

## TEMA 2: HIDROSTÁTICA

### FUERZA y PRESIÓN EN LOS FLUIDOS:

Los líquidos y los gases tienen una propiedad común: la de fluir, es decir se adaptan al recipiente que lo contiene. La teoría cinético molecular nos explicaba por qué sucedía esto. También sabemos que los gases varían su volumen y los líquidos no: son incompresibles.

Un efecto de las fuerzas es deformar los cuerpos. Resulta que la misma fuerza puede producir deformaciones diferentes en el mismo cuerpo según como esté repartida la fuerza sobre él.

#### **Experiencia práctica**

\_ Cogemos un ladrillo y un bloque de espuma (como la de los rellenos de colchones y cojines).

\_ Colocamos el bloque encima de la espuma en sus tres lados y observamos cómo se deforma.

OBSERVAMOS QUE: El peso del ladrillo es el mismo en cualquier posición, pero cuanto menor es la superficie de apoyo, mayor es la deformación de la espuma.

AL GOLPEAR un clavo con un martillo, se introduce fácilmente en la madera; pero si se le golpea sobre la punta, difícilmente podemos conseguir el mismo resultado

\_ Lo mismo ocurre en muchos otros casos: un cuchillo bien afilado corta mejor, un tanque no se hunde en la arena y una bicicleta sí, un esquiador no se hunde en la nieve y una persona con botas sí, un bisturí corta muy bien...

**Cuestión** Los faquires se acuestan encima de un lecho lleno de clavos e incluso dejan que otra persona se suba encima de ellos cuando están acostados, sin aparentemente sufrir daño alguno. ¿Puede explicar esto? ¿Qué pasaría si hubiese pocos clavos?

Veamos todo esto en un vídeo: <http://youtu.be/KVOBzQgr3Z0>

Por eso introducimos una nueva magnitud que relaciona la fuerza que se hace con la superficie en la que está repartida: **LA PRESIÓN**, que se define como LA FUERZA EJERCIDA POR UNIDAD DE SUPERFICIE

$$P = \frac{\text{Fuerza } F}{\text{Superficie } S}$$

De la fórmula deducimos que, para la misma fuerza, la presión es inversamente proporcional a la superficie; esto significa que, para la misma fuerza, cuanto menor sea la superficie mayor ha de ser la presión que se ejerce y más se deformará el cuerpo sobre el que se aplica.

#### **Unidades de la presión**

En el S. I. la unidad de presión es el pascal (Pa). Un pascal es la presión que ejerce una fuerza de 1 N repartida sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup> (1 Pascal = 1 newton/m<sup>2</sup>)

En industria se usa el  $\text{kg/cm}^2$ . Cuando alguien dice que la presión de un neumático es de “2 kilos” se está refiriendo a  $2 \text{ kg/cm}^2$ .

La presión atmosférica se mide en atmósferas y en mm de mercurio (Hg): **1 atm = 760 mm Hg**  
**1 atm = 101.300 Pa**

Otra unidad son los **bar**; **1 bar = 1000 mb**      **1 mb = 100 Pa**

**Ejercicio 1.-** Un cuerpo ortoédrico tiene un peso de 10 N y las superficies de sus caras son 50, 250 y  $500 \text{ cm}^2$ . ¿Qué presión ejercerá apoyado en cada una de ellas?

**Ejercicio 2.-** Un ladrillo de 7 x 10 x 50 cm está apoyado sobre su cara menor y ejerce una presión de 0'8 Pa. Calcula la presión que ejercerá sobre las otras caras.

**Ejercicio 3.-** Calcula el peso de una columna de 77 cm de mercurio y de  $4 \text{ mm}^2$  de base.

**Ejercicio 4.-** Calcula qué altura tendrá la columna de mercurio un día de buen tiempo en el que has visto por la TV que la presión es de 1.030 mb.

**Ejercicio 5.-** Calcula la presión que ejerce una persona de 65 kg que está de pie sobre el suelo; la suela de cada uno de sus zapatos tiene un área de  $520 \text{ cm}^2$ .

