

Ejemplo No. 3

Un niño clava una tachuela en la pared ejerciendo una fuerza de 50 N. ¿Cuál es la presión que la punta de la tachuela ejerce sobre la pared, si el área de la punta es de 0.1 mm^2 ?

Datos:
 $F = 50 \text{ N}$
 $A = 0.1 \text{ mm}^2 = 0.1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

Solución:

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

$$F = \frac{50 \text{ N}}{0.0000001 \text{ m}^2}$$

$$F = 500\,000\,000 \text{ Pa} = 500\,000 \text{ kPa}$$

Compare la respuesta con la del ejercicio anterior.

PRESIÓN Y FLUIDOS

Cuando tenemos un sólido podemos aplicarle una fuerza a cualquiera de sus puntos, incluso en un área muy pequeña, y ello provocará que el mismo se deforme, de acuerdo a la magnitud de la fuerza. En el caso de los fluidos, debido a sus propiedades y específicamente a la de fluir, es imposible aplicarle una fuerza en un punto. Por ello, para el tratamiento de los fluidos, tiene gran importancia el concepto de presión, ya que las fuerzas sobre ellos se aplica con ayuda de una superficie, de determinada área.

Por otra parte los fluidos ejercen fuerzas sobre las superficies con las cuales están en contacto. Estas fuerzas pueden ser calculadas si se conoce el valor de la presión, ejercida por el fluido, y el área de la superficie dada.

Ya conocemos que la presión se define como la fuerza por unidad de área, teniendo en cuenta que la fuerza es perpendicular a la superficie. Por ello los fluidos ejercen fuerzas que son siempre perpendiculares a las superficies con las que están en contacto. Ello puede demostrarse si en las paredes de un recipiente que contiene un líquido se abren agujeros. Se observará que los chorros de líquido al salir del recipiente lo hacen en dirección perpendicular a las paredes.

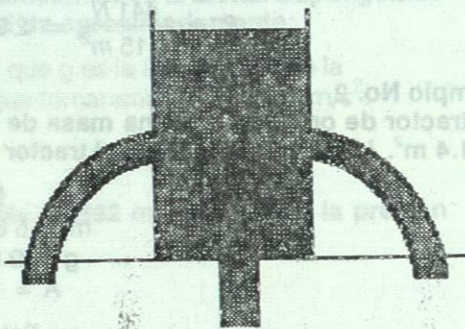


Figura No. 2

Cuando colocamos un sólido sobre una mesa, éste ejerce fuerza sobre ella, pero no sentimos fuerza si colocamos las manos en las paredes laterales del sólido. En el caso de los fluidos la situación es diferente, ya que ellos ejercen fuerzas sobre cualquier superficie con la que estén en contacto, independiente de su dirección. Desde el punto de vista de la presión esto se resume con la frase: *los fluidos ejercen presión en todas direcciones.*

Por lo anterior podemos concluir que cualquier cuerpo que esté sumergido en un fluido soportará una presión, ejercida sobre él, por parte del fluido. Este hecho ha sido experimentado por todos al nadar por debajo de la superficie del agua, sobre todo por la sensación en los oídos, que se debe a la presión del agua sobre los tímpanos.

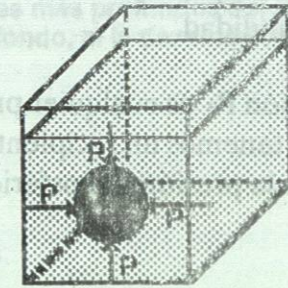


Figura No. 3

Consideremos un fluido en reposo. Si analizamos un cubo de volumen muy pequeño, de forma que se pueda despreciar la fuerza de gravedad sobre él, en el centro del fluido, tendremos que significar que sobre cada cara del cubo se ejerce una presión, por parte del resto del fluido. Estas presiones sobre las diferentes caras del cubo tienen que ser iguales, ya que de lo contrario el cubo se desplazaría hacia otro lugar, contradiciendo el hecho planteado al inicio que el fluido estaba en reposo. De aquí hacemos una conclusión muy importante: *El fluido ejerce la misma presión en todas direcciones, en un punto del mismo.*

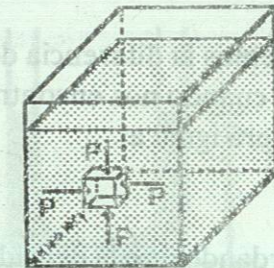


Figura No. 4

Para determinar de qué factores depende la presión, en el interior de un fluido debemos analizar que la presión que el fluido ejerce sobre una superficie depende del peso de la columna del mismo que se encuentra sobre la superficie. Por ello si consideramos un cuadrado de área A , de esta superficie, el peso de la columna de fluido sobre este cuadrado será:

$$W = mg$$

$$W = \rho Vg$$

$$W = \rho gAh$$

donde ρ es la densidad del fluido, g es la aceleración de la gravedad, A es el área del cuadrado y h es la profundidad a la que se encuentra el cuadrado por debajo de la superficie libre del fluido.

