PRESIÓN, CONCEPTO.

Cuando viajamos en avión y éste cambia su altura podemos notar cierta sensación extraña en los oídos. También cuando buceamos podemos notar la misma sensación al variar la profundidad. De la misma forma podemos plantearnos otras interrogantes como: ¿por qué un cuchillo afilado corta mejor que uno mellado?, ¿por qué los cimientos de los edificios tienen un área mayor que la base del propio edificio?, ¿cómo puede un niño pequeño, con poca fuerza, introducir un clavo en una pared de concreto?, ¿por qué puede volar un avión, de gran peso, o flotar un barco?

Estas y otras muchas interrogantes se pueden responder con ayuda de un concepto fundamental de la Física que es el concepto de presión.

En Mecánica estudiamos que la medida fundamental de la interacción entre los cuerpos es la fuerza. Sin embargo no nos detuvimos a analizar el problema de cómo estaba aplicada esta fuerza. Pensemos en lo siguiente: una mujer camina por la arena de la playa con zapatos de tacón fino o camina sin zapatos, en qué caso sus huellas en la arena serán mayores?. Antes de responder debemos tener en cuenta que en este caso la fuerza total que la mujer ejerce sobre la arena es la misma, independiente del calzado que lleve, y es igual a su peso. Sin embargo está claro que su acción sobre la arena será mayor cuando lleve zapatos de tacón fino que cuando esté sin zapatos. ¿Qué ha cambiado de un caso al otro? El área donde actúa la fuerza por lo que se puede deducir es que la misma fuerza aplicada a áreas diferentes provocan diferentes acciones.

Un ejemplo similar ocurre cuando estamos acostados sobre el colchón de la cama o estamos parados sobre él. En ambos casos la fuerza aplicada es la misma (el peso de nuestro cuerpo), sin embargo cuando estamos parados la deformación del colchón es mucho mayor y es posible hasta romperlo. De nuevo en este caso lo que ha cambiado es el área donde se aplica la fuerza, que es mayor cuando estamos acostados y por lo tanto el efecto que causamos en el colchón es menor.

De estos ejemplos se puede concluir la necesidad de introducir un nuevo concepto, que refleje la fuerza por unidad de área que se denomina PRESIÓN. De esta forma la presión queda definida como la fuerza por la unidad de área y su ecuación queda como:

SECRETARÍA ACADÉMICA

$$P = \frac{F}{A}$$
 donde:
F es la fue
A es el áre

F es la fuerza, A es el área donde se aplica la fuerza F, P es la presión.

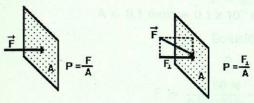


Figura No. 1

Un aspecto importante es que la fuerza que se utiliza es la perpendicular al área A. Si la fuerza F no es perpendicular al área, solo debe tenerse en cuenta la componente de la fuerza, que sea perpendicular al área.

Las unidades de la presión se derivan de las unidades de la fuerza y del área. Así como en el sistema internacional (SI) de unidades la fuerza se expresa en Newton (N) y el área en metros cuadrados (m2), las unidades de la presión en el SI son N/m², que fue llamada Pascal (Pa) en honor al físico francés Blaise Pascal (1623-1662) cuya contribución al estudio de los fluidos fue fundamental. La presión es una de las magnitudes físicas que más unidades tiene. Otras unidades son: libras por pulgada cuadrada (lb/ plg²) o en inglés psi, muy utilizada al medir la presión en las llantas de los automóviles, milímetros de mercurio (mm de Hg), la atmósfera (atm) y el bar, utilizadas generalmente al referirse a la presión atmosférica; por mencionar solo las más comunes. Algunas conversiones entre estas unidades se dan a continuación:

1 bar =
$$10^5$$
 Pa = 14.50 psi
1 atm = 760 mm de Hg = 1.013 x 10^5 Pa
1 atm = 1.013 bar = 1 013 mbar (milibar)

Analicemos ahora el ejemplo que vimos al principio de la mujer caminando en la arena. Supongamos que la mujer tiene una masa de 60 kg, por lo que su peso será de aproximadamente:

$$W = m g$$
 recordando que g es la aceleración de la gravedad, que tomaremos igual a 9.8 m/s².

Cuando está sin zapatos el área de los pies es aproximadamente 0.0392 m², por lo que la presión que ejerce sobre la arena es de:

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

$$P = \frac{588 \, N}{0.039 \, m^2}$$

$$P = 15000 Pa$$

Cuando tiene zapatos de tacón fino el área es de 0.0052 m² aproximadamente, por lo que la presión que ejerce sobre la arena es de:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{588 \, N}{0.0052 \, m^2} = 113076.9 \, Pa$$

Como se observa la presión en este segundo caso es mucho mayor, lo que explica el hecho de que la huella en la arena sea mucho más profunda.

Ejemplo No. 1

Calcule la presión que un niño ejerce sobre el suelo, si su masa es de 45 kilogramos y el área de las suelas de su zapatos es de 300 cm².