**Ejercicio 6.-** Calcular la presión ejercida sobre la mesa por un bloque de 5 kg si la superficie sobre la que se apoya tiene  $50 \text{ cm}^2$ .

**Ejercicio 7.-** Con un martillo ejercemos una presión de 30 000 Pa sobre un clavo que tiene una superficie de apoyo sobre la madera de  $1 \text{ mm}^2$ . ¿Cuánta fuerza hace el clavo contra la madera?

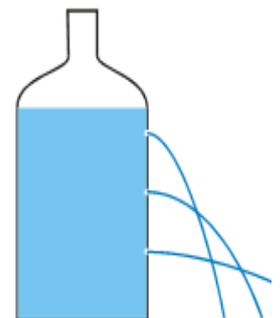
### PRESIÓN EN EL INTERIOR DE UN LÍQUIDO EN REPOSO: PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Si sobre una botella de plástico hacemos agujeros a distinta altura, se observa que:

\_ La fuerza ejercida por un líquido es perpendicular a la superficie

<http://web.educastur.princast.es/proyectos/fisquiweb/Videos/Hidrostatica/Index.htm>

\_ Cuanto mayor sea la profundidad a la que esté el orificio, con más velocidad saldrá el agua por él. Esto es así porque dentro del líquido hay presión, y esta presión empuja el agua que sale por el agujero; también deducimos que *la presión aumenta con la profundidad* [http://youtu.be/S4zAkHA\\_AkQ](http://youtu.be/S4zAkHA_AkQ)



En el interior de los líquidos hay fuerzas que actúan en todas las direcciones sobre cualquier cuerpo que se encuentre en su interior. ¿Por qué?. Por el efecto del campo gravitatorio, es decir, su peso.

Una gota de agua en un ambiente sin gravitación “revolotea”: en el interior de esa gota no hay presión hidrostática. Sin embargo, en la Tierra, en un vaso de agua cada capa de partículas se encuentra a mayor presión porque soporta mayor peso, por lo que los choques entre las partículas y las paredes son más enérgicos.

Así, como los fluidos pesan ejercen una presión sobre los objetos situados en su seno: **presión hidrostática**

La presión hidrostática NO es una propiedad de los fluidos, sino la interacción de ellos con el campo gravitatorio

**Ley fundamental de la hidrostática:** La presión que se soporta en el fondo de un recipiente es, después de hacer operaciones:

**Presión = densidad (líquido) x altura (desde el punto considerado hasta la superficie libre) x gravedad**

$$P = d \times h \times g$$

**Ejercicio 8.-** La densidad del agua del mar es aproximadamente 1 030 kg/m<sup>3</sup>. Calcule la presión que soporta un submarino que está a una profundidad de 150 m.

**Ejercicio 9.-** Calcular la presión que existe en un punto situado a 10 m bajo la superficie de la mar, sabiendo que la densidad del agua de mar es 1,03 g/cm<sup>3</sup>

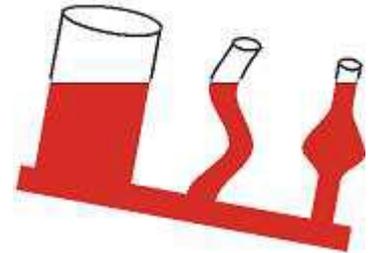
**Ejercicio 10.-** Si a nivel del mar la presión es de 760 mm y en una montaña 635 mm. Calcular la altura de la montaña sobre el nivel del mar. Suponer que la densidad del aire es constante e igual a 1,3 g/litro

## APLICACIONES

**Los vasos comunicantes** Si tenemos varios recipientes con un líquido y están conectados de modo que el líquido pueda pasar de unos a otros, el nivel del líquido alcanzará la misma línea horizontal en todos ellos.

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

El sifón y el nivel son otros ejemplos de vasos comunicantes.



