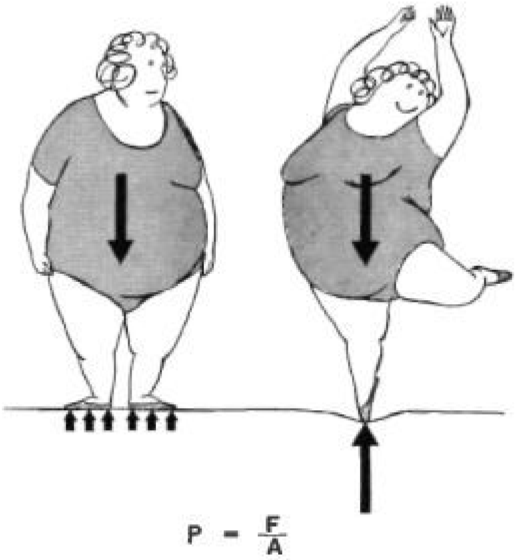
TEMA 4. PRESIÓN



FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO

ÍNDICE

1. CONCEPTO DE PRESIÓN

1. CONCEPTO DE PRESIÓN

- **PRESIÓN:** es la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie.

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

  → una misma fuerza puede dar lugar a una presión mayor o menor dependiendo de la superficie sobre la que actúe.

  → Ej. una mujer con tacones ejercer una presión mayor que si usa zapatos planos.

- **UNIDAD DE PRESIÓN EN EL SI:** pascal, Pa.

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

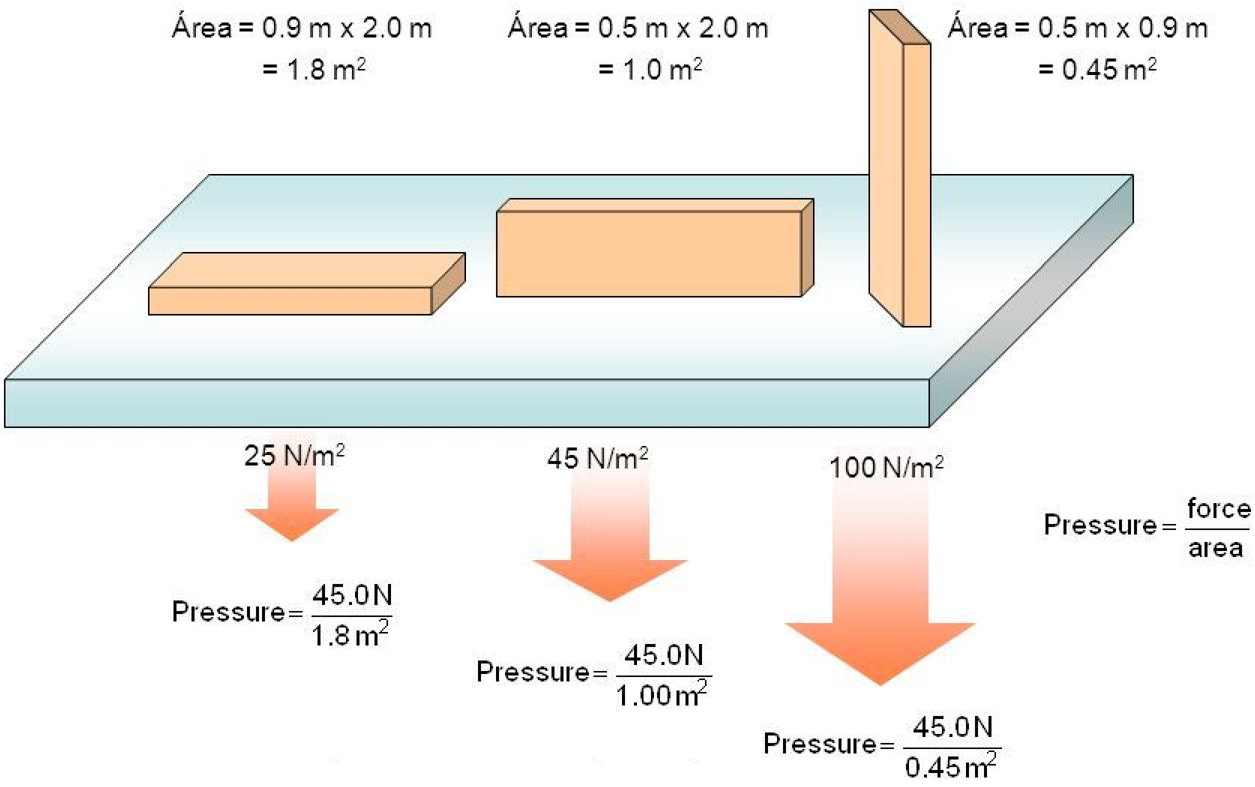
- Otras unidades de presión:
  - bar (bar) y milibar (mbar)
  - atmósfera (atm)
  - milímetro de mercurio (mmHg)

- La presión es una magnitud escalar.

$$\boxed{1\ \text{atm} = 101\ 300\ \text{Pa} = 1013\ \text{mbar} = 760\ \text{mm Hg}}$$

Ejemplo 1: Influencia de la superficie de apoyo

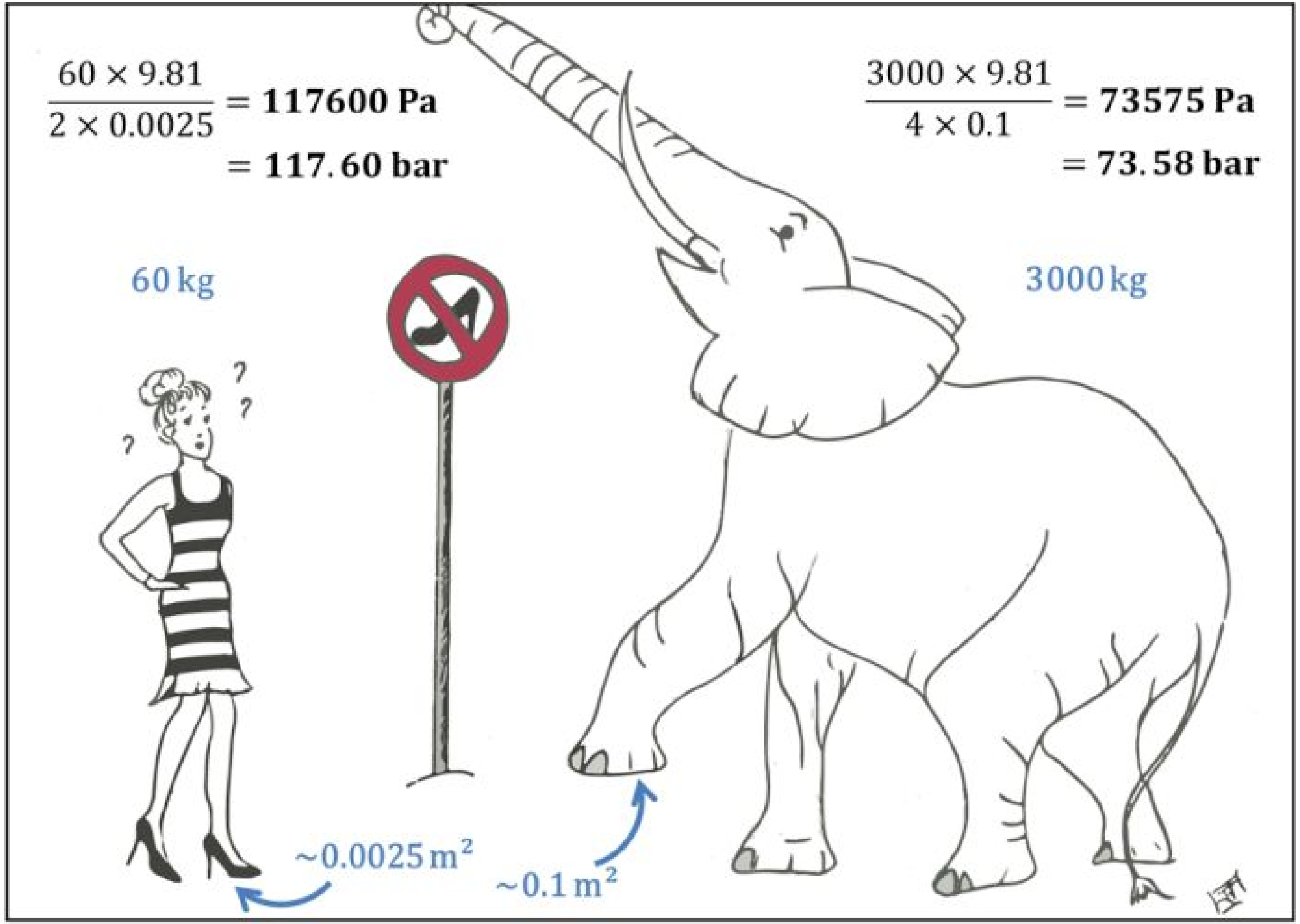
Presión ejercida por un bloque de madera.



