



## Conozcamos los fluidos Parte No. 1

**Objetivos de la unidad:** Indagar y aplicar con seguridad principios de hidrostática y presión atmosférica, realizando experimentos, construyendo aparatos y resolviendo problemas de cálculo acerca de sus propiedades y leyes que les ayuden a comprender y valorar sus aplicaciones en la vida cotidiana.

### Indicadores de Logros:

- 2.1. Indaga y describe con interés las características y propiedades de los fluidos reales e ideales: densidad, capilaridad, viscosidad, tensión superficial y presión**
- 2.2. Indaga, representa y describe con interés los principios de Pascal y Arquímedes y su aplicación en la vida cotidiana.
- 2.3. Plantea, analiza y resuelve con persistencia problemas de cálculo aplicando los principios de Pascal y Arquímedes.**
- 2.4. Experimenta y resuelve con perseverancia problemas de cálculo sobre la presión hidrostática de cuerpos en el interior de un líquido.
- 2.5. Experimenta y describe con seguridad el efecto de la presión atmosférica en fenómenos cotidianos y en los seres vivos**
- 2.6. Plantea, analiza y resuelve con perseverancia problemas aplicando conocimientos sobre presión atmosférica
- 2.7. Experimenta y resuelve correctamente problemas de cálculo sobre la presión en gases encerrados en un recipiente.

## TIPOS DE FLUIDOS

- ¿Por qué crees que es posible hacer pasar agua a través de la manguera desde el chorro hasta el orificio de salida?
- ¿Por qué es posible hacer pasar aire a las llantas de la bicicleta a través de la bomba de aire?
- ¿Por qué se escapa el agua entre los dedos cuando la tratamos de contener con las manos?

## TIPOS DE FLUIDOS

### Fluidos reales

Los fluidos reales son los que presentan cierta viscosidad, es decir, un rozamiento interno de sus moléculas. Tanto los líquidos como los gases presentan cierta viscosidad, aunque los líquidos son más viscosos que los gases.

### Fluidos ideales

En los fluidos ideales no existen fuerzas de fricción, es decir, no hay viscosidad entre sus moléculas. El agua y el aire pueden considerarse como fluidos ideales. En general, a través de los fluidos ideales se explican algunos principios básicos de la hidrostática (estudio de los líquidos en reposo)

## PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

### Densidad

Los cuerpos difieren por lo general en su masa y en su volumen. Estos dos atributos físicos varían de un cuerpo a otro, de modo que si consideramos cuerpos de la misma naturaleza, cuanto mayor es el volumen, mayor es la masa del cuerpo considerado. No

obstante, existe algo característico del tipo de materia que compone al cuerpo en cuestión y que explica por qué dos cuerpos de sustancias diferentes que ocupan el mismo volumen no tienen la misma masa o viceversa.

Aun cuando para cualquier sustancia la masa y el volumen son directamente proporcionales, la relación de proporcionalidad es diferente para cada sustancia. Es precisamente la constante de proporcionalidad de esa relación la que se conoce por densidad y se representa por la letra griega ( $\rho$ ).

¿Por qué el hielo flota en el agua?

Para responder la pregunta, tienes que conocer el significado de densidad.

La densidad de una sustancia es una propiedad intensiva de la materia y expresa la masa contenida en el volumen que ocupa.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde:

$\rho$  = densidad

$m$  = masa

$v$  = volumen

En el Sistema Internacional, las unidades para la densidad son:  $\text{kg/m}^3$ , pero también se suele expresar en el Sistema cegesimal cuyas unidades son:  $\text{gr/cm}^3$

La densidad de algunas sustancias comunes es:

<i>Sustancia</i>	<i>Densidad en kg/m<sup>3</sup></i>	<b>Densidad en g/c.c.</b>
agua	1000	1
Aceite	920	0,92
Gasolina	680	0,68
Plomo	11300	11,3
Acero	7800	7,8
Mercurio	13600	13,6
Madera	900	0,9
Aire	1,3	0,0013
Butano	2,6	0,026
Dióxido de carbono	1,8	0,018

La densidad de un cuerpo está relacionada con su flotabilidad, una sustancia flotará sobre otra si su densidad es menor. Por eso la madera flota sobre el agua y el plomo se hunde en ella, porque el plomo posee mayor densidad que el agua mientras que la densidad de la madera es menor, pero ambas sustancias se hundirán en la gasolina, de densidad más baja.

A la densidad suele llamársele masa específica o densidad de masa porque relaciona la masa con el volumen. Si se relaciona el peso de la sustancia con su volumen, se tiene el peso específico,  $Pe$ .

El peso específico representa la fuerza con que la Tierra atrae a un volumen unidad de la misma sustancia considerada. La relación entre peso específico y densidad es la misma que la existente entre peso y masa. En efecto: siendo  $g$  la aceleración de la gravedad.