Se deduce que: La forma del recipiente que contenga el líquido y la cantidad de éste no influyen en el valor de la presión ejercida por el líquido: solo importan la densidad y la profundidad. PESO ≠ PRESIÓN

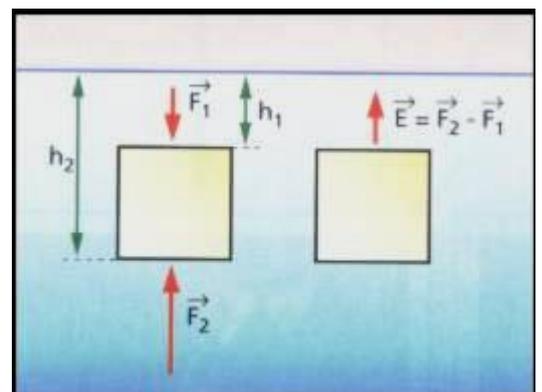
## EMPUJE EN LOS FLUIDOS

¿Por qué al introducir un objeto en un líquido hay que hacer fuerza? ¿por qué parece que pesa menos?

$F_2 > F_1$  debido a la diferencia de altura. Llamamos **empuje** a

$$E = F_2 - F_1$$

Por lo tanto, sobre un cuerpo sumergido actúan dos fuerzas en sentido vertical: su peso y el empuje hidrostático

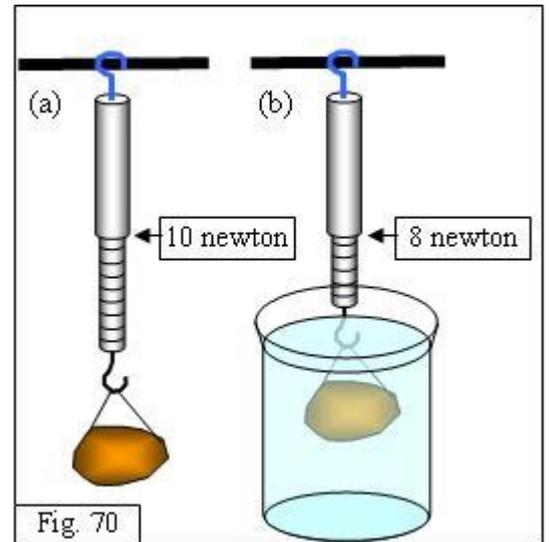


### Principio de Arquímedes:

Todo cuerpo sumergido en un fluido sufre una fuerza vertical y hacia arriba igual al peso del fluido que desaloja la parte sumergida del cuerpo.

$$F_{\text{empuje}} = F_{\text{peso desalojado}}$$

En la imagen  $E = P - P_{\text{aparente}} = 10 - 8 = 2$  el empuje es igual al peso del líquido desalojado



Podemos calcular el valor de la fuerza del empuje:

$$E = d \cdot V \cdot g \quad \text{siendo}$$

- Si el cuerpo está totalmente sumergido ocurre que el volumen de líquido desalojado es el volumen del cuerpo  $V_{\text{liq}} = V_{\text{cuerpo}}$ .
- Si el cuerpo está flotando quedando sumergido sólo una parte de él, el volumen de líquido desalojado se corresponderá con el volumen sumergido.

<http://youtu.be/n3A5MK6IDpg>

**Ejercicio resuelto.**- Un cuerpo esférico de 60 cm de radio y densidad  $1200 \text{ kg/m}^3$  se sumerge en agua. Calcula su empuje y su peso aparente. ¿Se hundiría al soltarlo?

- Volumen del cuerpo sumergido = volumen de agua desalojada

$$V = - \quad -$$

- Empuje = peso de agua desalojada

$$E = m_{\text{a. des.}} \cdot g = d_{\text{a.}} \cdot V_{\text{a. des.}} \cdot g = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,90 \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 8820 \text{ N}$$

- Peso real

$$P_{\text{real}} = m_{\text{c.}} \cdot g = d_{\text{c.}} \cdot V_{\text{c.}} \cdot g = 1200 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,90 \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 10584 \text{ N}$$

- El peso aparente = peso real – empuje

$$P_{\text{a}} = P_{\text{real}} - E = 10584 \text{ N} - 8820 \text{ N} = 1764 \text{ N}$$

Por lo tanto, el cuerpo se hunde porque su peso real es mayor que el empuje

**Ejercicio 11.-** Una bola de acero (densidad =  $7,96 \text{ g/cm}^3$ , volumen =  $100 \text{ cm}^3$ ) está metida dentro de agua (densidad  $1,01 \text{ g/mL}$ ). Calcule su peso aparente.