Dimensiones bloque madera:
Largo = 2.0 m
Ancho = 0.9 m.
Alto = 0.5 m.

La fuerza es la misma en todos los casos pero la presión varía dependiendo de cual sea la superficie de contacto.

Ejemplo 2: Influencia de la superficie de apoyo



Una mujer de 60 kg en tacones ejerce una presión mayor que un elefante de 3000 kg.

Ejemplo 3. Cálculo de la presión.

Calcula la presión que un bloque de piedra de forma cilíndrica ejerce sobre el suelo, sabiendo que la masa del bloque es de 200 kg y el diámetro de su base mide 50 cm.

DATOS

$m = 200$ kg.

$d = 50$ cm $\longrightarrow r = 25$ cm

$r = 0{,}25$ m

DESARROLLO

1. Calculamos el área de la base del cilindro: $S = \pi \cdot r^2$

$$S = \pi \cdot (0{,}25\ m)^2 = 0{,}196\ m^2$$

2. Calculamos el peso del cilindro de piedra: $p = m \cdot g$

$$p = 200\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 1960\ N$$

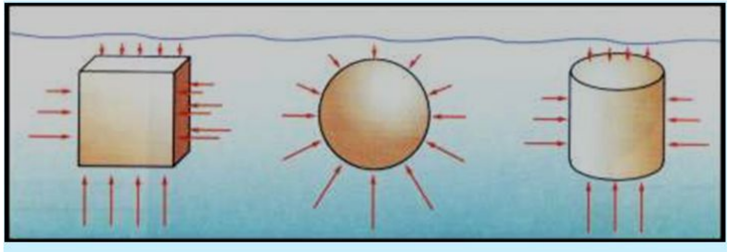
3. Calculamos la presión:

$$P = \frac{F}{S} \Rightarrow P = \frac{1960\ N}{0{,}196\ m^2} = 10\,000\ Pa$$

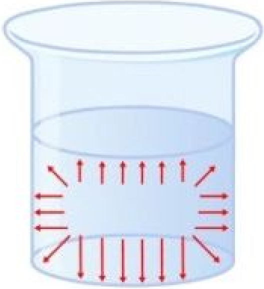
2. LA PRESIÓN EN LOS FLUIDOS

2. LA PRESIÓN EN LOS FLUIDOS

- **FLUIDO:** El término fluido incluye a los líquidos y a los gases.
- Los fluidos tiene peso, por tanto, ejercen presión sobre los objetos situados en su interior. Esta presión actúa en TODOS los puntos del fluido.
  - Las fuerzas que el fluido ejerce sobre un objeto sumergido en él son perpendiculares a las superficies del objeto. Estas fuerzas son consecuencia de la presión que ejerce el fluido.



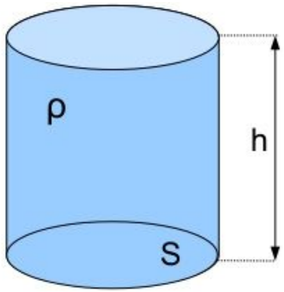
  - Las fuerzas actúan sobre todos los puntos del objeto y sobre las paredes del recipiente que lo contiene.



2.1. Presión hidrostática

- **PRESIÓN HIDROSTÁTICA:** presión ejercida por los **líquidos** en todos los puntos de su interior.
- La presión que existe en un punto cualquiera del interior de un líquido se debe al peso del líquido que hay encima de él. Por tanto:

  - La presión en el fondo del cilindro será: $P = \frac{F}{S} = \frac{peso_{líquido}}{S} = \frac{m_{líquido} \cdot g}{S}$



  - La masa del líquido la podemos calcular como: $m_{líquido} = \rho_{líquido} \cdot V_{líquido}$
  - El volumen del líquido es el producto del área de la base del recipiente, S, por la altura h:

$$V_{líquido} = S \cdot h$$

Por tanto;

$$P = \frac{m_{líquido} \cdot g}{S} = \frac{\rho_{líquido} \cdot \cancel{S} \cdot h \cdot g}{\cancel{S}}$$

ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA: $\boxed{P = \rho_{líquido} \cdot g \cdot h}$

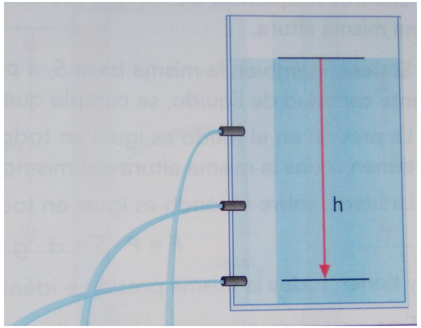
ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA:

$$\boxed{P = \rho_{líquido} \cdot g \cdot h}$$

La presión hidrostática en el interior de un líquido depende de:

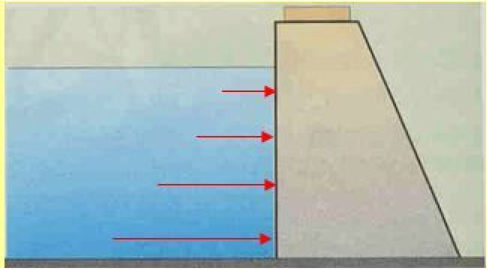
- la densidad del líquido.
- el valor de la gravedad.
- la profundidad o altura de la capa de líquido que hay por encima del punto considerado.

EFECTOS DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA:



- El agua sale a mayor presión por un agujero situado en la parte inferior de un depósito que por uno situado en la parte superior.

- Los submarinos deben tener un casco muy resistente capaz de soportar grandes presiones.



- Las presas de los embalses son más gruesas en la base ya que la presión del agua que deben soportar aumenta con la profundidad.

Ejemplo ecuación fundamental de la hidrostática

a) Calcula la presión hidrostática que se ejerce sobre el fondo de una bañera en la que el agua alcanza 35 cm de altura. Dato: $\rho_{agua} = 1000\ kg/m^3$.

b) ¿Con qué fuerza debe tirarse del tapón de la bañera para vaciarla si este tiene la forma de un círculo de 5 cm de diámetro?

a) DATOS

$\rho_{agua} = 1000\ kg/m^3$

$h = 35\ cm = 0{,}35\ m$

DESARROLLO

$P = \rho_{agua} \cdot g \cdot h$

$$P = 1000\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot \frac{9{,}8\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 0{,}35\ \mathrm{m} = 3430\ \mathrm{Pa}$$

b) DATOS

$P = 3430\ Pa$

$d = 5\ cm$

$r = 2{,}5\ cm = 0{,}025\ m$

DESARROLLO

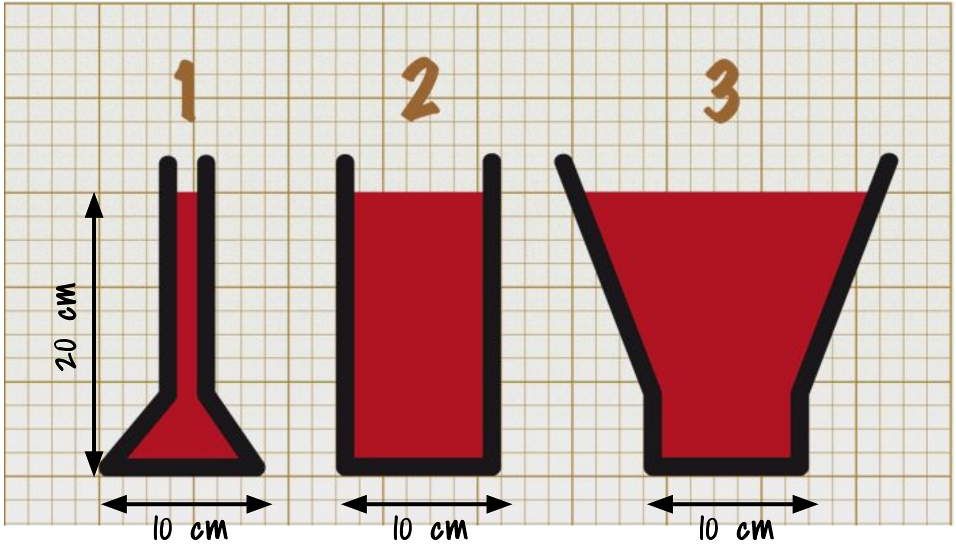
$P = F/S \Rightarrow F = P \cdot S$

$S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (0{,}025\ m)^2 = 0{,}00196\ m^2.$

$F = 3430\ Pa \cdot 0{,}00196\ m^2 = 6{,}7\ N$

2.2. La paradoja hidrostática

- Los tres recipientes tienen una base circular de 10 cm de diámetro y están llenos de agua hasta una altura de 20 cm. ¿Cuál de los tres recipientes crees que soporta una mayor **fuerza** en el fondo?
- Puede parecer que el tercer recipiente, que es el que contiene más agua, es el que soporta más fuerza en el fondo.
- Vamos a calcular la fuerza en el fondo de cada uno de los recipientes.

