

HIDROSTÁTICA

1. LA PRESIÓN Y EL EFECTO DEFORMADOR DE LAS FUERZAS

Una fuerza puede producir una deformación en un cuerpo. La experiencia muestra que el efecto deformador de la fuerza depende de su intensidad y del área sobre la que actúa.

Como por ejemplo, un cuchillo corta mejor cuanto más fina sea su hoja (cuanto más afilado esté) porque la fuerza ejercida se concentra en una área menor; el peso de una persona es suficiente para que se hunda en la nieve, pero si se apoya en unos esquís, el peso se reparte sobre una área mayor y la persona no se hunde.

Presión: es la magnitud que mide el efecto deformador de una fuerza sobre un sólido.

La presión ejercida por una fuerza F sobre una superficie S es igual al cociente entre la intensidad de la fuerza y la superficie.

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

La unidad de presión en el Sistema Internacional es el **pascal** (Pa). Un pascal es la presión ejercida por una fuerza de 1 newton que actúa sobre una área de 1 metro cuadrado ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$).

Como el pascal es una unidad muy pequeña, también se utilizan otras:

Bar	1 bar = 100000 Pa
Milibar	1 mb = 100 Pa
atm	1 atm = 101300 Pa = 1013 mb
Baria	1 baria = 0,1 Pa
mm Hg	760 mm Hg = 1 atm = 101300 Pa
Kp/cm ²	1 Kp/cm ² = 98000 Pa (1,033 Kp/cm ² = 1 atm)

1 atm = 101300 Pa = 1013 mb = 760 mm Hg

2. EFECTO DE LAS FUERZAS SOBRE LOS FLUIDOS

Se les llama **fluidos** a las sustancias que pueden fluir, es decir, que pasan a través de pequeños orificios. No tienen forma definida, sino que adoptan la del recipiente que los contiene. Los líquidos y los gases son fluidos.

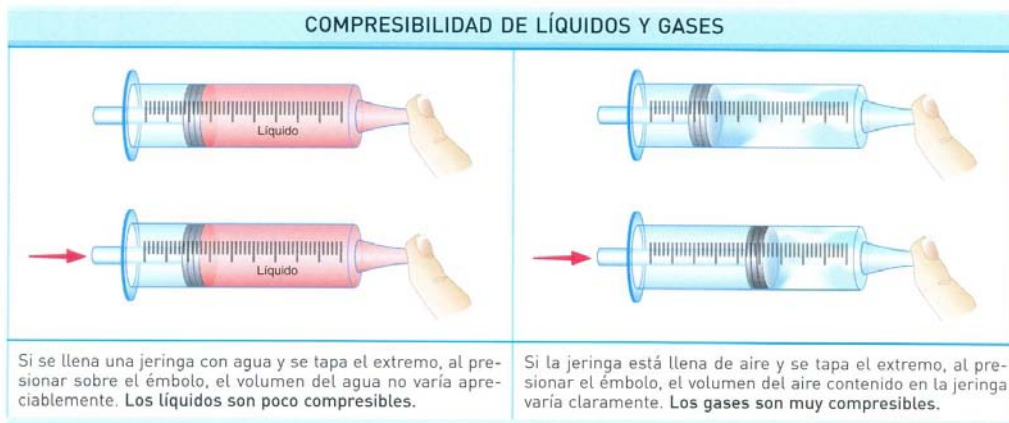
SEMEJANZAS ENTRE LÍQUIDOS Y GASES

- Ambos son fluidos
- Ambos carecen de forma
- Ambos necesitan un recipiente para contenerlos.
- Cuando en un recipiente cerrado se aplica una fuerza sobre un fluido, este disminuye de volumen. Esta propiedad se denomina compresibilidad. La merma de volumen depende del estado físico del fluido y de la presión que se ejerza sobre él: es tanto mayor cuanto más intensa sea la presión ejercida.