**Ejercicio 12.-** Un bloque de madera como el de la figura anterior, de lados  $20 \times 20 \times 30 \text{ cm}$ , está dentro de aceite ( $d = 950 \text{ kg/m}^3$ ). Calcule:

- El peso del bloque (densidad de la madera:  $990 \text{ kg/m}^3$ ).
- El empuje que le da el aceite hacia arriba.
- La fuerza total que actúa sobre el bloque.
- ¿Qué fuerza tendríamos que hacer nosotros para sacar el bloque fuera del vaso?

**Ejercicio 13.-** Un cubo de aluminio de  $3 \text{ cm}$  de arista y  $2,7 \text{ g/cm}^3$  de densidad se sumerge en agua (densidad del agua =  $1 \text{ g/cm}^3$ ).

- ¿Qué masa tiene el cubo?
- ¿Qué volumen desaloja?
- ¿Qué masa de agua desaloja?
- ¿Cuánto pesa el agua desalojada?

**Ejercicio 14.-** Un cuerpo de masa  $90 \text{ g}$  y volumen  $120 \text{ cm}^3$  flota en el agua ( $d=1\text{g/cm}^3$ ). Calcula:

- Peso del cuerpo.
- Volumen sumergido.
- Empuje.
- % del volumen sumergido

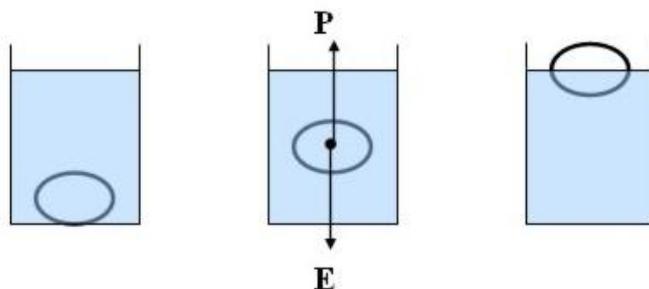
### Cuerpos sumergidos

Como sobre un cuerpo sumergido actúan dos fuerzas, su **peso** y el **empuje**, entonces, se pueden producir tres casos:

1.  $P > E$  : el cuerpo se hunde. Es decir, la densidad del cuerpo es mayor que la del líquido.

2.  $P = E$  : el cuerpo no se hunde ni emerge. El cuerpo está ya en equilibrio y puede mantenerse dentro del líquido a cualquier profundidad, sin subir ni bajar

3.  $P < E$  : el cuerpo flota. La densidad del cuerpo es menor que la del líquido.



**Actividad:** Dale una explicación a los hechos siguientes:

\_ El hierro es más denso que el agua, pero un barco de hierro flota en ella.

\_ Una lámina de papel de aluminio se hunde en agua; pero si la arruga y hace una bola con ella, flotará en el agua.

\_ Las personas flotamos mejor en el agua del mar que en el agua de un río o de una piscina.

\_ La densidad del hierro es 7,96 g/cm<sup>3</sup>, y la del mercurio líquido 13,6 g/cm<sup>3</sup>. Si echamos una moneda de un euro en un vaso con mercurio, la moneda no se hunde.

\_ Un submarino mantiene una posición estable, con los motores apagados, a una profundidad de 38 m. ¿Podemos afirmar que la densidad del buque es igual a la del agua del mar?

\_ Un huevo de gallina se hunde en agua dulce (d = 1,00 g/mL), pero flota en agua salada (d = 1,04 g/mL). ¿Qué podemos afirmar sobre la densidad de ese huevo?