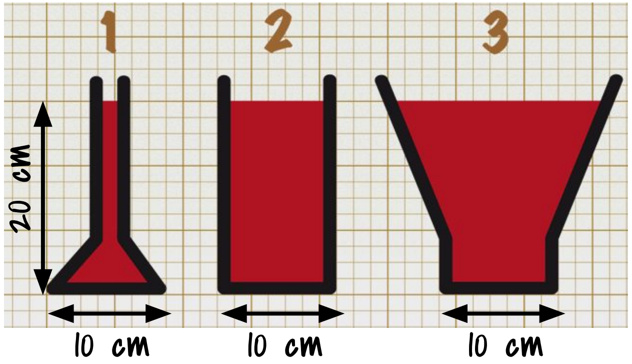


2.2. La paradoja hidrostática (continuación)

★ Teniendo en cuenta que $P = \frac{F}{S}$ ➡ $F = P \cdot S$.

★ Como $P = \rho_{líquido} \cdot g \cdot h$, obtenemos la siguiente ecuación para F:

$$\boxed{F = \rho_{líquido} \cdot g \cdot h \cdot S}$$



RECIPIENTE	$\rho_{líquido}$ (kg/m³)	h (m)	$S = \pi \cdot r^2$ (m²)	$F = \rho_{líquido} \cdot g \cdot h \cdot S$ (N)
1	1000	0.2	0,0079	**15,48**
2	1000	0.2	0,0079	**15,48**
3	1000	0.2	0,0079	**15,48**

La fuerza que ejerce el agua sobre el fondo es la misma en los tres recipientes, independientemente de la cantidad de agua que contienen.

- Los 3 recipientes están llenos del **mismo líquido** hasta la **misma altura** ➡ la presión en el fondo es la misma
- Los 3 recipientes tienen la **misma base** ➡ la fuerza sobre el fondo es idéntica, independientemente de la cantidad de líquido que contengan.

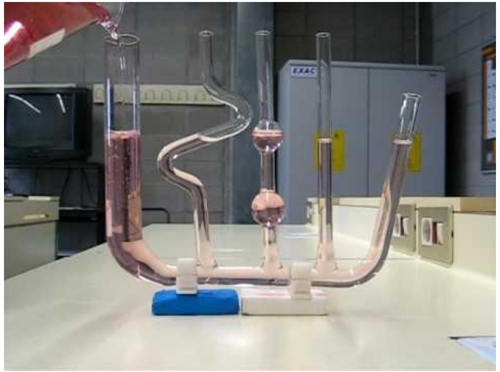
Este hecho que, parece contradecir el sentido común, se denomina **PARADOJA HIDROSTÁTICA**.

2.3. Vasos comunicantes

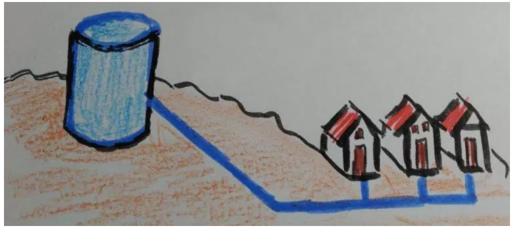
- **Vasos comunicantes:** conjunto de recipientes que están comunicados por su parte inferior.

- **Principio de los vasos comunicantes:** Al verter un líquido en un conjunto de vasos comunicantes, la superficie del líquido alcanza el mismo nivel en todos los recipientes, sin importar su forma ni su volumen.

- **Justificación:** En todos los puntos de la superficie del líquido la presión atmosférica es la misma y como la presión hidrostática a una altura dada también es la misma, el líquido alcanza la misma altura en todos los recipientes.



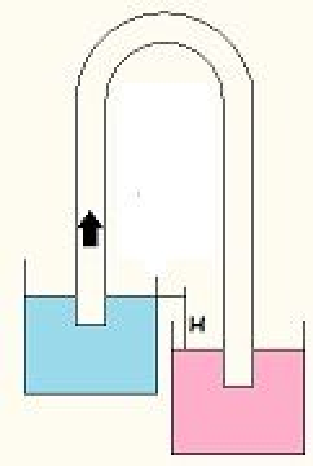
❖ Aplicaciones de los vasos comunicantes:



➢ **Distribución de agua en las poblaciones:** El depósito se sitúa a mayor altura que las viviendas y por efecto de la presión hidrostática y del principio de los vasos comunicantes, el agua llega a todas las viviendas.

➢ **Sifón:**

- Dispositivo usado para trasvasar líquido de un recipiente a otro cuando necesitamos que el líquido ascienda debido, por ejemplo, a un obstáculo en el terreno. .
- Es un tubo en forma de u invertida con una rama más larga que la otra.
- un extremo del tubo se sumerge en el líquido, que asciende por el tubo a mayor altura que su superficie y desagua por el otro extremo.
- El orificio de salida debe estar por debajo del nivel del líquido que está en el recipiente superior y el tubo debe estar lleno de líquido.
- El líquido fluye del depósito a mayor presión hacia el que tiene menor presión hasta que el nivel de los líquidos se iguale.



3. PRINCIPIO DE PASCAL

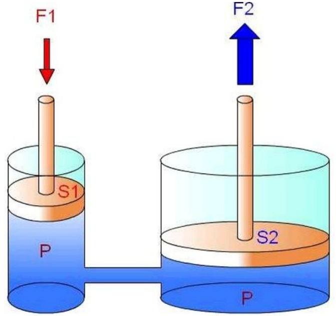
3. PRINCIPIO DE PASCAL

- **Experimento:**

1. Llena una jeringuilla con agua y acóplala a un globo lleno también de agua.
2. Haz varios orificios en el globo.
3. Presiona el émbolo.
4. Observa que la presión ejercida sobre el líquido se ha transmitido a todos sus puntos con igual intensidad.

- **Principio de Pascal:** **La presión ejercida sobre un líquido se transmite a todos sus puntos, en todas direcciones y sin perder intensidad.**

3.1. Aplicaciones del principio de Pascal



- **Prensa hidráulica:**

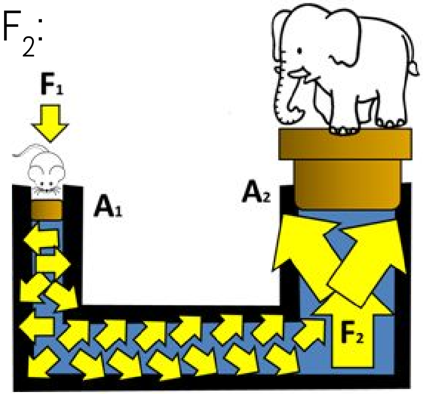
  - Son dos cilindros llenos de líquido, con secciones diferentes, comunicados por el fondo y cerrados.

  - Al ejercer una fuerza F_1 sobre el émbolo 1, el líquido recibe una presión P: $P = \frac{F_1}{S_1}$

  - Esta presión se transmite por todo el líquido ***(Principio de Pascal)***, afectando al émbolo 2, que responde con una fuerza F_2 cuya relación con la superficie de este émbolo es: $P = \frac{F_2}{S_2}$

  - Como la presión es la misma, igualamos ambas expresiones y despejamos F_2:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow \boxed{F_2 = \frac{F_1 \cdot S_2}{S_1}}$$

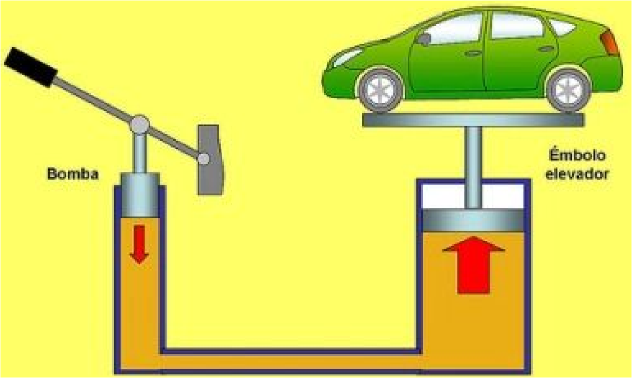


  - Cuanto mayor es la diferencia entre las superficies de los émbolos, más eficaz es la prensa.

