

# FUERZAS EN LOS FLUIDOS

## 1- Presión

El efecto de una Fuerza, depende de su valor, de la dirección y sentido, y del tamaño de la superficie sobre la que actúa (andar con raquetas por la nieve para no hundirse, usar instrumentos cortantes como el hacha....)

**La Presión** es la magnitud que relaciona la fuerza con la superficie sobre la que actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie.

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

donde  $p$  = presión,  $F$  = Fuerza  $S$  = área de la superficie

La unidad de medida de la Presión en el Sistema Internacional es el Newton por metro cuadrado, que recibe el nombre de Pascal (Pa.)

**Un Pascal** es la Presión que ejerce una fuerza de un Newton que actúa sobre una superficie de un metro cuadrado de área.

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

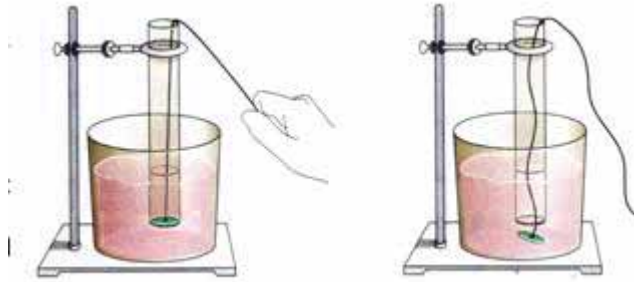
Si disminuimos la superficie obtendremos presiones muy altas con fuerzas reducidas (ejemplo, cuchillos afilados, agujas, clavos...).

## 2-Fuerzas que ejercen los fluidos en equilibrio

Cuando hablamos de fluido, nos referimos tanto a los líquidos como a los gases. No tienen forma propia y adoptan la forma del recipiente que los contiene. Sus moléculas tienen libertad de movimiento y cambian fácilmente de posición.

Un líquido ejerce fuerzas perpendiculares sobre las superficies que están en contacto con este. (Ejemplo botella llena de agua a la que le hacemos un agujero), ya sean las paredes del recipiente que lo contiene o cualquier otra superficie que se encuentre en su interior.

La fuerza ejercida por un líquido en equilibrio sobre una superficie cualquiera es perpendicular a esta, y la orientación de la superficie es la que determina la dirección de la fuerza.



En el ejemplo anterior, introducimos el tubo en el agua con el hilo tenso y la placa tapando el orificio inferior, si dejamos de tensar el hilo, la placa sigue manteniéndose pegada al tubo, independientemente de la orientación del tubo. Si ahora vamos llenando por la parte superior del tubo con agua, el tapón inferior caerá en el momento de el agua del tubo llegue al nivel del agua del vaso.

### 3- Presión en el interior de un líquido

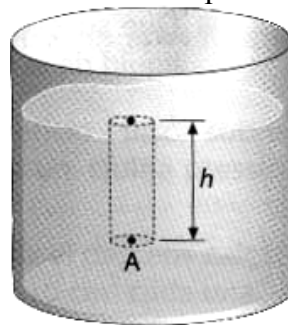
Un recipiente que contiene un líquido soporta una fuerza debido al peso del líquido, y por lo tanto sobre este actúa una presión.

La presión también actúa sobre el líquido mismo, ya que las capas superiores también actúan sobre las inferiores.

Es decir, en el interior de un líquido existe una presión originada por su mismo peso, llamada **Presión Hidrostática**

#### 3.1 Presión Hidrostática:

- 1-La presión del interior de un líquido actúa en todas las direcciones
- 2-la presión es más alta cuanto mayor sea la profundidad
- 3-La presión es mayor cuanto mayor sea la densidad del líquido.
- 4-La presión no depende de la forma ni de la amplitud del recipiente



Según el dibujo, para determinar la presión que el líquido de densidad  $\rho$ , ejerce en un punto A, podemos imaginar una columna de líquido de altura  $h$  y base  $S$  situada por arriba de A. La fuerza que actúa sobre la superficie  $S$  es igual al peso del líquido de la columna:

$$\text{Fuerza} = \text{peso del líquido} = m \cdot g$$

$$\text{Masa} = \text{Volumen} \cdot \text{Densidad} = V \cdot \rho$$

Sustituyendo

$$\text{Fuerza} = m \cdot g = V \cdot \rho \cdot g$$

Volumen = superficie de la Base por la altura =  $S \cdot h$ , seguimos sustituyendo

$$\text{Fuerza} = m \cdot g = V \cdot \rho \cdot g = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

