=C_90_3xHkJ4)

Problemas en la práctica del submarinismo

<http://www.galeon.com/buceadores/tema3.htm>

Existen otras experiencias como por ejemplo andar sobre la nieve:



Podemos observar que las personas de la fotografía de la izquierda se desplazan mejor por la nieve que el hombre de la fotografía de la derecha. Este hecho es debido a que el hombre de la derecha está a mayor profundidad, dentro de la nieve, que los de la izquierda. Las personas de la fotografía de la izquierda ejercen menor **PRESIÓN**.

### 4.- Presión

Ya es hora de que vayamos enterándonos de esta nueva magnitud llamada **PRESIÓN**.

**Vamos a:**



La Presión

<http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n>

La Presión

<http://www.iesaguilarycano.com/dpto/fyq/presion.html>

## HIDROSTÁTICA

Leyendo las páginas Webs sacamos una primera conclusión que nos dice que el efecto estático (deformaciones) de las fuerzas también depende de la superficie sobre la que actúa la fuerza.

La relación existente entre la fuerza aplicada perpendicularmente a una superficie y el valor de dicha superficie se conoce con el nombre de **PRESIÓN**.

$$\boxed{P = F / S} \quad \left. \begin{array}{l} P = \text{Presión} \\ F = \text{Fuerza} \\ S = \text{Área de la superficie} \end{array} \right\}$$

Los hombres de la fotografía de la izquierda llevan puestas unas raquetas para aumentar la superficie sobre la que actúa el peso de los mismos. El hombre de la derecha utiliza sus botas que tienen una superficie menor que las raquetas y por lo tanto para este señor la relación  $F/S$  (Presión) es mayor que en las personas de la izquierda. Conclusión: la acción deformadora, la presión, del señor de la derecha es mayor que para los de la izquierda y por lo tanto se hunde más en la nieve

En el S.I. la unidad de presión es:

$$\text{N/m}^2$$

La relación  $\text{N/m}^2$  recibe el nombre de Pascal (Pa)

Otra unidad de presión muy utilizada es la atmósfera física (atm) o simplemente atmósfera.

La atmósfera física es la presión que ejerce, sobre su base y al nivel del mar, una columna de Hg de 760 mm de altura.

Se cumple la equivalencia:

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ N/m}^2 = 101325 \text{ Pa}$$



## HIDROSTÁTICA

Otra unidad importante de presión es el **mmHg** (milímetro de mercurio). Se cumple que:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

### Problema resuelto

Determina la presión que ejerce un esquiador de 70 kg de masa sobre la nieve, cuando calza unas botas cuyas dimensiones son 30 x 10 cm. ¿Y si se coloca unos esquíes de 190 x 12 cm?

### Resolución:

a) Sobre sus botas:

$$\text{Superficie de las botas: } 30 \times 10 \text{ cm} = 300 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ m}^2 / 10000 \text{ cm}^2 = 0,03 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie total} = 2 \text{ botas} \cdot 0,03 \text{ m}^2/\text{bota} = 0,06 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso del esquiador: } m \cdot g = 70 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} = 686 \text{ N}$$

$$P = F/S = P/S = 686 \text{ N} / 0,06 \text{ m}^2 = 11433,3 \text{ N/m}^2 = 11433,3 \text{ Pa}$$

b) Sobre sus esquíes:

$$S = 90 \times 12 \text{ cm}^2 = 1080 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ m}^2 / 10000 \text{ cm}^2 = 0,1080 \text{ m}^2$$

Como son dos esquíes, la superficie total será:

$$S_T = 2 \text{ esquíes} \cdot 0,1080 \text{ m}^2 / \text{Esquíe} = 0,2160 \text{ m}^2$$

$$P = \text{Peso}/S = 686 \text{ N} / 0,216 \text{ m}^2 = 3175,9 \text{ N/m}^2 = 3175,9 \text{ Pa}$$

### Problema resuelto

¿Cómo se define 1 atmósfera?. A partir de la definición de atmósfera, halla la equivalencia entre atmósfera y Pascal, sabiendo que la densidad del mercurio es 13,6 g/cm<sup>3</sup>.

### Resolución:

La atmósfera es la presión que ejerce, sobre su base y al nivel del mar, una columna de Mercurio de 760 mm de altura.

## HIDROSTÁTICA

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

$$d_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3 \cdot 1\text{Kg}/1000 \text{ g} \cdot 1000000 \text{ cm}^3/1\text{m}^3 = 13600 \text{ N/m}^2 = \\ = 13600 \text{ Pa}$$

$$h = 760 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m} / 1000 \text{ mm} = 0,760 \text{ m}$$

$$P = \text{Peso} / S = m \cdot g / s = d \cdot V \cdot g / s = d \cdot s \cdot h \cdot g / s = d_{\text{Hg}} \cdot h \cdot g = \\ = 13600 \text{ N/m}^2 \cdot 0,760 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 101282,8 \text{ N/m}^2 = \\ = 101282,8 \text{ Pa}$$

### Problema resuelto

Calcula la presión ejercida sobre el suelo por un bloque de 25 kg de masa, si la superficie sobre la que se apoya tiene 80 cm<sup>2</sup> (Autor redacción: A. Caballero Peiró)

### Resolución:

$$S = 80 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ m}^2/10000 \text{ cm}^2 = 0,0080 \text{ m}^2$$

$$P = F/S = \text{Peso}/S = m \cdot g / S = 25 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} / 0,0080 \text{ m}^2 = 30625 \text{ N/m}^2 \\ = 30625 \text{ Pa}$$

## 5.- Presión hidrostática

Bueno, ya sabemos lo que representa la magnitud **PRESIÓN**. Recordemos que debemos trabajar con **FLUIDOS**, pero considero importante el establecer la diferencia existente entre la presión ejercida por un sólido y la presión ejercida por un medio líquido.

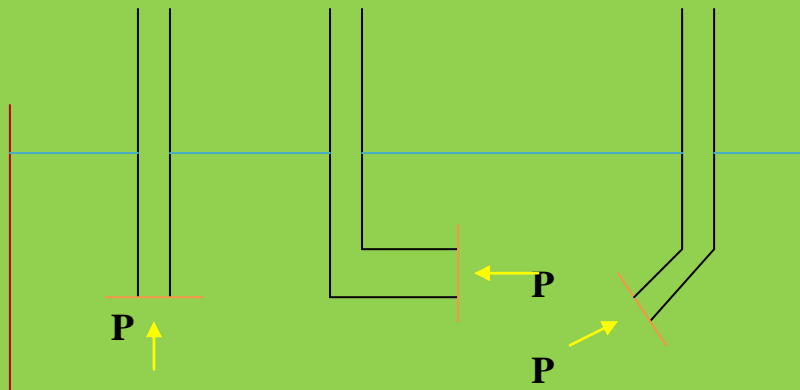
En la presión ejercida por un sólido, **debido a la rigidez de la estructura cristalina** (fuerzas de cohesión muy grandes), solamente se manifiesta sobre la **superficie donde se apoya el sólido**. Por el contrario, en los líquidos las fuerzas de cohesión son mucho menores, las moléculas tienen una cierta libertad por lo que la presión que ejerce un líquido se manifiesta en las **paredes del recipiente que lo contiene, sobre el fondo del recipiente, sobre la superficie de los cuerpos sumergidos** en el medio líquido ( lo demostraremos a continuación).

**La presión en los FLUIDOS la podemos dividir en dos grupos:**

- a) Presión Hidrostática
- b) Presión Atmosférica

## Presión Hidrostática

Supongamos un recipiente con un líquido **en reposo**. En él vamos a introducir tres tubos de vidrio, de forma diferente y tapados por la parte sumergida mediante una lámina metálica:



Según la experiencia, las laminillas metálicas (\_\_\_) no son desplazadas por la presión (**P**) que se ejercen sobre ellas y en los tubos de vidrio no entra líquido del recipiente. Podemos concluir **que la presión ejercida en el interior de un líquido actúa en todas las direcciones y sentidos y siempre perpendicularmente a la superficie del cuerpo.**

**Nos vamos a:**



**Presión Hidrostática**

<http://definicion.de/presion-hidrostatica/>

**Presión Hidrostática**

<http://www.slideshare.net/pamonterod/presdion-hidrostatica>

**Presión Hidrostática**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n\\_en\\_un\\_fluido](http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n_en_un_fluido)

**Video: Presión Hidrostática (YouTube)**

[http://www.youtube.com/watch?v=S4zAkHA\\_AkQ](http://www.youtube.com/watch?v=S4zAkHA_AkQ)

## HIDROSTÁTICA

Laboratorio virtual: Concepto de presión.  
Presión hidrostática.  
Principio de Pascal.  
Principio de Arquímedes.  
Presión atmosférica.

<http://fisicayquimicaenflash.es>

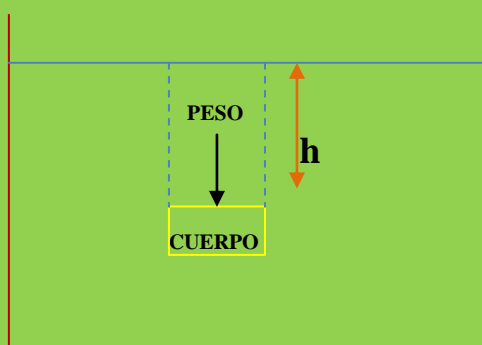
Presión hidrostática

<http://www.monografias.com/trabajos35/hidrostatica-hidrodinamica/hidrostatica-hidrodinamica.shtml>

Según lo visto en las páginas Webs podemos definir la **PRESIÓN HIDROSTÁTICA** como: La presión ejercida por un líquido en virtud de su peso (columna del líquido) sobre la superficie de todo cuerpo en contacto con él.

Calculemos el valor de esta **Presión Hidrostática**.