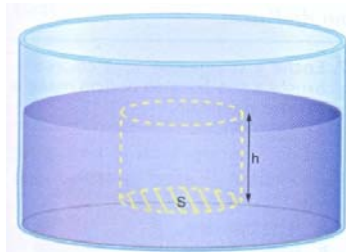
DIFERENCIAS ENTRE LÍQUIDOS Y GASES

LÍQUIDOS	GASES
Los líquidos son <u>poco compresibles</u> . Aunque se ejerzan sobre los líquidos presiones muy elevadas, su volumen disminuye muy poco. Por eso, se dice a veces que <u>son incompresibles</u> . La causa de este comportamiento es que sus moléculas están en contacto: es muy difícil juntarlas más	Los gases son <u>muy compresibles</u> (experimentan grandes cambios de volumen con presiones pequeñas). La distancia entre sus moléculas es grande en comparación con su tamaño, y resulta fácil juntarlas más

Pueden estar en recipientes abiertos o cerrados	Tienen que estar en recipientes cerrados
Sus partículas están juntas	Sus partículas están muy separadas
Sus partículas se mueven menos que en los gases	Sus partículas pueden moverse mucho



3. PRESIÓN DE UN LÍQUIDO. PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA ESTÁTICA DE FLÚIDOS



Si se supone un cilindro imaginario de líquido de altura h , con la base de superficie S ubicada a una profundidad h , su volumen es:

$$V = S \cdot h$$

Si la densidad del líquido es d , la masa del cilindro es:

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

Y su peso resulta ser:

$$F = P = m \cdot g = S \cdot h \cdot d \cdot g$$

La presión que ejerce este cilindro imaginario hacia abajo sobre la superficie inferior S es:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{S \cdot h \cdot d \cdot g}{S} = h \cdot d \cdot g$$

Esta expresión se conoce como **Principio fundamental de la estática de fluidos (hidrostática)**. La presión en el interior de un líquido de densidad d a una profundidad h es:

$$P = h \cdot d \cdot g$$

El líquido en el cilindro se encuentra en reposo y, por lo tanto, estará en equilibrio. La fuerza que ejerce el peso del líquido sobre la base inferior del cilindro se compensa con otra de igual intensidad, pero hacia arriba, ejercida por el líquido que se encuentra bajo el cilindro. Es decir, el líquido ejerce una presión sobre cualquier superficie de un cuerpo sumergido en él.

El valor de esta presión depende **sólo de la profundidad y de la densidad del líquido**, pero no de la forma del recipiente.

La dirección de salida del líquido muestra que la presión se ejerce perpendicularmente a la pared del recipiente. La fuerza de los chorros indica que la presión crece con la profundidad.



La experiencia muestra que un líquido ejerce presión sobre lo hondo y las paredes del recipiente que lo contiene. Como por ejemplo, si se abre un orificio en una pared del recipiente, la presión provoca que el líquido falda con fuerza de él.



En general, un fluido también ejerce presión sobre cualquier cuerpo sumergido en él; los submarinistas sufren una presión tanto más intensa cuanto mayor sea la profundidad a la que están sumergidos (hay más agua encima). Para grandes profundidades se emplean batiscafos, preparados para resistir la presión.

4. PRESIÓN APLICADA A UN LÍQUIDO. PRINCIPIO DE PASCAL. APLICACIONES

Cuando se ejerce un incremento de presión en algún punto de un líquido en equilibrio, es decir, una presión extra además de la que genera el propio fluido debido a su peso, esta presión se transmite por todo el fluido simultáneamente en todas las direcciones.

Principio de Pascal. La presión ejercida en un punto de un líquido se transmite con la misma intensidad en todas las direcciones. Este principio, enunciado polo científico francés Blaise Pascal (1623-1662), tiene muchas aplicaciones prácticas.

APLICACIONES

VASOS COMUNICANTES

Se llama vasos comunicantes a dos o más recipientes conectados entre sí que contienen un líquido; el nivel del líquido es el mismo en todos ellos. En efecto, si en un vaso el nivel del líquido estuviera más alto, la presión debida a esa columna líquida se transmitiría a todo el líquido y provocaría que el nivel en los otros vasos ascendiera hasta igualarse con el primero.