La unidad del peso específico en el SI es el  $N/m^3$ . La relación matemática es:

$$Pe = \frac{w}{V}$$

### **Densidad relativa** (prel) o Gravedad Específica (GE)

La densidad relativa de una sustancia es el cociente entre su densidad y la de otra sustancia diferente que se toma como referencia o patrón:

Para sustancias líquidas se suele tomar como sustancia patrón el agua cuya densidad a 4 °C es igual a 1000 kg/m<sup>3</sup>. Para gases la sustancia de referencia la constituye con frecuencia el aire que a 0 °C de temperatura y 1 atm de presión tiene una densidad de 1,293 kg/m<sup>3</sup>. Como toda magnitud relativa, que se obtiene como cociente entre dos magnitudes iguales, la densidad relativa carece de unidades físicas.

La gravedad específica o densidad relativa de una sustancia se define como la relación entre la densidad absoluta de la sustancia y la densidad de una sustancia patrón.

$$G. E. = \text{Densidad Absoluta} / \text{Densidad Patrón} = \rho / \rho_p$$

Para líquidos y sólidos, se toma como sustancia patrón el agua y para gases el aire.  $\rho_{\text{agua}} = 1 \text{ gr.cm}^{-3} = 1000 \text{ Kg.m}^{-3}$  y  $\rho_{\text{aire}} = 0.00129 \text{ gr.cm}^{-3} = 1.29 \text{ Kg.m}^{-3}$

La gravedad específica es un número sin dimensiones o sea sin unidades; es decir una cantidad adimensional.

### **PRESION. CONCEPTO Y UNIDADES.**

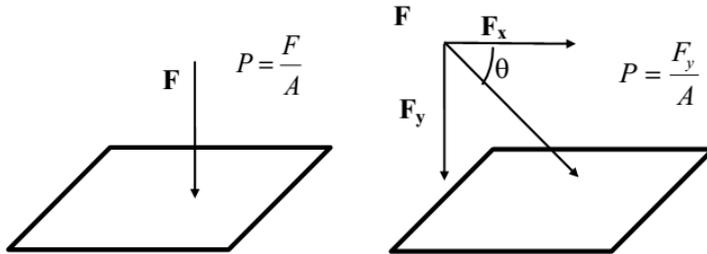
Cuando se ejerce una fuerza sobre un cuerpo deformable, los efectos que provoca dependen no sólo de su intensidad, sino también de cómo esté repartida sobre la superficie del cuerpo. Así, un golpe de martillo sobre un clavo bien afilado hace que penetre más en la pared de lo que lo haría otro clavo sin punta que recibiera el mismo impacto. Un individuo situado de puntillas sobre una capa de nieve blanda se hunde, en tanto que otro de igual peso que calce raquetas, al repartir la fuerza sobre una mayor superficie, puede caminar sin dificultad.

El cociente entre la intensidad  $F$  de la fuerza aplicada perpendicularmente sobre una superficie dada y el área  $S$  de dicha superficie se denomina presión:

La presión representa la intensidad de la fuerza que se ejerce sobre cada unidad de área de la superficie considerada. Cuanto mayor sea la fuerza que actúa sobre una superficie dada, mayor será la presión, y cuanto menor sea la superficie para una fuerza dada, mayor será entonces la presión resultante.

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Sus unidades son } \left[ \frac{N}{m^2} \right] \text{ o decir pascal (pa)}$$

En la Fig. Fuerza que actúa sobre una superficie de área A. La fuerza que produce presión, es aquella que actúa perpendicular a la superficie.



¿Por qué los ladrillos de las construcciones se colocan unos sobre otros con las caras de mayor área?

Porque de esta forma ejercen menor presión unos sobre otros y sobre el suelo.

La presión indica la relación entre una fuerza aplicada y el área sobre la cual actúa. Dicha fuerza actúa en forma perpendicular sobre el área aplicada y se distribuye por toda ella.

Si analizas la expresión matemática de la presión (P), podrás deducir que cuanto mayor sea la fuerza aplicada, mayor será la presión. Por el contrario, si aumenta el área o superficie, la presión será menor y viceversa.

Podríamos deducir entonces que la fuerza es directamente proporcional a la presión, es inversamente proporcional al área en la cual se aplica.

$$P \propto F \quad P \propto 1/A \quad \text{Por lo tanto } P = \frac{F}{A}$$

## LA ESTÁTICA DE LOS FLUIDOS (HIDROSTÁTICA)

¿Has sentido alguna vez que un objeto pesa menos cuando se sumerge en agua?

¿A qué se debe esto?