Supongamos un cuerpo sumergido en un recipiente con un líquido, por ejemplo, **agua**:



$$P = F / S \quad (1)$$

**F** = Peso de la columna de líquido que está por encima del cuerpo

**S** = Superficie de la de la base de la columna de líquido = a la superficie de la cara superior del cuerpo.

Trabajando con la ecuación (1):

$$P = \frac{F}{S} = \frac{\text{Peso}}{S} = \frac{m \cdot g}{S} \quad (2)$$

## HIDROSTÁTICA

Como no podemos calcular la masa de la columna de agua, haremos uso de la densidad del agua:

$$d = m / V \quad ; \text{ despejamos la masa } \rightarrow m = d \cdot V \quad (3)$$

De la última ecuación no conocemos el  $V$  de la masa de agua, pero sí sabemos que:

$$V = \text{Área de la Base} \cdot \text{altura} = S \cdot h$$

La ecuación (3) nos quedaría de la forma:

$$m = d \cdot S \cdot h$$

ecuación que llevada a la expresión (2) obtendríamos:

$$P = \frac{d \cdot \cancel{S} \cdot h \cdot g}{\cancel{S}} = d \cdot h \cdot g \rightarrow P = d_{\text{líquido}} \cdot h \cdot g$$

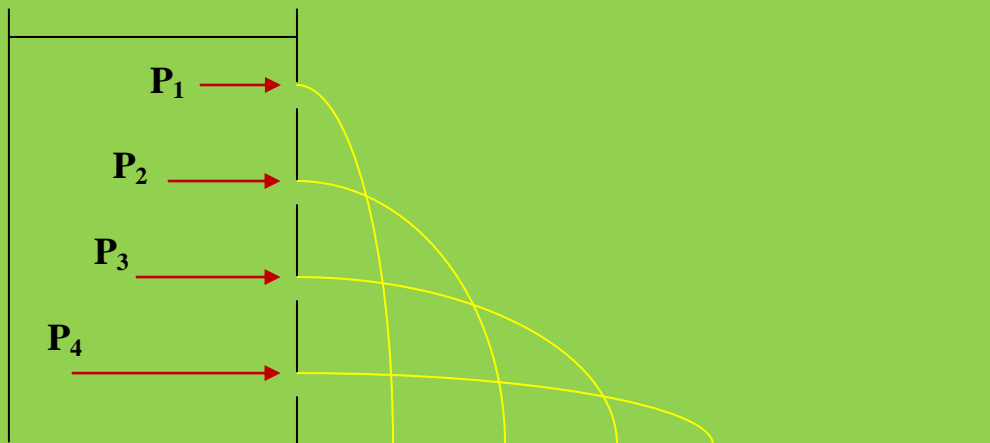
La ecuación anterior constituye la **ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA**.

Observando la última ecuación llegamos a la conclusión que la presión que ejerce un líquido sobre los cuerpos situados en su interior **NO DEPENDE PARA NADA DEL CUERPO**. Depende de la densidad del líquido y de la profundidad a la que se encuentre el cuerpo. Incluso podemos generalizar más: **La presión que ejerce un líquido depende de la profundidad del punto donde queremos conocer la presión.**

Esta conclusión la podemos demostrar mediante la siguiente experiencia: En un recipiente con agua hacemos unos orificios en una de sus paredes, a distintas alturas:



## HIDROSTÁTICA



A mayor profundidad, mayor presión y el chorro de líquido que sale alcanza más longitud.

### Problema resuelto

Suponiendo que la densidad del agua del mar es  $1,03 \text{ g/cm}^3$ , ¿a qué profundidad hay una presión de 2 atmósferas?

### Resolución:

$$d_{\text{agua mar}} = 1,03 \text{ g/cm}^3 \cdot 1 \text{ Kg}/1000 \text{ g} \cdot 1000000 \text{ cm}^3 / 1 \text{ m}^3 = 1030 \text{ Kg/m}^3$$
$$P = 2 \text{ atm}$$

$$P = d_{\text{aguamar}} \cdot g \cdot h ; h = P/d_{\text{aguamar}} \cdot g =$$
$$= 2 \text{ (N/m}^2\text{)} / 1030 \text{ (Kg/m}^3\text{)} \cdot 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} = 1,98 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

### Problema resuelto

¿Qué fuerza soporta una persona de  $110 \text{ dm}^2$  de superficie, sumergida en una piscina a 3 metros de profundidad?. Supón que la densidad del agua es  $1 \text{ g/cm}^3$ .

### Resolución:

$$S = 110 \text{ dm}^2 \cdot 1 \text{ m}^2 / 100 \text{ dm}^2 = 1,10 \text{ m}^2$$

$$h = 3 \text{ m}$$

$$d_{\text{agua}} = 1 \text{ g/cm}^3 \cdot 1 \text{ Kg}/1000 \text{ g} \cdot 1000000 \text{ cm}^3/\text{m}^3 = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$P = F / S ; F = P \cdot S \quad (1)$$

## HIDROSTÁTICA

Calculemos la presión a dicha profundidad:

$$P = d_{\text{agua}} \cdot g \cdot h ; P = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} \cdot 3 \text{ m} = 29400 \text{ N/m}^2$$

Volviendo a (1):

$$F = 29400 \text{ N/m}^2 \cdot 1,10 \text{ m}^2 = 32340 \text{ N}$$

### Problema resuelto

El tapón de una bañera es circular y tiene 5 cm de diámetro. La bañera contiene agua hasta una altura de 40 cm. Calcula la presión que ejerce el agua sobre el tapón y la fuerza vertical que hay que realizar para levantarlo.

### Resolución:

$$\text{Área del círculo} = \pi \cdot r^2$$

$$r = \frac{1}{2} \text{ Diámetro} = \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ cm} = 2,5 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0,025 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 3,14 \cdot (0,025 \text{ m})^2 = 0,0019 \text{ m}^2 = S$$

$$d_{\text{agua}} = 1 \text{ g/cm}^3 \cdot 1 \text{ Kg/1000 g} \cdot 1000000 \text{ cm}^3 / 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$h = 40 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0,40 \text{ m}$$

Calculemos la presión sobre el tapón a esa profundidad:

$$P = d_{\text{agua}} \cdot h \cdot g ; P = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,40 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 3920 \text{ N/m}^2$$

Sabemos que:

$$P = F / S ; F = P \cdot S ; F = 3920 \text{ N/m}^2 \cdot 0,0019 \text{ m}^2 = 7,45 \text{ N}$$

Este es el valor de la fuerza que actúa sobre el tapón vertical y hacia abajo.

El valor de la fuerza que debemos ejercer para levantar el tapón debe ser  $F > 7,45 \text{ N}$  vertical y hacia arriba. Si ejercemos una fuerza de 7,45 N lo que estamos estableciendo es un estado de equilibrio en donde

$$\sum F = 0$$



## HIDROSTÁTICA

### Problema resuelto

Calcular la altura que debe alcanzar un aceite en un recipiente para que, en el fondo del mismo, la presión sea igual a la debida a una columna de 0,15 m de mercurio.

La densidad del aceite es  $810 \text{ kg/m}^3$  y la del mercurio  $13,6 \text{ g/cm}^3$ .

### Resolución:

$$h = 0,15 \text{ m (Hg)}$$

$$d_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3 \cdot 1 \text{ Kg}/1000 \text{ g} \cdot 1000000 \text{ cm}^3 / 1 \text{ m}^3 = 13600 \text{ Kg/m}^3$$

$$P_{\text{Hg}} = d_{\text{Hg}} \cdot h \cdot g$$

$$P_{\text{Hg}} = 13600 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 19992 \text{ N/m}^2$$

Para el aceite  $\rightarrow P_{\text{Hg}} = P_{\text{aceite}}$

$$P_{\text{aceite}} = d_{\text{aceite}} \cdot h \cdot g ; h_{\text{aceite}} = P_{\text{aceite}} / d_{\text{aceite}} \cdot g$$

$$h_{\text{aceite}} = (19992 \text{ N/m}^2) / (810 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2}) = 2,51 \text{ m}$$

### Problema resuelto

Se vierte agua y un aceite en un tubo en U y se observa que las alturas que alcanzan los líquidos son: 5 cm el agua y 5,9 cm el aceite. Sabiendo que la densidad del agua es  $1 \text{ g/cm}^3$ , ¿Cuál es la densidad del aceite?.

### Resolución:

En el tubo en U se debe cumplir que  $P_{\text{agua}} = P_{\text{aceite}}$

$$d_{\text{agua}} \cdot h_{\text{agua}} \cdot g = d_{\text{aceite}} \cdot h_{\text{aceite}} \cdot g \quad (1)$$

$$h_{\text{agua}} = 5 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m}/100\text{cm} = 0,05 \text{ m}$$

$$d_{\text{agua}} = 1 \text{ g/cm}^3 \cdot 1 \text{ Kg}/1000 \text{ g} \cdot 1000000 \text{ cm}^3 / 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$h_{\text{aceite}} = 5,9 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m}/100 \text{ cm} = 0,059 \text{ m}$$

Con estos datos nos vos a la ecuación (1):

$$1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,05 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = d_{\text{aceite}} \cdot 0,059 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2}$$

$$50 \text{ Kg/m}^2 = d_{\text{aceite}} \cdot 0,059 \text{ m}$$



## HIDROSTÁTICA

$$d_{\text{aceite}} = 50 \text{ (Kg/m}^2\text{)} / 0,059 \text{ m} = 847,45 \text{ Kg/m}^3$$

### Problema resuelto

Los submarinos pueden sumergirse hasta unos 200 metros de profundidad. A) Calcula la presión que soportan las paredes de un submarino debido al peso del agua. B) Determina la fuerza que actúa sobre una escotilla de  $1 \text{ m}^2$  de área.

Dato:  $d_{\text{mar}} = 1025 \text{ Kg/m}^3$

### Resolución:

$$h = 200 \text{ m}$$

$$d_{\text{aguamar}} = 1025 \text{ Kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{a) } P &= d_{\text{aguamar}} \cdot h \cdot g = 1025 \text{ Kg/m}^3 \cdot 200 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = \\ &= 2009000 \text{ N/m}^2 = 2009000 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } P &= F/S ; F = P \cdot S ; F = 2009000 \text{ N/m}^2 \cdot 1 \text{ m}^2 = 2009000 \text{ N} \end{aligned}$$

### Problema Propuesto

Los restos del *Titanic* se encuentran a una profundidad de 3800 m. Si la densidad del agua del mar es de  $1,03 \text{ g/cm}^3$ , determina la presión que soporta debida al agua del mar.

Sol:  $38357200 \text{ Pa}$

### Problema Propuesto

Una bañera contiene agua hasta 50 cm de altura. A) Calcula la presión hidrostática en el fondo de la bañera. b) Calcula la fuerza que hay que realizar para quitar el tapón de  $28 \text{ cm}^2$  de superficie, situado en el fondo de la bañera.

Sol: a)  $4900 \text{ Pa}$ ; b)  $13,7 \text{ N}$

### Problema Propuesto

Calcula la presión hidrostática que se ejerce sobre el fondo de un depósito en la que el agua alcance 40 cm. de altura. Densidad del agua =  $1000 \text{ kg/m}^3$  (Autor del enunciado: A. caballero Peiró)

### Problema Resuelto

¿Qué diferencia de presión existe entre dos puntos situados, respectivamente, a 20 y a 35 cm, por debajo del nivel del agua?(Autor del enunciado: A. Caballero Peiró)

### Resolución:

A 20 cm de profundidad:

$$h = 20 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m} / 100 \text{ cm} = 0,20 \text{ m}$$

$$d_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$P_{20} = d_{\text{agua}} \cdot h \cdot g = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,20 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 1960 \text{ N/m}^2$$

A 35 cm de profundidad:

$$h = 35 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m} / 100 \text{ cm} = 0,35 \text{ m}$$

$$d_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$P_{35} = d_{\text{agua}} \cdot h \cdot g = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,35 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 3430 \text{ N/m}^2$$

Luego la diferencia de presión será:

$$\Delta P = P_{35} - P_{20} = 3430 \text{ N/m}^2 - 1960 \text{ N/m}^2 = 1470 \text{ N/m}^2 = 1470 \text{ Pa}$$

### Problema Propuesto

¿Qué altura debe tener una columna de alcohol de densidad 800 kg/m<sup>3</sup> para ejercer la misma presión que una columna de mercurio de 10 cm de altura y una densidad de 13600 kg/m<sup>3</sup>?  
(Autor del enunciado: A. Caballero Peiró)

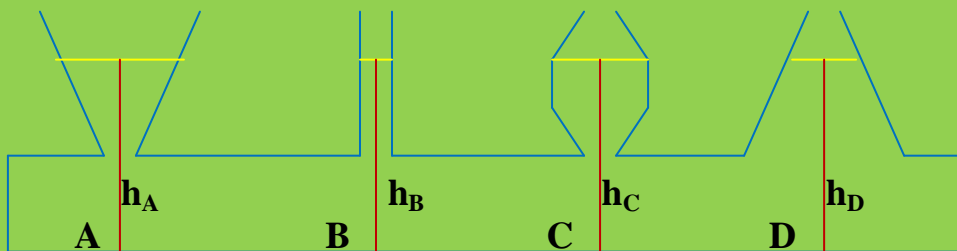
## 6.- Principio de Pascal

La experiencia nos dice que: En un líquido todos los puntos de una superficie horizontal están sometidos a la misma presión.