Por lo tanto:

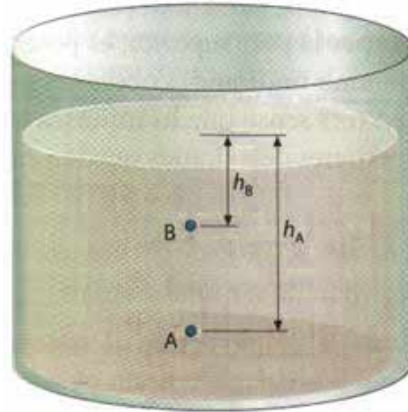
$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{superficie}} = \frac{S \cdot h \cdot \rho \cdot g}{S} = \rho \cdot g \cdot h$$

por todo ello deducimos:

La **Presión Hidrostática** a una cierta profundidad debajo de la superficie libre de un líquido en reposo es igual al producto de la densidad del líquido por la aceleración de la gravedad y por la profundidad del punto considerado.  
 $P = \rho \cdot g \cdot h$

### 3.2 Principio fundamental de la hidrostática

Imaginemos dos puntos A y B en el interior de un líquido a una profundidad  $h_A$  y  $h_B$ , respectivamente, como se puede observar en el dibujo.



La Presión en A es:

$$P_A = \rho \cdot g \cdot h_A$$

La presión ejercida en B es:

$$P_B = \rho \cdot g \cdot h_B$$

La diferencia de presión entre los dos puntos será:

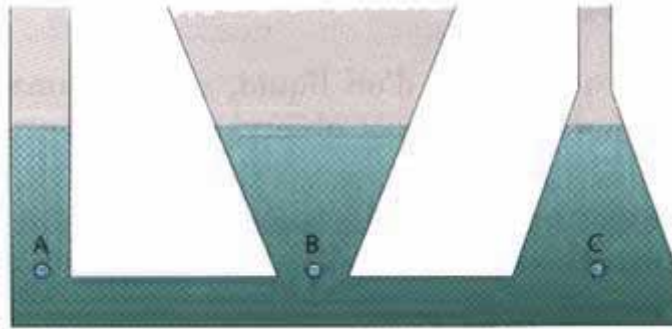
$$P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot h_B - \rho \cdot g \cdot h_A$$

$$P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (h_B - h_A)$$

este es el **Principio Fundamental de la Hidrostática**: La diferencia entre dos puntos de un líquido homogéneo en equilibrio es igual al producto de la densidad por la gravedad y por la diferencia de altura.

### 3.3 Vasos comunicantes

Los recipientes que tienen las bases comunicadas se llaman **vasos comunicantes**



Cuando diversos recipientes, abiertos por la parte superior, se ponen en comunicación entre si se llenan con un líquido, se observa que este llega a la misma altura en todos sin que influya la forma de los recipientes; todas las superficies de los líquidos quedan en el mismo plano horizontal:

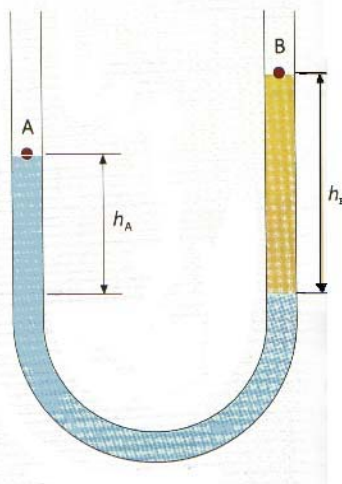
Atendiendo al dibujo, la presión en los tres puntos A,B,C, que se encuentran a la misma profundidad, sería la misma, ya que la presión solo dependería de la altura dado que  $\rho$  (densidad) y  $g$  (gravedad) no varían:

$$P_A = P_B = P_C = \rho \cdot g \cdot h$$

Una de las aplicaciones más importantes de los vasos comunicantes es el abastecimiento del agua a las ciudades.