### Los fluidos en reposo

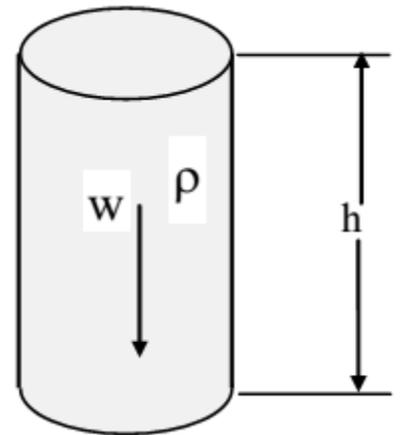
#### Presión Hidrostática (PH)

El concepto presión tiene especial utilidad en los fluidos. La presión hidrostática, es la presión que ejerce un fluido sobre las paredes y el fondo del recipiente que lo contiene. Es un hecho experimental que un fluido ejerce una presión en todas direcciones. Esto lo saben muy bien los nadadores y buceadores que sienten la presión en todas partes de sus organismos.

Otra propiedad importante de un fluido en reposo, es que la fuerza debida a la presión del fluido, siempre actúa perpendicular a cualquier superficie que está en contacto con él. Esto es fácilmente observable, ya que al hacer un agujero en la pared de un recipiente que contenga por ejemplo agua, ésta saldrá perpendicular a la pared del recipiente. Ahora calculemos en forma cuantitativa, cómo varía la presión con la profundidad en un líquido de densidad uniforme.

Consideremos un recipiente cilíndrico, lleno de un líquido de densidad constante ( $\rho$ ), en la que la altura del cilindro ( $h$ ) es la columna del líquido que actúa sobre el fondo del recipiente de área ( $A$ ).

En esta figura se observa que la fuerza que el líquido ejerce sobre el fondo del recipiente, es el peso de dicho líquido.



$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Si } F = W \quad \wedge \quad W = mg \Rightarrow P = \frac{w}{A}$$

Por lo tanto:

$$P = \frac{mg}{A} \quad \text{Como } \rho = \frac{m}{V} \quad \text{se tiene } m = \rho V ; \text{ luego}$$

$P = \frac{\rho v g}{A}$  Como la columna del fluido es cilíndrica tenemos que  $V = Ah$ , entonces:

Si sustituimos  $V$ :  $P = \frac{\rho g Ah}{A}$  eliminando  $A$  nos queda  $P = \rho g h$  y  $P = P_h$

Al final resulta la Presión Hidrostática  $P_h$

$$P_h = \rho g h$$

En la ecuación anterior se observa que la presión es directamente proporcional a la densidad del líquido y a la profundidad dentro del líquido.  $P \propto \rho_{liq}$  y  $P \propto h$ .

La presión depende sólo de la profundidad, para fluidos cuya densidad es constante.

La presión que ejercen los líquidos sobre el recipiente que los contiene se denomina presión hidrostática. Esta presión es perpendicular a las paredes del recipiente que los contiene y actúa en todas direcciones y sólo es nula en la superficie del líquido.

¿A qué se debe la presión hidrostática?

Se debe a la fuerza que el peso de las moléculas ejerce sobre un área específica y esta presión aumenta en cuanto sea mayor la profundidad.

Por ejemplo, cuando nadas bajo el agua puedes sentir la presión de ésta en los oídos. Mientras más profundo estés sumergido, mayor será la presión, debido al peso del agua encima de tu cuerpo; por tanto, la presión depende de la profundidad.

La presión de un líquido también depende de la densidad. No es lo mismo sumergirse en agua que en aceite o petróleo. La presión en el interior de un líquido depende de la profundidad y también de su densidad.

Por ejemplo, si se tienen tres recipientes iguales llenos a la misma altura con agua, aceite o leche respectivamente, cada uno soportará una presión diferente en el fondo porque cada líquido tiene una densidad distinta

### Variación de la Presión en un fluido en reposo.

Consideremos un fluido en reposo como el mostrado a continuación:

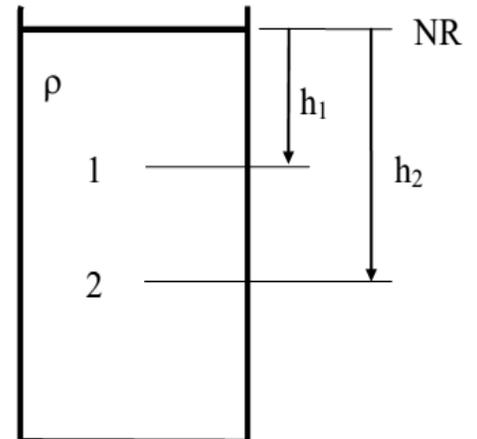
Las presiones hidrostáticas en los puntos 1 y 2 están dadas por:

$P_1 = \rho g h_1$  y  $P_2 = \rho g h_2$  La diferencia de presión entre dichos puntos es:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g h_2 - \rho g h_1 = \rho g (h_2 - h_1)$$

Por lo tanto:

$$\Delta P = \rho g \Delta h$$



En esta ecuación  $\Delta h$ , es la diferencia de profundidades entre los puntos 1 y 2.