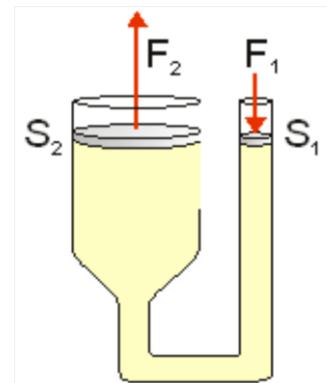
## SISTEMAS HIDRAULICOS. PRINCIPIO DE PASCAL

**Principio de Pascal.** Si se ejerce presión en un punto de un líquido en reposo, esta se transmite por igual al resto de los puntos del líquido y a las paredes del recipiente que lo contiene.

Tiene muchísimas aplicaciones en mecanismos hidráulicos. Están basados casi todos en la prensa hidráulica. Son dos cilindros, normalmente de acero, conectados mediante un tubo, que contienen un líquido no corrosivo (aceite usualmente)

En el embolo pequeño se ejerce una fuerza  $F_1$  sobre una superficie pequeña  $S_1$ , resultando una presión sobre el líquido. Esta presión se transmite hasta el otro embolo o pistón sin cambiar de valor, por lo que:

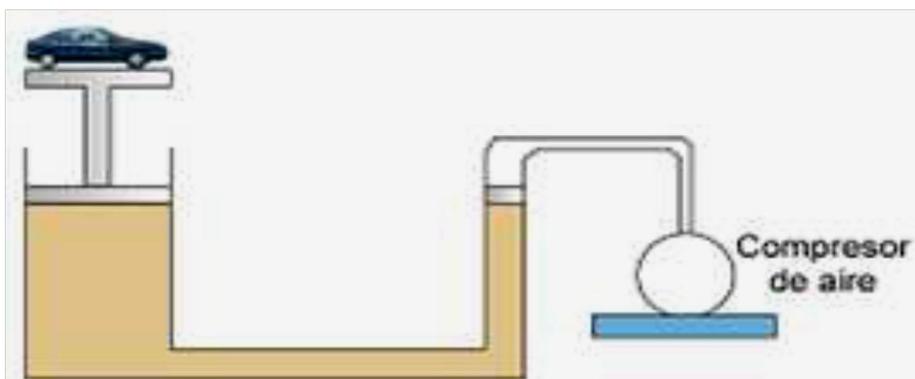
$$P_1 = P_2 \quad - \quad -$$



Y como  $S_2$  es mayor que  $S_1$ , entonces la fuerza  $F_2$  es mayor que  $F_1$ .

En otras palabras, haciendo una fuerza pequeña en el embolo pequeño obtenemos una fuerza grande en el embolo grande.

Así surgen múltiples aplicaciones: elevadores hidráulicos (coches en los talleres), frenos, accionadores en excavadoras, transmisión de fuerzas en las alas de los aviones...



**Ejercicio 15.-** En un elevador hidráulico (prensa de Pascal) el émbolo mayor mide 6,98 m<sup>2</sup> de área y el menor 2,13 m<sup>2</sup>. ¿Qué fuerza hay que hacer sobre el menor para poder levantar una carga de 1 600 kg colocada encima del émbolo mayor?

## GRAVITACIÓN UNIVERSAL

Las piedras caen al suelo, la Luna da vueltas alrededor de la Tierra (no se mueve en línea recta, así que tiene que haber alguna fuerza que curve su trayectoria), en el mar hay mareas, etc. Todo esto y los estudios de grandes científicos como Ptolomeo, Copérnico, Kepler y Galileo, entre otros, le hicieron pensar a Newton cual podía ser la causa. Y llegó a una conclusión, que conocemos con el nombre de ley de la gravitación universal.

Newton pensó que la causa común de los hechos anteriores era que todos los cuerpos se atraen entre sí simplemente por tener masa.

### **Ley de Gravitación Universal**

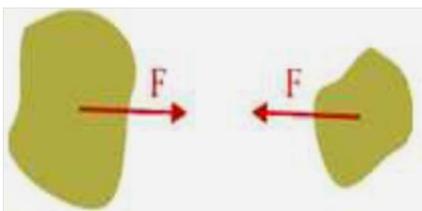
Dos cuerpos se atraen con una fuerza proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos.

