# *Hidrostática*

## 1.1. FLUIDO.

***Fluidos*** son aquellas sustancias que tienen de común el que *las partículas que las forman no ocupan posiciones fijas con respecto a las demás, como ocurre con los sólidos, sino que pueden moverse con libertad de unas posiciones a otras, venciendo las fuerzas de atracción entre ellas* **(fuerzas de cohesión)**. *En el caso de algunos fluidos (gases) estas fuerzas de cohesión son inapreciables, para el caso de otros (líquidos) son muy pequeñas, como, por ejemplo, en el alcohol y en otros más elevadas, como, por ejemplo, en los aceites*. Por lo tanto, *fluidos son sustancias que se deforman y fluyen con facilidad*.

*Los líquidos se distinguen de los gases*, no sólo por las fuerzas de cohesión, sino *por mantener el volumen constante, aunque, debido a la movilidad de sus partículas, se adaptan a la forma del recipiente que los contienen. En los gases el volumen no es constante, ya que éstos tienden a ocupar totalmente el recipiente que lo contiene*. Por otra parte, *los gases se pueden comprimir, pero los líquidos prácticamente no pueden disminuir su volumen*.

## 1.2. DENSIDAD.

Se atribuye a la materia la *propiedad general* de la *extensión*, es decir, la de ocupar un volumen en el espacio.

Existen también otras propiedades, llamadas *características*, que sirven para *identificar y distinguir a las sustancias puras*. Son ejemplos de estas propiedades: los puntos de fusión y ebullición, la densidad, la dureza, el color, etc.

**1.** Tenemos unos cuerpos *sólidos cilíndricos* de un material desconocido, ¿Conoces alguna expresión para calcular el *volumen de un cuerpo cilíndrico*?

**2.** ¿Con qué *instrumento* medirías la *masa* de cada cuerpo?

*Realiza las mediciones oportunas y completa la siguiente tabla:*

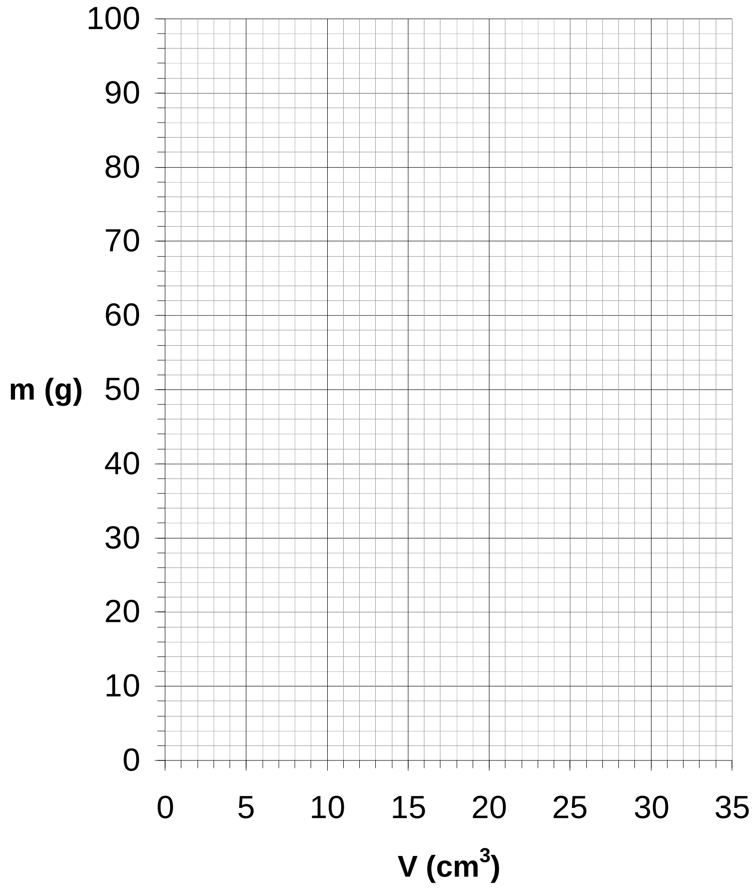
| m (g) | V($cm^3$) | m/V |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | ***Valor medio de m/V*** ⇒ | |

**3.** Para *una sustancia dada*, ¿se puede afirmar que *a mayor masa mayor volumen ocupado*? Fíjate en el *cociente que sale de dividir la masa entre el volumen para cada sustancia (columna 3ª ).* ¿A qué *conclusión* puedes llegar?

**4.** Fíjate en los datos de la *tabla*, ¿podrías *identificar la substancia*?

| Sustancia | Densidad (g/cm$^3$) | Sustancia | Densidad (g/cm$^3$) |
|---|---|---|---|
| ***Sodio*** | 0,97 | ***Cadmio*** | 8,6 |
| ***Grafito*** | 1,6 | ***Cobre*** | 8,8 |
| ***Aluminio*** | 2,7 | ***Níquel*** | 8,9 |
| ***Titanio*** | 4,5 | ***Plomo*** | 11,3 |
| ***Cinc*** | 7,0 | ***Volframio*** | 19,1 |
| ***Estaño*** | 7,4 | ***Oro*** | 19,3 |
| ***Hierro*** | 7,9 | ***Platino*** | 21,4 |