Fig. 3 Presión en dos puntos dentro de un fluido en reposo

De esta ecuación se puede deducir que si dentro de un mismo fluido  $\Delta h = 0$ , los puntos se encuentran al mismo nivel horizontal, por lo tanto, soportan la misma presión.

De aquí se deduce lo que se conoce como: "Principio Fundamental de la Hidrostática", que se define así:

***"Puntos situados al mismo nivel dentro de un fluido en reposo, poseen la misma presión hidrostática".***

### Presión Atmosférica ( $P_o$ )

La presión atmosférica, es la presión ejercida por la atmósfera sobre todos los objetos que están dentro de ella, por efecto de la atracción gravitatoria sobre la capa de aire que la constituye y que envuelve totalmente a la Tierra. A la presión atmosférica se le conoce también con el nombre de presión barométrica.

La presión de la atmósfera terrestre, como en cualquier fluido, disminuye cuando disminuye la profundidad (o aumenta la altura). Pero la atmósfera terrestre es más complicada, porque no sólo varía mucho la densidad del aire con la altitud, sino que además no hay una superficie superior definida de la atmósfera, a partir de la cual se pueda medir "h".

La presión del aire en un determinado lugar varía ligeramente de acuerdo con el clima. Al nivel del mar la presión de la atmósfera en promedio es,

$$P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ N.m}^{-2} = 14.7 \text{ Lbf.pulg}^{-2} = 760 \text{ mm Hg} = 1013 \text{ milibares}$$

Este valor se utiliza para definir otra unidad de presión, de mucho uso, la "atmósfera" (la cual se abrevia atm).

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ N.m}^{-2} = 101.3 \text{ KPa (Pa = Pascal)}$$

Otra unidad de presión que a veces se usa, en meteorología y en mapas es el "bar", el cual se define como:

$$1 \text{ bar} = 1.00 \times 10^5 \text{ N.m}^{-2} = 0.1 \text{ MPa} = 100 \text{ KPa}$$

Así, la presión atmosférica normal es ligeramente mayor que 1 bar.

La presión debida al peso de la atmósfera, se ejerce sobre todos los objetos sumergidos en este gran océano que es la atmósfera. ¿Cómo es que un organismo humano puede resistir la enorme presión?

La respuesta es que las células vivas mantienen una presión interna que equilibra exactamente a la presión externa. La presión dentro de un globo equilibra igualmente la presión fuera de él, la de la atmósfera. Debido a su rigidez, un neumático de automóvil puede mantener presiones mucho mayores que la presión externa.

Así como los peces viven en un mar de agua, los seres humanos vivimos en un mar de aire llamado atmósfera.

El aire es una mezcla de varios gases, entre ellos oxígeno, nitrógeno, gases nobles, bióxido de carbono y vapor de agua.

Como el aire pesa, ejerce una presión sobre todos los cuerpos de la superficie terrestre, la cual es llamada presión atmosférica.

## ¿Qué relación hay entre la altitud, la presión atmosférica y la temperatura?

De seguro has estado en una montaña y has experimentado el agradable frío que hace en ese lugar. Por el contrario, en la playa las temperaturas son más altas.

La presión atmosférica disminuye con la altura. El valor más alto se encuentra a nivel del mar. En lugares montañosos como El Pital, que se encuentra a 2,730 metros sobre el nivel del mar (msnm), la presión es de aproximadamente 0.74 atm. A la altura que vuelan los aviones, unos 10,000 metros la presión atmosférica es de 0.26 atm y a la altura en la que se colocan los satélites, prácticamente la presión atmosférica no existe.

$P_o \propto \frac{1}{h}$  La unidad para medir la presión atmosférica se llama atmósfera, y sus equivalencias son:

**1 atmósfera = 760 Torr.**

**1 torr equivale a un milímetro de mercurio (mm Hg) o a**

**133.2 pascuales. Otras equivalencias son:**

**1 atm =  $1.013 \times 10^5$  pascuales = 0.76 m de Hg = 76 cm de Hg = 103.1 kPa**

### ¿Cómo medimos la presión atmosférica?

El instrumento para medir la presión atmosférica se llama barómetro. Este consiste en un tubo de vidrio, de longitud mayor a 76 centímetros, cerrado en un extremo. Este tubo se llena con mercurio y se invierte boca abajo en un recipiente con mercurio. Si no se tapa el extremo abierto, el mercurio fluye hacia afuera del tubo, hasta que la presión ejercida por la columna de mercurio equilibra exactamente la presión atmosférica que actúa sobre el mercurio de la cubeta. Si la presión en el tubo es cero, la altura de la columna por arriba del nivel del mercurio en la cubeta indica la presión atmosférica.

El primer barómetro fue ideado por el científico Torricelli.