Datos

$$m = 45 \text{ kg}$$

 $A = 300 \text{ cm}^2 = 0.03 \text{ m}^2$
Solución:
 $P = \frac{F}{A}$
 $P = \frac{mg}{A}$

$$P = \frac{45 \text{ kg} \times 9.8 \frac{m}{s^2}}{0.03 \text{ m}^2}$$

$$P = \frac{441 \text{ N}}{0.03 \text{ m}^2}$$

$$P = 14 700 \text{ Pa}$$

Si el mismo niño estuviera parado sobre la nieve con esquíes, de 1.5 metros de largo y 10 centímetros de ancho, ¿cuál sería la presión que ejerce sobre la nieve?

Datos:

$$m = 45 \text{ kg}$$

 $A = I \times a = 1.5 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} = 0.15 \text{ m}^2$
 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
 $P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{45 \text{ kg} \times 9.8 \frac{m}{s^2}}{0.15 \text{ m}^2}$
 $P = \frac{441 \text{ N}}{0.15 \text{ m}^2} = 2940 \text{ Pa}$

Un tractor de orugas tiene una masa de 6 610 kilogramos y el área de apoyo de las 2 orugas es de 1.4 m². ¿Qué presión ejerce el tractor sobre la calle?

Datos:

$$m = 6610 \text{ kg}$$

 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
 $A = 1.4 \text{ m}^2$
Solución:
 $Peso: W = mg$
 $W = 6610 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{m}{\text{s}^2}$
 $W = 64778 \text{ N}$
 $Presión: P = \frac{W}{A}$
 $P = \frac{64778 \text{ N}}{1.4 \text{ m}^2}$
 $P = 46270 \text{ Pa}$

Eiemplo 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 mm²?

Datos:

$$F = 50 \text{ N}$$

 $A = 0.1 \text{ mm}^2 = 0.1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$
Solución:
 $P = \frac{F}{A}$
 $F = \frac{50 \text{ N}}{0.0000001 \text{ m}^2}$
 $F = 500 000 000 Pa = 500000 kPa$

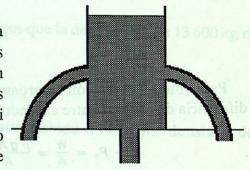
Compare la respuesta con la del ejercicio anterior.

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 per-Figura No. 2 pendicular a las paredes.



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 ésto 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.

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 aqui hacemos una conclusión muy importante: El fluido ejerce la misma presión en todas direcciones, en un punto del mismo.

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

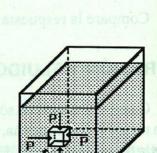


Figura No. 3

Figura No. 4

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, q 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:

$$P - P_{\circ} = \frac{W}{A} = \frac{\rho g A h}{A} = \rho g h$$

$$P - P_{\circ} = \rho g h$$

 $P - P_{\circ} = \frac{W}{A} = \frac{\rho g A h}{A} = \rho g h$ Donde P es la presión en el fondo y P_{0} es la presión en la superficie.

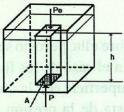


Figura No. 5

Toda esta deducción se ha hecho en la suposición de que la densidad del fluido p 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 asi para los gases, que si son compresibles, o sea que su densidad depende de la presión.

SECRETARÍA ACADÉMICA

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

La presión Po 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:

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 1 000 kg/m³ y que la aceleración de la gravedad es de 9.8 m/s², podemos calcular:

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

Si el cálculo lo realizáramos para el mercurio tendríamos que la densidad es de 13 600 kg/m³ por lo que la presión será de:

$$P - P_0 = 13\,600\,\frac{kg}{m^3} \times 9.8\,\frac{m}{s^2} \times 1\,m = 133\,280\,Pa$$

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 809 kg/m³

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

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

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$
Solución:
$$P_{\text{hidrost}} = \rho gh$$

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

$$P_{\text{hidrost}} = 78 400 \text{ Pa}$$

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 1 030 kg/m³?

Datos: h = 10 900 m $\rho = 1 030 \text{ kg/m}^3$ $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ Solución: $P_{hidrost} = \rho gh$ $P = 1 030 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 10 900 \text{ m}$ P = 110 024 600 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:

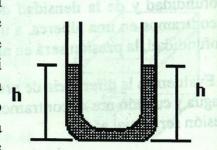


Figura No. 6

- 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. Asi también lo mismo se cumplirá si hay tres o más ramas.

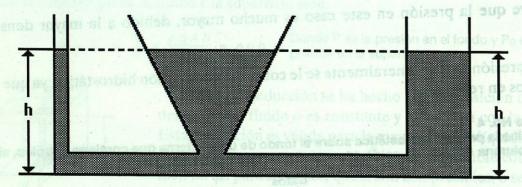


Figura No. 7

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 pude 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.

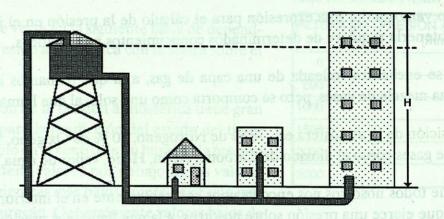


Figura No. 8

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.

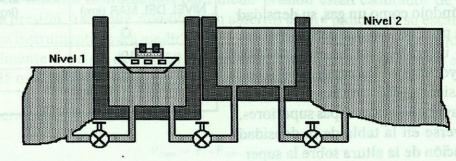


Figura No. 9

Priores at 800 kg/m3 x 9.8 miles x 10