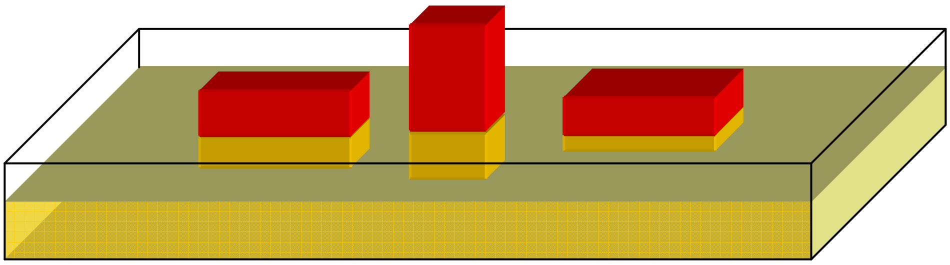
**5.** Representa la *masa frente al volumen (m/V)* para *la sustancia*. Calcula la densidad de la sustancia *gráficamente*.



### 1.3. PRESIÓN.

*La acción que ejerce una fuerza sobre un cuerpo depende del valor de dicha fuerza y, asimismo, de la superficie sobre la cual se apoya.*

Si sobre un depósito de arena muy fina se coloca un *ladrillo en las tres posiciones que se indican en la figura* observaremos que, a pesar que *de la fuerza aplicada es la misma (en este caso el peso del cuerpo), se hundirá más el ladrillo en la posición que presente menor superficie.*



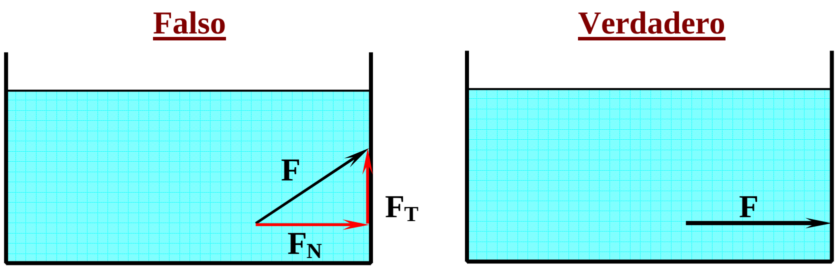
Otro efecto similar puede ponerse de manifiesto por *el hundimiento de los pies de una persona en un suelo blando, barro, nieve, etc. A igualdad de peso, los pies se hundirán tanto más cuanto menor sea la superficie de apoyo*, así, si nos colocamos unos esquís, la presión disminuye, al aumentar la superficie de contacto y el hundimiento será mucho menor.

Introducimos, por lo tanto, el concepto de ***presión*** *como la fuerza que se ejerce por unidad de superficie. La unidad de la presión en el S.I. es el* $N/m^2$ *o Pa.*

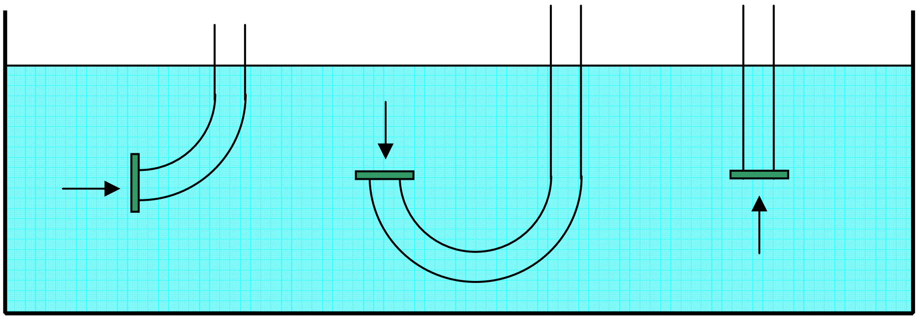
$$P = \frac{F}{S}$$

## 2. PRESIÓN EN EL INTERIOR DE UN FLUIDO. ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA ESTÁTICA DE FLUIDOS.

Los fluidos también ejercen fuerzas sobre las superficies de los cuerpos, por tanto, ejercerán presiones sobre dichas superficies. Sea, por ejemplo, un líquido en equilibrio contenido en una vasija; *ejercerá sobre las paredes de ésta fuerzas perpendiculares que se equilibran con las fuerzas de reacción normales que la vasija ejerce sobre el fluido. Las fuerzas que ejerce el fluido sobre las paredes han de ser necesariamente perpendiculares a la pared, ya que si no fueran perpendiculares siempre se podría descomponer esta fuerza en una perpendicular a la pared y otra tangencial que movería al fluido, lo cual iría en contra de nuestra hipótesis de equilibrio.*

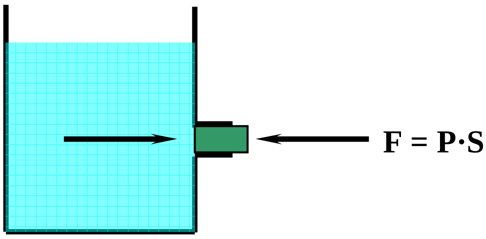


Otra experiencia que corrobora dicha perpendicularidad de las fuerzas se puede materializar con una pequeña lámina adosada al extremo de un tubo vacío en el interior de un líquido. *Cualquiera que sea la orientación, la fuerza siempre va a ser perpendicular a dicha lámina y no la deja caer. Esta fuerza deriva de la presión del fluido a la profundidad considerada.*