Si colocamos en un recipiente agua, aceite y mercurio, se colocaran en el siguiente orden: abajo el mercurio, a continuación el agua y arriba el aceite, es decir de mas denso a menos denso. Las superficies de separación entre los líquidos son planas y horizontales.

Si ponemos en un tubo en forma de U, agua y aceite, las superficies libres son planas y horizontales, y la altura de cada brazo del tubo es distinta



**Vamos a determinar la presión existente en dos puntos A y B que se encuentran en la horizontal** como se ve en el dibujo, cuyas alturas son  $h_A$  y  $h_B$ .

$$P_A = \rho_A \cdot g \cdot h_A \quad P_B = \rho_B \cdot g \cdot h_B$$

Como la presión en dos puntos de una misma horizontal ha de ser igual

$$P_A = P_B = \rho_A \cdot g \cdot h_A = \rho_B \cdot g \cdot h_B$$

vamos a despejar de cada una de las formulas:

$$P_A = \rho_A \cdot g \cdot h_A \qquad P_B = \rho_B \cdot g \cdot h_B$$

Como ya hemos dicho que  $P_A = P_B$

Podremos hacer la siguiente igualdad

$$\rho_A \cdot g \cdot h_A = \rho_B \cdot g \cdot h_B$$

o lo que es lo mismo

$$\frac{h_A}{h_B} = \frac{\rho_B}{\rho_A}$$

Es decir las alturas son inversamente proporcionales a sus respectivas densidades.

### 3.4 Incompresibilidad de los líquidos

Los líquidos y los gases se comportan de manera distinta cuando se encuentran sometidos a una presión.

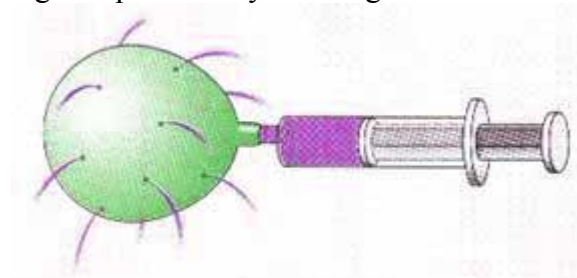
Los líquidos no modifican su volumen cuando actúa una presión sobre ellos, es decir son incompresibles

Los gases son fácilmente compresibles (cambian su volumen).

#### Principio de Pascal

En el siglo XVII, Blaise Pascal demostró que la presión ejercida en un punto de un líquido, considerado incompresible, se trasmite de la misma manera en todas las direcciones.

Veamos el ejemplo del globo perforado y la Jeringa:

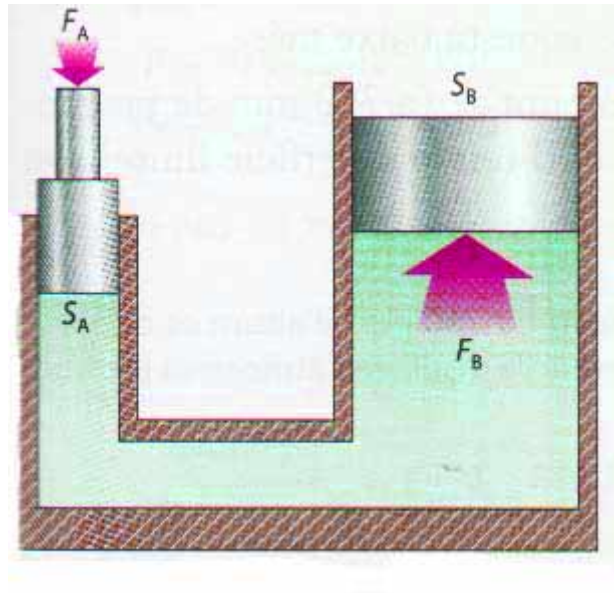


Al comprimir el émbolo el agua se expande de la misma manera en todas las direcciones

Este principio de Pascal, tiene aplicación en la construcción de las prensas y básculas hidráulicas, en los frenos hidráulicos, en el gato hidráulico, etc...

#### La Prensa Hidráulica

Una prensa hidráulica consiste, básicamente, en dos cilindros de secciones diferentes, unidos por un tubo, que contienen un líquido que llega a la misma altura en ambos. Estos cilindros están cerrados por émbolos de tamaño diferente que están en contacto con el líquido.