3.1. Aplicaciones del principio de Pascal (continuación)

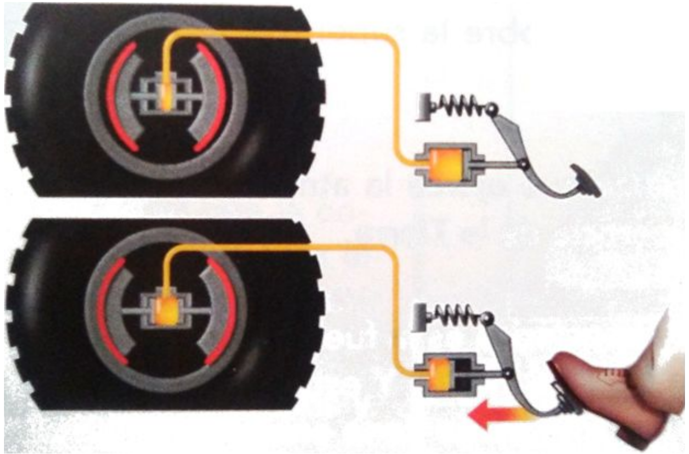
❖ Elevador hidráulico:

- Se usa en los talleres para elevar objetos pesados (coches, camiones,...).
- Su funcionamiento es similar al de la prensa hidráulica.



❖ Frenos hidráulicos:

- Es un circuito lleno de aceite con un émbolo que se regula con el pedal del freno.
- En el otro extremo del circuito hay dos cilindros que reciben la presión cuando se desplazan sus émbolos para comprimir las zapatas sobre el tambor de cada rueda. Esta compresión hace que el vehículo se frene.



Ejemplo principio de Pascal

una prensa hidráulica dispone de dos émbolos circulares cuyos radios miden 5 cm y 30 cm respectivamente. Determina la fuerza que debemos ejercer en el émbolo pequeño si queremos elevar en el grande un objeto de 400 kg de masa.

DATOS

$r_1 = 5\ cm = 0{,}05\ m$

$r_2 = 30\ cm = 0{,}3\ m$

$m = 400\ kg$

DESARROLLO

1. Calculamos S_1 y S_2: $S_1 = \pi \cdot r_1^2 = \pi \cdot (0{,}05\ m)^2 = 0{,}0079\ m^2$

$S_2 = \pi \cdot r_2^2 = \pi \cdot (0{,}3\ m)^2 = 0{,}28\ m^2$

2. Calculamos el peso del objeto: $P = m \cdot g = 400\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 3920\ N$

3. Calculamos la fuerza que debemos aplicar: $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow F_1 = \frac{F_2 \cdot S_1}{S_2}$

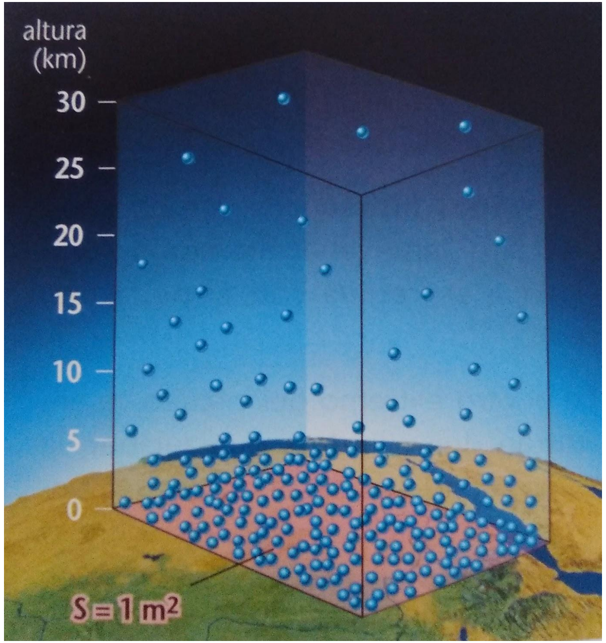
$$F_1 = \frac{3920\ N \cdot 0{,}0079\ m^2}{0{,}28\ m^2}$$

$$\boxed{F_1 = 110{,}6\ N}$$

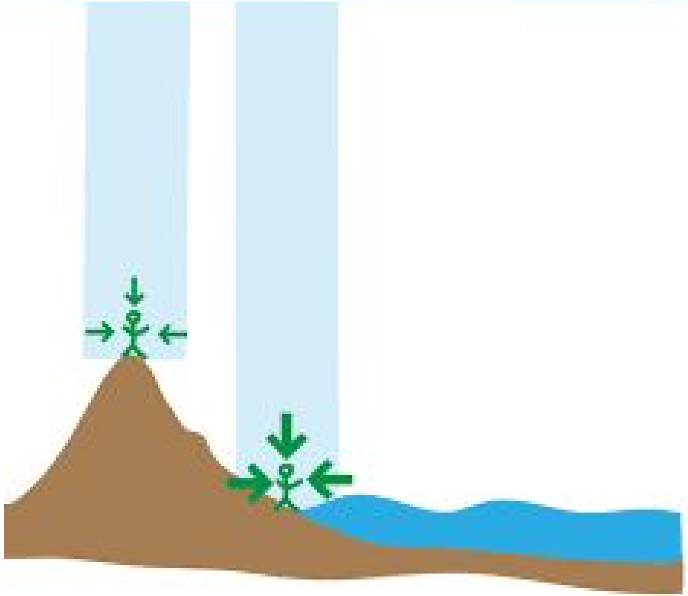
4. PRESIÓN EJERCIDA POR LA ATMÓSFERA

4. PRESIÓN EJERCIDA POR LA ATMÓSFERA

- **Presión atmosférica:** Fuerza que ejerce la atmósfera sobre cada metro cuadrado de superficie de la Tierra. Esta fuerza es el peso de la columna de aire que dicha superficie tiene encima.



Presión atmosférica.

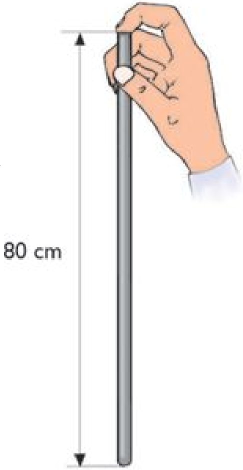


La presión atmosférica varía con la altura.

❖ Medida de la presión atmosférica:

1. Fue medida por primera vez por Evangelista Torricelli en 1643.

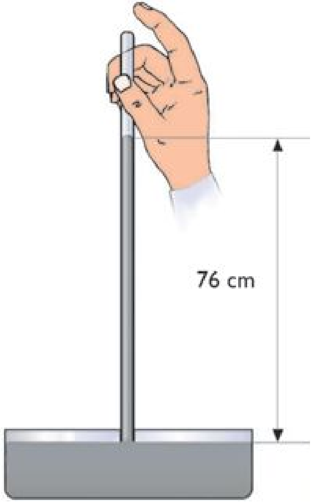
2. Torricelli Llenó de mercurio (Hg) un tubo de vidrio que estaba cerrado por uno de sus extremos.



3. Tapó con su dedo el extremo abierto e introdujo el tubo en una cubeta llena de Hg con el extremo abierto hacia abajo.

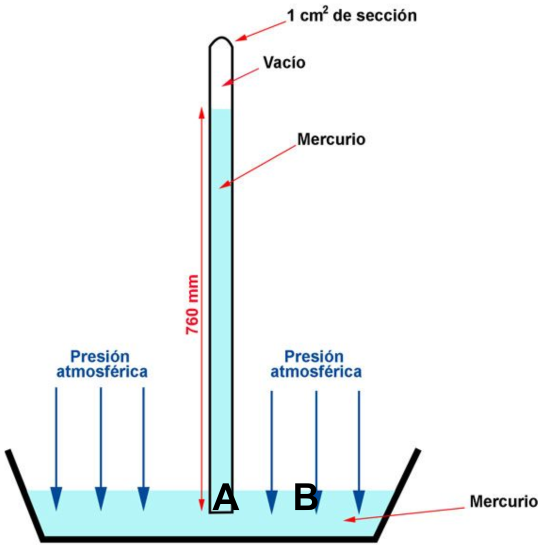
4. Al retirar el dedo observó que el Hg descendía en el tubo hasta quedar a 760 mm por encima de la superficie del Hg de la cubeta.

La parte superior del tubo quedó vacía.