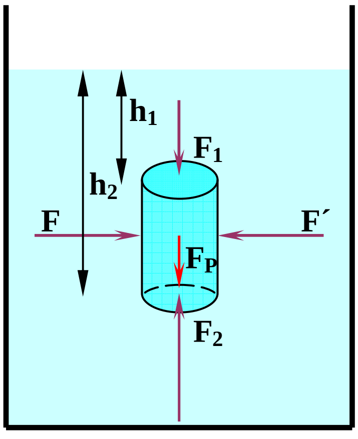


**La fuerza debido a la presión actúa en todas las direcciones en el interior de un fluido**

*Si en la pared de un recipiente que contiene un líquido en equilibrio, practicamos un orificio y en él adosamos un pequeño émbolo que pueda moverse sin rozamiento, tendremos que ejercer una fuerza sobre él, para mantenerlo en equilibrio. Por tanto, es evidente que los líquidos ejercen una presión. Esta presión, denominada* ***hidrostática****, varía con la profundidad del punto considerado*, como lo demuestra el hecho de que la fuerza que haría equilibrar el émbolo sería mucho mayor si el orificio estuviese situado a mayor profundidad.




Consideremos, mentalmente, una *porción de fluido de forma cilíndrica que está en equilibrio con el resto del fluido*. Si suponemos dicha poción en equilibrio, *la resultante de las fuerzas que actúan sobre ésta es nula*. Por simetría, *las fuerzas laterales (F y F´) se anulan entre si, por lo que las únicas fuerzas a considerar son las ejercidas sobre las bases del cilindro, y el peso de la porción del líquido considerado*.



Por lo tanto, aplicando el ***principio fundamental de la dinámica***:

$$\sum F = 0 \rightarrow F_1 + F_P - F_2 = 0$$

Si llamamos *S a la superficie de las bases del cilindro de altura $h_2 - h_1$* y *d a la densidad del fluido*, su *peso* será:

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = V \cdot d = S \cdot (h_2 - h_1) \cdot d \rightarrow F_P = m \cdot g = S \cdot (h_2 - h_1) \cdot d \cdot g$$

*Las fuerzas que actúan sobre la base superior e inferior del cilindro serán*, respectivamente:

$$F_1 = P_1 \cdot S \qquad\qquad F_2 = P_2 \cdot S$$

Sustituyendo en la primera ecuación:

$$P_1 \cdot S + S \cdot (h_2 - h_1) \cdot d \cdot g - P_2 \cdot S = 0 \longrightarrow P_1 - P_2 + d \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = 0$$

Ecuación que, escrita de otra forma, resulta:

$$P_2 - P_1 = d \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$$

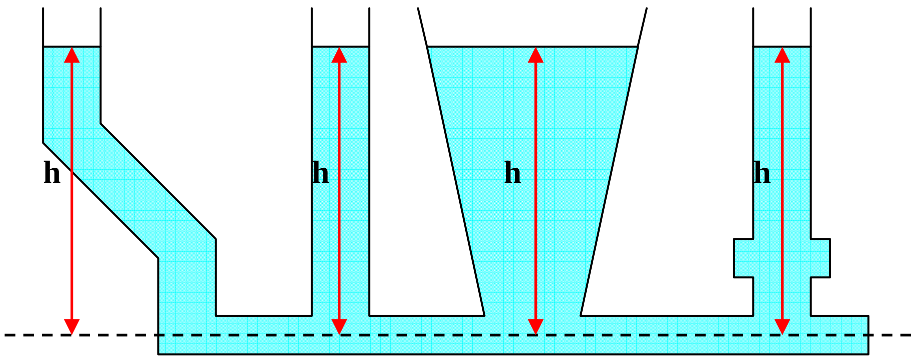
Esta es la *ecuación del* **principio fundamental de la hidrostática** que dice que *la diferencia de presiones entre dos puntos cualesquiera de un líquido, es igual al peso de una columna de líquido que tenga por base la unidad de superficie y por altura la distancia vertical entre ambos.*

*Consecuencias del principio fundamental de la hidrostática:*

1. *En una masa de líquido, la presión en todos los puntos situados en un mismo plano horizontal es la misma*, ya que si $h_1 = h_2$, entonces:

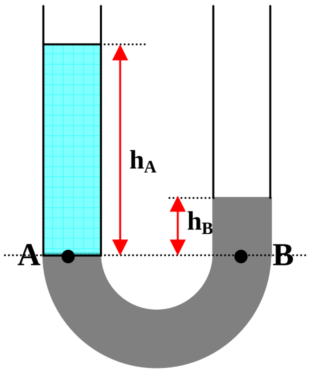
$$P_2 - P_1 = 0 \rightarrow P_1 = P_2$$

2. *Si tenemos varios recipientes comunicados entre sí* ***(vasos comunicantes)*** *y en uno de ellos vertemos un líquido, la altura que alcanza el líquido en todos los recipientes es la misma*.



*Si tomamos un plano horizontal de referencia, todos los puntos situados en él tienen la misma presión ya que, de lo contrario el líquido en ese plano se movería horizontalmente, pero, ya que la presión depende de la altura se extrae que la altura del fluido debe ser la misma en todos los recipientes*. Este es el fundamento de la conducción de agua en las ciudades.

3. *Si en un tubo en forma de "U" echamos dos líquidos inmiscibles de distinta densidad, agua y mercurio por ejemplo, las alturas alcanzadas por ambos ya no tienen porque ser iguales, aunque sí las presiones en una misma horizontal*.




