La ecuación $P = Dgh$ ....4-5-2.

Representa la ley fundamental de la hidrostática y con ella podemos calcular la presión que ejerce un líquido en reposo, a cualquier profundidad h, conociendo su densidad absoluta: D. Esta presión será la misma que ejerce el líquido, sobre todos los puntos del recipiente que se encuentren a la misma profundidad.

Si conectamos un tubito horizontal, a la pared lateral del recipiente de la fig. 4-5-1, a una profundidad h (medida a partir de la superficie del líquido), el líquido saldrá horizontalmente con la presión correspondiente dada por la ecuación; 4-5-2.

Si se hace un agujero en la base del mismo recipiente anterior, el líquido saldrá verticalmente hacia abajo, con la presión dada por la ecuación 4-5-2.

El hecho de que nos estamos refiriendo al recipiente cilíndrico de la figura 4-5-1 no quiere decir que la ecuación 4-5-2, se aplique solamente a recipientes de dicha forma,

sino que se puede aplicar a cualesquier forma de recipiente.

Para recipientes abiertos a la atmósfera, la presión total a cualesquier profundidad del líquido está dada por la suma escalar de: La presión atmosférica que obra sobre la superficie del líquido, más la presión propia del líquido, ésta suma se puede expresar así:

$$P = P_o + Dgh \quad .... \quad 4\text{-}5\text{-}3$$

Siendo P, la presión total, Po la presión atmosférica y Dgh la presión correspondiente del líquido, a la profundidad considerada: h.

La ecuación 4-5-3, es la ecuación general, de la ley de la hidrostática.

La presión atmosférica Po, tiene un valor variable, el cual depende de la altura del lugar (con respecto al mar), en que se haga la medición. Al nivel del mar, se dice que la presión atmosférica es igual a una atmósfera, siendo ésta una unidad de presión que no corresponde a ninguno de los sistemas de unidades que hemos manejado. Sin embargo se han establecido equivalencias entre ellas y son las siguientes:

$$1 \text{ atm: } = 76 \text{ cm - Hg} = 1.013 \times 10^6 \frac{\text{dinas}}{\text{cm}^2}$$

$$= 1.013 \text{ X } 10^5 \frac{\text{Nt}}{\text{M}^2} = 14.7 \frac{\text{Lbm}}{\text{pulg}^2} = 1.03 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 10.3 \text{ M—Agua.}$$

Observa la mezcla de unidades en éstas equivalencias.

Una atmósfera se define como: La presión que ejerce el peso de una columna de aire, de altura dada por el espesor de la capa atmosférica que rodea a nuestro planeta, por unidad de área, al nivel del mar.

La presión atmosférica se mide con un dispositivo llamado Barómetro, según se muestra en la figura: 4-5-2.

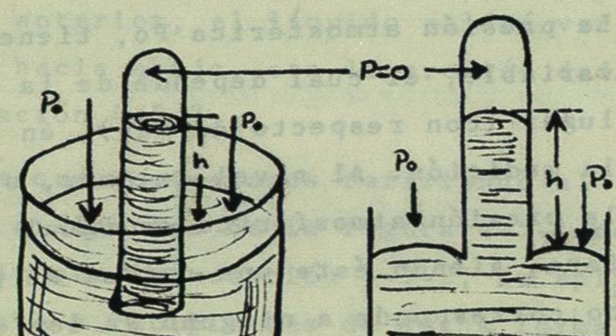

FIGURA 4-5-2

El barómetro es un tubo invertido, parcialmente lleno de mercurio, sumergido en una vasija que contiene también mercurio. Como se ve en la figura 4-5-2, la parte superior del barómetro está vacía, por eso la presión P, vale cero.

A ésta parte del barómetro se le llama: Vacío de Torricelli. Obsérvese, como la columna de mercurio está equilibrada por la presión atmosférica Po. Si el barómetro se coloca al nivel del mar, se encontrará que la altura h de la columna de mercurio es de 76 cm o 760 mm, por eso se escribe que 1 atm = 76cm - Hg = 760 mmHg.