❖ Medida de la presión atmosférica (continuación)

5. Concluyó que la atmósfera estaba ejerciendo una presión sobre el Hg de la cubeta. Esta presión impide que el Hg continúe bajando por el tubo.



6. Por tanto, la presión en A debida a la columna de Hg de 760 mm y la presión en B debida a la atmósfera son idénticas.

7. Como $P_A = P_B$, para calcular la presión atmosférica (P_B) calculamos la presión ejercida por una columna de mercurio de 760 mm:

$$P_A = \rho_{mercurio} \cdot g \cdot h$$

$$P_A = 13600\ kg/m^3 \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 0{,}76\ m = 101\ 300\ Pa.$$

8. La presión que ejerce una columna de mercurio de 760 mm de altura se denomina presión atmosférica y para medirla se usa la atmósfera (atm). Por tanto,

$$\boxed{1\ atm = 760\ mm\ Hg = 101\ 300\ Pa}$$

Ejemplo barómetro de Torricelli

Determina la presión atmosférica en un lugar en el que la columna de mercurio de un barómetro mide 60 cm. Expresa el resultado en Pa, mmHg, mbar y atm. Dato: $\rho_{Hg} = 13\ 600\ Kg/m^3$.

DATOS

$h = 60\ cm = 0{,}6\ m$

$\rho_{Hg} = 13\ 600\ Kg/m^3$

Recuerda que:

$1\ atm = 101\ 300\ Pa = 1013\ mbar = 760\ mm\ Hg$

DESARROLLO

1. Calculamos la P en Pa:

$P = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h = 13\ 600\ Kg/m^3 \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 0{,}6\ m = 79\ 968\ Pa$

2. Transformamos los cmHg a mmHg: 60 cmHg = 600 mmHg

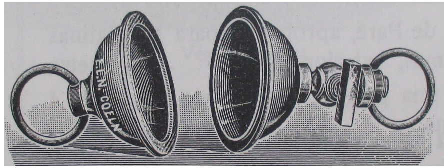
3. Transformamos los mmHg a mbar:

$$600\ \text{mmHg} \cdot \frac{1013\ \text{mbar}}{760\ \text{mmHg}} = 799,74\ \text{mbar}$$

4. Transformamos los mmHg a atm:

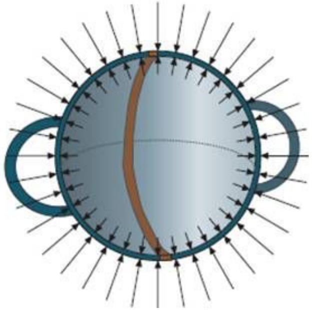
$$600\ \text{mmHg} \cdot \frac{1\ \text{atm}}{760\ \text{mmHg}} = 0,79\ \text{atm}$$

❖ Hemisferios de Magdeburgo:



- Dispositivo ideado para **demostrar la existencia del vacío y la fuerza de la presión atmosférica.**

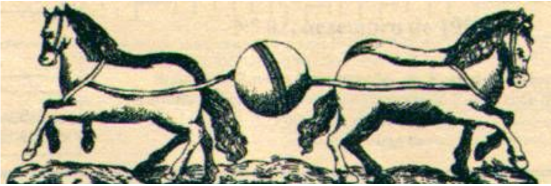
- Consiste en unir dos semiesferas huecas y extraer el aire de su interior de manera que se crea un vacío interno. En estas condiciones, es muy difícil separar las semiesferas.



- **Justificación:** Cuando la esfera está llena de aire, éste ejerce fuerzas que son perpendiculares a su superficie. En la parte interior el aire ejerce fuerzas dirigidas hacia fuera y en la exterior ejerce fuerzas dirigidas hacia dentro.

  Si se quita casi todo el aire que hay dentro, las fuerzas sobre la superficie exterior que los aprieta uno contra el otro, es muy superior a la que actúa sobre ellos hacia fuera por el aire que tienen en su interior, lo que hace muy difícil separarlos.

- La fuerza neta que hay que vencer para separarlos es del orden del peso de siete toneladas (68600 N)



- El nombre se debe a la ciudad alemana de Magdeburgo, donde en 1654 Otto von Guericke, alcalde de la ciudad y físico de profesión, practicó el vacío en dos semiesferas metálicas e intentó separarlas atando cada uno de los hemisferios a un grupo de caballos. Tras numerosos intentos fue imposible separar las semiesferas.

❖ Experimento para demostrar la existencia de la presión atmosférica:

1. Echa agua en un vaso (no es necesario llenarlo del todo pero sí que el borde esté mojado)
2. Tapa la boca del vaso con una lámina de cartón.
3. Sujetando el vaso con una mano y el cartón con la palma de la otra mano, pon el vaso boca abajo.
4. Quita la mano que sujeta el cartón. Si todo va bien, el agua no se verterá.

* Justificación:

➢ Las moléculas de agua se unen entre ellas mediante puentes de hidrógeno de manera que forman una película o membrana elástica que se puede deformar hasta cierto punto (tensión superficial).

➢ Al darle la vuelta, las moléculas de agua se adhieren al cartón creando un precinto en el borde del vaso.

➢ Al quitar la mano, el cartón baja un poco por acción de la gravedad pero el precinto de agua no se rompe debido a la elasticidad de la película de agua.

➢ Al bajar el cartón el volumen que ocupa el aire atrapado en el vaso aumenta. Al aumentar el volumen, la presión que ejerce el aire dentro del vaso disminuye (ley de Boyle y Mariotte).

➢ El cartón no cae porque el aire del exterior ejerce una fuerza superior a la que ejercen el aire del interior y el peso del agua.

Ejemplo: Cáloulo de la fuerza ejercida por la atmósfera

Calcula la fuerza que ejerce la atmósfera sobre una hoja de papel de 20 cm x 20 cm. ¿Por qué se sostiene el agua de un vaso situado boca abajo sobre dicha hoja de papel?

DATOS

$l = 20\ cm = 0{,}2\ m$

$P = 1\ atm = 101\ 300\ Pa$

DESARROLLO

1. Calculamos el área de la hoja: $S = 0{,}2\ m \cdot 0{,}2\ m = 0{,}04\ m^2$
2. Calculamos la fuerza que ejerce la atmósfera:

$$P = \frac{F}{S} \Rightarrow F = P \cdot S = 101\ 300\ Pa \cdot 0{,}04\ m^2 = 4052\ N$$

3. Esta fuerza equivale al peso de una masa $m = 4052\ N : 9{,}8\ m/s^2 = 413\ kg$

Es decir, la fuerza que la atmósfera ejerce sobre la hoja es muy grande y por eso es capaz de sostener el agua del vaso.

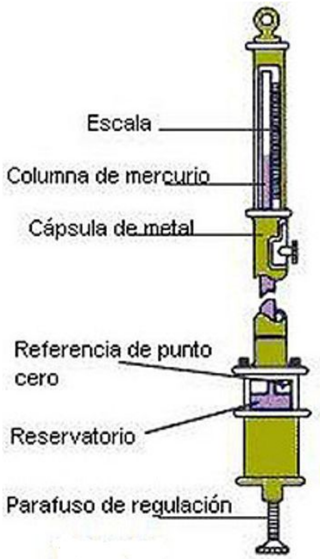
La atmósfera ejerce esta fuerza tanto por encima como por debajo del papel

4.1. Instrumentos para medir la presión

❖ **Barómetro:** Instrumento utilizado para medir la presión atmosférica. Hay varios tipos:

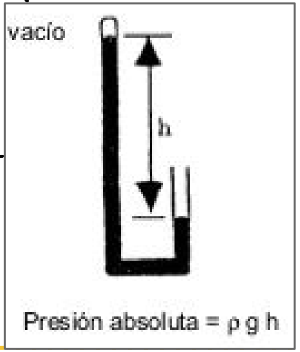
Barómetros de cubeta:

- Similares al usado por Torricelli.
- Se diferencian en que llevan incorporada una escala.



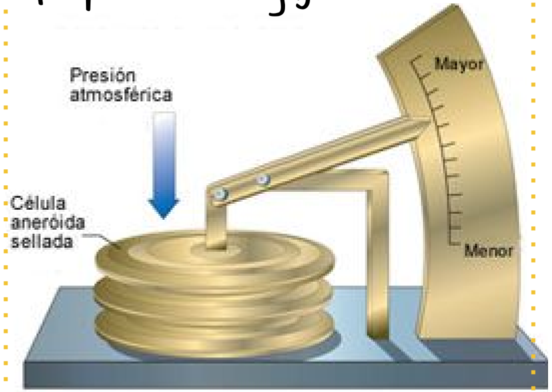
Barómetros de sifón:

- Tubo de vidrio en forma de J.
- La rama larga y cerrada hace las veces de tubo de Torricelli.
- La rama corta y abierta hace las veces de cubeta.
- La diferencia de nivel entre las ramas define la altura de la columna barométrica.