Tomando como *referencia la superficie de separación de los dos líquidos*, las *presiones debidas a los líquidos en los puntos A y B* son, respectivamente:

$$\left.\begin{array}{l} P_A = P_{atm.} + d_A \cdot g \cdot h_A \\ P_B = P_{atm.} + d_B \cdot g \cdot h_B \end{array}\right\} \xrightarrow{\text{como } P_A = P_B} d_A \cdot h_A = d_B \cdot h_B$$

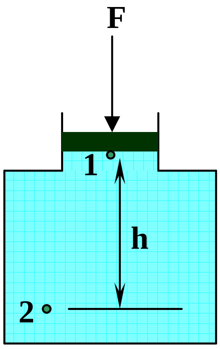
Este hecho *nos sirve para determinar la densidad de un líquido por medio de otro con densidad conocida*.

## 3. PRESIÓN EXTERNA SOBRE UN FLUIDO INCOMPRESIBLE.

### 3.1. PRINCIPIO DE PASCAL.

En *realidad es una consecuencia del* ***principio fundamental de la estática de fluidos*** y enuncia diciendo que *la presión ejercida en un punto de un líquido se transmite íntegramente y con la misma intensidad a todos los puntos del fluido*.

Supongamos un *recipiente indeformable, lleno de un líquido y provisto de un émbolo que se ajusta perfectamente en su parte superior*.

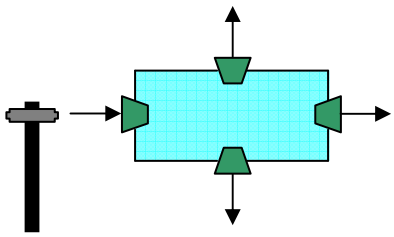


*Consideremos dos puntos 1 y 2 en el líquido, por el* ***principio fundamental de la estática de fluidos*** *se verifica*:

$$P_2 = P_1 + d \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$$

*Si la presión en 1 la aumentamos en* ***x****, haciendo fuerza sobre el émbolo, la presión en 2 también aumentará en* ***x****, ya que el segundo sumando de la anterior ecuación permanece constante, por no variar la distancia vertical entre dichos puntos, ni la densidad del fluido (ya que lo suponemos incompresible), ni el valor de la gravedad.*

Si en el recipiente de la figura, completamente lleno de agua en su interior y provisto de varios orificios con sus respectivos tapones, golpeamos uno de ellos, instantáneamente los otros saldrán disparados al mismo tiempo. Ello es debido a que *la presión ejercida sobre el tapón golpeado se transmite íntegramente a todos los puntos del líquido y, aunque las paredes del recipiente soportan el aumento de presión, no lo hacen los tapones saliendo despedidos con una fuerza igual a la ejercida sobre el tapón golpeado, si la superficie de los orificios es idéntica.*

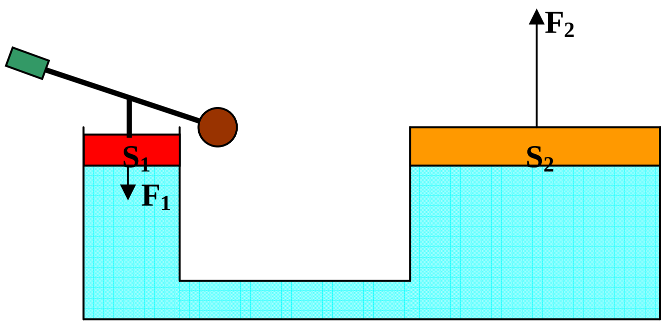


## 3.2. PRENSA HIDRÁULICA.

Es una aplicación práctica del ***principio de Pascal***. *Consta de dos depósitos llenos de líquido, de superficies muy distintas, que se comunican por su parte inferior. El líquido está confinado entre dos émbolos móviles de superficies $S_1$ y $S_2$. Si, mediante una palanca, se presiona en el émbolo 1, con una fuerza $F_1$, la presión ejercida será $P_1 = F_1/S_1$*. Pero, puesto que la presión se transmite íntegramente a todos los puntos del fluido, *en la superficie actuará la misma presión, moviéndose el embolo 2, hacia arriba, sin embargo la fuerza $F_2$ se multiplicará*, como se demuestra a continuación:

$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \longrightarrow F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1}$$

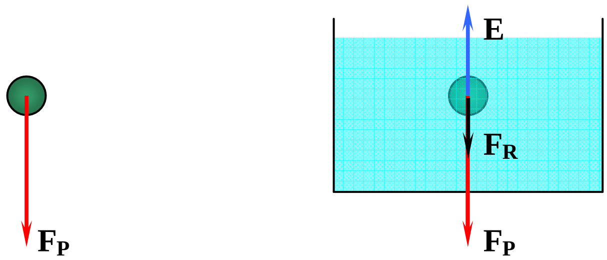
Como se puede comprobar con la anterior ecuación, *con pequeñas fuerzas $F_1$ se pueden conseguir grandes fuerzas $F_2$, ya que $S_2 > S_1$.*



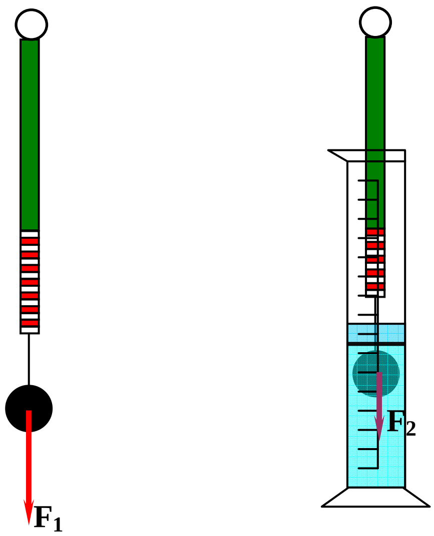
# 4. PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES.