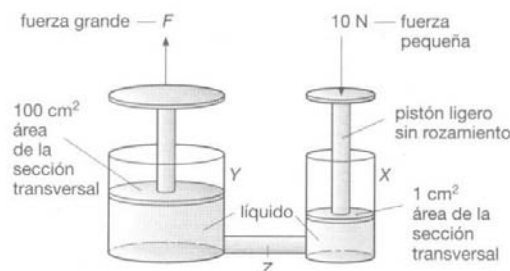
Los depósitos para el abastecimiento de agua de las poblaciones se sitúan en su parte más alta para que el agua fluya por las tuberías y alcance el mismo nivel en todos los puntos. Del mismo modo, el agua fluye en un pozo artesiano cuando el nivel freático se encuentra a mayor altura que la superficie en la localización del pozo.

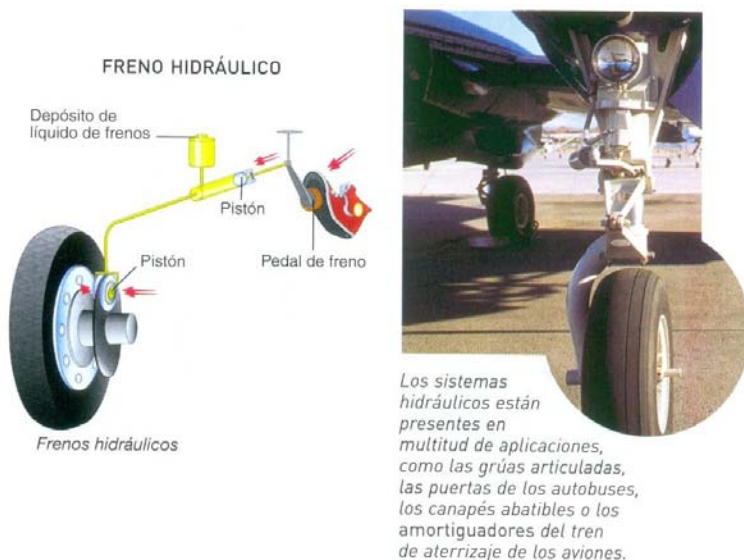
SISTEMAS HIDRÁULICOS

El principio de Pascal es el fundamento del elevador hidráulico. Un elevador hidráulico consta de dos recipientes cilíndricos de diferente sección, llenos de líquido y conectados entre sí. Cada cilindro tiene un pistón móvil. Si sobre el embolo de uno de ellos, de área S_1 , se aplica una fuerza F_1 , la presión ejercida es $P=F_1/S_1$. Esta misma presión, según el principio de Pascal, se transmite al segundo cilindro, de área S_2 , sobre lo que se ejercerá una fuerza F_2 . Por lo tanto: $P_1 = P_2$

Si el área S_2 del segundo cilindro es mayor que el área S_1 del primero cilindro, se obtiene una fuerza F_2 mayor que la fuerza F_1 aplicada.

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$





También el sistema de frenos hidráulicos de un automóvil o de una bicicleta se basa en el principio de Pascal. Una pequeña fuerza ejercida sobre el mango del freno da lugar a una presión que se transmite casi instantáneamente al mecanismo de frenado de las ruedas.

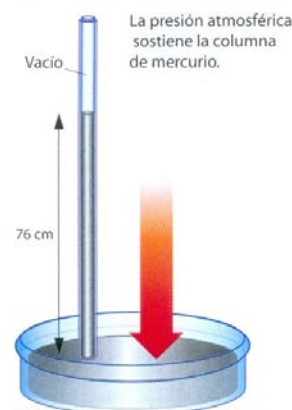
5. LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y SU MEDIDA

El aire pesa. Para comprobarlo, se puede comparar el peso de un recipiente lleno de aire con el de otro igual en el que se fijo el vacío en su interior. La atmósfera, o masa de aire que rodea la Tierra, pesa; es semejante a un océano de aire de más de 100 km de profundidad.