La presión ejercida en el embolo pequeño, es transmitida de la misma manera sin variación, a todos los puntos del embolo grande:

$$P_A = P_B \longrightarrow \frac{F_A}{S_A} = \frac{F_B}{S_B}$$

Si queremos calcular el valor de la Fuerza que recibe el embolo B solo tenemos que despejar de la ecuación anterior:

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

Es decir, la fuerza recibida en el embolo grande (B), es igual a la fuerza aplicada en el embolo pequeño (A) multiplicada por el cociente de sus secciones. Por lo tanto, contra mas grande es la diferencia entre las superficies del embolo grande y del pequeño, mas eficaz es la prensa.

## 4- Presión en los gases

La característica principal de los gases es que sus moléculas están muy separadas y se mueven con mucha libertad.

Cuando chocan contra las paredes del recipiente que ocupan, ejercen una fuerza, es decir efectúan una presión. La presión que ejerce un gas en todos los puntos del recipiente que lo contiene es prácticamente la misma, ya que, como su densidad es muy baja, ha de haber entre dos puntos una diferencia de altura muy grande (caso de la atmósfera), para que se acuse una variación de presión.

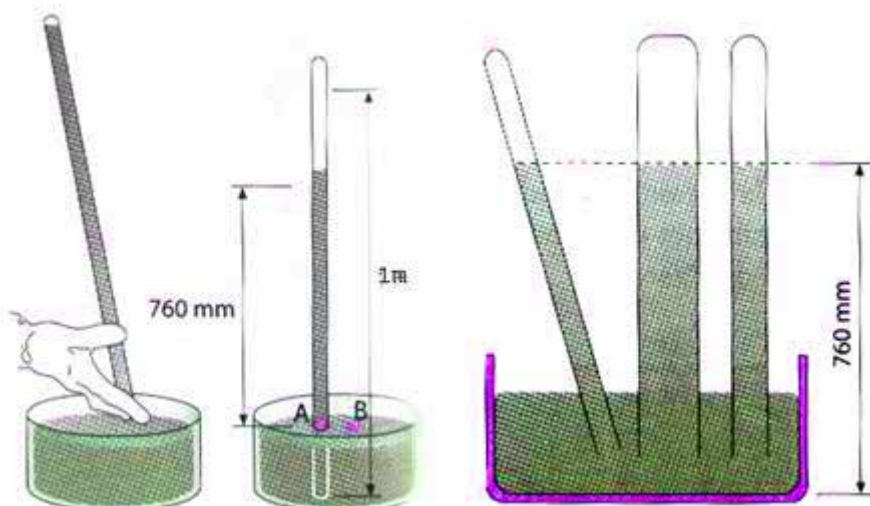
### 4.1 Presión Atmosférica.

La atmósfera es una mezcla de gases que rodean la Tierra y que por lo tanto, ejercen una presión sobre su superficie.

El primer experimento que demostró la existencia de la presión atmosférica y que permitió, además, medirla, lo hizo en 1643 el científico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647).

Torricelli lleno de mercurio un tubo fino de vidrio de 1 metro de longitud, aproximadamente y de  $1 \text{ cm}^2$  de sección, cerrado por uno de los extremos.

Cerró el orificio del extremo libre con un dedo e introdujo cabeza abajo en una cubeta llena también de mercurio. Cuando retiró el dedo, el nivel del mercurio del tubo descendió hasta quedar a una altura de 760 mm por encima de la superficie del mercurio de la cubeta. El extremo superior del tubo quedó vacío.



La presión atmosférica se pone de manifiesto sobre la superficie libre del mercurio, de esta manera, el nivel siempre llega a la misma altura. La presión atmosférica actúa sobre el mercurio de la cubeta y sostiene la columna contenida dentro del tubo, impidiendo que este baje más.

Después se dedujo que la presión en el punto A (760 mm de profundidad en la columna de Hg) y la presión en el punto B (en la superficie libre) son idénticas.