Barómetro aneroide:

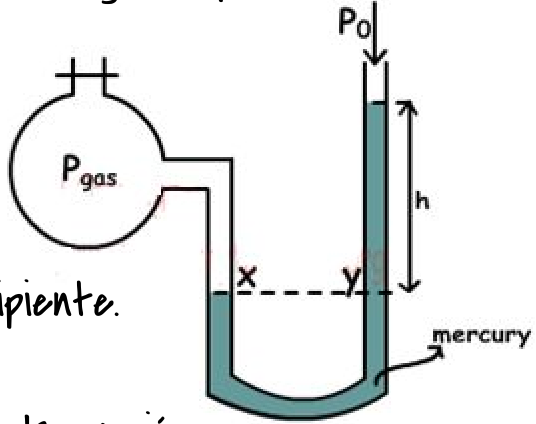
- Caja metálica de paredes delgadas y elásticas en la que se ha hecho el vacío.
- La presión atmosférica deforma la caja y esto desplaza la aguja.



4.1. Instrumentos para medir la presión (continuación)

- **Manómetro:** instrumento para medir la presión de un gas en un recipiente cerrado. Los más sencillos son los **manómetros abiertos**:

- Es un tubo en forma de u con cierta cantidad de líquido (mercurio, aceite, agua,...).
- una de las ramas del tubo está conectada al recipiente que contiene el gas cuya presión se quiere medir y la otra está abierta a la atmósfera.



- El gas del recipiente empuja al líquido manométrico hasta que se equilibra la presión en ambas ramas y hace que la presión en los puntos X e Y sea la misma. ➡ $P_X = P_Y$
- La presión en el punto X es la presión del gas que está en el recipiente.

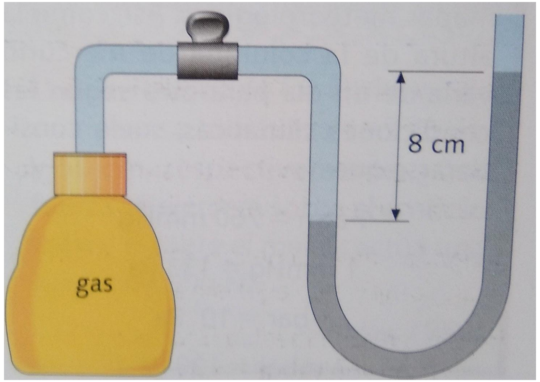
$$P_X = P_{gas}$$

- La presión en el punto Y es igual a la presión atmosférica (P_0) más la presión ejercida por la columna del fluido manométrico de densidad ρ: $P_Y = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$
- Por tanto,

$$\boxed{P_{gas} = P_0 + \rho \cdot g \cdot h}$$

Ejemplo: Cálculo de la presión con un manómetro

Un manómetro de mercurio abierto está conectado a un recipiente que contiene cierto gas encerrado en su interior. La diferencia entre el nivel de la rama abierta y la conectada al recipiente es de 8 cm. Calcula la presión del gas en el interior del recipiente si la presión atmosférica medida con un barómetro de mercurio es de 760 mmHg. Dato: ρ_{Hg} = 13 600 kg/m³.



DATOS

$h = 8 \text{ cm} = 0{,}08 \text{ m}$

$P_0 = 760 \text{ mmHg} = 101\,300 \text{ Pa}$

$\rho_{Hg} = 13\,600 \text{ kg/m}^3$

DESARROLLO

La presión del gas será:

$P_{gas} = P_0 + \rho \cdot g \cdot h = 101\,300 \text{ Pa} + 13\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2 \cdot 0{,}08 \text{ m} = 111\,962{,}4 \text{ Pa}$

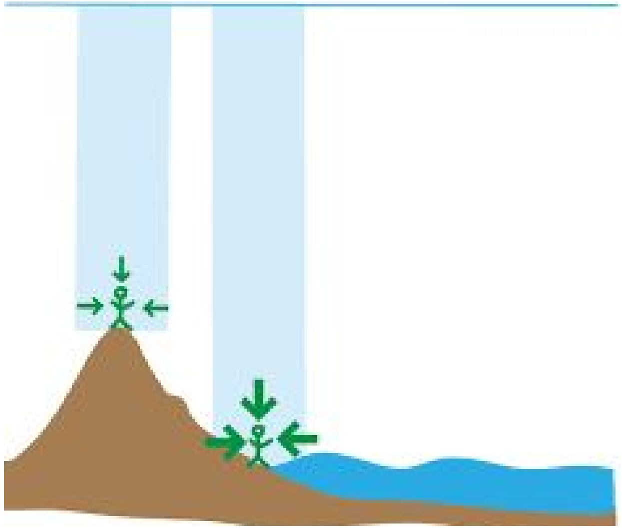
Si expresamos la presión en mmHg:

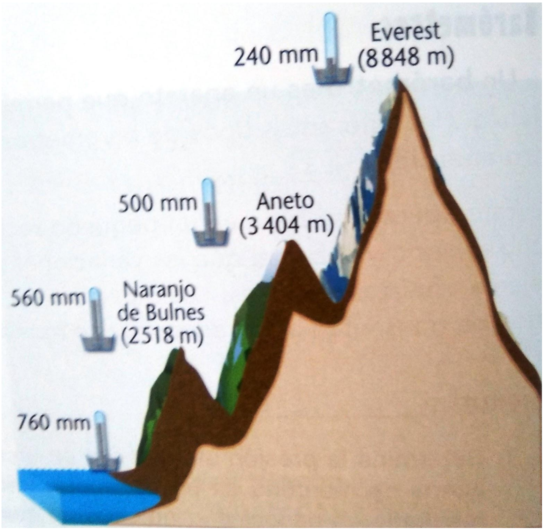
$P_{gas} = P_0 + h = 760 \text{ mmHg} + 80 \text{ mmHg} = 840 \text{ mm Hg}$

4.2. Variables que influyen en la presión atmosférica

Altitud:

- La presión atmosférica disminuye con la altitud.
- Cuanto más alto esté un punto, menor es la cantidad de aire que hay por encima y el peso de este aire será menor.
- La disminución de la presión va acompañada de una disminución de la temperatura de ebullición.





4.2. Variables que influyen en la presión atmosférica (continuación)

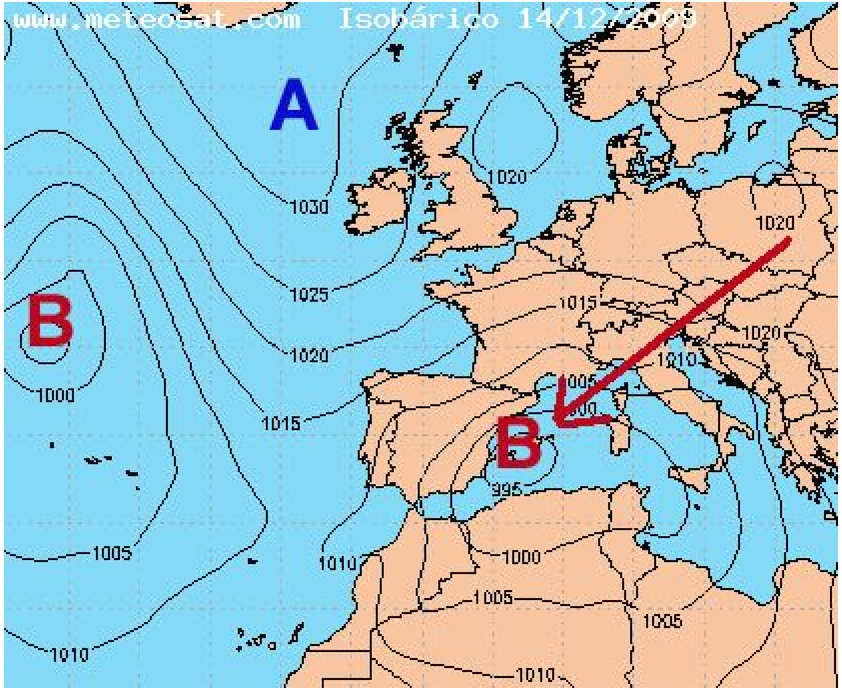
❖ **Temperatura:**

- ➢ **si ↑ la T ➡ ↑ el volumen del aire ➡ ↓su ρ ➡ ↓ su peso ➡ ↓ la presión.**
- ➢ **si ↓ la T ➡ ↓ el volumen del aire ➡↑ su ρ ➡ ↑ su peso ➡ ↑ la presión**
- ➢ **Viento:**
  - Cuando en una zona de la Tierra hace calor y la presión atmosférica disminuye, el aire se hace más ligero y sube, creando una corriente ascendente.
  - El aire de las zonas próximas ocupa el lugar que ha dejado el aire caliente, dando lugar al viento.
  - Cuando una zona se enfría se da el efecto contrario.
  - **El viento siempre va de las zonas de alta presión a las de baja presión.**

4.3. La presión y el tiempo meteorológico

★ **Isobaras:**

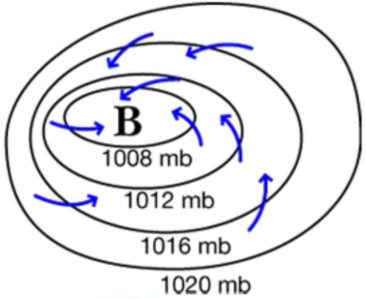
- Líneas que se usan para representar la presión en los mapas del tiempo.
- Las isobaras unen puntos con la misma presión atmosférica.
- Los números sobre las líneas indican la presión en mbar.