Para obtener la presión recordamos su definición, fuerza por unidad de área, por lo que la diferencia de presión entre el fondo y la superficie será:

$$P - P_0 = \frac{W}{A} = \frac{\rho gAh}{A} = \rho gh$$

$$P - P_0 = \rho gh$$

Donde P es la presión en el fondo y P_0 es la presión en la superficie.

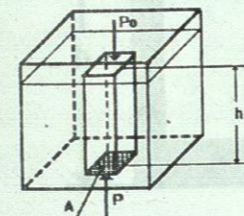


Figura No. 5

Toda esta deducción se ha hecho en la suposición de que la densidad del fluido ρ es constante y no cambia con la presión. Esta suposición es válida para la mayoría de los líquidos, por lo cual se dice que son incompresibles (no es posible comprimirlos), no así para los gases, que si son compresibles, o sea que su densidad depende de la presión.

De manera que la presión dentro de un líquido es directamente proporcional a su densidad y a la profundidad.

La presión P_0 es cualquier presión que esté influyendo sobre la superficie del líquido. Por ejemplo si tenemos un recipiente abierto (puede ser un vaso de agua), sobre la superficie está influyendo la presión atmosférica y por lo tanto la presión a una profundidad h será igual a:

$$P = P_0 + \rho g h$$

Muy importante es observar que la presión en el interior del fluido solo depende de la profundidad y de la densidad del fluido y no de la forma del recipiente. Por ello si nos encontramos en una alberca, a un metro de la superficie del agua, o en un lago a la misma profundidad, la presión será en ambos casos la misma.

Evaluemos la diferencia de presión cuando nos encontramos a 1 metro de profundidad en el agua y cuando nos encontramos en la superficie. De la ecuación ya vista esta diferencia de presión será igual a:

$$P - P_0 = \rho g h$$

Recordando que la densidad del agua es de 1000 kg/m^3 y que la aceleración de la gravedad es de 9.8 m/s^2 , podemos calcular:

$$P - P_0 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1 \text{ m} = 9800 \text{ Pa}$$

Si el cálculo lo realizáramos para el mercurio tendríamos que la densidad es de 13600 kg/m^3 por lo que la presión será de:

$$P - P_0 = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1 \text{ m} = 133280 \text{ Pa}$$

Observe que la presión en este caso es mucho mayor, debido a la mayor densidad del mercurio.

A la expresión " $\rho g h$ " generalmente se le conoce como presión hidrostática, ya que es típica para fluidos en reposo.

Ejemplo No. 4

Determine la presión hidrostática sobre el fondo de una cisterna que contiene petróleo, si la altura de la columna del líquido es de 10 metros y su densidad es de 800 kg/m^3 .

Datos:

$$h = 10 \text{ m}$$

$$\rho = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

Solución:

$$P_{\text{hidrost}} = \rho g h$$

$$P_{\text{hidrost}} = 800 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 10 \text{ m}$$

$$P_{\text{hidrost}} = 78400 \text{ Pa}$$

Ejemplo No. 5

La fosa de las Marianas, en el Océano Pacífico, es uno de los lugares más profundos del mundo, con una profundidad de 10 900 metros. ¿Cuál será la presión en el fondo, si la densidad del agua de mar es de 1030 kg/m^3 ?