Con el uso del barómetro, podemos saber cual es la presión atmosférica en cualquier lugar de la tierra.

4-6: SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS.

1.- Una persona de 80 Kg, se encuentra parada. Calcular la presión que ejerce sobre el suelo, si el área de uno de sus piés es de 200 cm^2.

SOLUCION:-

como: $P = \frac{F}{A}$ y en éste caso, F representará el peso W de la persona, entonces:

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

y además: $W = mg$, entonces

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

El área A será igual a 2 veces el área de uno de sus piés. Entonces:

$$P = \frac{mg}{A} = \frac{80 \times 9.8}{2(200 \times 10^{-4})}$$

$$P = \frac{784}{400 \times 10^{-4}} = 1.96 \times 10^{4} \frac{Nt}{M^2}$$

2.- Un tanque de acero está totalmente lleno de benceno. Si el tanque está cerrado y es de forma cilíndrica, calcular (a) la presión en su base y (b) la fuerza total que ejerce el benceno sobre dicha base. El tanque mide de diámetro 50 Cm, y de altura 100 cm.

SOLUCIONES:- (a) Consideremos el tanque en posición vertical, descansando sobre una de sus tapas.

Entonces, por la ecuación 4-5-2:

$$P = Dgh = 880 \times 9.8 \times 1.0$$

$$P = 8624 \ Nt/M^2.$$

(b) Por la ecuación: 4-5-1: $P = \frac{F}{A}$

despejamos F y tenemos: $F = PA$

pero el área $A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times (.5)^2}{4}$

$A = .196 \ M^2$, por lo tanto:

$F = 8624 \times .196 = 1,690.3$ Nt.

3.- Expresa la presión P, del problema anterior en, (a) Atmósferas (b) cm-Hg (c) M-Agua (d) $\frac{Kg}{cm^2}$.

SOLUCION:- (a) haciendo uso de las siguientes equivalencias de presión;

$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \frac{Nt}{M^2}$, entonces:

$$\frac{8624}{1.013 \times 10^5} = .085 \text{ atm}$$

(b) Como 1 atm = 76 cm-Hg, luego:

$.085 \times 76 = 6.46$ cm-Hg.

(c) Como 1 atm = 10.3 M-Agua, por lo tanto:

.085 X 10.3 = .875 M-Agua.

NOTA: M-Agua, significa metros de columna de agua.

(d) Como 1 atm = 1.03 $\frac{Kg}{cm^2}$, entonces:

$.085 \times 1.03 = .875 \frac{Kg}{Cm^2}$.

Todos los incisos anteriores, se pueden resolver aplicando una regla de tres simple directa para cada inciso.

4.- ¿De que altura mínima ha de construirse un barómetro, en el que se vaya a usar agua en lugar de mercurio, al nivel del mar?

SOLUCION:- De acuerdo a las equivalencias: 1 atm = 10.3 M-agua, entonces la altura mínima del barómetro ha de ser de 10.3 metros.

5.- ¿Qué altura mínima ha de tener un barómetro de mercurio, en un lugar donde la presión atmosférica sea de: 10 $\frac{Lbm}{pulg^2}$?

SOLUCION:- Empleando la siguiente equivalencia: 14.7 $\frac{Lbm}{pulg^2}$ = 76 cm-Hg

y aplicando la regla de tres simple directa, tenemos:

$$\frac{76 \times 10}{14.7} = 51.7 \text{ cm-Hg}$$

6.- Un depósito contiene agua, y está abierto a la atmósfera, en un lugar donde la presión atmosférica o barométrica, es de 73 cm-Hg. El fondo del depósito está a 2.5 M de la superficie del agua.

Calcular la presión (a) a 1 M de profundidad (b) En el fondo del depósito.