De acuerdo con el principio fundamental de la estática de fluidos, la atmósfera ejerce una presión sobre los cuerpos situados en su interior.

Presión atmosférica: es la fuerza por unidad de superficie ejercida por la atmósfera sobre los cuerpos situados en su interior.

EXPERIENCIA DE TORRICELLI



PRUEBAS EXPERIMENTALES DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

El físico italiano E. Torricelli (1608-1647) llevó a cabo la siguiente experiencia: llenó de mercurio un tubo de vidrio cerrado por un extremo y lo introdujo boca abajo en una cubeta con mercurio; el mercurio del tubo descendió algunos centímetros, pero se mantuvo en equilibrio una columna de 76 cm de altura.

La presión ejercida por esta columna de líquido estaba equilibrada por la presión ejercida por el aire. Quedaba demostrada de esta forma a existencia de la presión atmosférica.

De acuerdo con el principio fundamental de la hidrostática, la presión en un fluido varía con la profundidad. El valor anterior de la presión atmosférica corresponde al nivel del mar; su valor disminuye con la altura y llega a anularse para alturas próximas a 100 km.

Para cálculos aproximados, por cada 10,8 m que ascendemos, la presión disminuye 1 mm de Hg (Ejemplo: a nivel del mar, 760 mm Hg; a 10,8 m 759 mm Hg; a 21,6 m 758 mm de Hg; ...)

El valor medio de la presión atmosférica a nivel del mar es igual a 101300 Pa.

En la práctica se utilizan, además del pascal, otras unidades para medir la presión, como la atmósfera (atm), el milímetro de mercurio (mm de Hg) y el Kp/cm² (o atmósfera técnica).

$$1 \text{ atm} = 101300 \text{ Pa} = 1013 \text{ mb} = 760 \text{ mm Hg} = 1,033 \text{ Kp/cm}^2$$

APARATOS DE MEDIDA DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Los aparatos usados para medir la presión atmosférica se denominan **barómetros**. Los más utilizados son los barómetros metálicos. Constan de una caja metálica en cuyo interior se hizo el vacío. La presión atmosférica deforma la caja según el valor de la presión atmosférica, que se mide mediante una aguja acoplada a la caja y una escala graduada.

Los barómetros de mercurio, o de Torricelli, constan de un tubo de vidrio lleno de mercurio sobre una cubeta con el mismo líquido. La altura de la columna de mercurio indica el valor de la presión atmosférica. Son los más precisos. Pero el mercurio es tóxico y la Unión Europea y otras entidades internacionales ya prohíben su uso.

6. FUERZA DEL EMPUJE. PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES.

LA FUERZA DE EMPUJE

Los cuerpos sumergidos en agua o en otro líquido experimentan una fuerza de empuje hacia arriba. Como consecuencia de esta fuerza de empuje, se observa que los cuerpos sumergidos experimentan una merma aparente de peso: si se suspende un cuerpo de un dinamómetro, el peso medido por el aparato es menor cuando el cuerpo está sumergido.

El mismo efecto se produce cuando los cuerpos se encuentran en el seno de un gas, aunque la pérdida aparente de peso es menor que en el caso de los líquidos.



Por lo tanto, siempre que un cuerpo se encuentra en el interior de un fluido, sobre él actúa la fuerza de empuje, que tiene dirección vertical y sentido hacia arriba.

PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

El científico griego Arquímedes descubrió, en el siglo III la. C., que el valor de la fuerza de empuje sobre un cuerpo sumergido en un líquido es igual al peso del líquido desplazado por el cuerpo.