Datos:

$$h = 10900 \text{ m}$$

$$\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

Solución:

$$P_{\text{hidrost}} = \rho g h$$

$$P = 1030 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 10900 \text{ m}$$

$$P = 110024600 \text{ Pa}$$

Supongamos que tenemos un tubo en forma de U con cierta cantidad de líquido. Cómo será el nivel de líquido en las 2 ramas del tubo? En el fondo del tubo la presión tiene un valor dado por la densidad del líquido, la aceleración de la gravedad y la profundidad h , a partir de la superficie. Si medimos la profundidad por la rama de la izquierda o de la derecha su valor tiene que ser igual pues de lo contrario obtendríamos valores de presión diferentes para la rama izquierda y para la rama derecha del tubo. Por ello podemos concluir que si h tiene que ser igual para las 2 ramas del tubo, el nivel del líquido tiene que ser el mismo. Observe que el resultado se obtuvo a partir de dos cuestiones:

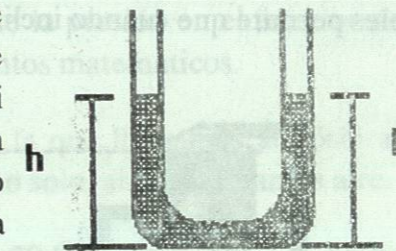


Figura No. 6

1. La presión en el fondo del tubo tiene que tener un valor dado.
2. La presión solo depende de la densidad del líquido y de la profundidad h .

El resultado obtenido no depende de la forma de las ramas del tubo. Puede ser que una rama sea de sección cuadrada y otra de sección cilíndrica, o de mayor diámetro. Así también lo mismo se cumplirá si hay tres o más ramas.

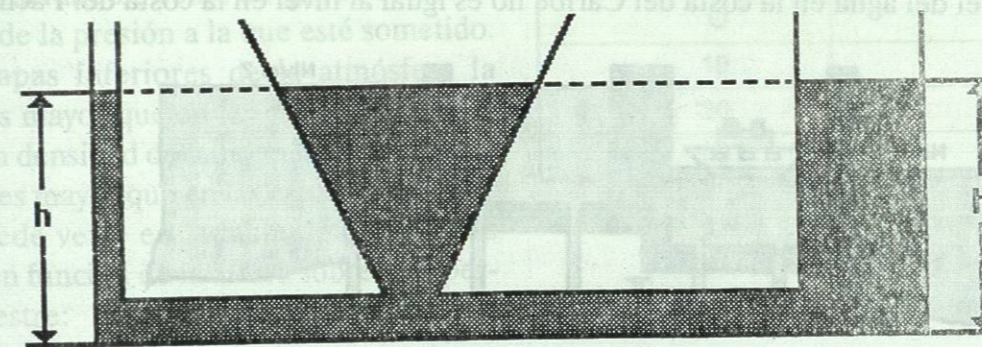


Figura No. 7

Este principio que hemos obtenido aquí se conoce con el nombre de principio de los vasos comunicantes y tiene importantes aplicaciones prácticas. En ocasiones vemos cuando los albañiles levantan paredes que para comprobar si las alturas son iguales toman una manguera con agua y se guían por los niveles del agua en dos ramas de la manguera. Están aplicando el principio de los vasos comunicantes aún sin saberlo.

En el mismo principio se basa el funcionamiento de los acueductos de las ciudades. Un tanque elevado se llena de agua y de allí fluye a las casas. Hasta qué nivel subirá el agua en las casas? Pues hasta el mismo nivel que tenga el tanque elevado. Si se construye un edificio de mayor altura que la del tanque, el agua no podrá llegar hasta allí pues su altura sólo puede igualar a la del tanque. El más simple dispositivo de vasos comunicantes es una cafetera, donde el nivel del café dentro de la cafetera y en el tubo para servir son siempre iguales; esta igualdad de los niveles permite que cuando inclinamos la cafetera podamos servir el café.

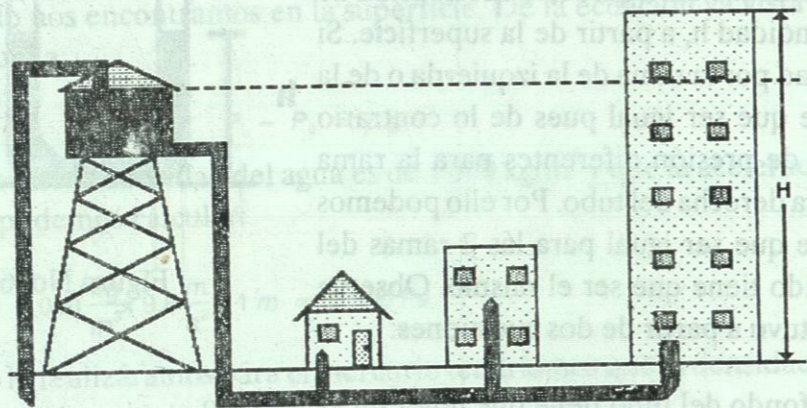


Figura No. 8

Una aplicación muy importante del principio de los vasos comunicantes es el sistema de esclusas en los canales, como por ejemplo el Canal de Panamá. En este caso los vasos comunicantes se utilizan para variar la altura de los barcos sobre el nivel del mar, ya que como se conoce el nivel del agua en la costa del Caribe no es igual al nivel en la costa del Pacífico.