Esta última conclusión explica perfectamente lo que se conoce como **VASOS COMUNICANTES**. Tenemos varios recipientes de vidrio, diferentes y comunicados entre sí. En todos ellos al añadir un líquido el

## HIDROSTÁTICA

nivel que alcanza ese líquido en cada uno de los recipientes es el mismo. Veámoslo:

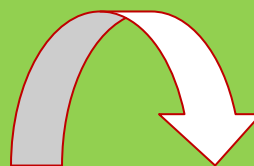
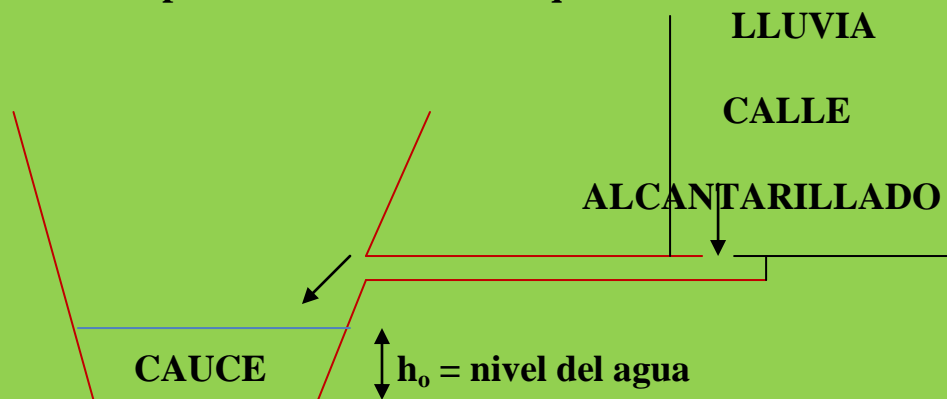


Como los puntos A, B, C y D pertenecen a una misma superficie, están todos soportando la misma presión y como:

$$P = d_{\text{líquido}} \cdot h \cdot g$$

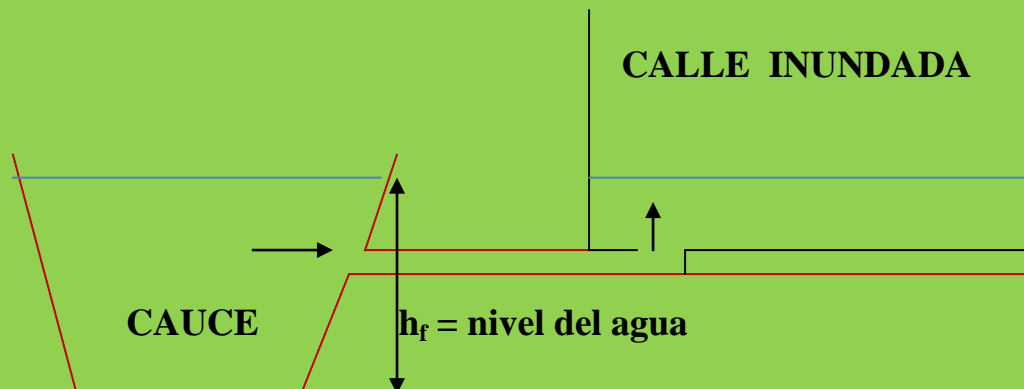
La densidad es la misma, puesto que se trata del mismo líquido, la gravedad es una constante luego para que soporten la misma presión la altura o profundidad del líquido debe ser igual en todos los recipientes, independientemente de la forma de estos.

Los **VASOS COMUNICANTES** nos explican las inundaciones de las calles de los pueblos. Veamos un croquis:



## HIDROSTÁTICA

Lluvias intensas, subida del nivel del agua en el río:



Hemos estudiado la presión ejercida en el seno de un líquido, pero

**¿ Qué ocurre si la presión se ejerce sobre un punto de un líquido?**  Fue Pascal quien con su **teorema o principio** determinó los efectos producidos y las aplicaciones que podemos obtener de dichos efectos.

**Vamos a :**



**Teorema de Pascal**

<http://www.escolared.com.ar/nuevacarpeta/hidrostatica.htm>

**Principio de Pascal**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Hidrost%C3%A1tica>

**Principio de Pascal**

<http://fisica.laguia2000.com/dinamica-clasica/fuerzas/hidrostatica-%E2%80%93-principio-de-pascal>

**Teorema de Pascal**

<http://html.rincondelvago.com/principio-de-pascal.html>

**Teorema de Pascal**

<http://hidrostatica.galeon.com/pascal.htm>

## HIDROSTÁTICA

Laboratorio virtual para demostrar el Teorema de pascal

[http://www.kalipedia.com/ecologia/tema/comprobando-principio-pascal.html?x1=20070924klpcnafyq\\_222.Kes&x=20070924klpcnafyq\\_24.Kes](http://www.kalipedia.com/ecologia/tema/comprobando-principio-pascal.html?x1=20070924klpcnafyq_222.Kes&x=20070924klpcnafyq_24.Kes)

Animación sobre los frenos hidráulicos como aplicación del Teorema de Pascal

[http://newton.cnice.mec.es/newton2/Newton\\_pre/4eso/presion/frenos.htm?3=&2=](http://newton.cnice.mec.es/newton2/Newton_pre/4eso/presion/frenos.htm?3=&2=)

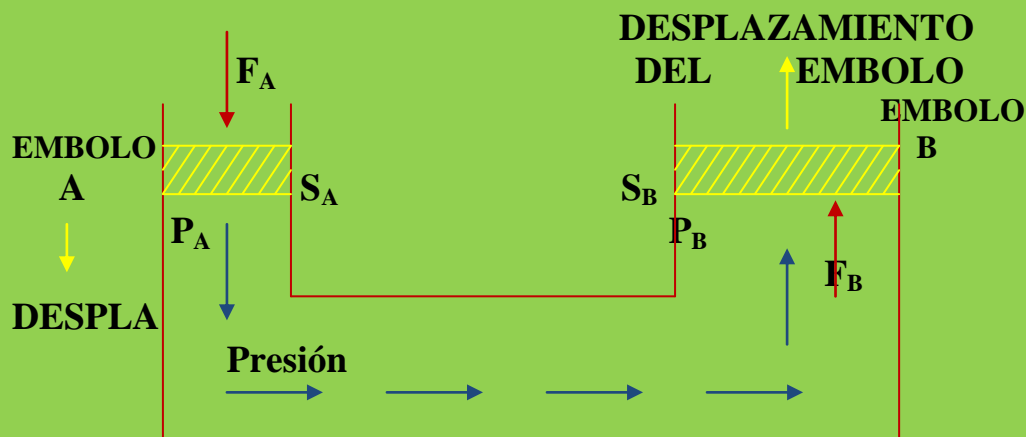
Como resultado de esta búsqueda podemos establecer el enunciado del Teorema de Pascal: La presión ejercida sobre un punto de un líquido se transmite en él con la misma intensidad en todas direcciones y sentidos.

La aplicación del Teorema de Pascal está en la prensa hidráulica, freno hidráulico y elevadores hidráulicos.

Video: Ascensores hidráulicos

[http://www.youtube.com/watch?v=uE7Em5Afu\\_Y&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=uE7Em5Afu_Y&feature=related)

Vamos a establecer un croquis de la prensa hidráulica, explicar su funcionamiento y la utilidad que podemos obtener de dicha prensa:



Al ejercer una fuerza,  $F_A$ , sobre el émbolo A se genera una presión,  $P_A$ , que por el teorema de Pascal se transmite en todas direcciones y sentidos llegando al émbolo B que estará bajo los efectos de una fuerza,  $F_B$ , que hará posible que el émbolo B (grande) se eleve hacia arriba. Mediante este mecanismo, si encima del émbolo B tuviéramos un cuerpo podríamos elevarlo. Todo esto como consecuencia de ejercer una fuerza  $F_A$ , en el émbolo A.

## HIDROSTÁTICA

Si hubiéramos montado una plataforma fija a una altura del embolo B, cuando el cuerpo se elevara podría ser comprimido por dicha plataforma.

Con la prensa hidráulica se consigue, ejerciendo una fuerza pequeña, elevar cuerpos de gran peso.

En el émbolo de la izquierda se genera una  $P_A$  y en el émbolo B una  $P_B$ , pero  $P_B$  es igual a  $P_A$ . Recordar que en émbolo A se genera la  $P_A$  que se transmite hasta el émbolo B. Por tanto:

$$P_A = P_B$$

$$\frac{F_A}{S_A} = \frac{F_B}{S_B}$$

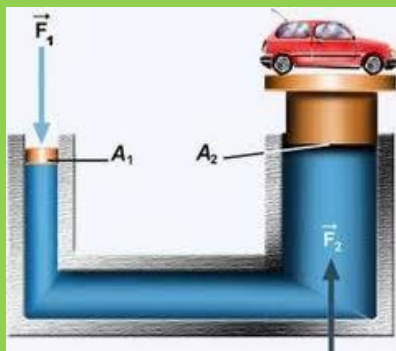
ECUACIÓN DE LA  
PRENSA  
HIDRÁULICA

De la ecuación anterior podemos despejar el valor de  $F_B$ :

$$F_B = F_A \cdot \frac{S_B}{S_A}$$

y podremos saber el valor de  $F_B$ , que será tantas veces mayor que  $F_A$ , en función de la relación de las superficies de sus émbolos.

Si he trabajado bien en mi explicación, el siguiente dibujo lo entenderéis sin dificultad:



### Problema resuelto

En una prensa hidráulica, el pistón menor tiene una superficie de  $0,05 \text{ m}^2$ , y el mayor, de  $0,8 \text{ m}^2$ . Sobre el menor se aplica una fuerza de  $550 \text{ N}$ . ¿Qué fuerza es comunicada al pistón mayor? (Autor del enunciado: A. Caballero Peiró)

### Resolución:

$$S_A = 0,05 \text{ m}^2 \text{ (menor)}$$

$$S_B = 0,8 \text{ m}^2 \text{ (mayor)}$$

$$F_A = 550 \text{ N}$$

$$F_A/S_A = F_B/S_B$$

$$F_B = F_A \cdot S_B / S_A$$

$$F_B = 550 \text{ N} \cdot 0,8 \text{ m}^2 / 0,05 \text{ m}^2 = 8800 \text{ N}$$

### Problema resuelto

Un elevador hidráulico consta de dos émbolos de sección circular de  $3$  y  $60 \text{ cm}$  de radio, respectivamente. ¿Qué fuerza hay que aplicar sobre el émbolo menor para elevar un objeto de  $2000 \text{ kg}$  de masa colocado en el émbolo mayor?