La fuerza de empuje es la resultante de las dos fuerzas que ejerce el líquido de densidad d , sobre las caras superior e inferior del cuerpo sumergido. Estas fuerzas pueden expresarse como el producto de la superficie de las caras, S , por la presión en ese punto.

$$E = F_2 - F_1 = P_2 \cdot S - P_1 \cdot S$$

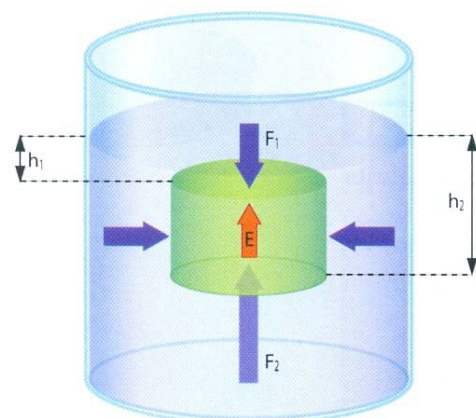
Utilizando el principio fundamental de hidrostática:

$$E = h_2 \cdot d_L \cdot g \cdot S - h_1 \cdot d_L \cdot g \cdot S = (h_2 - h_1) \cdot S \cdot d_L \cdot g$$

Pero $(h_2 - h_1) \cdot S$ es precisamente el volumen sumergido del cuerpo, que coincide con el volumen de líquido desplazado:

$$E = V \cdot d_L \cdot g = m_L \cdot g$$

CÁLCULO DEL EMPUJE



Principio de Arquímedes. Un cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje igual al peso del volumen de fluido que desplaza.

Como consecuencia del empuje, el cuerpo experimenta una merma de su peso aparente (**Peso aparente:** es el peso del cuerpo cuando se encuentra sumergido en un fluido).

EQUILIBRIO DE SÓLIDOS EN FLUÍDOS

Un sólido sumergido completamente en un fluido está sometido a dos fuerzas: el peso hacia abajo y el empuje hacia arriba.

- Si el peso es mayor que el empuje ($P > E$) el cuerpo se hunde.
- Si el peso es igual al empuje ($P = E$) el cuerpo está en equilibrio en cualquier punto del fluido, porque la fuerza resultante sobre él es cero.
- Si el peso es menor que el empuje que sufre el cuerpo cuando está completamente sumergido ($P < E$) el cuerpo asciende a flote.



En un cuerpo que flota, hay equilibrio entre su peso y el empuje, que es el peso del volumen de fluido desplazado por la parte sumergida del cuerpo.

APLICACIONES DEL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

- La **navegación marítima** se basa en el principio de Arquímedes: un barco flota porque el empuje debido al agua que desaloja su parte sumergida equilibra su peso.
- Los **submarinos** disponen de sistemas para aumentar o disminuir su peso mediante el llenado o vaciado de tanques de agua; al aumentar el peso, el submarino se hunde; al expulsar agua de sus depósitos, su peso se hace menor que el empuje y el submarino asciende.
- Los **aerostatos** son aeronaves llenas de un gas menos denso que el aire, como el helio en los dirigibles o el aire caliente en los globos aerostáticos. Debido a esta menor densidad, su peso es menor que el empuje del aire sobre ellos. Controlando el peso mediante lastres y el empuje mediante la cantidad de gas encerrado, se puede conseguir el control del ascenso y descenso de los aerostatos.
- El principio de Arquímedes sirve de fundamento para la construcción de **aparatos para medir densidades**, como los **areómetros** o **densímetros**. Un densímetro es un recipiente cerrado, alargado y lastrado que lleva una escala graduada. Al sumergirlo en un líquido, el empuje equilibra su peso: la porción del densímetro que sobresale depende de la densidad del líquido utilizado. La densidad del líquido se puede medir directamente en la escala.

7. LEYES DE LOS GASES

Proceso	Ley (fórmula)	Autor	Significado	Relación entre las variables
Isobárico (P cte)	$V / T = \text{cte}$ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	Gay - Lussac	A mayor T \Rightarrow mayor V A menor T \Rightarrow menor V	Directa
Isocórico (V cte)	$P / T = \text{cte}$ $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$	Charles	A mayor P \Rightarrow mayor T A menor P \Rightarrow menor T	Directa
Isotérmico (T cte)	$P V = \text{cte}$ $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$	Boyle - Mariotte	A mayor P \Rightarrow menor V A menor P \Rightarrow mayor V	Inversa