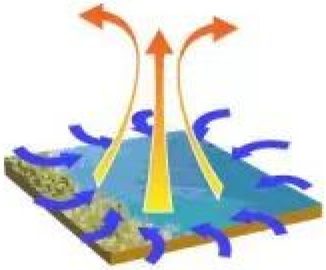


4.3. La presión y el tiempo meteorológico (continuación)

★ **Borrascas (zonas de baja presión):**

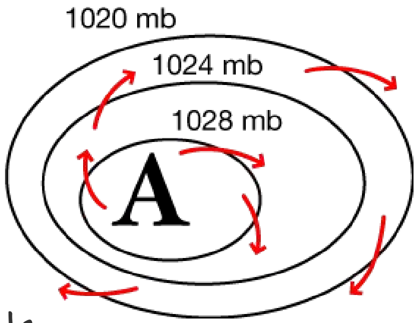
- Son regiones de la atmósfera, aproximadamente circulares, en las que la presión disminuye de la periferia hacia el centro.
- La diferencia de presión hace que el aire en contacto con la superficie terrestre, más cálido, ascienda y se enfríe.
- Al enfriarse, el vapor de agua condensa y origina **lluvias, nieblas y tiempo inestable**.
- El aire de las borrascas, al ascender, y debido a la rotación de la Tierra, circula en sentido antihorario en el hemisferio norte.





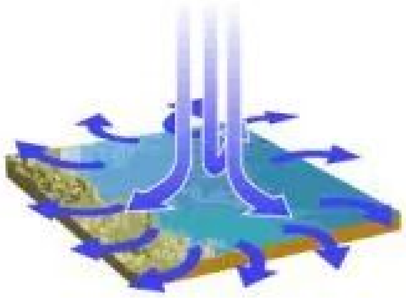
Borrasca
Masa de aire cálido que asciende. Su "vacío" es rellenado por el aire que lo rodea.

4.3. La presión y el tiempo meteorológico (continuación)



★ Anticiclones (zonas de alta presión):

- Son regiones de la atmósfera, aproximadamente circulares, en las que la presión aumenta de la periferia hacia el centro.
- La diferencia de presión hace que el aire de las capas más altas descienda.
- Al descender se calienta y las nubes tienden a disiparse dando lugar a **tiempo estable.**
- El aire de los anticiclones, al descender, y debido a la rotación de la Tierra, circula en sentido horario en el hemisferio norte.



Anticiclón
Masa de aire frío que desciende

5. PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

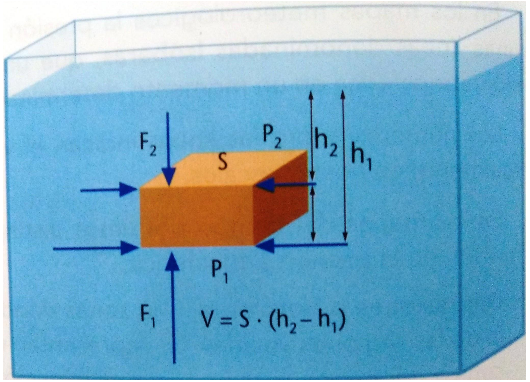
5. PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

- **Principio de Arquímedes:** Todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido experimenta un empuje (E) hacia arriba igual al peso del volumen del fluido desalojado.

$$\boxed{E = Peso_{fluido\ desalojado} \Rightarrow E = m_{fluido} \cdot g \Rightarrow E = \rho_{fluido} \cdot V_{fluido\ desalojado} \cdot g}$$

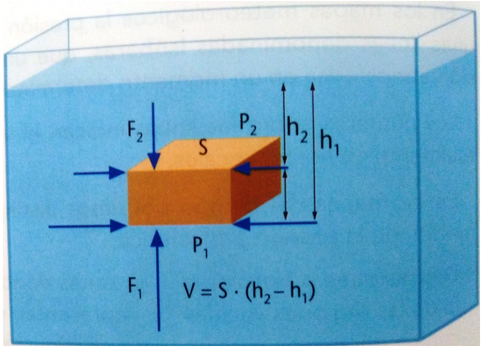
- Este empuje se pone de manifiesto, por ejemplo, cuando intentamos sumergir una botella vacía en el agua. Debemos aplicar una gran fuerza hacia abajo ya que el agua la empuja hacia arriba.

- El empuje hace que los objetos sumergidos total o parcialmente en un fluido pesen menos y puedan llegar a flotar.



❖ Deducción del principio de Arquímedes:

- El empuje se debe a la diferencia de presión entre la parte inferior, P_1, y superior, P_2, del objeto.
- La fuerza que actúa sobre la cara inferior del objeto es: $F_1 = P_1 \cdot S$
- La fuerza que actúa sobre la cara superior del objeto es: $F_2 = P_2 \cdot S$
- Si aplicamos la ecuación fundamental de la hidroestática obtenemos:



$$F_1 = \rho_{fluido} \cdot g \cdot h_1 \cdot S \qquad F_2 = \rho_{fluido} \cdot g \cdot h_2 \cdot S$$

- Como $h_1 > h_2$ ➡ $F_1 > F_2$ y la resultante (R) de estas dos fuerzas paralelas, verticales y de sentidos opuestos tendrá dirección vertical, sentido hacia arriba y módulo R:

$$R = F_1 - F_2 \Rightarrow R = \rho_{fluido} \cdot g \cdot h_1 \cdot S - \rho_{fluido} \cdot g \cdot h_2 \cdot S \Rightarrow R = \rho_{fluido} \cdot g \cdot S \cdot (h_1 - h_2)$$

- Teniendo en cuenta que $h_1 - h_2$ es la altura del objeto ➡ $V_{objeto} = S \cdot (h_1 - h_2)$. Por tanto: $R = \rho_{fluido} \cdot g \cdot V_{objeto}$
- Esta resultante vertical y hacia arriba se denomina empuje (E):

$$\boxed{E = \rho_{fluido} \cdot g \cdot V_{objeto}}$$

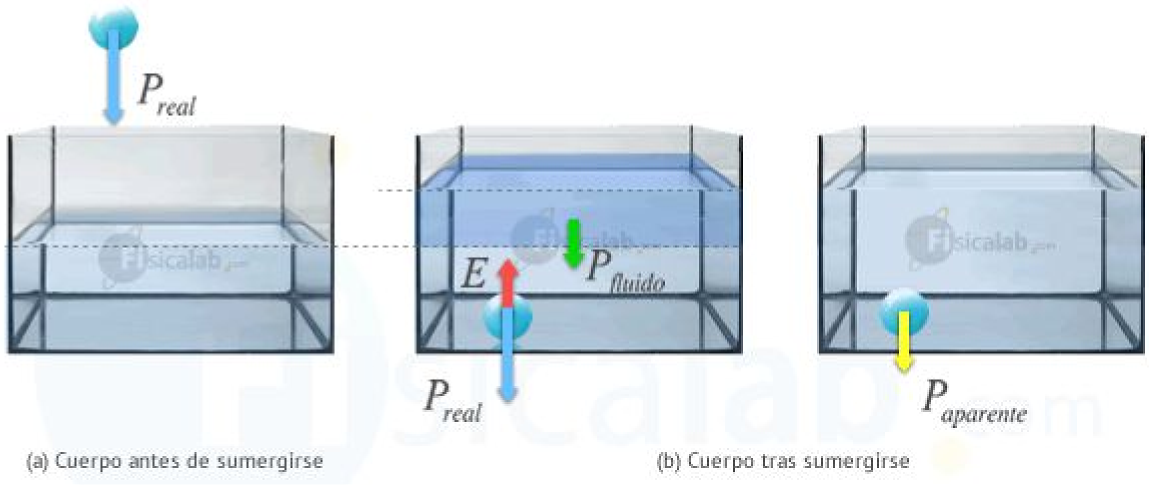
*V_{objeto} es el volumen total del objeto, si este se halla totalmente sumergido, o el volumen sumergido, si lo está en parte y es igual al volumen del fluido desalojado.