### Resolución:

#### Émbolo pequeño:

$$r_A = 3 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m}/100 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$$

$$S_A = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot (0,03 \text{ m})^2 = 0,0028 \text{ m}^2$$

#### Émbolo grande:

$$r_B = 60 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m}/100 \text{ cm} = 0,60 \text{ m}$$

$$S_B = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot (0,60 \text{ m})^2 = 1,13 \text{ m}^2$$

$$F_B = \text{Peso del cuerpo} = m \cdot g = 2000 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} = 19600 \text{ N}$$

Ecuación de la prensa hidráulica:

$$F_A/S_A = F_B/S_B$$

$$F_A = F_B \cdot S_A / S_B ; F_A = 19600 \text{ N} \cdot 0,0028 \text{ m}^2 / 1,13 \text{ m}^2 = 48,56 \text{ N}$$

**PISAR CONTRO** y **PINCHAR**: física y química ESO

Laboratorio virtual: Concepto de presión.

Presión hidrostática.

Principio de Pascal.

Principio de Arquímedes.

Presión atmosférica.

<http://fisicayquimicaenflash.es>

### *7.- La presión atmosférica*

Vamos a dejar el medio líquido y nos vamos al mundo de los gases para estudiar la **PRESIÓN ATMOSFÉRICA**.

La atmósfera está constituida por un conjunto de gases al que se le llama **AIRE**. El aire tiene masa, por lo tanto tiene peso y puede ejercer una fuerza sobre los cuerpos que son envueltos por él y en consecuencia producir una presión que se conoce como **PRESIÓN ATMOSFÉRICA**.

La **presión atmosférica** tiene las mismas propiedades que la **presión hidrostática**, es decir, se ejerce en todos los sentidos y direcciones.

**Video:** Acción de la presión atmosférica

[http://www.youtube.com/watch?v=Ekm-CO9-X3g&feature=results\\_video&playnext=1&list=PLEDD7312130CC5040](http://www.youtube.com/watch?v=Ekm-CO9-X3g&feature=results_video&playnext=1&list=PLEDD7312130CC5040)

**Video:** Funcionamiento de un altímetro

[http://www.youtube.com/watch?v=hFV7ZqN5g\\_k](http://www.youtube.com/watch?v=hFV7ZqN5g_k)

**Video:** Medición de la altura en función de presión atmosférica

<http://www.youtube.com/watch?v=nid74SEIIDw&feature=related>

**Video:** Paracaidismo en caída libre

<http://www.youtube.com/watch?v=0LH-L6UeNs&feature=related>

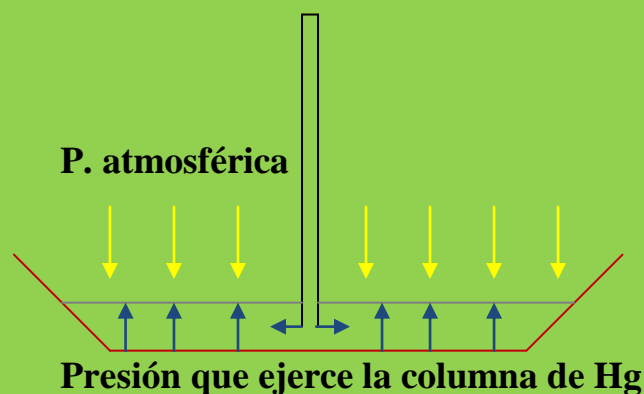
El valor de la **Presión Atmosférica** fue determinado por Torricelli mediante un experimento que lleva su nombre: Tomó una cubeta de cristal y le añadió Mercurio.



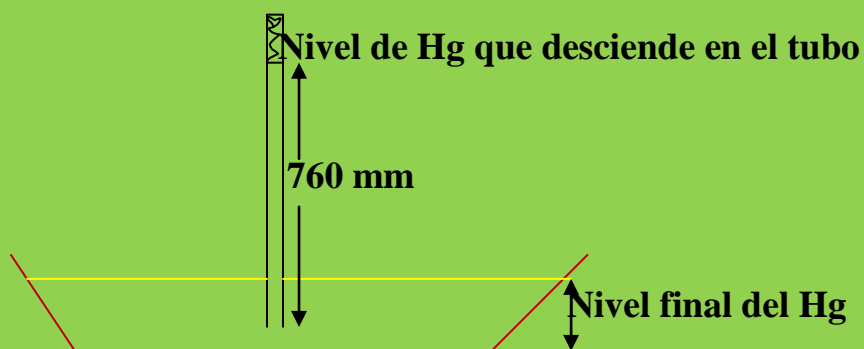
## HIDROSTÁTICA



Por otra parte tomó un tubo de vidrio largo, cerrado por uno de sus extremos, y lo llenó de Mercurio. A continuación, con el dedo pulgar, tapó la parte libre del tubo con su dedo pulgar, le dio la vuelta y lo introdujo en la cubeta con Mercurio:



Observó que la altura de Mercurio el tubo descendía un poco mientras que el nivel del mercurio en la cubeta aumentaba. El sistema se estabilizaba cuando la presión ejercida por el Mercurio del tubo, sobre su base, es compensada por la presión atmosférica. Nos encontraremos con la nueva situación:



Se cumple que:

**Presión atmosférica = Presión ejercida por una columna de Hg de 760 mm de altura**

## HIDROSTÁTICA

La presión ejercida por la columna de Hg la podemos conocer:

$$P_{\text{Hg}} = d_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h \quad \left\{ \begin{array}{l} d_{\text{Hg}} = 136000 \text{ Kg/m}^3 \\ h = 760 \text{ mm} = 0,760 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$P_{\text{Hg}} = 136000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,76 \text{ m} = 101300 \text{ N/m}^2 = 101300 \text{ Pa}$$

Podemos entonces establecer que la presión atmosférica, al nivel del mar, es de 101300 Pa

Recordar que las unidades de presión, vistas hasta el momento, son:

$$\text{N/m}^2 ; \text{ atm } \text{ y } \text{ mmHg}$$

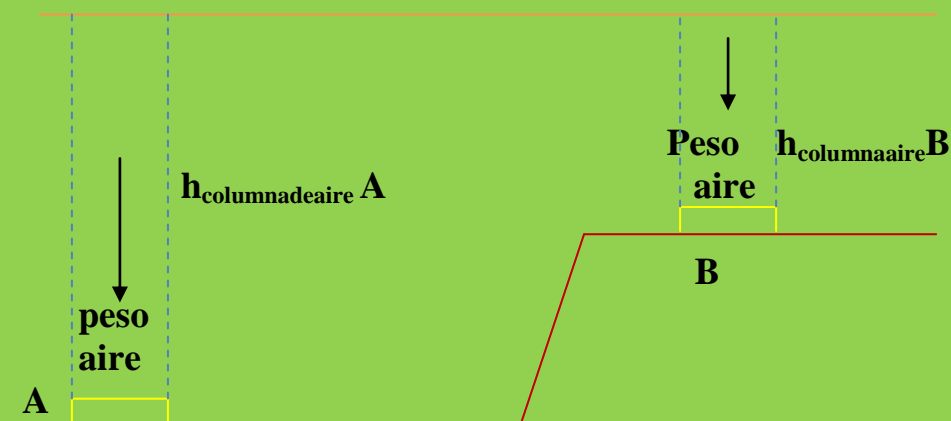
En el campo de la Presión Atmosférica, es decir, en Meteorología se utiliza el milibar (mb) que es la milésima parte del bar. Las equivalencias entre las diferentes unidades de presión son:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1013 \text{ mb} = 1,013 \text{ bar} = 101300 \text{ Pa}$$

El valor de la Presión Atmosférica disminuye al aumentar la altura.

Demostración:

Sistema de referencia imaginario en la atmosfera



$$\left. \begin{array}{l} \text{Presión en A} = d_{\text{aire}} \cdot h_{\text{columnaaireA}} \cdot g \\ \text{Presión en B} = d_{\text{aire}} \cdot h_{\text{columnaaireB}} \cdot g \end{array} \right\}$$

## HIDROSTÁTICA

$h_{\text{columna aire A}} > h_{\text{columna aire B}}$  ; los otros términos son iguales para ambas ecuaciones luego  $\rightarrow P_A > P_B$

Esta disminución de la presión con la altura es la consecuencia de que en los viajes en avión (**mucha altura  $\rightarrow$  presión pequeña**) ocurran fenómenos tales como:

- a) La tinta de las plumas estilográficas se salga y manche la ropa. La razón la encontramos que en el recipiente donde está la tinta la presión es mayor que en el exterior y por ello salga del cartucho.
- b) Los aerosoles de espuma de afeitar se descarguen.
- c) Las siliconas implantadas en el cuerpo humano pueden crear problemas.

Los apartados b) y c) tienen la misma explicación que el apartado a).

### Hidrostatica:

- .- Fluidos.
- .- Concepto de presión.
- .- Presión atmosférica y presión hidrostática.
- .- Principio de Pascal.
- .- Principio de Arquímedes.
- .- Presión atmosférica y tiempo.

<http://perso.gratisweb.com/grupopascal/FLUIDOS%20Profe/FLUIDOS%20Profe/index.htm>

## *8.- Principio de Arquímedes*

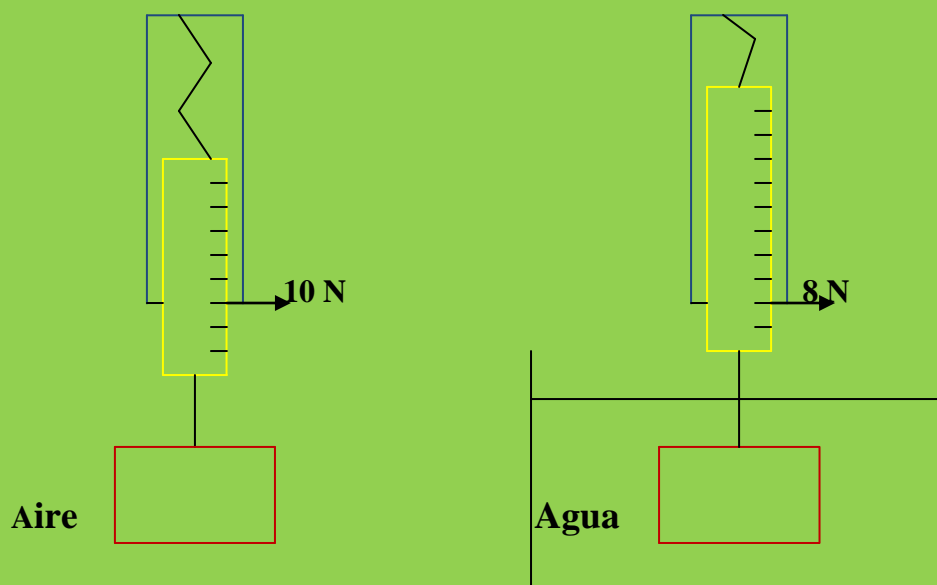
Recordáis el viaje en el tiempo que realizamos al principio del Tema. Pues voy a seguir contando batallitas de aquella época.