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

G es una constante de proporcionalidad llamada **constante de gravitación universal**. La medición de esta

constante, se debe a **Cavendish**  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$

Como el valor de G es muy pequeño, las fuerzas gravitacionales son muy pequeñas, excepto que los cuerpos tengan mucha masa. Así, la fuerza de atracción entre dos personas de 70 kg separadas 20 cm es nada más que ocho millonésimas de newton, por eso no la notamos.



Observa que las dos fuerzas de atracción entre los cuerpos son iguales: no es cierto que el cuerpo grande atraiga con más fuerza al pequeño de lo que el pequeño atrae al grande; la atracción es consecuencia de la interacción entre los dos simultáneamente; cumplen la tercera ley de la dinámica. Las dos fuerzas tienen el mismo módulo.

**Ejercicio Resuelto-** Calcule la fuerza gravitacional de atracción entre la Tierra y un hombre de 65 kg situado en su superficie [masa de la Tierra =  $5,97 \cdot 10^{24}$  kg; radio de la Tierra = 6 371 km].

**Solución** La distancia hay que medirla desde el centro de la Tierra hasta el centro de la persona, es decir, d = radio de la Tierra (en metros, no en km)

\_\_\_\_\_

**Ejercicio 16.-** Sea  $M$  la masa de la Tierra,  $M/80$  la masa de la Luna y  $330.000 M$  la masa del Sol. Por otro lado, la distancia de la Tierra a la Luna es de  $380.000 \text{ Km}$  y la distancia de la Tierra al Sol es de  $150$  millones de  $\text{Km}$ . Calcular:

- Fuerza de atracción entre la Tierra y la Luna.
- Fuerza de atracción entre la Tierra y el Sol.
- Compara cuántas veces es mayor la fuerza del Sol que la de la Luna.

**Ejercicio 17.-** Calcule el peso de una persona de  $55 \text{ kg}$  cuando está en las posiciones siguientes:

\_ Superficie de la Tierra (use los datos de los ejercicios anteriores)

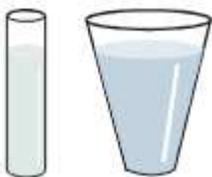
\_ A  $5000 \text{ km}$  de altura sobre la superficie de la Tierra.

\_ A  $20000 \text{ km}$  de altura sobre el planeta.

**Ejercicio 18.-** ¿A qué distancia tendrían que estar dos vacas de  $600 \text{ kg}$  para que la fuerza de atracción entre ellas fuese de  $2.4 \text{ mN}$  (milinewtons)?

### Actividades propuestas

- Explica por qué una chincheta entra en un tablero de corcho con poco esfuerzo.
- Un cuchillo afilado corta bien porque su superficie de apoyo es muy pequeña. Calcula la presión que ejerce el filo de un cuchillo de  $3 \text{ mm}^2$  de superficie si hacemos una fuerza sobre él de  $12 \text{ N}$  (una fuerza pequeña).
- A  $100 \text{ m}$  de profundidad en el mar hay, aproximadamente, una presión de  $11 \text{ atm}$ . ¿Cuántos pascales son? ¿Qué fuerza se ejerce, a esa profundidad, sobre la ventana de un submarino de  $0,82 \text{ m}^2$  de superficie?
- Calcula la fuerza con la que la Tierra atrae a una manzana de  $200 \text{ g}$  que está en un manzano. (La masa de la Tierra es  $6.1024 \text{ kg}$  y su radio  $6371 \text{ km}$ ).
- Sobre el émbolo mayor de una prensa hidráulica, de radio  $22 \text{ cm}$ , se coloca un coche de  $12000 \text{ N}$  de peso. ¿Qué fuerza habrá que hacer en el émbolo pequeño de radio  $5 \text{ cm}$  para levantar el coche?
- Los dos vasos tienen la misma altura y la misma sección en su fondo.



- ¿En cuál de los dos vasos hay más presión en el fondo?  
¿En cuál de los dos el fondo soporta más fuerza?

- Metemos un trozo de piedra en agua, primero a  $1 \text{ m}$  de profundidad y después a  $3 \text{ m}$ . ¿En cuál de las dos posiciones soporta más presión la piedra? ¿En cuál de las dos es mayor el empuje que le da el agua hacia arriba?