## **Presión manométrica (PG)**

La presión manométrica, es la presión que ejerce un fluido dentro de un recipiente cerrado o dentro de un animal. Esta presión es igual a:

$$PG = P_{abs} - P_o.$$

A la presión manométrica se le llama también Presión Relativa, porque toma como referencia a la presión atmosférica. Por ejemplo cuando se habla de que la presión de las llantas de un automóvil es de 30 Lb, en realidad eso quiere decir que se tiene una presión manométrica de 30 Lbf /pulg<sup>2</sup>

Además, esta es una presión relativa, lo que significa en realidad es que la llanta está inflada a 30 Lbf./ pulg<sup>2</sup> sobre la presión atmosférica predominante.

Si la presión absoluta tiene un valor abajo de la presión atmosférica predominante, entonces la presión manométrica será negativa (depresión).

Otro ejemplo de interés es la presión media de la sangre en el hombre (presión arterial), que al ser bombeada por el corazón a través de la arteria aorta, es aproximadamente de 2 Lbf. /pulg<sup>2</sup> (100 mm Hg), es decir, lo que excede la presión de la sangre de la presión atmosférica.

La presión sanguínea es por lo tanto un ejemplo de presión manométrica. Esta presión es una magnitud de interés fisiológico, puesto que se trata de la presión que es mantenida activamente por el sistema circulatorio.

La presión que experimenta un fluido cuando está encerrado en un recipiente se llama presión manométrica y se mide con un manómetro. Hay diferentes tipos de manómetros, uno de los más importantes es el tensiómetro que es utilizado por los médicos para medir la presión arterial de sus pacientes.

Otro manómetro de uso común es el calibrador que se usa en las llanterías para medir la presión interna del aire de las llantas de los automóviles.

## Presión absoluta ( $P_{abs}$ )

Para un punto situado en la superficie libre de un líquido, la presión que actúa sobre él, es la presión atmosférica. Pero si analizamos un punto en el interior de un fluido, podemos observar que soporta la presión atmosférica y la presión del fluido en el que está sumergido. La presión que soporta ese punto se define así:

$$P_{abs} = P_o + PH.$$

Donde  $P_{abs}$ : es la presión absoluta,  $P_o$ : es la presión atmosférica y  $PH$ : es la presión Hidrostática.

Es la suma de la presión manométrica más la presión atmosférica. Se representa así:

**Presión absoluta = presión manométrica + presión atmosférica; por tanto:**

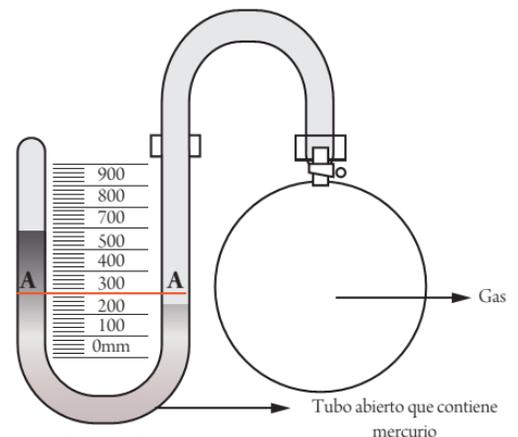
**Presión manométrica = presión absoluta – presión atmosférica.**

Los instrumentos para medir la presión manométrica se llaman manómetros.

### ¿Cómo funciona un manómetro de tubo abierto?

También llamado manómetro de líquido, es un dispositivo en forma de U que por lo general contiene mercurio, pero puede contener agua o alcohol. Un extremo del tubo se conecta al recipiente al cual se quiere determinar la presión; el gas o vapor ejerce una presión, la cual hace subir el mercurio por el extremo abierto hasta que se igualan las presiones ambiental y del gas. La diferencia entre los dos niveles es el valor de la presión manométrica, a la cual debe sumarse la presión atmosférica si se desea saber la presión absoluta del recipiente.

Por ejemplo: si al conectar un cilindro con gas a presión atmosférica normal (76 cm Hg) a un manómetro de tubo abierto, se observa que la diferencia entre los niveles de mercurio es de 12 cm de Hg, se puede determinar que su presión manométrica es igual a 12 cm de Hg. Para encontrar la presión absoluta del gas, bastará con sumar la presión atmosférica.



## Principio de Pascal

La presión que produce un líquido debido a su peso se conoce como presión hidrostática. Si el líquido se encierra en un recipiente herméticamente, se puede aplicar otra presión usando un émbolo. Dicha presión se transmitirá en todos los puntos del líquido con igual intensidad.

El físico francés Blaise Pascal hizo estas observaciones y enunció el principio que lleva su nombre:

***“Toda presión ejercida sobre un líquido encerrado en un recipiente se transmite con la misma intensidad a todos los puntos del líquido y a las paredes del recipiente que lo contiene”***

## La prensa hidráulica

Una de las aplicaciones del principio de Pascal, es la prensa hidráulica.