La hora del baño era el momento más alegre de la jornada. Teníamos flotadores ( cámaras de las ruedas de los camiones ) y no todos. Otras veces, como el fondo estaba lleno de piedras nos dedicábamos a sacarlas y llevarlas a la orilla de la playa. En este proceso aparece otra cuestión que no me podía explicar **¿ Por qué cuando elevaba la piedra dentro del agua era más fácil que elevarla en el aire?** Algo debe estar ocurriendo dentro del agua. Lógicamente tuve que esperar al nivel correspondiente de Física para saber qué pasaba.

## HIDROSTÁTICA

Ya nos encontramos en el estudio de las **fuerzas que ejercen los fluidos** sobre todos los sólidos que se encuentran en su seno

Si volvemos del viaje y nos vamos al laboratorio de Física, podemos hacer la siguiente experiencia. Vamos a tomar un dinamómetro (aparato utilizado para determinar el peso de los cuerpos) y vamos a colgar de él un cuerpo:



Observamos que el **mismo cuerpo** no pesa lo mismo **en el aire** que **en el agua**. Nuevamente el agua hasta ejerciendo alguna acción.

**Video:** Flotabilidad en los barcos

<http://www.youtube.com/watch?v=w0WUcajJino>

**Video:** Globos aerostáticos

<http://www.youtube.com/watch?v=g-Nle9LyfBI>

Fue **Arquímedes** quien estudió este fenómeno.

**Vamos a:**



## HIDROSTÁTICA

Principio de Arquímedes

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/arquimedes/arquimedes.htm>

Principio de Arquímedes

[http://es.wikipedia.org/wiki/Principio\\_de\\_Arqu%C3%ADmedes](http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Arqu%C3%ADmedes)

Principio de Arquímedes

[http://usuarios.multimania.es/pefeco/arquimides/arquimedes\\_indice.htm](http://usuarios.multimania.es/pefeco/arquimides/arquimedes_indice.htm)

Principio de Arquímedes

<http://www.portalplanetasedna.com.ar/principio02.htm>

Laboratorio virtual: Principio de Arquímedes.

<http://www.telefonica.net/web2/izpisua/FYQ/4ESO.htm>

Pinchar en Principio de Arquímedes. Dinámica educaplus.org.

Laboratorio virtual: Principio de Arquímedes.

<http://www.educaplus.org/play-133-Principio-de-Arqu%C3%ADmedes.html>

Laboratorio virtual: Fuerza de empuje en los fluidos.

<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/applets/Hwang/ntnujava/indexH.html>

Pinchar aplicaciones didácticas.

Pinchar Hidrostática → Pinchar AQUÍ → Ejercicios con animaciones.

<http://www.ibercajalav.net/actividades.php?codopcion=2252&codopcion2=2257&codopcion3=2257>

Arquímedes llegó a la siguiente conclusión: **Todo cuerpo sumergido, total o parcialmente, en un fluido, experimenta una fuerza vertical y hacia arriba llamada EMPUJE que equivale al peso del volumen de líquido desalojado.**

Enunciado correspondiente al **Principio de Arquímedes**

**De momento vamos a estudiar este principio en los líquidos.**

## HIDROSTÁTICA

Determinemos el valor del **Empuje** (  $E$  ):

$$\text{Empuje} = \text{Peso del volumen de líquido desalojado}$$

Como el **Empuje** es un peso podemos escribir:

$$E = m_{\text{líquido}} \cdot g \quad (1)$$

La masa de líquido desalojado no la conocemos, pero sí conocemos la densidad del líquido:

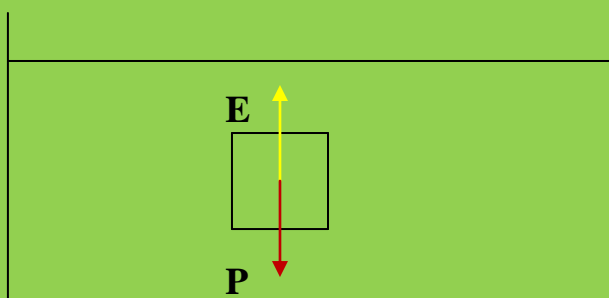
$$d_{\text{líquido}} = m_{\text{líquido}} / V_{\text{líquido}} \quad ; \quad m_{\text{líquido}} = V_{\text{líquido}} \cdot d_{\text{líquido}}$$

Si llevamos la última expresión a (1):

$$E = V_{\text{líquido}} \cdot d_{\text{líquido}} \cdot g \quad \text{Ecuación del EMPUJE}$$

El  $V_{\text{líquido}}$  desalojado **equivale al volumen del cuerpo**, si está totalmente sumergido. Si estuviera parcialmente sumergido, el  $V_{\text{líquido}}$  correspondería con el **volumen de la parte sumergida del cuerpo**.

Según el amigo Arquímedes, si nos vamos a un recipiente con agua en donde está sumergido un cuerpo, sobre dicho cuerpo actuarán dos fuerzas: el **Peso** y el **Empuje**.



Según Arquímedes un cuerpo tendrá un peso en el aire y otro en el agua puesto que en el agua tenemos la segunda fuerza, **EMPUJE**, de la misma dirección pero sentido contrario al peso.

Nos encontramos con dos tipos de **Peso** para un mismo cuerpo:

- a) **Peso real** ( $P_{\text{real}}$ )
- b) **Peso aparente** ( $P_{\text{aparente}}$ )

## HIDROSTÁTICA

Se cumple que:

$$P_{\text{aparente}} = P_{\text{real}} - E$$

### Problema resuelto

Un trozo de mineral pesa 0,32N en el aire y 0,20 N sumergido en agua. Calcula su volumen, en  $\text{cm}^3$ , y su densidad. La densidad del agua es  $1\text{g}/\text{cm}^3$ .

### Resolución:

$$P_{\text{real}} = 0,32 \text{ N}$$

$$P_{\text{aparente}} = 0,20 \text{ N}$$

Sabemos que :  $P_{\text{aparente}} = P_{\text{real}} - E$  (1)

Tambien sabemos que:  $E = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}} \cdot g$

Si despejamos el E de (1) podremos conocer el  $V_{\text{agua}}$  desalojada que es igual al volumen del cuerpo sumergido. Vamos a ello:

$$\text{De (1)} \quad E = P_{\text{real}} - P_{\text{aparente}} = 0,32 \text{ N} - 0,20 \text{ N} = 0,12 \text{ N}$$

Recordemos:  $E = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}} \cdot g$  (2)

$$d_{\text{agua}} = 1 \text{ g}/\text{cm}^3 \cdot 1 \text{ Kg}/1000\text{g} \cdot 1000000 \text{ cm}^3/1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{De (2):} \quad V_{\text{agua}} &= E / d_{\text{agua}} \cdot g = \\ &= 0,12 \text{ N} / (1000 \text{ Kg}/\text{m}^3 \cdot 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}) = 1,22 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \\ &= 1,22 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ dm}^3/1 \text{ m}^3 \cdot 1 \text{ L}/\text{dm}^3 = \\ &= 1,22 \cdot 10^{-2} \text{ L} \end{aligned}$$

Como dijimos:  $V_{\text{agua}} = V_{\text{cuerpo}} \rightarrow V_{\text{cuerpo}} = 0,0122 \text{ L} = 12,2 \text{ cm}^3$

### Problema resuelto

Una piedra de 0,5 kg de masa tiene un peso aparente de 3 N cuando se introduce en el agua. Halla el volumen y la densidad de la piedra.  
 $d_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$

### Resolución:

## HIDROSTÁTICA

$$m_{\text{piedra}} = 0,5 \text{ Kg}$$

$$P_{\text{aparente}} = 3 \text{ N}$$

Recordemos:  $P_{\text{aparente}} = P_{\text{real}} - E$

$$0,3 \text{ N} = m \cdot g - E ; 0,3 \text{ N} = 0,5 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} - E$$

$$E = 4,9 \text{ N} - 0,3 \text{ N} = 4,6 \text{ N}$$

$$E = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}} \cdot g \quad (1)$$

Conocemos que:  $d_{\text{agua}} = m_{\text{agua}}/V_{\text{agua}} \quad (2)$

Nos vamos a (1):  $4,6 \text{ N} = m_{\text{agua}}/V_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}} \cdot g ; 4,6 \text{ N} = m_{\text{agua}} \cdot g$

$$m_{\text{agua}} = 4,6 \text{ N} / 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 0,47 \text{ Kg}$$

Nos vamos a (2):  $1000 \text{ Kg/m}^3 = 0,47 \text{ Kg} / V_{\text{agua}}$

$$V_{\text{agua}} = V_{\text{cuerpo}} = 0,47 \text{ Kg} / 1000 \text{ Kg/m}^3 = 0,47 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Respecto a la densidad de la piedra:

$$d_{\text{piedra}} = m_{\text{piedra}}/V_{\text{piedra}} ; ; d_{\text{piedra}} = 0,5 \text{ Kg} / 0,47 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = \\ = 1063,8 \text{ Kg/m}^3$$

### Problema resuelto

Un cilindro de aluminio tiene una densidad de  $2700 \text{ Kg/m}^3$  y ocupa un volumen de  $2 \text{ dm}^3$ , tiene un peso aparente de  $12 \text{ N}$  dentro de un líquido. Calcula la densidad de ese líquido.

### Resolución:

$$d_{\text{Al}} = 2700 \text{ Kg/m}^3$$

$$V_{\text{Al}} = 2 \text{ dm}^3 \cdot 1 \text{ m}^3/1000 \text{ dm}^3 = 0,002 \text{ m}^3$$

$$P_{\text{aparenteAl}} = 12 \text{ N}$$

Recordemos:  $P_{\text{aparenteAl}} = P_{\text{realAl}} - E$

$$12 \text{ N} = m_{\text{Al}} \cdot g - D_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquido}} \cdot g$$

$$12 \text{ N} = d_{\text{Al}} \cdot V_{\text{Al}} \cdot g - d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquido}} \cdot g$$



## HIDROSTÁTICA

Volumen del cuerpo es igual al volumen del líquido desalojado

$$V_{Al} = V_{líquido}$$

$$12 \text{ N} = 2700 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,002 \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} - d_{líquido} \cdot 0,002 \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2}$$

$$12 \text{ N} = 52,92 \text{ Kg} \cdot \text{m.s}^{-2} - d_{líquido} \cdot 0,0196 \text{ m}^3 \cdot \text{m.s}^{-2}$$

$$12 \text{ N} = 52,92 \text{ N} - d_{líquido} \cdot 0,0196 \text{ m}^3 \cdot \text{m.s}^{-2}$$

$$d_{líquido} \cdot 0,0196 \text{ m}^3 \cdot \text{m.s}^{-2} = 52,92 \text{ N} - 12 \text{ N}$$

$$d_{líquido} = (52,92 \text{ N} - 12 \text{ N}) / 0,0196 \text{ m}^3 \cdot \text{m.s}^{-2}$$

$$d_{líquido} = 40,92 \text{ Kg} \cdot \text{m.s}^{-2} / 0,0196 \text{ m}^3 \cdot \text{m.s}^{-2}$$

$$d_{líquido} = 2087,75 \text{ Kg/m}^3$$

### Problema resuelto

Una probeta contiene  $5 \text{ cm}^3$  de agua. Al introducir un objeto en ella, marca  $8 \text{ cm}^3$ . ¿Cuánto pesa el agua desalojada por el objeto?. ¿A qué magnitud (:peso real, peso aparente o empuje) equivale?.