## 4.1. DEDUCCIÓN EXPERIMENTAL DEL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES.

Es un hecho observable el que *un cuerpo aparenta pesar menos cuando se sumerge en un líquido*, por ejemplo, en agua. Este hecho nos induce a pensar que *sobre el cuerpo debe actuar una fuerza vertical y hacia arriba que se opone al peso del cuerpo y, así, se origina una fuerza resultante menor que el peso del cuerpo. A esta fuerza vertical y hacia arriba le denominamos **empuje E**.*




*Si suspendemos del extremo de un dinamómetro un cuerpo sólido, el dinamómetro marcará el peso del cuerpo $F_1$.* Ahora bien, *si se sumerge el cuerpo sólido suspendido del dinamómetro en un recipiente con agua, marcará un valor menor $F_2$, ya que ahora sobre el cuerpo, además del peso actúa el empuje en sentido contrario*. Es fácil deducir que *el empuje es igual a: $E = F_1 – F_2$*




*Cuando sumergimos el cuerpo en el agua, el volumen varía desde $V_0$ a $V_F$. El volumen de agua que se desaloja en el recipiente es igual al volumen del cuerpo sumergido. $V_{agua} = V_F – V_0$.*

*Si ese volumen de agua desalojado lo pesamos, veremos que coincide exactamente con el valor del empuje E.*

Esta experiencia nos lleva a enunciar el ***principio de Arquímedes***: "*Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical hacia arriba, igual al peso del fluido que se desaloja*".

### 4.2. EQUILIBRIO DE UN SÓLIDO SUMERGIDO EN UN LÍQUIDO.

De lo expuesto anteriormente se infiere *que todo cuerpo sumergido en un fluido está sometido a dos fuerzas en la misma dirección, pero de sentido contrario, a saber, el peso del cuerpo y el empuje. La resultante de estas dos fuerzas se suele denominar* ***peso aparente***.

Si denominamos por $d_C$ *a la densidad del cuerpo* y $d_L$ *a la densidad del fluido*, el valor del *peso aparente* será:

$$F_{P,aparente} = F_P - E = \left\{ \begin{matrix} F_P = m_C \cdot g = d_C \cdot V \cdot g \\ E = m_L \cdot g = d_L \cdot V \cdot g \end{matrix} \right\} = (d_C - d_L) \cdot g \cdot V$$

Sea un *cuerpo macizo sumergido en un fluido*. Según el valor del *peso* y del *empuje* se pueden presentar los siguientes *casos*:

a) $F_P > E$. <u>*El cuerpo se hundirá*</u>. $d_C \cdot V \cdot g > d_L \cdot V \cdot g \rightarrow d_C > d_L \Rightarrow$ *Si el cuerpo macizo posee <u>mayor</u> densidad que el fluido, el cuerpo se hundirá.*

b) $F_P = E$. <u>*El cuerpo se permanecerá en equilibrio en el lugar del fluido donde se abandone*</u>. $d_C \cdot V \cdot g = d_L \cdot V \cdot g \rightarrow d_C = d_L \Rightarrow$ *Si el cuerpo macizo posee la <u>misma</u> densidad que el fluido, el cuerpo se permanecerá en equilibrio en el seno del fluido.*

c) $F_P < E$. <u>*El cuerpo ascenderá en el seno del fluido*</u>. $d_C \cdot V \cdot g < d_L \cdot V \cdot g \rightarrow d_C < d_L \Rightarrow$ *Si el cuerpo macizo posee <u>menor</u> densidad que el fluido, el cuerpo ascenderá en el seno del fluido.*

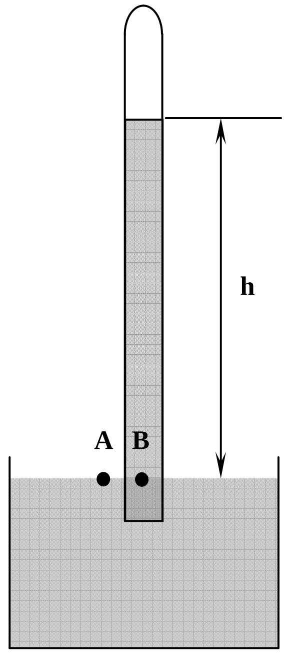
## 5. PRESIÓN ATMOSFÉRICA. EXPERIENCIA DE TORRICELLI.

*Nuestro planeta está rodeado de una capa gaseosa* que llamamos ***atmósfera***, *constituida por una mezcla de gases, el aire*, donde predomina el nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, vapor de agua y gases nobles. *La atracción gravitatoria que ejerce la Tierra sobre esta capa de aire hace que ésta ejerza una presión sobre todos los cuerpos que rodea*. A esta presión se le denomina ***presión atmosférica***.