La presión ejercida por una columna de mercurio de 760 mm de altura es denominada presión atmosférica normal i para medirla se utiliza la atmósfera (atm), unidad que equivale a  $1'013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . (Pascal)

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 1'013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1013 \text{ mb}$$

En el Sistema Internacional la unidad de presión es el **pascal**, se representa por Pa y se define como la presión correspondiente a una fuerza de 1 Newton de intensidad actuando perpendicularmente sobre una superficie plana de  $1 \text{ m}^2$ . 1 Pa equivale, por tanto, a  $1 \text{ N/m}^2$

La atmósfera (atm) se define como la presión que a  $0^\circ \text{ C}$  ejercería el peso de una columna de mercurio de 76 cm de altura y  $1 \text{ cm}^2$  de sección sobre su base.

$$1 \text{ atm} = 1'013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

En este experimento, la altura a la que llega el mercurio, es independiente de diámetro del tubo, de su longitud e inclinación (siempre que el tubo sea lo suficientemente largo)

## 4.2 Instrumentos para medir la presión

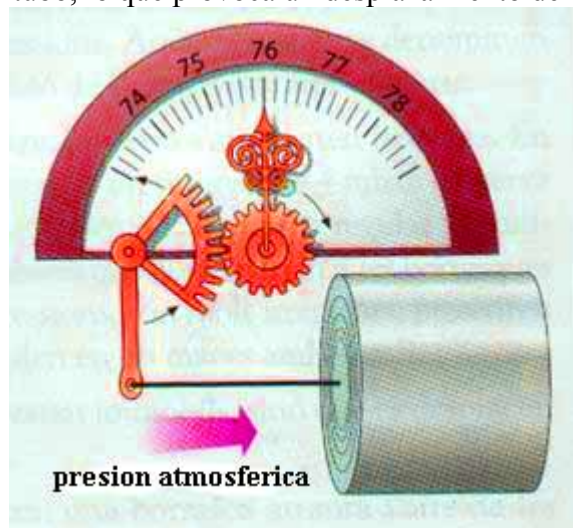
### Barómetros

La presión atmosférica se mide con un aparato llamado barómetro, que puede ser de mercurio o aneroides. Los de mercurio pueden ser de cubeta o de sifón.

**Barómetros de Cubeta:** son en esencia, parecidos al aparato utilizado por Torricelli para hacer su experimento, pero estos llevan incorporada una escala.

**Barómetros de Sifón:** consisten en un tubo de vidrio en forma de J, con la rama corta cerrada y la larga abierta. La rama cerrada funciona de manera análoga al tubo de Torricelli y la abierta hace de cubeta.

**Barómetros aneroides:** consisten en una caja metálica de paredes delgadas y elásticas, donde se ha hecho el vacío, o bien en un tubo metálico enrollado, fijo por un extremo y en el cual también se ha hecho el vacío. La presión atmosférica tiende a deformar la caja metálica o a estirar el tubo, lo que provoca un desplazamiento de la aguja indicadora.

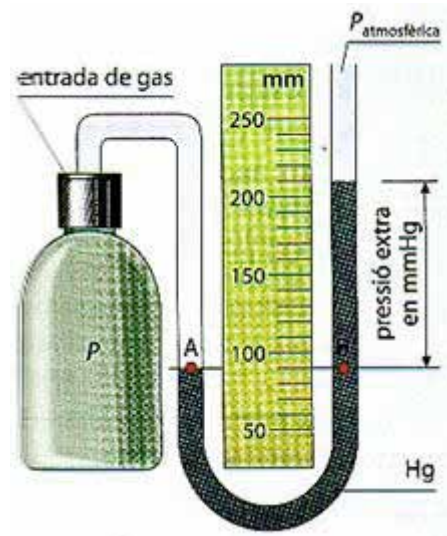


### Manómetros

Para medir la presión de los gases contenidos en recipientes se utilizan unos aparatos llamados manómetros. Los más utilizados son los manómetros abiertos, que consisten en un tubo con una cierta cantidad de líquido. Una de las ramas se pone en comunicación con el recipiente donde se encuentra el gas del cual se quiere medir. La presión del gas es igual a la presión atmosférica, sumándole la que indica la escala, si el nivel de la rama abierta es más grande y restándole si el nivel de la rama abierta es más pequeño.