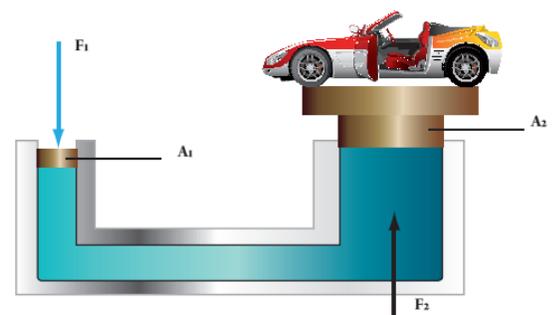
Una prensa hidráulica está constituida por dos cilindros de diferente diámetro, cada uno con su respectivo émbolo. Los cilindros están unidos por un tubo de comunicación. Se llena de líquido el tubo y los cilindros y, al aplicar una fuerza en el émbolo de menor tamaño, la presión generada se transmite íntegramente al émbolo mayor.

Entre las aplicaciones del principio de Pascal se pueden citar los frenos hidráulicos de los automóviles, los gatos hidráulicos para levantar automóviles en estaciones de servicio, en la industria para comprimir algodón y extraer jugo de algunos frutos, entre otros.

## ¿Cómo funciona la prensa hidráulica?

De acuerdo al principio de Pascal, una presión aplicada al líquido en el cilindro menor, se transmite por completo al líquido del cilindro mayor. Por lo tanto, si una fuerza de entrada  $F_1$  actúa sobre un émbolo de área  $A_1$  ocasionará una fuerza de salida  $F_2$  sobre un área  $A_2$ , de modo que:

***Presión de entrada = presión de salida***



La expresión matemática para la prensa hidráulica es la siguiente:

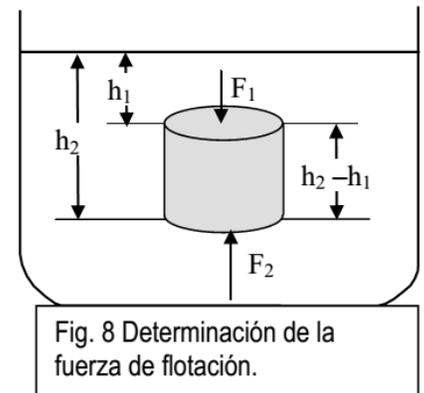
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{De esta ecuación podemos concluir: } F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$$

### El principio de Arquímedes

Los objetos sumergidos en un fluido parecen pesar menos que cuando están fuera del fluido. Por ejemplo, una gran roca, que en el aire se levanta con dificultad, se levanta fácilmente si está sumergida dentro de una corriente. Cuando la roca sale de la superficie del agua, de repente parece mucho más pesada. Muchos objetos como la madera, flotan en la superficie del agua. Se trata de dos ejemplos de flotabilidad, o flotación. En cada uno de ellos la fuerza de gravedad actúa hacia abajo, pero además el líquido ejerce una fuerza de flotación hacia arriba; conocida también con el nombre de “Empuje”.

La flotación es un fenómeno común. Nuestros cuerpos flotan en el agua. La fuerza de flotación se presenta debido a que la presión de un fluido aumenta con la profundidad.

Así, la presión hacia arriba que ejerce sobre la superficie inferior de un objeto sumergido es mayor que la presión hacia abajo sobre su superficie superior. Para ver los efectos de esto, pensemos en un cilindro de altura  $h$  cuya superficies, superior e inferior, tienen un área  $A$  y que esté completamente sumergido en un fluido de densidad  $\rho_f$  como se ve en la siguiente figura:



El fluido ejerce una presión  $P_1 = \rho_f g h_1$  contra la superficie superior del cilindro. La fuerza debida a la presión del fluido sobre la cara superior del cilindro es

$F_1 = P_1 A = \rho_f g h_1 A$ , y está dirigida hacia abajo, igualmente el fluido ejerce una fuerza hacia arriba sobre el fondo del cilindro, igual a  $F_2 = P_2 A = \rho_f g h_2 A$

La fuerza neta debida a la presión del fluido se llama: la

“Fuerza de flotación”, “Flotabilidad” (FB) o “Empuje” (E), que actúa hacia arriba y tiene un módulo de:  $FB = E = F_2 - F_1 = \rho_f g A (h_2 - h_1) = \rho_f g A \Delta h = \rho_f g V$ , siendo  $V = A \Delta h$ , el volumen del cilindro. Como  $\rho_f$  es la densidad del fluido que ocupa un volumen igual al volumen del cilindro, así la fuerza de flotación o empuje sobre el cilindro es igual al peso del fluido que desplaza éste (Por “fluido desplazado” se entiende un volumen de fluido igual al volumen del objeto, o de la parte del objeto sumergida en él). Este resultado es válido, sin importar la forma del objeto.

