PROBLEMAS : CONSERVACION DE ENERGIA Y DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO

1.- Calcúlese el momento y la energía cinética de un automóvil de 3200 lb que se mueve hacia el norte a 60 mi/h.

2.- ¿Cuál es el momento de una bala de 0.003 kg que se mueve a 600 m/s en una dirección a 30° sobre la horizontal?, ¿cuáles son las componentes horizontal y vertical del momento?

3.- Un camión de 2500 kg que se mueve a 40 mi/h choca contra una pared de ladrillos y se detiene en 0.2 s. a) ¿Cuál es el valor de su impulso? b) Encuéntrese la fuerza media sobre el camión durante el impacto.

4.- Una pelota de hule de 400 g se deja caer desde una ventana que está a 12 m de altura sobre el pavimento. Encuéntrese la velocidad de la pelota justo antes del choque. ¿Cuál es el momento antes del choque? Si rebota en el pavimento con una velocidad de 12 m/s, ¿cuál es su momento después del choque?, ¿Cuánto vale el cambio total en el momento? Si la pelota estuvo en contacto con el piso durante 0.01 s, ¿qué fuerza media se ejerció sobre la pelota?

5.- Una pelota de beisbol de 0.2 kg llega al bateador con una velocidad de 80ft/s. Después de ser golpeada, sale a 110 ft/s en dirección opuesta. Si la pelota ejerce una fuerza media de 1890 lb, ¿durante cuánto tiempo estuvo en contacto con el bat?

6.- Una bala de 24 g se dispara con una velocidad de 900 m/s por un fusil de 5kg. Encuéntrese la velocidad de retroceso del fusil. Encuéntrese la relación de la energía cinética de la bala con la del fusil.

7.- Una pelota de 4 kg que va a 8 m/s choca de frente contra otra pelota de 2kg. que estaba en reposo. Después del choque, la primera pelota todavia se mueve en la misma dirección, pero con una velocidad de 4 m/s. Encuéntrese a)la velocidad después del choque de la pelota de 2 kg, b) la energía cinética inicial, c) la energía total después del choque y d) la pérdida de energía durante el choque.

8.- Dos niños que pesan 80 y 50 lb están de pie sobre patines de ruedas. Si el niño mayor empuja al menor de tal manera que el menor se aleje a 6 mi/h, ¿cuál será la velocidad del niño mayor?

9.- Dos pelotas de 5 lb y 12 lb se acercan la una a la otra con velocidades iguales de 25 ft/s. a)¿Cuál será su velocidad combinada después del choque si su colisión es perfectamente inelástica? b) ¿Cuáles serán sus respectivas velocidades después del impacto si su colisión es perfectamente elástica?

10.- Una bola de boliche de 7.2 kg que se mueve a 12 m/s alcanza a otra bola de la misma masa que se mueve 7 m/s. Si e = 0.9, ¿cuáles son sus respectivas velocidades después del choque?

11.- Dos pelotas perfectamente elásticas de masas m_1 = 0.3 kg y m_2 = 0.8 kg cuelgan juntas de hilos independientes de 120 cm de longitud. La masa más pequeña se tira hacia un lado hasta que su altura vertical alcanza 6 cm y después se suelta. ¿Cuál es la velocidad de cada una de las pelotas después del impacto?

12.- Un bloque de hielo de 8 kg cuelga de un hilo largo. Se le dispara una bala que hace que se levante a una altura de 18 cm. Si la masa de la bala era de 3 g, ¿cuál era su velocidad justo antes de incrustarse en el hielo?