SOLUCION:- Como la ecuación general, de la ley fundamental de la hidrostática es: P = Po + Dgh, la aplicaremos para cada inciso.

(a) Si hemos de trabajar en el sistema M.K.S. transformaremos primero la presión barométrica:

$$\frac{73 \text{ cm-Hg}}{76 \text{ cm-Hg}} (1.013 \times 10^5) = .973 \times 10^5 \frac{Nt}{M^2}$$

y sustituyendo en la ecuación general, sabiendo que la densidad absoluta D, del agua es: 10^3 Kg/M^3, tenemos:

$$P = .973 \times 10^5 + 10^3 \times 9.8 \times 1.0 = 1.071 \times 10^5 \frac{Nt}{M^2}$$

(b) Como Po y D son los mismos, excepto h que vale ahora 2.5 M;

$$P = .973 \times 10^5 + 10^3 \times 9.8 \times 2.5 = 1.218 \times 10^5 \frac{Nt}{M^2}$$

7.- Un tubo vertical de vidrio, abierto a la atmósfera, tiene 75 cm de gasolina, flotando sobre 50 cm de agua. Calcular (a) la presión en el nivel de separación de la gasolina y el agua, (b) En el fondo del tubo. Exprese las presiones en atmósferas.

SOLUCION:- (a) se tomará como presión atmosférica la del mar. Entonces:

$$P = Po + Dgh = 1.013 \times 10^5 + 680 \times 9.8 \times .75$$

$$P = 1.06298 \times 10^5 \frac{Nt}{M^2}$$

haciendo uso de las equivalencias:

$$\frac{1.06298 \times 10^5}{1.013 \times 10^5} = 1.049 \text{ atm.}$$

(b) Como ya fué tomada la presión atmosférica en el inciso (a), por lo pronto se calculará solamente la presión debida al agua:

$$P = Dgh = 10^3 \times 9.8 \times .5 = 4.9 \times 10^3 \frac{Nt}{M^2}$$

esta presión se transformará a atmósferas:

$$\frac{4.9 \times 10^3}{1.013 \times 10^5} = .048 \text{ atm.}$$

Entonces, la presión total en el fondo del tubo vertical, será la suma de las dos presiones:

$$1.049 + .048 = 1.097 \text{ atm.}$$

4-7 PRINCIPIO DE PASCAL Y LA PRENSA HIDRAULICA

Pascal estableció su principio de la siguiente manera: Si se aplica una presión a un líquido encerrado en un depósito, dicha presión se transmitirá por igual a todos los puntos de la superficie del depósito en contacto con el líquido.

Una de las aplicaciones más ampliamente utilizada del principio de Pascal, es en la prensa hidráulica, según la figura 4-7-1.

De acuerdo con el principio de Pascal, una presión aplicada a un líquido en la columna de la izquierda será transmitida íntegramente al líquido en la columna derecha. Por lo tanto, si una fuerza de entrada F_1, actúa sobre un émbolo o pistón de área a, ocasionará una fuerza de salida F_2, que actuará sobre el pistón de área A, así que:

Presión de entrada = Presión de salida

Según Pascal, por lo tanto:

$\frac{F_1}{a} = \frac{F_2}{A}$ .... 4-7-1, pues la presión de entrada es: $\frac{F_1}{a}$ y la presión de salida es $\frac{F_2}{A}$

La ecuación 4-7-1 es básica, en el funcionamiento de la prensa hidráulica.