Este fenómeno fue descubierto por Arquímedes y se conoce como “Principio de Arquímedes” el cual se enuncia así:

***“Todo cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido, experimenta una fuerza vertical hacia arriba llamada empuje, que es igual al peso del volumen de fluido desalojado por el cuerpo”.***

Arquímedes, nacido en Siracusa (287 a.C.), amigo y pariente de Herón II fue quizá el científico más famoso de la antigüedad. Entre sus muchos inventos prácticos, incluyendo la polea y la catapulta, está el tornillo de Arquímedes, un dispositivo para levantar agua de las minas.

De acuerdo con la leyenda, el Rey Herón, sospechando que su corona no fuera de oro puro, pidió a Arquímedes confirmar o desechar sus sospechas, pero sin dañarla.

La leyenda dice que la solución se le ocurrió a Arquímedes al estar tomando un baño y de ahí corrió desnudo por las calles de Siracusa gritando “Eureka” hasta llegar a Herón. Lo que provocó la alegría de Arquímedes no fue la percepción de la flotación, ese fenómeno era conocido desde que el hombre se embarcó para cruzar las aguas, sino la percepción cuantitativa que había logrado, la cual le permitió determinar la densidad de la corona real sin fundirla.

Al comparar la densidad del fluido ( $\rho_f$ ) con la densidad del cuerpo en el que se encuentra sumergido éste ( $\rho_c$ ), podemos encontrar tres casos:

- a) Cuando la densidad del fluido es menor que la densidad del cuerpo ( $\rho_f < \rho_c$ ), en este caso, el cuerpo se va hacia el fondo y el cuerpo posee un peso menor

del que tiene en el aire ( $W_0$ ) a este nuevo peso se le conoce con el nombre de "Peso aparente" ( $W_a$ ) El peso aparente se puede determinar así:  $W_a = W_0 - E$

El peso de un cuerpo es  $W_0 = mg = \rho_c gV$  y el empuje es

$$E = \rho_f gV_{des}$$

b) Cuando la densidad del fluido es igual a la densidad del cuerpo ( $\rho_f = \rho_c$ ), en este caso el cuerpo se encuentra en equilibrio en cualquier punto dentro del fluido y su peso aparente es nulo.

c) Cuando la densidad del fluido es mayor que la densidad del cuerpo ( $\rho_f > \rho_c$ ).

En este caso, el cuerpo flota y como hay equilibrio de fuerzas verticales, el peso del cuerpo ( $W_0$ ) es igual al empuje ( $E$ ) y el peso aparente es nulo.

Así tenemos que:

$$E = W_0 \text{ o sea } \rho_f gV_{des} = \rho_c gV_c \text{ de}$$

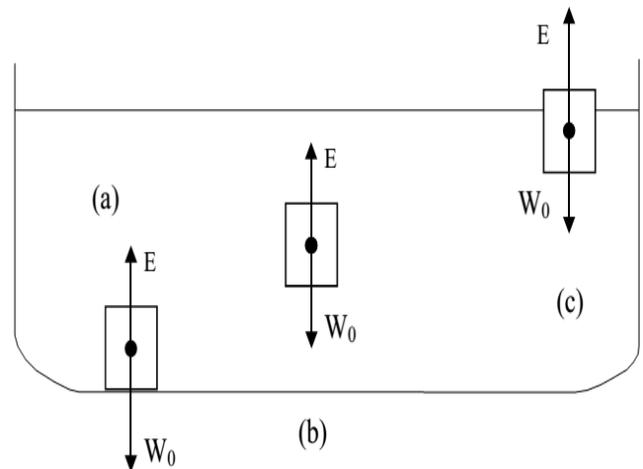
$$\text{aquí tenemos: } \rho_f V_{des} = \rho_c V_c$$

Fuerzas actuando sobre un cuerpo cuando está en un fluido.

a) Cuando la densidad del fluido es menor que la densidad del cuerpo ( $\rho_f < \rho_c$ )

b) cuando la densidad del cuerpo es igual a la densidad del fluido ( $\rho_f = \rho_c$ )

c) Cuando la densidad del fluido es mayor que la densidad del cuerpo ( $\rho_f > \rho_c$ )



### ¿Qué relación hay entre la densidad y la flotación de los cuerpos?

Recuerda que en la flotación interviene el peso de un objeto. Si un objeto se hunde o flota en un líquido depende de cómo se compare el empuje con el peso del objeto. Éste a la vez depende de la densidad del objeto, por ello existen tres reglas de densidad y flotación de los cuerpos:

1. Si el objeto es más denso que el líquido en el cual se sumerge, se hundirá. Los objetos más densos se van al fondo. Por ejemplo, los metales.
2. Si un objeto es menos denso que el líquido en que se sumerge, flotará. Por ejemplo, el aceite es menos denso que el agua, por eso no se mezcla sino que flota sobre ella.
3. Si la densidad de un objeto es igual que la densidad del fluido, permanecerá en equilibrio. Por ejemplo, muchos peces no salen a nadar cerca de la superficie ni se hunden hasta el fondo, más bien usan su vejiga natatoria para regular su densidad a fin de poder nadar en medio.