La densidad del agua es  $10^3 \text{ kg/m}^3$  La aceleración de la gravedad es  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

### Resolución:

$$V_o = 5 \text{ cm}^3 \cdot 1 \text{ m}^3 / 1000000 \text{ cm}^3 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V_f = 8 \text{ cm}^3 \cdot 1 \text{ m}^3 / 1000000 \text{ cm}^3 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\Delta V = V_{\text{cuerpo}} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 - 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cuerpo}} = V_{\text{aguadesalojada}} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$d_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} / V_{\text{agua}} ; m_{\text{agua}} = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}}$$

$$m_{\text{agua}} = 103 \text{ Kg/m}^3 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 309 \cdot 10^{-6} \text{ Kg}$$

$$P_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} \cdot g ; P_{\text{agua}} = 309 \cdot 10^{-6} \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 3,028 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Por definición: Empuje es igual al peso del volumen de líquido desalojado. Luego:

## HIDROSTÁTICA

$$E = 3,028 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

El valor obtenido pertenece al **EMPUJE**.

### Problema resuelto

Tenemos una joya que nos han dicho que es de oro. Pesa 0,0490 N. Al sumergirla en agua su peso aparente es de 0,0441 N. ¿Es cierto lo que nos han dicho?. Razona la respuesta.

Datos:  $\rho(\text{agua}) = 1000 \text{ Kg/m}^3$  ;  $\rho(\text{oro}) = 19300 \text{ kg/m}^3$

### Resolución:

$$\left. \begin{array}{l} P_{\text{real}} = 0,0490 \text{ N} \\ P_{\text{aparente}} = 0,0441 \text{ N} \end{array} \right\} \begin{array}{l} P_{\text{real}} = P_{\text{aparente}} - E \\ 0,0490 \text{ N} = 0,0441 \text{ N} - \rho_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquido}} \cdot g \quad (1) \\ V_{\text{líquido desalojado}} = V_{\text{cuerpo}} \quad (2) \end{array}$$

$$\text{De (1): } 0,0490 \text{ N} - 0,0441 \text{ N} = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot V_{\text{líquido}} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2}$$

$$V_{\text{líquido}} = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ N} / 9800 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{m.s}^{-2} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cuerpo}} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ [(según (2))]}$$

Conociendo el  $V_{\text{cuerpo}}$  y la  $\rho_{\text{cuerpo}}$ , podemos conocer la  $m_{\text{cuerpo}}$ :

$$\rho_{\text{cuerpo}} = m_{\text{cuerpo}} / V_{\text{cuerpo}} \quad ; \quad m_{\text{cuerpo}} = \rho_{\text{cuerpo}} \cdot V_{\text{cuerpo}}$$

$$m_{\text{cuerpo}} = 19300 \text{ Kg/m}^3 \cdot 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 = 9,65 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}$$

Como conocemos el  $P_{\text{real}}$  del metal, podemos calcular la masa y si obtenemos el mismo resultado, el metal sería oro:

$$P_{\text{real}} = m_{\text{cuerpo}} \cdot g \quad ;$$

$$m_{\text{cuerpo}} = P_{\text{real}} / g = 0,0490 \text{ N} / 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}$$

No coinciden las masas y por lo tanto la muestra **no es oro**



## HIDROSTÁTICA

### Problema Propuesto

Mediante un dinamómetro se determina el peso de un objeto de  $10 \text{ cm}^3$  de volumen obteniéndose  $0,72 \text{ N}$ . A continuación se introduce en un líquido de densidad desconocida y se vuelve a leer el dinamómetro (peso aparente) que marca ahora  $0,60 \text{ N}$ . ¿Cuál es la densidad del líquido en el que se ha sumergido el cuerpo? (Autor enunciado: A. Caballero Peiró)

### Problema resuelto

Un cuerpo esférico de  $50 \text{ cm}$  de radio y densidad  $1100 \text{ kg/m}^3$  se sumerge en agua. Calcula el empuje y el peso aparente. ¿Se hundirá al soltarlo? (Autor enunciado: A. Caballero Peiró)

### Resolución:

$$V_{\text{esfera}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

$$r = 50 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0,5 \text{ m}$$

$$V_{\text{esfera}} = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (0,5 \text{ m})^3 = 0,52 \text{ m}^3$$

$$\text{Por otra parte: } d_{\text{cuerpo}} = \frac{m_{\text{cuerpo}}}{V_{\text{cuerpo}}}$$

$$m_{\text{cuerpo}} = d_{\text{cuerpo}} \cdot V_{\text{cuerpo}} = 1100 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,52 \text{ m}^3 = 572 \text{ Kg}$$

El  $P_{\text{real}}$  del cuerpo valdrá:

$$P_{\text{real}} = m_{\text{cuerpo}} \cdot g = 572 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 5605,6 \text{ N}$$

En lo referente al Empuje:  $E = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquido}} \cdot g$

$$V_{\text{cuerpo}} = V_{\text{líquido desalojado}} = 0,52 \text{ m}^3$$

$$E = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,52 \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 5096 \text{ N}$$

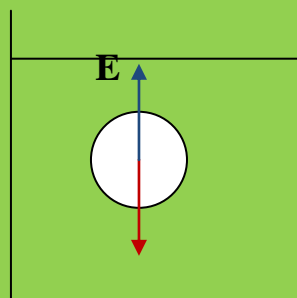
En cuanto al peso aparente:  $P_{\text{real}} = P_{\text{aparente}} - E$

$$P_{\text{aparente}} = P_{\text{real}} + E ; P_{\text{aparente}} = 5605,6 \text{ N} - 5096 \text{ N} = 509,6 \text{ N}$$



¿ Flotará o se hundirá?

Dentro del agua, el cuerpo está sometido a dos fuerzas: El Empuje y el peso.



Según los datos:

$$E = 5096 \text{ N}$$

$$P_{\text{real}} = 5605,6 \text{ N}$$

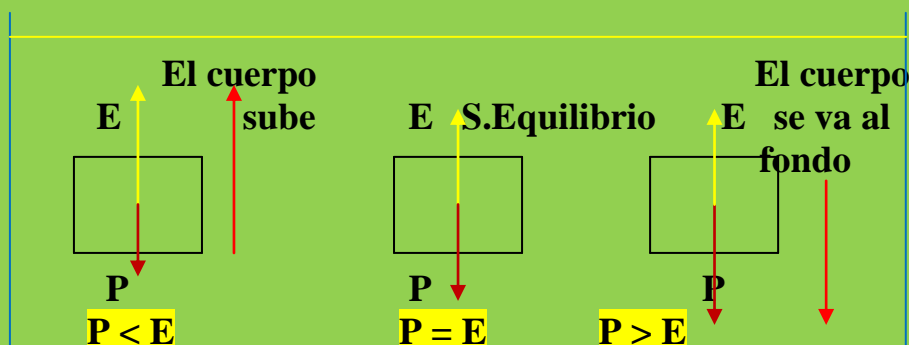
Como:

$P_{\text{real}} > E$  el cuerpo **SE HUNDIRA**

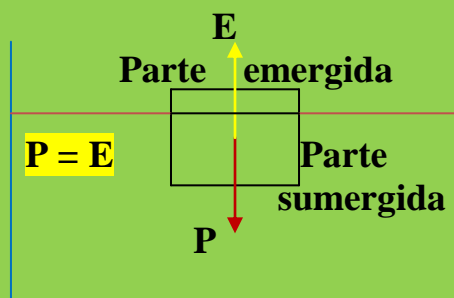
### 9.- Flotación

## En lo referente a la FLOTACIÓN

Según los valores del peso y del empuje el cuerpo puede encontrarse en tres situaciones:



La situación que nos puede traer problemas es la primera, es decir,  $P < E$ . ¿El cuerpo sigue subiendo y se sale del agua? **NO**. Cuando el cuerpo llegue a la superficie del agua seguirá subiendo hasta que se establezca la condición de equilibrio  $P = E$ . Se quedaría según el esquema:



## HIDROSTÁTICA

### Problema resulto

¿Flotará en el agua un objeto que tiene una masa de 50 kg y ocupa un volumen de  $0,06 \text{ m}^3$ ?

### Resolución:

Teóricamente sabemos que los cuerpos de menor densidad flotan sobre los de mayor densidad.

En base a esta premisa:

Dato:  $d_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$   
Calculemos la densidad del cuerpo

$$D_{\text{cuerpo}} = m_{\text{cuerpo}}/V_{\text{cuerpo}} ;$$

$$d_{\text{cuerpo}} = 50 \text{ Kg} / 0,06 \text{ m}^3 = 833,33 \text{ Kg/m}^3$$

Se cumple que:  $d_{\text{cuerpo}} < d_{\text{agua}} \rightarrow$  El cuerpo flotará

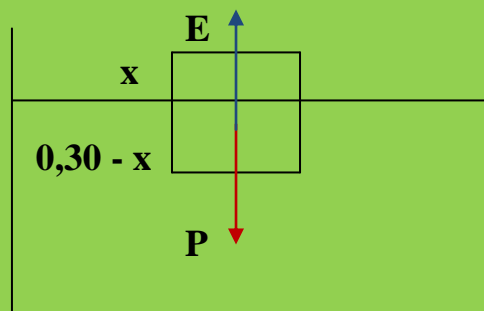
### Problema resuelto

Un cilindro de madera tiene una altura de 30 cm y se deja caer en una piscina de forma que una de sus bases quede dentro del agua. Si la densidad de la madera es de  $800 \text{ Kg/m}^3$ , calcula la altura del cilindro que sobresale del agua.

### Resolución:

$$h = 30 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m}/100 \text{ cm} = 0,30 \text{ m}$$

$$d_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3 ; d_{\text{cuerpo}} = 800 \text{ Kg/m}^3$$



## HIDROSTÁTICA

La condición de flotabilidad exige:

$$P = E$$

$$m_{\text{cuerpo}} \cdot g = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquido}} \cdot g$$

$$d_{\text{cuerpo}} \cdot V_{\text{cuerpo}} \cdot g = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquido}} \cdot g$$

$$d_{\text{cuerpo}} \cdot S_{\text{base}} \cdot h_{\text{cuerpo}} = d_{\text{líquido}} \cdot S_{\text{base}} \cdot h_{\text{cuerposumergido}}$$

$$800 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,30 = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot (0,30 - x)$$

$$240 = 300 - 1000 x \quad ; \quad 1000 x = 60 \quad ; \quad x = 0,060 \text{ m} = 6 \text{ cm}$$

### Problema resuelto

Un bloque de  $2,5 \text{ m}^3$  de un material cuya densidad es  $2400 \text{ kg/m}^3$  se sumerge en agua. Calcular:

- El peso del bloque en el aire.
- El empuje que experimenta cuando está sumergido en agua.
- El peso que tiene dentro del agua.