La primera vez que se midió el valor de la presión atmosférica fue en 1643, gracias al físico italiano **Torricelli**, con la experiencia que a continuación se describe:

*Introdujo mercurio en un tubo de vidrio, de aproximadamente un metro, cerrado por uno de sus extremos y lo invirtió en el interior de una cubeta llena de mercurio, percatándose de que el nivel del mercurio en el tubo quedaba a 760 mm sobre el nivel del mercurio en la cubeta. Repitió la experiencia con tubos de diferente tamaño, llegando siempre al mismo resultado: <u>la altura de la columna de mercurio era de 760 mm</u>.*

**Torricelli** llegó a la conclusión de que *la presión que ejercía la columna de mercurio era equilibrada por la presión atmosférica*.




Por tanto, el *valor de la presión atmosférica* será:

$$P_A = P_B \rightarrow P_{atm.} = P_{Hg} = d_{Hg} \cdot g \cdot h = 13600 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}76 = 101292{,}8 \approx 101300\ Pa$$

Es preciso indicar que *el valor de la presión atmosférica varía no sólo con la altitud del lugar, sino con la latitud y con el estado de la atmósfera*.

A la presión atmosférica normal se le denomina *atmósfera física (atm.)* y es una unidad de presión. También se utiliza como unidad de presión el *mm de Hg*. La equivalencia entre estas unidades de presión es:

*1 atm = 101300 Pa = 760 mm de Hg.*

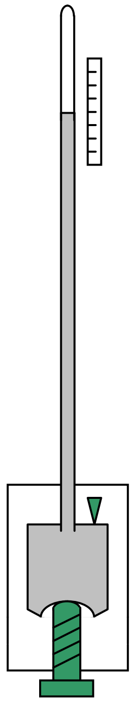
## 6. BARÓMETROS.

*Son aparatos destinados a medir la presión atmosférica*. Podemos clasificarlos en barómetros de mercurio y metálicos.

### 6.1. BARÓMETROS DE MERCURIO.

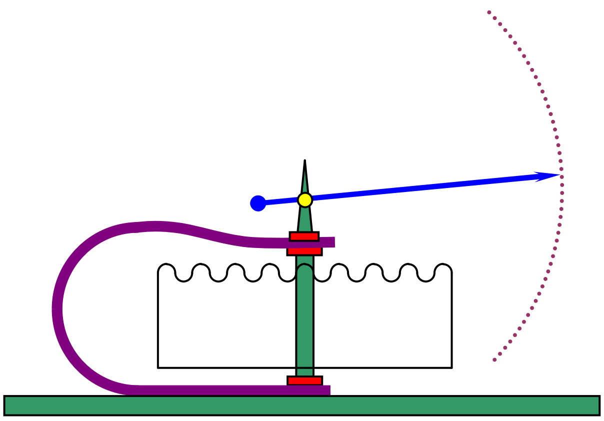
El dispositivo de **Torricelli** fue el primer barómetro que se construyó. Debemos tener en cuenta que *si la presión atmosférica aumenta, el nivel de la columna de mercurio también lo hace, mientras que el nivel de mercurio en la cubeta disminuye*, y lo contrario ocurre cuando la presión atmosférica disminuye. Con este dispositivo *hace falta saber el desnivel efectivo entre el nivel de la columna de mercurio y el nivel de mercurio en la cubeta*.

Para salvar este inconveniente, se han hecho algunas modificaciones como es el caso del ***barómetro de Fortin***. En este barómetro, *la cubeta tiene un depósito deformable de tal modo que puede ajustarse el mercurio en la cubeta a un nivel dado, con la ayuda de un tornillo que mueve el nivel de la cubeta hacia arriba o hacia abajo*. De esta manera, *con una sola escala podemos hacer una lectura directa del valor de la presión atmosférica*.



## 6.2. BARÓMETROS METÁLICOS.

Son menos exactos que los de mercurio, pero de manejo más cómodo. El más utilizado es el ***barómetro de Vidi***, que consiste esencialmente en una *caja metálica de paredes muy finas y flexibles donde se ha hecho el vacío. Las variaciones de presión se traducen en deformaciones de una de las caras de la caja metálica, deformación que se amplifica por un sistema de palanca y se transmite a una aguja indicadora que se mueve, sobre una escala*. Estos barómetros han de calibrarse periódicamente con uno de mercurio.

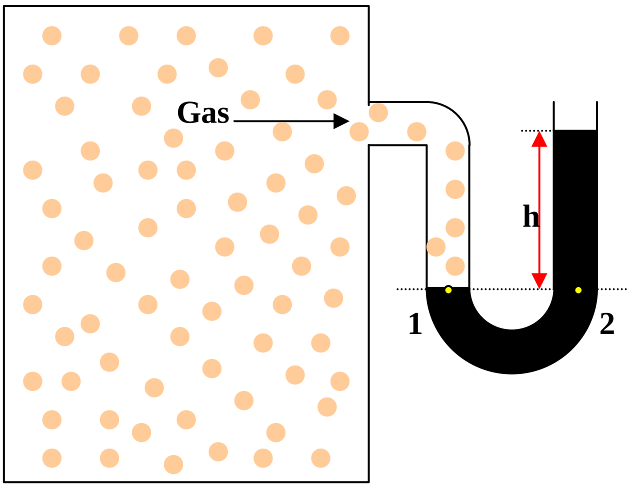


## 7. MANÓMETROS.

*Son aparatos destinados a medir la presión de fluidos en recipientes.*

### 7.1. MANÓMETROS DE LÍQUIDOS DE TUBO ABIERTO.

Consiste en un *tubo en forma de "U" que contiene un líquido (por ej. mercurio) y en el que una de las ramas se acopla al recipiente en el que se desea medir la presión del gas y la otra queda abierta a la atmósfera*. Si, por ejemplo, posee una presión superior a la atmosférica, el nivel del mercurio será más alto en la rama que comunica a la atmósfera.