### **El empuje**

La fuerza de empuje que experimenta un cuerpo sumergido en un líquido está definida por la expresión matemática siguiente:  $E = \rho_f g V_{des}$

### **Peso aparente**

Seguramente habrás experimentado que al sumergirse en el agua, los cuerpos parecen más ligeros, como si perdieran peso.

A esto se le llama peso aparente y se define como la diferencia entre el peso real de un cuerpo y el empuje que experimenta cuando está totalmente sumergido en un líquido.

La expresión matemática es la siguiente:

$$\text{Peso (aparente)} = \text{Peso (real)} - \text{Empuje} \quad W_a = W - E$$

El peso real se refiere al peso del cuerpo fuera del fluido. En física, el peso de los cuerpos se determina multiplicando la masa por la gravedad de la Tierra así.  $W = mg$

### **Tensión Superficial.**

¿Has observado alguna vez un insecto caminando encima del agua?

Eso es posible debido al fenómeno de tensión superficial en los líquidos.

¿Cómo se explica ese fenómeno?

A nivel microscópico, la tensión superficial se debe a la diferencia de fuerzas de atracción entre las moléculas de la superficie del líquido y las moléculas internas. En la superficie del líquido, la suma de fuerzas se dirige hacia el interior, mientras que en el interior la resultante de fuerzas de atracción se anula.

La tensión superficial transforma la superficie del líquido en una fina membrana elástica. Se puede contrarrestar la tensión superficial al agregar un detergente al líquido.

La superficie de un líquido trabaja como si estuviera bajo tensión, y esa tensión en dirección paralela a la superficie, se debe a las fuerzas de atracción entre las moléculas. Este efecto se llama "Tensión Superficial" (T). De modo más específico, la cantidad llamada Tensión Superficial, se define como: ***“La fuerza por unidad de longitud L que actúa a través de cualquier línea en una superficie, y que tiende a mantener cerrada la superficie”***. Matemáticamente:  $T = F / L$

Para entender lo anterior, consideremos el aparato en forma de U de la siguiente figura, el cual encierra una capa delgada de líquido. Debido a la tensión superficial, se necesita una fuerza F para tirar del alambre móvil y con ello aumentar el área superficial del líquido. Este contenido en el aparato, es una membrana delgada que tiene superficie tanto superior como inferior. Por tanto, la longitud de la superficie que se aumenta es 2L y la tensión superficial es  $T = F/2L$  (por actuar sobre dos películas de líquido). Para aumentar el área superficial de un líquido, se requiere una fuerza y se debe efectuar un trabajo para que lleve las moléculas del interior hasta la superficie. Este Trabajo aumenta la energía potencial de las moléculas, a veces se llama "energía de superficie".

La cantidad de trabajo necesario para aumentar el área superficial puede calcularse así:  $W = F \Delta X$ . Como  $T = F/L$ , entonces  $F = TL$ , luego  $W = TL \Delta X$  y como  $L \Delta X = \Delta A$ , entonces  $W = T \Delta A$  De esta manera podemos escribir que:

$$T = \frac{W}{\Delta A}$$

## **Capilaridad.**

¿Cómo circula la savia a través de los tallos de una planta?

Se debe a la capilaridad. Esta propiedad de los líquidos se produce cuando se da un contacto entre el líquido y una superficie sólida, especialmente en tubos delgados, como el cabello. A estos tubos se les llama capilares.

Puedes observar la capilaridad en las lámparas de alcohol, o cuando colocas un terrón de azúcar en el refresco. La superficie de un líquido tiene propiedades especiales, debido a las fuerzas moleculares que actúan sobre ella. Numerosas observaciones, sugieren que la superficie de un líquido actúa como una membrana estirada bajo tensión, por ejemplo una gota de agua sobre el extremo de una llave que gotea, o que pende de una rama delgada en el amanecer toma una forma casi esférica como si fuera un pequeñísimo balón lleno de agua, una aguja de acero puede hacerse flotar en la superficie del agua aun cuando la densidad del acero es mayor que la del agua.

La tensión superficial desempeña su papel en otro fenómeno interesante, la capilaridad. Se observa muchas veces que el agua en un recipiente de vidrio sube ligeramente donde toca el vidrio. Se dice que el agua “moja” al vidrio. Por otro lado, el mercurio se baja al tocar el vidrio; el mercurio no moja al vidrio.

## **Viscosidad**

¿Alguna vez has sentido la consistencia del aceite, la miel y el agua?

¿Qué diferencias encontraste entre esas sustancias?

En física, esta propiedad de los líquidos se denomina viscosidad y se define como la medida de la resistencia que opone un líquido al fluir.

Los aceites para automóviles deben tener un grado de viscosidad que garantice el buen funcionamiento del motor y de los frenos del automóvil.