Interpretación de la lectura de un manómetro





El gas del recipiente empuja la columna de mercurio hasta que se equilibra la presión en ambas ramas, haciendo que la presión en los puntos A y B sea la misma. Si la altura de la columna de mercurio sobre el punto B es de 120 mm tenemos que

La presión del Punto A es la Presión del Gas

$$P_A = P_{gas}$$

La presión del Punto B será igual a la presión Atmosférica mas 120 que es lo que marca la regla en el dibujo

$$P_B = P_{Atmosferica} + 120$$

Sabiendo que la presión atmosférica es 760 mmHG y sustituyendo

$$P_{Atmosferica} = 760 \text{ mmHg}$$

$$P_B = 760 + 120 = 880 \text{ mmHg}$$

Luego La presión del Gas será:

$$P_{Gas} = P_B = 880 \text{ mmHg}$$

### 4-3 Relación entre la presión atmosférica y altitud

El **altímetro** es el instrumento de medida que permite saber la altura a partir de diferencias de presión.

La longitud de la columna de mercurio depende del lugar en que se haga el experimento

A medida que ascendemos hay menos aire por encima de nosotros, es decir, la presión atmosférica es mas baja y por lo tanto la longitud de la columna de mercurio disminuye.

Observa que a medida que se gana altura, es necesario subir mas metros para conseguir una variación de presión determinada. (por ejemplo, a nivel del mar es necesario subir 8 metros en altura para que la presión baje 1 milibar; a 5.000 metros de altura es necesario subir 20 metros para obtener la misma variación de presión).

#### Milibar

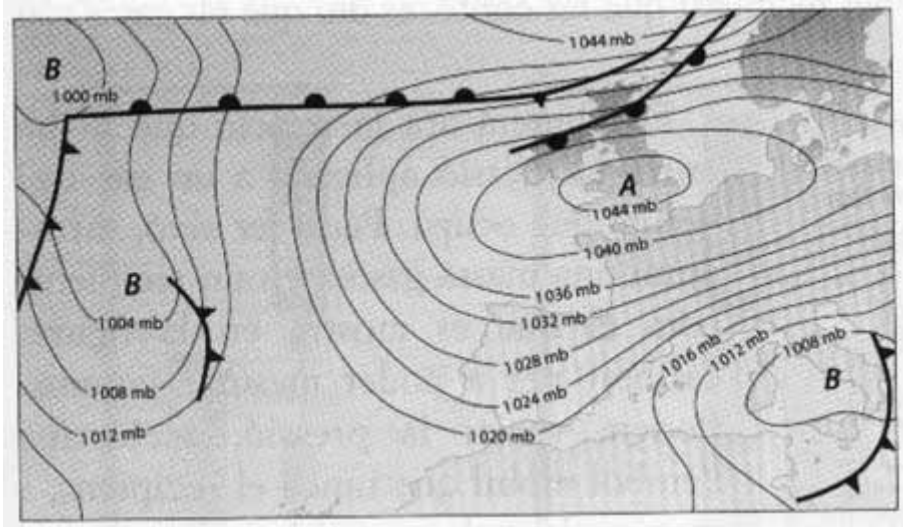
Unidad de presión atmosférica, equivalente a la milésima parte de un bar, cuyo uso es internacional. 1 bar = 750,076 mm de Hg = 1.000 milibares

$$1.013,3 \text{ milibares} = 760 \text{ mm de Hg}$$

#### 4-4 Previsión del tiempo: borrascas y anticiclones

En el nivel del mar la presión tiene un valor medio de 1013 mb, por lo cual, las presiones superiores e inferiores a este valor, se denominen altas y bajas.

Si trasladamos a un mapa las medidas de las presiones atmosféricas, tomadas en distintos puntos por estaciones meteorológicas, observamos que se llama **anticiclón** a las zonas con presión alta, y **ciclo, borrasca o depresión** a las zonas con presión baja. Esto es debido a la temperatura desigual de la atmósfera: si el aire está caliente este asciende, dejando una zona de baja presión; y si el aire está más frío, es más denso, desciende y provoca zonas de altas presiones. Estos mapas se llaman meteorológicos y se utilizan en la previsión del tiempo o tiempos climáticos.



Las líneas que unen los puntos de igual presión se llaman **isobares**. En los mapas meteorológicos se suelen trazar con un intervalo de 4 mbares.