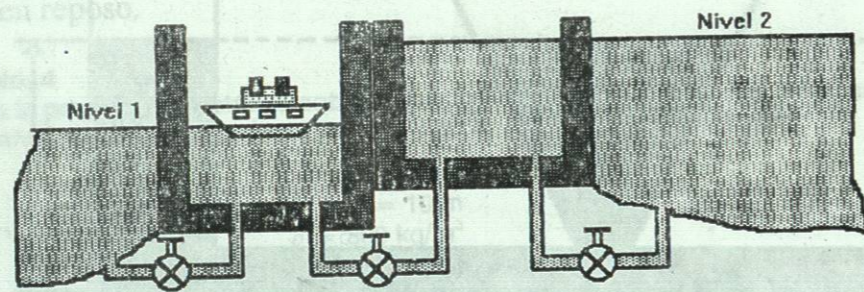


Figura No. 9

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Cuando escuchamos el informe del estado del tiempo muchas veces recibimos la información sobre la presión atmosférica. ¿Qué es este parámetro y a qué se debe su existencia?

Ya se ha mencionado el hecho de que todo fluido ejerce presión sobre los cuerpos que estén inmersos en él. Para el caso de los líquidos obtuvimos una expresión que nos permite calcular el valor de la presión en dependencia de la profundidad. Los gases, que también son fluidos, ejercen una presión sobre los cuerpos inmersos en ellos. Sin embargo la expresión para el cálculo de la presión en el interior de un gas es diferente de la de los líquidos, debido a que la densidad del gas depende muy fuertemente de la presión. A esto se debe el hecho de que los gases se consideran compresibles, o sea que se pueden comprimir aplicándoles una presión.

Por ello no vamos a dar una expresión para el cálculo de la presión en el interior de los gases, pues obtenerla requiere de determinados conocimientos matemáticos.

La Tierra se encuentra rodeada de una capa de gas, a la que llamamos atmósfera. En realidad es una mezcla de gases, pero se comporta como uno solo, al que llamamos aire.

La composición de la atmósfera es: 78 % de Nitrógeno, 20 % de Oxígeno, 1 % de Argón y el resto tiene gases como el dióxido de Carbono, Neón, Helio, vapor de agua, etc.

Es decir que todos nosotros nos encontramos constantemente en el interior de un fluido, la atmósfera, que ejerce una presión sobre nosotros, a la que llamamos presión atmosférica, debido a su peso. Esta enorme capa de aire "pesa" sobre nosotros y si no sentimos su acción en una dirección determinada se debe a que, como ya se dijo, los fluidos ejercen su presión en todas direcciones. O sea que de abajo hacia arriba también se ejerce igual presión.

Tabla No. 2. Densidad del aire.

Como ya se ha mencionado la densidad de los gases depende de la presión. Así para el aire, considerándolo como un gas, su densidad depende de la presión a la que esté sometido. En las capas inferiores de la atmósfera la presión es mayor que en las capas superiores, por ello la densidad del aire en la superficie de la Tierra es mayor que en las capas superiores, como puede verse en la tabla de la densidad del aire en función de la altura sobre la superficie terrestre:

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (km)	DENSIDAD DEL AIRE (kg/m ³)
0	1.23
10	0.41
20	0.09
30	0.018

Otros factores que hacen complicado el cálculo de la presión atmosférica son: la diferencia

de temperaturas en las distintas capas, el hecho de que la mezcla de gases atmosféricos no es uniforme y el hecho de que no es exacto el límite superior de la atmósfera.

La presión atmosférica normal, a nivel del mar, es igual a 760 mm de Hg. En otras unidades:

$$760 \text{ mm de Hg} = 1013 \text{ mbar} = 14.7 \text{ psi} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Con la altura sobre el nivel del mar, la presión atmosférica disminuye, entre otras causas, como consecuencia de la disminución de la densidad del aire ya señalada. Por ejemplo en la ciudad de México, situada a aproximadamente 2250 m, sobre el nivel del mar, la presión atmosférica tiene valores típicos de 586 mm de Hg. Esta variación de la presión con la altura sirve para determinar la altura midiendo la presión atmosférica, pero debe tenerse en cuenta que ésta puede depender de otros factores como el estado del tiempo.