La densidad del agua es  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

### Resolución:

$$V_{\text{cuerpo}} = 2,5 \text{ m}^3$$

$$d_{\text{cuerpo}} = 2400 \text{ Kg/m}^3$$

$$d_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$a) P_{\text{aire}} = m_{\text{cuerpo}} \cdot g \quad (1)$$

$$d_{\text{cuerpo}} = m_{\text{cuerpo}}/V_{\text{cuerpo}} \quad ; \quad m_{\text{cuerpo}} = d_{\text{cuerpo}} \cdot V_{\text{cuerpo}}$$

Nos vamos a (1):

$$P_{\text{aire}} = d_{\text{cuerpo}} \cdot V_{\text{cuerpo}} \cdot g \quad ;$$

$$P_{\text{aire}} = 2400 \text{ Kg/m}^3 \cdot 2,5 \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 58800 \text{ N}$$

## HIDROSTÁTICA

b)

$$E = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquidodesalojado}} \cdot g$$

$$V_{\text{líquidodesalojado}} = V_{\text{cuerposumergido}}$$

$$E = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 2,5 \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 24500 \text{ N}$$

c)

El peso dentro del agua es el peso aparente.

$$P_{\text{aparente}} = P_{\text{real}} - E = 58800 \text{ N} - 24500 \text{ N} = 34300 \text{ N}$$

### Problema resuelto

Un cuerpo de 200 g y densidad 0,8 g/cm<sup>3</sup> se sumerge en agua. La densidad del agua es 1g/cm<sup>3</sup>.

- ¿Qué empuje ejerce el agua sobre el cuerpo?.
- ¿Flotará?. ¿Por qué?.

### Resolución:

a)

$$m_{\text{cuerpo}} = 200 \text{ g} \cdot 1 \text{ Kg}/1000 \text{ g} = 0,2 \text{ Kg}$$

$$d_{\text{cuerpo}} = 0,8 \text{ g/cm}^3 \cdot 1 \text{ Kg}/1000 \text{ g} \cdot 1000000 \text{ cm}^3 / 1 \text{ m}^3 = 800 \text{ Kg/m}^3$$

$$d_{\text{agua}} = 1 \text{ g/cm}^3 \cdot 1 \text{ Kg}/1000 \text{ g} \cdot 1000000 \text{ cm}^3 / \text{m}^3 = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$E = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquidodesalojado}} \cdot g \quad (1)$$

$$V_{\text{líquidodesalojado}} = V_{\text{cuerposumergido}}$$

$$d_{\text{cuerpo}} = \text{masa}_{\text{cuerpo}} / V_{\text{cuerpo}}$$

$$V_{\text{cuerpo}} = \text{masa}_{\text{cuerpo}} / d_{\text{cuerpo}}$$

Todas estas igualdades, llevadas a (1) nos proporcionan:

$$E = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{masa}_{\text{cuerpo}} / d_{\text{cuerpo}} \cdot g = \\ = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,2 \text{ Kg} / 800 (\text{Kg/m}^3) \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 2,45 \text{ N}$$

b) Condición de flotación:  $P_{\text{cuerpo}} = E$

Si :  $P_{\text{cuerpo}} > E \rightarrow$  Cuerpo se hunde

Si :  $P_{\text{cuerpo}} < E \rightarrow$  cuerpo flota

## HIDROSTÁTICA

$$P_{\text{cuerpo}} = m_{\text{cuerpo}} \cdot g = 0,2 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 1,96 \text{ N}$$

Cómo  $P_{\text{cuerpo}} < E \rightarrow$  **El cuerpo flota**

### Problema resuelto

Un cuerpo de  $800 \text{ cm}^3$  de volumen y  $500 \text{ g}$  de masa, flota en un líquido cuya densidad es  $0,8 \text{ g/cm}^3$ . Calcula el empuje que sufre. ¿Qué volumen del cuerpo queda fuera del líquido?.

### Resolución:

$$m_{\text{cuerpo}} = 500 \text{ g} \cdot 1 \text{ Kg}/1000 \text{ g} = 0,5 \text{ Kg}$$

$$V_{\text{cuerpo}} = 800 \text{ cm}^3 \cdot 1 \text{ m}^3/1000000 \text{ cm}^3 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$d_{\text{líquido}} = 0,8 \text{ g/cm}^3 \cdot 1 \text{ Kg}/1000 \text{ g} \cdot 1000000 \text{ cm}^3/1 \text{ m}^3 = 800 \text{ Kg/m}^3$$

$$d_{\text{cuerpo}} = \text{masa}_{\text{cuerpo}}/V_{\text{cuerpo}} = 0,5 \text{ Kg} / 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 6,25 \cdot 10^2 \text{ Kg/m}^3 = 625 \text{ Kg/m}^3$$

Condición de flotabilidad:  $P = E$  (1)

$$P_{\text{cuerpo}} = m_{\text{cuerpo}} \cdot g = d_{\text{cuerpo}} \cdot V_{\text{totalcuerpo}} \cdot g = 625 \text{ Kg/m}^3 \cdot 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2} = 4,9 \text{ N}$$

Según (1):  $E = P = 4,9 \text{ N}$

Volumen emergido:

$$d_{\text{cuerpo}} \cdot V_{\text{cuerpo}} \cdot g = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquidodesalojado}} \cdot g \quad (2)$$

$$V_{\text{líquidodesalojado}} = V_{\text{cuerposumergido}}$$

Nos vamos a (2):

$$625 \text{ Kg/m}^3 \cdot 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 800 \text{ Kg/m}^3 \cdot V_{\text{sumergido}}$$

$$V_{\text{sumergido}} = 0,5 \text{ Kg} / 800 \text{ (Kg/m}^3) = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{emergido}} = V_{\text{cuerpo}} - V_{\text{sumergido}} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 - 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 1,75 \text{ m}^3$$





## HIDROSTÁTICA

### Problema resuelto

Un cuerpo hueco que pesa 16 N flota en agua y en mercurio. ¿Qué volumen hay sumergido en cada caso?.

La densidad del agua es  $1\text{g/cm}^3$  y la del mercurio  $13,6\text{ g/cm}^3$ .

### Resolución:

a)

#### Agua

Condición de flotabilidad:  $P_{\text{cuerpo}} = E$  (1)

$$P_{\text{cuerpo}} = 16\text{ N}$$

$$d_{\text{agua}} = 1\text{ g/cm}^3 = 1000\text{ Kg/m}^3$$

De (1):

$$P = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquidodesalojado}} \cdot g$$

$$V_{\text{líquidodesalojado}} = V_{\text{cuerposumergido}}$$

$$12\text{ N} = 1000\text{ Kg/m}^3 \cdot V_{\text{cuerposumergido}} \cdot 9,8\text{ m.s}^{-2}$$

$$V_{\text{cuerposumergido}} = 16\text{ N} / (1000\text{ Kg/m}^3 \cdot 9,8\text{ m.s}^{-2}) = 1,63 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$$

b)

#### En Mercurio

$$d_{\text{Hg}} = 13,6\text{ g/cm}^3 = 13600\text{ Kg/m}^3$$

$$V_{\text{cuerposumergido}} = 16\text{ N} / (13600\text{ Kg/m}^3 \cdot 9,8\text{ m.s}^{-2}) = 1,2 \cdot 10^{-4}\text{ m}^3$$

### Problema resuelto

Un cubo de madera cuya arista mide 24 cm está flotando en agua. Si la densidad de la madera es  $880\text{ kg/m}^3$  y la densidad del agua  $10^3\text{ kg/m}^3$ . ¿Qué volumen del cubo sobresale del agua?.

### Resolución:

$$\text{arista} = 24\text{ cm} \cdot 1\text{ m}/100\text{ cm} = 0,24\text{ m}$$

$$d_{\text{madera}} = 880\text{ Kg/m}^3$$

## HIDROSTÁTICA

$$d_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

Condición flotabilidad: **P cuerpo = Empuje**

$$d_{\text{madera}} \cdot V_{\text{cuerpo}} \cdot g = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquido desalojado}} \cdot g$$

$$V_{\text{líquido desalojado}} = V_{\text{cuerpo sumergido}}$$

$$880 \text{ Kg/m}^3 \cdot (0,24 \text{ m})^3 = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot V_{\text{cuerpo sumergido}}$$

$$V_{\text{cuerpo sumergido}} = (880 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,014 \text{ m}^3) / (1000 \text{ Kg/m}^3) = 0,012 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cuerpo emergido}} = V_{\text{cuerpo}} - V_{\text{cuerpo sumergido}}$$

$$V_{\text{cuerpo}} = l^3 = 0,014 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cuerpo emergido}} = 0,014 \text{ m}^3 - 0,012 \text{ m}^3 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

### Problema resuelto

Un cilindro metálico, con una base de  $10 \text{ cm}^2$  y una altura de  $8 \text{ cm}$ , flota sobre mercurio estando  $6 \text{ cm}$  sumergido. Si el cilindro sufre un empuje de  $8,06 \text{ N}$ , ¿cuál es la densidad del mercurio?. Dato:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

### Resolución:

$$S_{\text{base}} = 10 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ m}^2 / 10000 \text{ cm}^2 = 0,0010 \text{ m}^2$$

$$h_{\text{total}} = 8 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m} / 100 \text{ cm} = 0,08 \text{ m}$$

$$h_{\text{sumergido}} = 6 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m} / 100 \text{ cm} = 0,06 \text{ m}$$

$$E = 8,06 \text{ N}$$

Condición de flotabilidad: **P = E**

$$E = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{base sumergida}} \cdot g$$

$$V_{\text{base sumergida}} = S_{\text{base}} \cdot h_{\text{sumergida}} = 0,0010 \text{ m}^2 \cdot 0,06 \text{ m} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$8,06 \text{ N} = d_{\text{líquido}} \cdot 6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2}$$

$$d_{\text{líquido}} = 8,06 \text{ N} / (6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m.s}^{-2})$$

$$d_{\text{líquido}} = d_{\text{Hg}} = 0,137 \cdot 10^5 \text{ Kg/m}^3 = 13700 \text{ Kg/m}^3$$

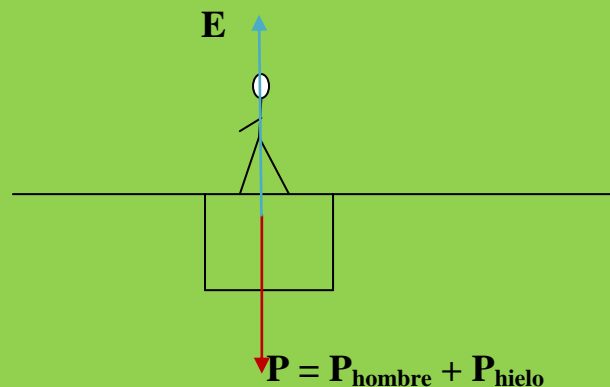
## Problema resuelto

¿Cual ha de ser el área del menor bloque de hielo de 30 cm de espesor que podría soportar el peso de un hombre de 90 Kg estando el hielo flotando sobre agua dulce?.