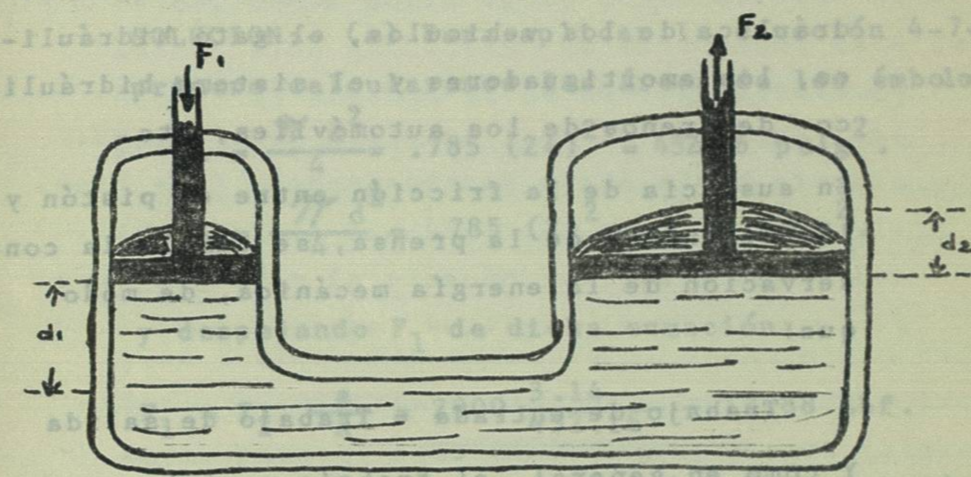

FIGURA 4-7-1

La ventaja de la prensa hidráulica es que, si se aplica una fuerza pequeña F_1, se multiplicará en una fuerza F_2 de salida, pues la ecuación: 4-7-1, así lo establece:

$F_2 = F_1 \frac{A}{a}$, pues A es mucho mayor que a.

El principio de la prensa hidráulica tiene mu chas aplicaciones como son: La dirección hi-dráulica de los vehiculos, el gato hidráuli-co, los amortiguadores y el sistema hidráuli-co de frenos de los automóviles, etc.

En ausencia de la fricción entre el pistón y los cilindros de la prensa, se cumple la con-servación de la energía mecánica, de modo que:

Trabajo de entrada = Trabajo de salida

Y como en general, el trabajo mecánico se ex-presa como el producto de una fuerza por una distancia, entonces: $F_1 d_1 = F_2 d_2$ ...... 4-7-2.

4-8 PROBLEMAS A RESOLVER:

Los émbolos más pequeños y más grandes de una prensa hidráulica, tienen diámetros de 2 y 24 pulgadas, respectivamente.

(a) ¿Cuál es la fuerza de entrada necesaria a fin de obtener una fuerza de salida total de 2000 Libras-Fuerza, en el émbolo más grande?

(b) ¿Qué distancia recorrerá el émbolo más pe

queño, a fin de elevar al émbolo más grande una pulgada?

SOLUCION:- (a) Para aplicar la ecuación 4-7-1, primero calcularemos las áreas de los émbolos:

$$A = \frac{\pi\, d^2}{4} = .785\ (24)^2 = 452.16 \text{ pulg}^2.$$

$$a = \frac{\pi\, d^2}{4} = .785\ (2)^2 = 3.14 \text{ pulg}^2.$$

y despejando F_1 de dicha ecuación:

$$F_1 = F_2 \frac{a}{A} = 2000 \frac{3.14}{452.16} = 13.88 \text{ Lbf.}$$

(b) Aplicando la ecuación: 4-7-2, y despejan-do d_1;

$$d_1 = d_2 \left(\frac{F_2}{F_1} \right)$$

$$d_1 = (1)\left(\frac{2000}{13.88}\right) = 144.1 \text{ pulg.}$$

4-9 <u>PRINCIPIO DE ARQUIMIDES</u>: La fuerza de atrac-ción entre 2 masas, está dada por la ecuación de la ley de la Gravitación Universal. Ahora, si una de las masas es la masa de la Tierra y la otra masa es la masa de un cuerpo cualesquiera colocado cerca de la tierra; entonces a dicha fuerza se le llama: Peso del Cuerpo.