Los isobares que representan un anticiclón tienen forma regular y se representan con la letra A.

Los isobares que representan a las borrascas (Bajas presiones), son muy irregulares, presentan cambios bruscos de curvatura y se representan con la letra B.

Los anticiclones y las borrascas no están inmóviles, sino que se desplazan y cambian de forma.

En una zona con la presión baja, atraerá el aire de las regiones con la presión más alta, pero a causa de la desviación producida por la rotación de la tierra, el aire circulará alrededor del centro de las bajas presiones en el sentido opuesto al de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en sentido horario en el hemisferio sur. En estas zonas ciclónicas, donde convergen y contactan masas de aire de origen diverso, el tiempo es, generalmente inestable. Por esta razón, un descenso continuado del barómetro anuncia la llegada de una borrasca, y por tanto un empeoramiento del tiempo.

Alrededor de un área de altas presiones el aire se desplazará hacia las zonas que tienen una presión inferior, girando en el sentido de las agujas del reloj. Como las corrientes de aire son divergentes, no se produce el contacto entre masas de aire heterogéneo y por consiguiente, el tiempo es bueno.

De lo que se ha dicho anteriormente, se deduce que el aire se desplaza de las zonas de alta presión hacia las zonas de baja presión y origina las **corrientes de aire**.

El estado físico de la atmósfera se determina midiendo la presión, la temperatura, la humedad, la velocidad y la dirección del viento en diversos puntos, tanto en la superficie como en la altura. El análisis de los resultados demuestra que hay masas enormes de aire con características homogéneas: Se distinguen masas de aire frío, la temperatura de las cuales es inferior a la de la superficie sobre la cual avanzan, y masas de aire caliente, la temperatura de las cuales es superior a la de la superficie sobre la cual se desplazan. Una superficie frontal es la región de separación entre dos masas de aire distintas, y su intersección con la superficie terrestre constituye un **frente**.

#### 4-5 Compresibilidad de los gases

Como la distancia a que se encuentran las moléculas de un gas puede ser muy variable y depende del recipiente que las contiene, se dice que los gases son compresibles.

Vamos a estudiar la relación que hay entre la presión aplicada a un gas y el volumen que ocupa. Para ello introduciremos una masa gaseosa en un recipiente como el de la figura, calibrado para poder medir volúmenes. Variaremos la presión accionando el embolo móvil que cierra el recipiente, y manómetro conectado en el interior nos dará las medidas de la presión. La temperatura debe mantenerse constante en todo el experimento.



Después de hacer el experimento hemos obtenido los siguientes resultados:

Presión (Pa) · 10 <sup>2</sup>	2'5	5	10
V (dm <sup>3</sup> )	2'8	1'4	0'7

Observamos que el producto de la Presión del gas por el Volumen que ocupa es siempre constante e igual a 700 Pa · dm<sup>3</sup>

De experimentos parecidos a este, en 1662, el químico Irlandés **Robert Boyle** enunció la **ley de Boyle**:

Para una masa gaseosa determinada y a temperatura constante, el producto de la presión que soporta el gas por el volumen que ocupa es constante:

$$p \cdot V = \text{constante}$$

es decir

$$p_1 * V_1 = p_2 * V_2 = \text{constante}$$

## 5-Fuerzas de Empuje. Principio de Arquímedes

La experiencia diaria nos enseña que cuando sumergimos un cuerpo en un fluido (líquido o gas) parece disminuir de peso.

La explicación de este fenómeno se debe a hecho que sobre el cuerpo que esta en el interior del fluido actúa una nueva fuerza: **la fuerza de empuje**.

Arquímedes (su sabio griego) observo que:

- Todo cuerpo sumergido en un fluido recibe un empuje dirigido hacia arriba
- El empuje que recibe el cuerpo es igual al peso del volumen del liquido que desaloja
- El empuje no depende del material del cual esta hecho el cuerpo, sino del volumen de este que se introduce en el agua.