Los puntos *1 y 2 tienen la misma presión* ya que están situados en *la misma horizontal*. Pero *la presión en 1, $P_1$, la ejerce la presión del gas* y *la presión en 2, $P_2$, la ejerce la columna de mercurio de altura h y la atmósfera*, por lo que:

$$P_1 = P_2 \rightarrow \left\{ \begin{matrix} P_1 = P_G \\ P_2 = P_{at} + d \cdot g \cdot h \end{matrix} \right\} \rightarrow P_G = P_{at} + d \cdot g \cdot h$$

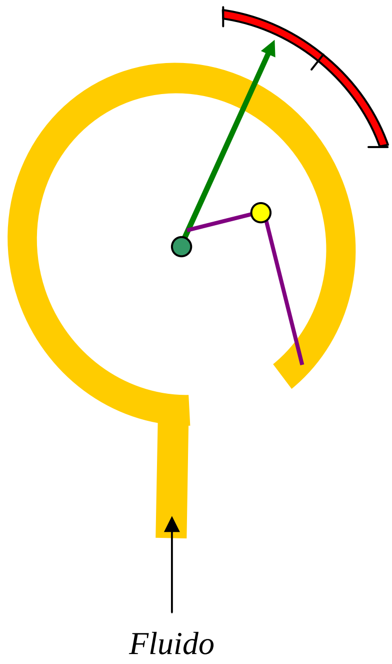
donde $P_G$, *es la presión del gas en el recipiente*, $P_{at}$, *la presión atmosférica*, *d*, *la densidad del líquido manométrico ( en nuestro caso, mercurio) y h el desnivel de la columna de mercurio.*

Por lo tanto, *con esta ecuación se puede saber la presión del gas en el recipiente*. Obviamente, *necesitamos determinar previamente el valor de la presión atmosférica con un barómetro*.

Este *manómetro no es adecuado para medir presiones muy elevadas, ya que por cada atmósfera de sobrepresión*, según la experiencia de Torricelli, *la columna de mercurio se desnivela 76 cm y, para presiones altas haría falta un tubo muy largo*. Es más adecuado, para este caso, el uso de un *manómetro metálico*.

## 7.2. MANÓMETROS METÁLICOS.

El más utilizado es el ***manómetro de Bourdon***. *Consiste en un tubo metálico de forma circular de paredes finas y elásticas y abierto por uno de sus extremos, el cual se pone en comunicación con el recipiente que contiene el gas, cuya presión deforma las paredes del tubo metálico. La deformación se transmite por medio de un juego de engranajes a una aguja indicadora que se mueve sobre una escala graduada*.



## *EJERCICIOS*

**1.** La densidad del *plomo* es de *11,35 g/cm³*. ¿Qué *volumen (en m³) ocupan 400 kg* de *plomo*? ¿Qué *masa* y *peso* tienen *4 dm³* de este metal? ***Resp.: V = 0,035 m³. m = 45,4 kg. $F_p$ = 444,9 N.***

**2.** El *corcho* tiene una *densidad de 240 kg/m³*. Determine: a) El *volumen* que ocupan *12 kg* de corcho. b) El *peso de 700 dm³* de corcho. ***Resp.: a) …….. b) 0,05 m³. c) 1646,4 N.***

**3.** La Tierra tiene un *radio medio de 6370 km* y una *masa de $5{,}96\cdot10^{24}$ kg*. Calcular la *densidad media de la Tierra*. ***Resp.: d = 5504 kg/m³.***

**4.** Un cilindro de *8 kg* tiene un diámetro de *70 cm*. ¿Qué *presión* ejercerá sobre el suelo al apoyarlo sobre *una de sus bases*? ***Resp.: P = 203 Pa***

**5.** Sobre una superficie de *200 cm²* ejercemos una presión de *40 Pa*. ¿Qué *fuerza* es necesario aplicarle? ***Resp.: F = 0,8 N.***

**6.** Un cilindro de cobre de masa *4200 g* tiene *6 cm de altura y 10 cm de diámetro*. Calcular: a) La *densidad del cobre*. b) La *presión* que ejerce el cilindro sobre su *base*. ***Resp.: a) d = 8913 kg/m³. b) P = 5241 Pa***

**7.** ¿Cuál es la *presión total* que experimenta un buzo a *16 m* por debajo del nivel del mar? *Datos: $d_{agua\ de\ mar}$ = 1027 kg/m³. $P_{atm.}$ = 101300 Pa*. ***Resp.: P = $2{,}62\cdot10^5$ Pa.***

**8.** El *manómetro de un submarino* indica que está bajo una *presión total* de *756 kPa* ¿A qué *profundidad* está? *Dato: $d_{agua\ de\ mar}$ = 1027 kg/m³*. ***Resp.: h = 65 m.***

**9.** Una *fosa oceánica* cerca de las *Islas Filipinas* tiene una *profundidad* de *10,5 km*. ¿Cuál será la *presión hidrostática* en su punto más bajo? *$d_{agua}$ = 1030 kg/m³*. ***Resp.: $1{,}1\cdot10^9$ Pa.***