Fluidos en reposo

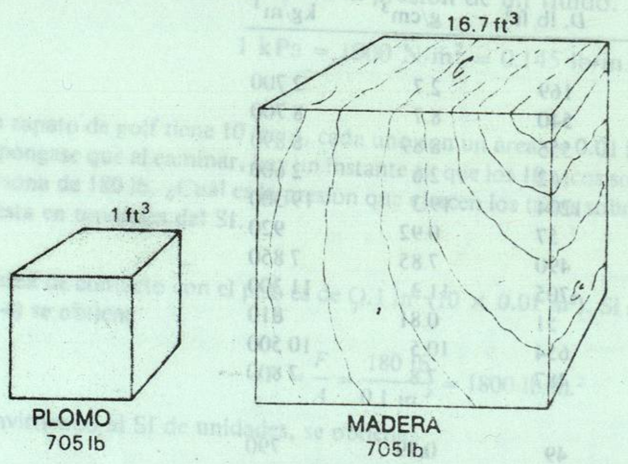
Los líquidos y gases se denominan *fluidos* porque fluyen libremente y llenan los recipientes que los contienen. En este capítulo se aprenderá que los fluidos pueden ejercer fuerzas sobre las paredes de los recipientes que los contienen; estas fuerzas, al actuar sobre superficies de área definida crean una condición de *presión*. Una prensa hidráulica utiliza la presión del fluido para levantar cargas pesadas. La estructura de los depósitos de agua, las presas y los grandes tanques de petróleo se determina en gran medida por consideraciones de presión. El diseño de barcos, submarinos y globos meteorológicos debe tomar en cuenta la presión y densidad del fluido circundante.

DENSIDAD

Antes de estudiar la estática y la dinámica de los fluidos, es importante entender la relación del peso de un cuerpo con su volumen correspondiente. Por ejemplo, si se consideran plomo o hierro, se dice que ellos son *pesados*, en tanto que la madera o el corcho se consideran *ligeros*, lo que realmente significa es que un cubo de madera es más ligero que un cubo de plomo de *tamaño similar*. Los términos pesado y ligero son términos comparativos. Como se muestra en la figura 15-1, es posible que un cubo de plomo pese lo mismo que un cubo de madera, aunque sus tamaños relativos difieren considerablemente.

Por otro lado, 1 ft^3 de plomo pesa 16 veces más que 1 ft^3 de madera.

Fig. 15-1 La relación entre peso y volumen comparado para plomo y madera.



La cantidad que relaciona el peso de un cuerpo con su volumen se conoce como *peso específico*.

El **peso específico** *D* de un cuerpo se define como la razón de su peso *W* a su volumen *V*. Las unidades son el *newton por metro cúbico* (N/m^3) y la *libra por pie cúbico* (lb/ft^3).

$$D = \frac{W}{V} \qquad W = DV \tag{15-1}$$

Por lo tanto, si un objeto de 20 lb ocupa un volumen de 4 ft^3/s, su densidad de peso será 5 lb/ft^3.

Como se mencionó en el capítulo 7, el peso de un cuerpo no es constante sino que varía de acuerdo con su ubicación. Una relación más útil para la densidad toma en cuenta que la *masa* es una constante universal, independiente de la gravedad.

La densidad de masa ρ de un cuerpo se define como la razón de su masa m a su volumen V.

$$\boxed{\rho = \frac{m}{V} \qquad m = \rho V} \qquad (15\text{-}2)$$

Las unidades de densidad son la razón de una unidad de masa a una unidad de volumen, es decir, gramos por centímetro cúbico, kilogramos por metro cúbico, o slugs por pie cúbico.

La relación entre el peso específico y la densidad se encuentra al recordar que $W = mg$. O sea

$$\boxed{D = \frac{mg}{V} = \rho g} \qquad (15\text{-}3)$$

Tabla 15-1 Densidad y peso específico

Sustancia	D, lb/ft³	g/cm³	kg/m³
Sólido			
Aluminio	169	2.7	2 700
Latón	540	8.7	8 700
Cobre	555	8.89	8 890
Vidrio	162	2.6	2 600
Oro	1204	19.3	19 300
Hielo	57	0.92	920
Hierro	490	7.85	7 850
Plomo	705	11.3	11 300
Roble	51	0.81	810
Plata	654	10.5	10 500
Acero	487	7.8	7 800
Líquidos			
Alcohol	49	0.79	790
Benceno	54.7	0.88	880
Gasolina	42	0.68	680
Mercurio	850	13.6	13,600
Agua	62.4	1.0	1,000
Gases (0° C):			
Aire	0.0807	0.00129	1.29
Hidrógeno	0.0058	0.000090	0.090
Helio	0.0110	0.000178	0.178
Nitrógeno	0.0782	0.00126	1.25
Oxigeno	0.0892	0.00143	1.43

En el sistema de unidades inglés, por lo general, la materia se describe en función de su peso. Por esta razón, el peso específico se usa con más frecuencia cuando se trabaja con este sistema de unidades. En el SI la masa es la cantidad más conveniente, y se prefiere la densidad de masa. En la tabla 15-1 se da una lista de los pesos específicos y de las densidades de algunas sustancias comunes.