Todo esto se resume en el **Principio de Arquímedes**:

Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical hacia arriba igual al peso del fluido desalojado

Por lo tanto, el peso aparente  $P_a$  de un sólido sumergido en un fluido será igual al peso del sólido,  $P$ , menos el empuje  $E$ :

$$P_a = P - E$$

Según el principio de Arquímedes:

Empuje = peso del fluido desalojado

$$E = m \cdot g$$

siendo  $m$  = masa del liquido desalojado

sabiendo que

$$\rho_{\text{liquido}} = \frac{m_{\text{liquido}}}{V_{\text{Liquido}}} \longrightarrow m_{\text{liquido}} = V_{\text{liquido}} * \rho_{\text{liquido}}$$

y sustituyendo:

$$E = V_{\text{liquido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{liquido}}$$

Como el volumen del líquido desalojado depende del volumen del sólido  $V_{\text{liquido}} = V_{\text{sólido}}$ ,

la expresión del empuje queda así

$$E = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{liquido}}$$

De la misma forma podemos expresar el peso del cuerpo:

$$P = m \cdot g \Rightarrow P = V_{\text{sólido}} \cdot \rho_{\text{sólido}} \cdot g$$

Por lo tanto, sustituyendo en la formula de Arquímedes  $P_a = P - E$ :

$$P_a = P - E = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{sólido}} - V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot \rho_{\text{liquido}} = V_{\text{sólido}} \cdot g \cdot (\rho_{\text{sólido}} - \rho_{\text{liquido}})$$

El principio de Arquímedes permite determinar el volumen y la densidad de un sólido irregular.

La fuerza de empuje tiene su origen en la diferencia de presión entre la parte superior y la parte inferior del cuerpo sumergido en el fluido (a mas profundidad mas presión, por lo que las partes mas profundas de un cuerpo sumergido tienen mas presión que las mas cercanas a la superficie, y por la tanto, la resultante será el empuje hacia arriba)

El centro de empuje no tiene porque coincidir con el centro de gravedad.

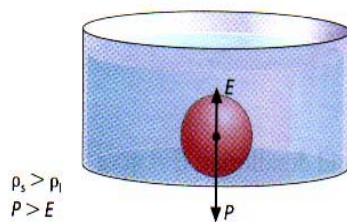
## 5.1-Flotabilidad de los cuerpos

Cuando un sólido se sumerge en un fluido, esta sometido a dos fuerzas de la misma dirección ( vertical) pero de sentido opuesto:

- la fuerza (peso), que esta aplicada en el centro de gravedad del cuerpo y su sentido hacia abajo
- La fuerza de empuje, que esta aplicada en el centro de empuje y su sentido es hacia arriba

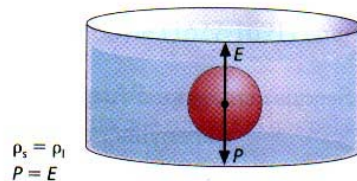
Generalmente el centro de gravedad y el empuje no coinciden en el mismo punto, y es por eso por lo que el cuerpo se mueve.

Si sumergimos un sólido en un fluido, se pueden dar tres situaciones:



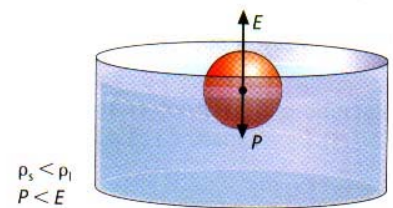
Si el peso es mas grande que el empuje, el cuerpo se sumerge completamente y cae al fondo (por ejemplo, una bola de hierro en agua).

$$Peso_{Cuerpo} > Empuje$$



Si el peso es igual que el empuje es cuerpo se sumerge en el fluido sin llegar al fondo, es decir esta en equilibrio en el seno del liquido (por ejemplo un globo lleno de agua sumergido en agua)

$$Peso_{Cuerpo} = Empuje$$



Si el peso es mas pequeño que el empuje, el cuerpo se sumerge parcialmente , en cantidad suficiente, para que el peso del fluido desalojado sea igual que el peso del cuerpo, es decir flota (por ejemplo corcho, o madera en agua)

$$Peso_{Cuerpo} < Empuje$$

Para que un cuerpo sumergido en un liquido totalmente o parcialmente, se encuentre en equilibrio, se ha de cumplir que el centro de gravedad y el de empuje estén en la misma vertical, porque en caso contrario el cuerpo giraría. Además, para que el equilibrio sea estable, el centro de gravedad ha de estar mas bajo que el centro de empuje.