Si el cuerpo se cuelga verticalmente de un hilo manteniéndose en reposo, sobre el cuerpo estará obrando la fuerza gravitacional, o sea: Su peso, el cual apuntará como vector, siempre hacia abajo verticalmente. Pues bien, el hilo a su vez ejercerá una fuerza vertical y hacia arriba; opuesta al peso del cuerpo pero de igual magnitud, según figura 4-9-1.

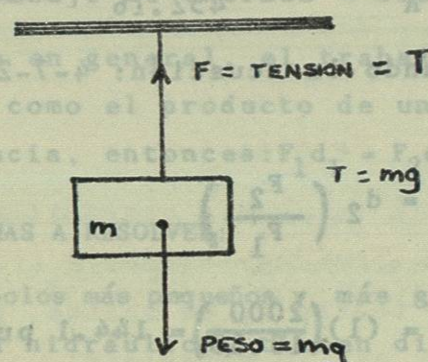

FIGURA 4-9-1

O también, si en lugar del hilo usamos un dinamómetro, el dinamómetro marcará en su escala el peso del cuerpo. Este peso, se dice que fué

medido en el aire.

Ahora, si el cuerpo es un trozo de madera, y lo colocamos sobre agua, notaremos que no se hunde, sino que flota. En éste caso, éste fenómeno es análogo al de la figura: 4-9-1, pués el agua ejercerá sobre la madera una fuerza de presión hacia arriba igual en magnitud, pero de sentido contrario, al peso del trozo de madera.

¿Qué lectura nos marcaría el dinamómetro bajo éstas condiciones?. Ah, pues no marcaría lectura, pues el agua estaría soportando totalmente el peso del trozo de madera, entonces, diríamos que el peso del trozo de madera en el agua será cero.

Si en lugar del trozo de madera, fuera un cuerpo cualesquiera que se hunde en el agua, entonces, al colgarlo de un dinamómetro, notaríamos que el dinamómetro nos de dos lecturas del peso del cuerpo; una en el aire y otra en el agua. La lectura en el agua será menor que la lectura en el aire, y diríamos pues, que el cuerpo pesa más en el aire que en el agua.

En base a los fenómenos anteriores, Arquími--

des enunció su principio de la siguiente manera: Un objeto que está completa o parcialmente sumergido en un fluido, experimenta una fuerza de abajo hacia arriba, igual al peso del fluido desalojado.

A la fuerza del fluido que apunta de abajo hacia arriba se le llama: Fuerza de flotación o fuerza de empuje del fluido.

Dicha fuerza, según Arquímides, es igual al peso del fluido desalojado por el cuerpo, total o parcialmente sumergido en el fluido, o sea:

F empuje = Peso del volumen del fluido desalojado.

Como: Peso = Mg, y $D = \frac{M}{V}$, entonces,

M = Dv, y sustituyendo M por DV en la ecuación del Peso; Peso = DVg, siendo D la densidad del fluido y V el volumen desalojado, por lo tanto, llegamos a la ecuación del principio de Arquímides:

F empuje = DVg 4-9-1

4-10 SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS.

1.- Un bloque de madera flota en agua con dos tercios de su volumen sumergido. Encontrar la densidad del bloque de madera.

SOLUCION:- Usando la ecuación 4-9-1:

F empuje del agua = Peso del bloque de madera
pero F empuje = DVg y Peso madera = D'V'g
entonces: (DVg) agua = (D'V'g) madera.

La g, en ambos miembros de la ecuación se elimina y despejando D', tenemos:

$D' = \frac{DV}{V'}$, siendo D' la densidad de la madera, V' su volumen total.

Entonces, como dice el problema que el volumen sumergido de la madera en el agua es:(2/3)V', entonces el volumen V del agua desalojada será también (2/3)V', o sea: V = (2/3)V',

por lo tanto: $D' = \frac{D(2/3)V'}{V'} = \frac{2}{3}\ D$

y como D del agua es 1 gr/cm^3, luego:
D' = (2/3) (1) = 0.666 gr/cm^3.

2.- El mismo bloque de madera del problema an-