Esto puede verse en la siguiente tabla de dependencia de la presión atmosférica con la altura sobre el nivel del mar.

La medición de la presión atmosférica tiene gran importancia para la predicción del estado del tiempo. Por ejemplo en el centro de un huracán la presión atmosférica tiene valores por debajo de los valores normales y mientras más bajos quiere decir que más fuerte es el huracán. Generalmente valores bajos de presión atmosférica indican la proximidad de la lluvia y valores altos indican buen tiempo, aunque pueden haber excepciones pues las condiciones en las atmósfera son en extremo complejas y dependen de otros muchos factores además de la presión atmosférica.

Cuando se mide la presión con respecto a la presión atmosférica se le llama presión manométrica. Muchos instrumentos para medir presión están calibrados de tal forma que indican esta presión, o sea que cuando están abiertos al aire indican en su escala cero. Este es el caso de los instrumentos para medir la presión en el interior de las llantas de los automóviles, que normalmente debe ser de 25 a 30 lbf/plg² (psi). Esto quiere decir que en el interior de la llanta hay 25 o 30 psi por encima de la presión atmosférica.

De manera que:

$$P_{\text{man}} = P - P_{\text{atm}}$$

Como se observa aquí la presión manométrica puede tener valores positivos (si $P > P_{\text{atm}}$), negativos (si $P < P_{\text{atm}}$) o cero (si $P = P_{\text{atm}}$).

Por otra parte cuando se mide la presión total, teniendo en cuenta la presión atmosférica, se dice que se tiene la presión absoluta. O sea que:

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{man}}$$

Ejemplo No. 6

Calcule la presión absoluta, que sobre el fondo de la cisterna, del ejemplo No. 4, ejerce el petróleo, si la presión atmosférica es $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$.

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{hidrost}}$$

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + \rho gh$$

$$P_{\text{abs}} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} + 78\,400 \text{ Pa} = 179\,700 \text{ Pa}$$

Ejemplo No. 7

¿Cuál será la presión absoluta en el fondo de la fosa de las Marianas, descrita en un problema anterior, si la presión atmosférica es de $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$?

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{hidrost}}$$

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + \rho gh$$

$$P_{\text{abs}} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} + 110\,024\,600 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{abs}} = 110\,125\,900 \text{ Pa}$$

¿Cuántas veces mayor que la presión atmosférica, es esta presión?

$$\frac{P}{P_{\text{atm}}} = \frac{110\,125\,900 \text{ Pa}}{101\,300 \text{ Pa}}$$

$$\frac{P}{P_{\text{atm}}} = 1\,087.12 \text{ veces}$$

O sea que a esa profundidad la presión es más de mil veces la presión atmosférica.

Si la presión absoluta en un recipiente es menor que la presión atmosférica, tendremos una presión manométrica negativa y a este estado se le denomina vacío. El vacío absoluto, que significaría una presión absoluta cero, es un estado ideal, pues no se ha logrado, hasta ahora, en ningún lugar. En los laboratorios se han logrado estados de vacío, con presiones absolutas de hasta 10^{-12} Pa . En el espacio cósmico también existe vacío con valores muy bajos de presión.

El cuerpo humano, así como el de los animales terrestres, está acostumbrado a funcionar bajo la acción de la presión atmosférica. Los fluidos internos del cuerpo, que ejercen una presión compensadora hacia afuera, hacen posible que el cuerpo no se comprima bajo la acción de la presión atmosférica. Los astronautas, en el espacio cósmico, llevan una escafandra que sirve no sólo para suministrarles el oxígeno para la respiración, sino también para mantenerlos a una presión externa similar a la de la Tierra.

La presión atmosférica hace posible el funcionamiento de muchos aparatos en la industria y la vida doméstica. Un ejemplo de ello puede ser el simple popote con el que tomamos líquidos de recipientes. Cuando aspiramos en el popote logramos que la presión en el interior del popote disminuya; como sobre el líquido, en el recipiente está actuando la presión atmosférica, ésta "empuja" el líquido para el interior del popote y por ello lo podemos tomar. De la misma forma podemos mencionar los goteros, que consisten en un tubo con un extremo afinado y en el otro extremo se le superpone una membrana de caucho. Al oprimir la membrana el aire que está en el interior del tubo sale al exterior, provocando que la presión