EJEMPLO 1 Un tanque cilíndrico de gasolina tiene una longitud de 3 m y un diámetro de 1.2 m. ¿Cuántos kilogramos de gasolina pueden almacenarse en el tanque?

Solución Primero se encuentra el volumen:

$$V = \pi r^2 h = \pi(0.6\ \text{m})^2(3\ \text{m}) = 3.39\ \text{m}^3$$

Sustituyendo el volumen y la densidad en la ecuación (15-1) se obtiene

$$m = \rho V = (680\ \text{kg/m}^3)(3.39\ \text{m}^3) = 2310\ \text{kg}$$

PRESIÓN

Se encuentra con frecuencia que la eficacia de una fuerza dada depende del tamaño del área en donde se ejerce. Por ejemplo, una mujer con zapatos de tacón fino causará daño mayor al piso que una que tuviera zapatos de tacón plano. Aunque en cada caso ejerce la misma fuerza hacia abajo, con los tacones finos el peso se distribuye en un área menor. Se llama *presión* a la *fuerza normal (perpendicular) por unidad de área*. Simbólicamente, la presión P está dada por

$$\boxed{P = \frac{F}{A}} \qquad (15\text{-}4)$$

donde A es el área sobre la cual se aplica una fuerza perpendicular F. La unidad de presión es la razón de cualquier unidad de fuerza a una unidad de área. Algunos ejemplos son: newtons por metro cuadrado y libras por pulgada cuadrada. En unidad del SI, a N/m² se le da el nombre de *pascal* (Pa). El *kilopascal* (KPa) es la medida más apropiada para la presión de un fluido.

$$1\ \text{kPa} = 1000\ \text{N/m}^2 = 0.145\ \text{lb/in.}^2$$

EJEMPLO 2 Un zapato de golf tiene 10 tacos, cada uno con un área de 0.01 in² en contacto con el piso. Supóngase que al caminar, hay un instante en que los 10 tacos soportan el peso total de una persona de 180 lb. ¿Cuál es la presión que ejercen los tacos sobre el piso? Exprésese la respuesta en unidades del SI.

Solución El área de contacto con el piso es de 0.1 in² (10 × 0.01 in²). Si se sustituye en la ecuación (15-4) se obtiene

$$P = \frac{F}{A} = \frac{180\ \text{lb}}{0.1\ \text{in.}^2} = 1800\ \text{lb/in.}^2$$

Convirtiendo al SI de unidades, se obtiene

$$P = (1800\ \text{lb/in.}^2)\left(\frac{1\ \text{kPa}}{0.145\ \text{lb/in.}^2}\right) = 1.24 \times 10^4\ \text{kPa}$$

A medida que el área del zapato en contacto con el piso disminuye, la presión aumentará. Es fácil ver por qué debe considerarse este factor al construir un piso.

PRESIÓN DEL FLUIDO

Es muy significativa la forma diferente en que actúa una fuerza sobre un fluido y sobre un sólido. Puesto que un sólido es un cuerpo rígido, puede soportar que se le aplique un fuerza sin que se origine un cambio significativo en su forma. Un líquido, por otro lado, puede sostener una fuerza sólo en una superficie cerrada o frontera. Si un fluido no está contenido, fluirá bajo la acción de un esfuerzo cortante en lugar de deformarse elásticamente.

La fuerza que ejerce un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene siempre actúa perpendicularmente a dichas paredes.

Esta propiedad característica de los fluidos es la que hace tan útil el concepto de presión. Los agujeros perforados en el fondo y a los lados de un barril con agua (Fig. 15-2) demuestran que la fuerza ejercida por el agua es en todas partes perpendicular a la superficie del barril.

Si se reflexiona por un momento, se podrá demostrar que el líquido también ejerce una presión hacia arriba. Cualquiera que haya tratado de mantener una balsa por debajo de la superficie del agua se convence inmediatamente de la existencia de una presión hacia arriba. De hecho, se determina que:

Los fluidos ejercen presión en todas las direcciones.