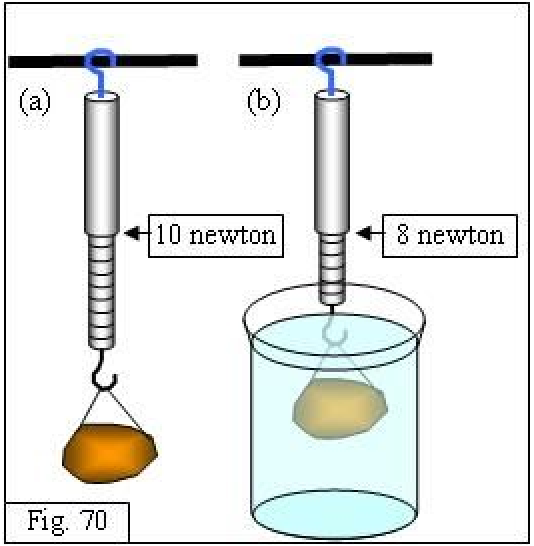
5.1. Peso aparente

❖ **Peso aparente:**

➢ Es el peso de un objeto cuando está sumergido en un fluido.

➢ Se calcula restando al peso real del objeto la fuerza de empuje: $\boxed{P_{aparente} = P_{real} - Empuje}$





Peso real (a) y aparente (b) de un cuerpo sumergido.

Ejemplo 1. Principio de Arquímedes

una pieza de aleación pesa 4000 N y ocupa un volumen de 5 dm^3. Halla la fuerza del empuje que experimenta si se sumerge en un líquido de densidad 837 Kg/m^3. ¿Cuál es su peso cuando está sumergido en este líquido?

DATOS

$P = 4000\ N$

$V_{objeto} = 5\ dm^3 = 0{,}005\ m^3$

$\rho_{fluido} = 837\ Kg/m^3$.

DESARROLLO

1. Sustituyendo en la fórmula del empuje:

$$E = \rho_{fluido} \cdot g \cdot V_{objeto} \Rightarrow E = 837\ Kg/m^3 \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 0{,}005\ m^3 = 41{,}01\ N$$

2. Sustituyendo en la fórmula del peso aparente: $P_{aparente} = P_{real} - Empuje$

$$P_{aparente} = 400\ N - 41{,}01\ N = 358{,}99\ N$$

Ejemplo 2. Principio de Arquímedes

Halla el empuje que experimenta dentro del agua y el peso aparente de un objeto de densidad 5000 kg/m^3 que pesa 200 N. Dato: $\rho_{agua} = 1000\ kg/m^3$.

DATOS

$\rho_{objeto} = 5000\ kg/m^3$

$P = 200\ N$

$\rho_{agua} = 1000\ kg/m^3$

DESARROLLO

1. Para calcular el empuje y el peso aparente necesitamos conocer el volumen del objeto. Este dato lo obtenemos a partir del peso y la densidad del objeto:

$$m_{objeto} = P/g \rightarrow m_{objeto} = 200\ N/9,8\ m/s^2 = 20,41\ kg$$

$$V_{objeto} = m_{objeto}/\rho_{objeto} \rightarrow V_{objeto} = 20,41\ kg/5000\ kg/m^3 = 0,004\ m^3$$

2. Sustituyendo en la fórmula del empuje:

$$E = \rho_{fluido} \cdot g \cdot V_{objeto} \rightarrow E = 1000\ kg/m^3 \cdot 9,8\ m/s^2 \cdot 0,004\ m^3 = 39,2\ N$$

3. Sustituyendo en la fórmula del peso aparente: $P_{aparente} = P_{real} - Empuje$

$$P_{aparente} = 200\ N - 39,2\ N = 160,8\ N$$

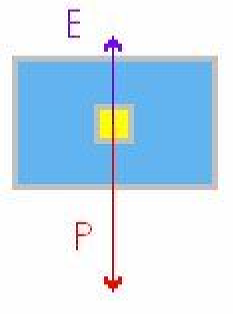
5.2. Condiciones de flotación

- un sólido sumergido en un fluido está sometido a dos fuerzas de las misma dirección (vertical) y de sentidos opuestos: - La fuerza peso, dirigida hacia abajo.
  - La fuerza de empuje, dirigida hacia arriba.
- Se pueden dar tres situaciones:

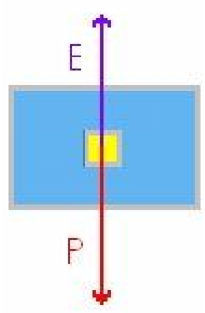
P > E

⬇

El objeto se hunde.

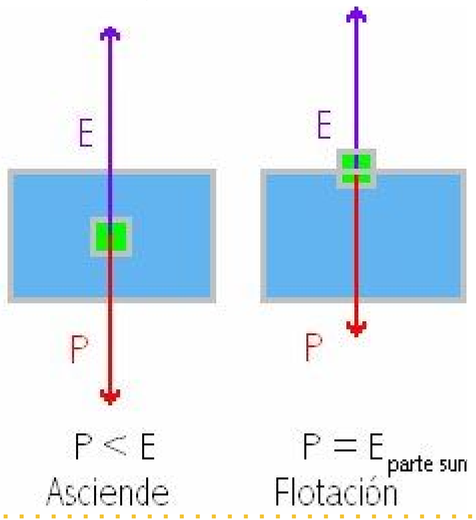


P = E ➡ El objeto queda en equilibrio en el interior del fluido, sin llegar al fondo.



Ej. Globo lleno de agua en agua.

P < E ➡ El objeto flota quedando en una posición en la que el peso del fluido desalojado iguala al peso del cuerpo.



Que el objeto flote o se hunda depende de que su densidad sea mayor o menor a la del fluido

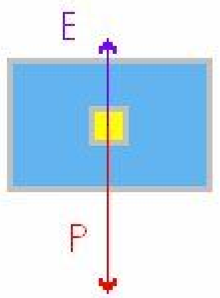
$$P > E$$

$$\downarrow$$

$$\rho_{objeto} \cdot V_{objeto} \cdot g > \rho_{fluido} \cdot V_{objeto} \cdot g$$

$$\downarrow$$

$$\rho_{objeto} > \rho_{fluido}$$



$P > E$
Se hunde

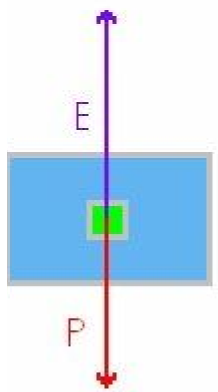
$$P < E$$

$$\downarrow$$

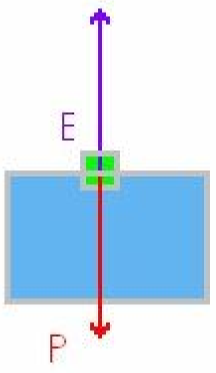
$$\rho_{objeto} \cdot V_{objeto} \cdot g < \rho_{fluido} \cdot V_{objeto} \cdot g$$

$$\downarrow$$

$$\rho_{objeto} < \rho_{fluido}$$



$P < E$
Asciende



$P = E_{\text{parte sume}}$
Flotación

Ejemplo 1. Condiciones de flotación

Determina si se hunde o flota en agua un objeto que tiene un peso de 500 N y que ocupa un volumen de 100 dm^3.

DATOS

$P = 500\ N$

$V = 100\ dm^3 = 0{,}1\ m^3$

DESARROLLO

Para saber si se hunde o flota comparamos su densidad con la del agua que es 1000 kg/m^3:

$$\rho_{objeto} = m_{objeto}/V_{objeto}$$

La masa del objeto la podemos conocer a partir del peso del objeto:

$$m_{objeto} = P_{objeto}/g \Rightarrow m_{objeto} = 500\ N/9{,}8 m/s^2 = 51{,}02\ kg$$

Sustituimos en la ecuación de la densidad:

$$\rho_{objeto} = 51{,}02\ kg/0{,}1\ m^3 = 510{,}2\ kg/m^3$$

El objeto flotará ya que su densidad es inferior a la del agua.