**10.** La *presión máxima* que puede soportar una persona libre de protección es de *8 atm*. ¿Cuál es la *máxima profundidad* en el mar a la que puede descender? *$d_{agua\ de\ mar}$ = 1030 kg/m³*. ***Resp.: 80,2 m***

**11.** ¿Qué presión soporta la base de una presa llena de agua, a *90 m* de profundidad? ***Resp.: 983300 Pa.***

**12.** Sobre el *émbolo menor, de 10 cm²*, de una prensa hidráulica se aplica una fuerza de *250 N*. ¿Qué *fuerza* se ejercerá sobre el *émbolo mayor de 400 cm²*? ***Resp.: $F_{Mayor}$ = 10000 N.***

**13.** ¿Qué *fuerza* es preciso aplicar sobre un émbolo de *650 cm²*, para elevar un automóvil de *1250 kg* situado en un émbolo de *6 m²*? ***Resp.: $F_{menor}$ = 132 N.***

**14.** Un bloque de *2,5 $m^3$* de aluminio se sumerge en agua. Calcular: a) *El peso del bloque en el aire*. b) El *empuje* que experimenta en el *agua*. c) *El peso aparente en el agua*. *Dato: $d_{aluminio}$ = 2700 kg/$m^3$*. ***Resp.: a) $F_{peso}$ = 66150 N. b) E = 24500 N. c) $P_{aparente.}$= 41650 N.***

**15.** Una piedra pesa *588 N en el aire* y *343 N en el agua*. Calcular: a) *El volumen de la piedra*. b) La *densidad de la piedra*. ***Resp.: a) V = 0,025 $m^3$. b) d = 2400 kg/$m^3$.***

**16.** Un bloque de aluminio *pesa en el aire 67 N* y cuando está *sumergido en un líquido desconocido pesa 44 N*. Hallar: a) La *masa* y el *volumen* del *bloque de aluminio*. b) La *densidad del líquido desconocido*. *Dato: $d_{aluminio}$ = 2700 kg/$m^3$*. ***Resp.: a) m = 6,84 kg. V = 0,0025 $m^3$. b) 938,7 kg/$m^3$.***

**17.** Un cuerpo *pesa en el aire 2,74 N*; *en agua tiene un peso aparente de 1,86 N* y *en alcohol tiene un peso aparente de 2,06 N.*. Calcular: a) La *densidad del cuerpo*. b) La *densidad del alcohol*. ***Resp.: a) $d_{cuerpo}$ = 3113 kg/$m^3$. b) $d_{alcohol}$ = 773,5 kg/$m^3$.***

**18.** Un iceberg tiene una densidad de *917 kg/$m^3$*. *¿Qué porcentaje del volumen del iceberg permanece sumergido* cuando flota sobre el mar? *Dato: d = 1030 kg/$m^3$*. ***Resp.: $\%_{Sumergida.}$ = 89 %.***

**19.** Un bloque de *acero* flota sobre *mercurio*. *¿Qué porcentaje de acero queda sobre la superficie*? *Datos: $d_{acero}$ = 7800 kg/$m^3$, $d_{mercurio}$ = 13600 kg/$m^3$*. ***Resp.: $\%_{Flota}$ = 42,6 %.***

**20.** Un globo de *75 $m^3$* tiene una masa total de *40 kg (incluido el gas que lo llena, el material y todos sus accesorios)*. Calcular la *fuerza ascensional* que experimenta, sabiendo que la *densidad del aire es de 1293 g/$m^3$*. ***Resp.: $F_{AS.}$ = 558 N.***

**21.** Un globo de *85 $m^3$* tiene una masa de *80 kg (sin incluir el helio que contiene). ¿Se elevará el globo? En caso afirmativo, calcúlese la fuerza ascensional. Datos: $d_{aire}$ = 1293 g/$m^3$, $d_{helio}$ =196 g/$m^3$*. ***Resp.: $F_{AS.}$ = 130 N.***

**22.** Rigurosamente, *¿pesa lo mismo, en aire, 1 kg de corcho que 1 kg de hierro*?. *Datos: $d_{corcho}$ = 0,24 g/$cm^3$, $d_{Fe}$ y $d_{aire}$ (en tabla).* ***Resp.: ........***

**23.** Una *bola de corcho*, de *5 cm de radio*, está sumergida en una piscina llena de agua a una *profundidad de 1,2 m*. Calcule: a) La *fuerza* con la que sube hacia arriba en el seno del agua. b) La *velocidad con la que sale a la superficie*. c) La *altura máxima que alcanza sobre la superficie del agua*. (*despréciese cualquier rozamiento con el agua*). *Dato: $d_{corcho}$ = 0,24 g/$cm^3$*. ***Resp.: a) 3,9 N. b) 8,63 m/s. c) 3,8 m.***

**24.** Si *Torricelli* hubiese realizado su experimento *utilizando agua, en vez de mercurio*, ¿qué *longitud de tubo* tendría que haber usado? ***Resp.: h = 10,33 m.***

**25.** Un barómetro señala una *presión atmosférica* de *780 mm de Hg*. ¿Qué *fuerza* soporta el cuerpo de un hombre de *1,5 $m^2$* de *superficie corporal?* ***Resp.: 155948,6 N.***