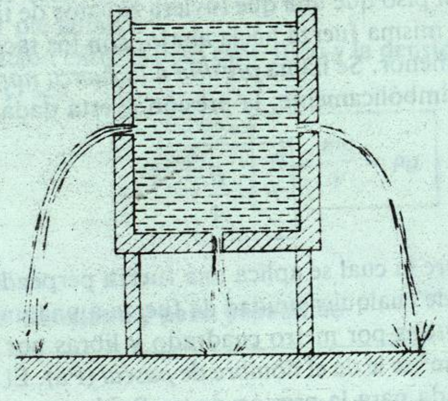


Fig. 15-2 Las fuerzas que un fluido ejerce sobre las paredes del recipiente que lo contiene son perpendiculares en cada punto.

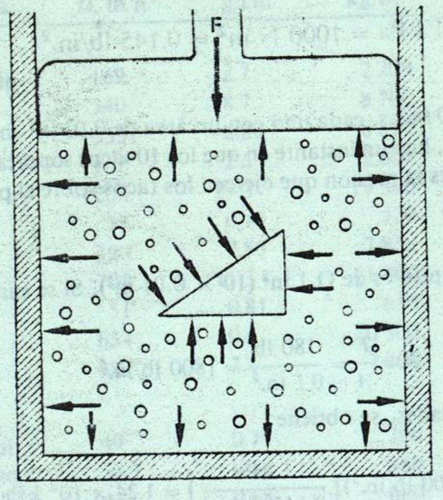


Fig. 15-3 Los fluidos ejercen presión en todas las direcciones y sentidos.

La figura 15-3 muestra un líquido bajo presión. Las fuerzas que actúan sobre la cara del pistón, las paredes del recipiente y sobre las superficies de un objeto suspendido en el fluido también se muestran en la figura.

Al igual que los objetos sólidos de gran volumen ejercen grandes fuerzas sobre sus soportes, los fluidos también ejercen una presión mayor al aumentar la profundidad. El fluido que se encuentra en el fondo de un recipiente está siempre sometido a una presión mayor que en la superficie. Esto se debe al peso del líquido que hay arriba. Debe señalarse, empero, una diferencia entre la presión ejercida por los sólidos y la ejercida por los líquidos. Un objeto sólido puede ejercer solamente una fuerza *hacia abajo* debido a su peso. A cualquier profundidad en un fluido, la presión es la misma en todas las direcciones. Si esto no fuera verdad, el fluido se derramaría bajo la influencia de una presión resultante hasta que se alcanzara una nueva condición de equilibrio.

Puesto que el peso que se encuentra por arriba es proporcional a su densidad, la presión a cualquier profundidad también corresponderá a la densidad del fluido. Esto puede observarse al considerar una columna rectangular de agua que se extiende desde la superficie hasta una profundidad h, como se muestra en la figura 15-4. El peso de toda la columna actúa sobre el área de superficie A en el fondo de la columna.

En la ecuación (15-1) se puede escribir el peso de la columna como

$$W = DV = DAh$$

en donde D es la densidad de peso del fluido. La presión (peso por unidad de área) a la profundidad h será

$$P = \frac{W}{A} = Dh$$

o, en términos de la densidad de masa,

$$\boxed{P = Dh = \rho g h} \qquad (15\text{-}5)$$

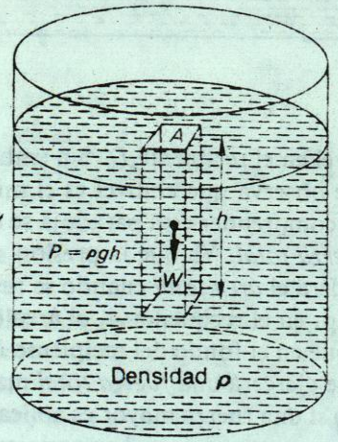


Fig. 15-4 La relación entre presión, densidad y profundidad.

La presión de un fluido en cualquier punto es directamente proporcional a la densidad del fluido y a la profundidad por debajo de la superficie del mismo.

EJEMPLO 3 La presión del agua en cierta casa es de 160 lb/in². ¿Cuál es la altura a la que debe estar el nivel del líquido del punto de toma de agua de la casa?