La densidad del agua es  $1\text{g/cm}^3$  y la del hielo  $0,92\text{g/cm}^3$ .

## Resolución:

Espesor = ancho



$$d_{\text{agua}} = 1\text{ g/cm}^3 = 1000\text{ Kg/m}^3$$
$$d_{\text{hielo}} = 0,92\text{ g/cm}^3 = 920\text{ Kg/m}^3$$

Condición de flotabilidad:

$$P_{\text{hombre}} + P_{\text{hielo}} = E$$

$$m_{\text{hombre}} \cdot g + m_{\text{hielo}} \cdot g = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquidodesalojado}} \cdot g$$

$$m_{\text{hombre}} + m_{\text{hielo}} = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquidodesalojado}} \quad (1)$$

$$m_{\text{hombre}} = 90\text{ Kg}$$

$$d_{\text{hielo}} = m_{\text{hielo}}/V_{\text{hielo}} \quad (2)$$

Supongamos que el grosor es el mismo para las tres dimensiones (largo, ancho y alto). Por lo tanto el volumen del hielo será:

$$30\text{ cm} \cdot 1\text{ m}/100\text{ cm} = 0,30\text{ m}$$

$$V_{\text{hielo}} = (0,30\text{ m})^3 = 0,027\text{ m}^3$$

## HIDROSTÁTICA

$$\text{De (2): } m_{\text{hielo}} = d_{\text{hielo}} \cdot V_{\text{hielo}} = 620 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,027 \text{ m}^3 = 16,74 \text{ Kg}$$

$$\text{De (1): } 90 \text{ Kg} + 16,74 \text{ Kg} = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot S_{\text{base}} \cdot h_{\text{sumergida}}$$

$$106,74 \text{ Kg} = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot S_{\text{basesumergida}} \cdot 0,30 \text{ m}$$

$$S_{\text{basesumergida}} = 106,74 \text{ Kg} / (300 \text{ Kg/m}^2) = 0,35 \text{ m}^2$$

### Problema resuelto

La densidad del agua de mar es de  $1025 \text{ Kg/m}^3$  y la densidad del hielo es de  $917 \text{ Kg/m}^3$ . Determina la relación entre la fracción que flota y la parte sumergida de un iceberg.

### Resolución:

Condición de flotabilidad: **Peso del cuerpo = empuje (1)**

$$\text{Peso del cuerpo} = m_{\text{cuerpo}} \cdot g$$

$$\text{Empuje} = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquidodesalojado}} \cdot g$$

$$V_{\text{líquido desalojado}} = V_{\text{cuerposumergido}}$$

$$d_{\text{cuerpo}} = m_{\text{cuerpo}} / V_{\text{cuerpo}}$$

$$m_{\text{cuerpo}} = d_{\text{cuerpo}} \cdot V_{\text{cuerpo}}$$

Con todas estas premisas nos vamos a (1):

$$m_{\text{cuerpo}} \cdot \cancel{g} = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquidodesalojado}} \cdot \cancel{g}$$

$$d_{\text{cuerpo}} \cdot V_{\text{cuerpo}} = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{cuerposumergido}}$$

$$917 \text{ Kg/m}^3 \cdot V_{\text{cuerpo}} = 1025 \text{ Kg/m}^3 \cdot V_{\text{cuerposumergido}}$$

$$V_{\text{cuerposumergido}} = 917 \text{ Kg/m}^3 \cdot V_{\text{cuerpo}} / 1025 \text{ Kg/m}^3$$

$$V_{\text{cuerposumergido}} = 0,89 V_{\text{cuerpo}} \quad (2)$$

## HIDROSTÁTICA

Se debe cumplir que:

$$V_{\text{cuerpoflotante}} + V_{\text{cuerposumergido}} = V_{\text{cuerpo}}$$

Si traemos (2) a esta última ecuación:

$$V_{\text{cuerpoflotante}} + 0,89 V_{\text{cuerpo}} = V_{\text{cuerpo}}$$

$$V_{\text{cuerpoflotante}} = V_{\text{cuerpo}} - 0,89 V_{\text{cuerpo}}$$

$$V_{\text{cuerpoflotante}} = 0,11 V_{\text{cuerpo}}$$

Luego la relación que nos pide el problema:

$$V_{\text{cuerpoflotante}} / V_{\text{cuerpo sumergido}} = 0,11 \cdot V_{\text{cuerpo}} / 0,89 \cdot V_{\text{cuerpo}}$$

$$V_{\text{cuerpoflotante}} / V_{\text{cuerposumergido}} = 0,11 / 0,89 = 0,12$$

$$V_{\text{cuerpoflotante}} = 0,12 V_{\text{cuerposumergido}}$$

Laboratorio virtual: Principio de Arquímedes.

<http://www.telefonica.net/web2/izpisua/FYQ/4ESO.htm>

Pinchar en Principio de Arquímedes. Dinámica educaplus.org.

Laboratorio virtual: Principio de Arquímedes.

<http://www.educaplus.org/play-133-Principio-de-Arquímedes.html>

Laboratorio virtual: Fuerza de empuje en los fluidos.

<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/applets/Hwang/ntnujava/indexH.html>

Estudiemos el **EMPUJE** en medios **GASEOSOS** (atmósfera).

Historia de la Aeroestación

<http://www.rfae.org/index?act=verSeccion&idSeccion=1236019000796>

Aeroestación

<http://www.estudiantes.info/deportes/aereos/aeroestacion.htm>

## HIDROSTÁTICA

Es interesante que veamos los siguientes videos sobre aerostación y luego comentemos su contenido, veremos que todo el fenómeno consiste en la variación del peso del sistema y del empuje que sufre el sistema al estar envuelto de aire.

**Video.** Iniciación de vuelo en globo aerostático

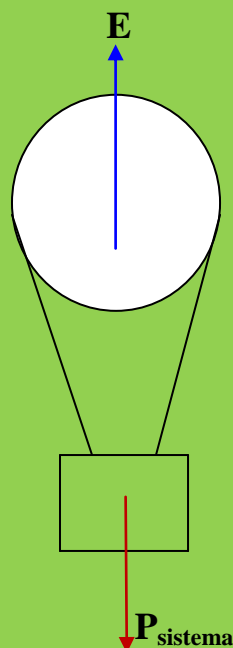
<http://www.youtube.com/watch?v=iNtjbU6h9ck>

**Video.** Hinchar un globo aerostático

<http://www.youtube.com/watch?v=DWk7I2BVyXg&feature=related>



Una vez hinchado el globo se desaloja una cantidad de aire (igual al volumen del globo) que origina un **EMPUJE**. Sobre el sistema actuarán dos fuerzas: el **EMPUJE** y el **PESO** de todo el material que constituye el globo. Nos encontramos con la siguiente situación:



Para que el globo inicie el ascenso el **E > P**

**Video:** Vuelo de un globo aerostático

[http://www.youtube.com/watch?v=CanaLi\\_A3Ds](http://www.youtube.com/watch?v=CanaLi_A3Ds)

Una vez que el globo alcance la altura deseada por el piloto y quiera mantener esa altura se debe cumplir que  $E = P_{\text{sistema}}$ . Esta condición la conseguirá el piloto dejando enfriar la masa de aire que hay dentro del globo, el volumen del globo disminuye y por lo tanto disminuye el aire desalojado y por lo tanto disminuye el **EMPUJE**. El piloto buscará las corrientes de aire que le lleven al destino establecido. Si en un momento determinado quiere elevar el globo procederá a calentar el aire interior, este se dilatará y el volumen del globo aumentará. Se desaloja entonces más cantidad de aire exterior lo que implica un aumento del valor del **EMPUJE**. En estas circunstancias  $E > P_{\text{sistema}}$  y el globo se eleva.

Problemas de Hidrostática (resueltos)

<http://www.angelfire.com/ultra/apuntesfisica/fluidos/hidrostres.pdf>

Problemas de hidrostática

<http://aliso.pntic.mec.es/~vferna8/recursos/problemas%20de%20hidrostatica%20para%204%BA%20de%20eso%202.pdf>

## *Experiencia de laboratorio*

### *Determinación experimental del Empuje*

Fuente: D. Daniel Parceró Sanchez

#### *Objetivo*

Hacer comprender a los alumnos que la MATERIA puede presentar diferentes propiedades dependiendo del medio donde éste se encuentre.

#### *Material*

- .- Probeta grande.
- .- Agua destilada.
- .- Cuerpo cilíndrico.
- .- Dinamómetro.

### *Procedimiento*

Ponemos agua suficiente en una probeta y medimos su volumen,  $V_o =$  ¿?



Hemos pesado el objeto mediante un dinamómetro:

Tomaremos este peso calculado en el aire como *peso real* ( $P_R$ ):  $P_R =$  ¿?

Ahora pesamos el mismo objeto, con un dinamómetro, sumergido en agua:

Hemos anotado el nuevo volumen de la probeta,  $V_I =$  ¿?

Con el dinamómetro medimos el nuevo peso y le llamaremos *peso aparente*,  $P_a$ . ¿Cuanto obtenemos?.  $P_a =$  ¿?



El cuerpo presenta diferente peso en el aire que en el agua ¿Qué está pasando?

La diferencia entre ambos pesos es el *Empuje*. ¿Cuánto vale?.



## HIDROSTÁTICA



Demostremos, matemáticamente, el valor del **empuje**:

Por tanto, el volumen de agua desplazada es:  $\Delta V = ?$

El objeto tiene una base circular de diámetro ..... cm y mide ..... cm de alto. Comprobamos que el volumen de agua desplazada,  $\Delta V$ , coincide aproximadamente con el volumen calculado matemáticamente ( $V = B \cdot h$ ) del objeto, que es .....

¿Cuánto pesa este volumen de agua, teniendo en cuenta que la densidad del agua es  $1 \text{ g/cm}^3$

$$P_{\text{agua}} = m_{\text{aguadesalojada}} \cdot g \quad (1)$$

Como no conocemos la masa  $m_{\text{aguadesalojada}}$  pero sí la densidad de la misma:

$$D = m_{\text{aguadesalojada}} / \Delta V \quad ; \quad m_{\text{aguadesalojada}} = D_{\text{agua}} \cdot \Delta V$$

Nos vamos a la ecuación (1):

$$P_{\text{aguadesalojada}} = D_{\text{agua}} \cdot \Delta V \cdot g \quad (g = 9,81 \text{ m.s}^{-2})$$

¿Con quién coincide este peso?

¿Qué dice el principio de Arquímedes?.

Si el líquido en donde sumergimos el cuerpo fuera aceite ¿valdría lo mismo el empuje? Razona la respuesta.

----- O -----

**Se terminó**

**Antonio Zaragoza López**