Solución El peso específico del agua es 62.4 lb/ft³. La presión es 160 lb/in². Para evitar una discordancia en las unidades, la presión se convierte en unidades de libras por pie cuadrado.

$$P = (160\ \text{lb/in.}^2)\frac{144\ \text{in.}^2}{1\ \text{ft}^2} = 23\,040\ \text{lb/ft}^2$$

Si se resuelve la ecuación (15-5), se obtiene

$$h = \frac{P}{D} = \frac{23{,}040\ \text{lb/ft}^2}{62.4\ \text{lb/ft}^3} = 369\ \text{ft}$$

En el ejemplo anterior no se hizo referencia al tamaño o forma del recipiente que contenía el abastecedor de agua. Tampoco se dio información relativa a la trayectoria del agua o a las dimensiones de los tubos que conectan al recipiente con la casa. ¿Puede suponerse que la respuesta es correcta cuando ésta sólo se basó en la diferencia de los niveles de agua? ¿Tendrá algún efecto sobre la presión del líquido la forma o área del recipiente? A fin de contestar estas preguntas, deben recordarse algunas características de los fluidos ya estudiadas.

Considérese una serie de recipientes interconectados de diferentes áreas y formas que se muestra en la figura 15-5. Aparentemente, es de suponer que el mayor volumen de agua que hay en el recipiente B debe ejercer una presión mayor en el fondo que el líquido del recipiente D. El efecto de dicha diferencia en las pre-

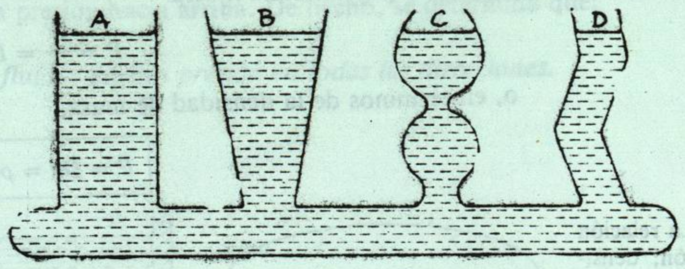


Fig. 15-5 El agua busca su propio nivel, indicando que la presión es independiente del área o forma del recipiente que la contiene.

siones tendería a elevar el nivel en el recipiente *D*. Sin embargo, cuando se llenan los recipientes con líquido se observa que el nivel es el mismo en ambos.

Parte del problema para comprender esta paradoja se origina en la confusión de los términos *presión* y *fuerza total*. Ya que la presión se mide en términos de un área unitaria, no se considera el *área total* cuando se resuelven problemas que incluyen presión. Por ejemplo, en el recipiente *A*, el área del líquido en el fondo del mismo es mucho mayor que en el fondo del recipiente *D*. Esto significa que el líquido en el primer recipiente ejercerá una *fuerza total* mayor en el fondo que el líquido del recipiente *D*. Pero si una fuerza mayor es aplicada sobre una área más grande, la presión permanece constante en ambos recipientes.

Si los fondos de los recipientes *B,C,* y *D* tienen la misma área, puede decirse que las fuerzas totales también son iguales en los fondos de estos recipientes. (Por supuesto que las presiones son iguales para cualquier profundidad). El lector puede sorprenderse de cómo las fuerzas totales pueden ser iguales cuando los recipientes *A* y *B* contienen un volumen mayor de agua. En cada caso, el agua extra es soportada por las componentes verticales de las fuerzas ejercidas por las paredes del recipiente sobre el fluido. (Véase la Fig. 15-6.) Cuando las paredes de un recipiente son verticales, las fuerzas que actúan sobre los lados no tienen componentes hacia arriba. La fuerza total en el fondo de un recipiente es, por lo tanto, igual al peso de una columna recta de agua sobre el área de la base.

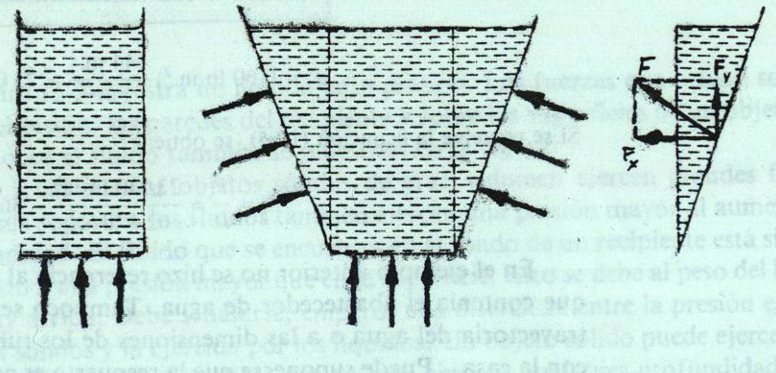


Fig. 15-6 La presión en el fondo de cada recipiente sólo es función de la profundidad del líquido y es la misma en todas las direcciones. Ya que el área en el fondo es la misma para ambos recipientes, la fuerza total que se ejerce sobre el fondo de cada uno de ellos también es la misma.

EJEMPLO 4 Supóngase que los recipientes de la figura 15-5 se llenan con alcohol hasta que el nivel del fluido está 1 ft por arriba de la base de cada recipiente. Las áreas de las bases de los recipientes *A* y *B* son 20 y 10 in², respectivamente. Calcúlese la presión y la fuerza total en la base de cada recipiente.

Solución La presión es la misma en cualquiera de los dos recipientes y está dada por

$$P = Dh = (42\ \text{lb/ft}^3)(1\ \text{ft}) = 42\ \text{lb/ft}^2$$

La fuerza total en cada caso es el producto de la presión por el área de la base ($F = PA$). De este modo

$$F_A = (42\ \text{lb/ft}^2)(20\ \text{in.}^2)\frac{1\ \text{ft}^2}{144\ \text{in.}^2} = 5.83\ \text{lb}$$

$$F_B = (42\ \text{lb/ft}^2)(10\ \text{in.}^2)\frac{1\ \text{ft}^2}{144\ \text{in.}^2} = 2.92\ \text{lb}$$

Antes de considerar otras aplicaciones de la presión de los fluidos, se resumirán los principios estudiados en esta sección para fluidos en reposo.

1. Las fuerzas ejercidas por un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene son siempre perpendiculares a las mismas.
2. La presión del fluido es directamente proporcional a su profundidad y densidad.
3. A cualquier profundidad, la presión del fluido es la misma en todas las direcciones.
4. La presión del fluido es independiente de la forma o área del recipiente que lo contiene.

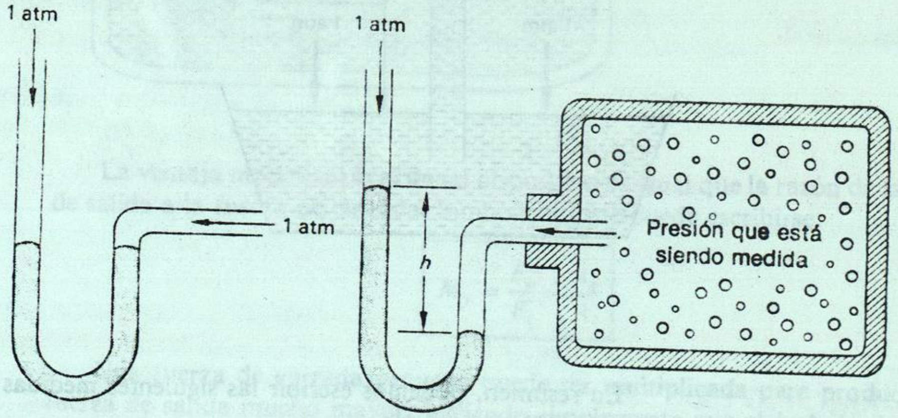
MEDICIÓN DE LA PRESIÓN

El concepto de presión estudiado en la sección precedente se aplica únicamente al fluido mismo y puede calcularse mediante la ecuación (15-5). Desafortunadamente, éste no es el caso en la mayor parte de las ocasiones. Cualquier líquido en un recipiente abierto, por ejemplo, es afectado por la presión atmosférica además de la presión originada por su propio peso. Ya que el líquido es relativamente incompresible, la presión externa de la atmósfera se transmite en igual medida a través de todo el volumen del líquido. Este hecho, establecido por primera vez por el matemático francés Blaise Pascal (1623-1662), se llama *ley de Pascal*. Generalmente puede ser enunciada como sigue:

Una presión externa aplicada a un fluido confinado se transmite uniformemente a través del volumen del fluido.

La mayor parte de los dispositivos que miden la presión directamente, miden en realidad la diferencia entre la *presión absoluta* y la *presión atmosférica*. El resultado se llama *presión manométrica*.

Fig. 15-7 Manómetro de tubo abierto. La presión se mide mediante la altura *h* de la columna de mercurio.



Presión absoluta = presión manométrica + presión atmosférica.