CAPITULO V

ESTATICA DE LOS FLUIDOS

1.- Flúidos. Presión y densidad.

En este capítulo se tratará del estudio de los fluidos en reposo. Definido un fluido como una sustancia que puede fluir. Por lo tanto, está denominación de fluido incluye tanto a los líquidos como a los gases, pero mientras que un líquido tiene un volumen definido, al adoptar la forma de la vasija que lo contiene, un gas llena completamente el volumen del recipiente que lo contenga.

Algunos fluidos, tales como el vidrio o la brea se comportan como sólidos ya que fluyen lentamente, otros como el plasma que es un gas muy ionizado, no se sabe fácilmente si es líquido o gas; a menudo se le llama "cuarto estado de la materia" para poderlo distinguir.

Los líquidos y los gases se pueden diferenciar por sus coeficientes de compresibilidad; ya que mientras un líquido es prácticamente incompresible, un gas puede ser fácilmente comprimido.

Para el estudio que se haga, se despreciará la pequeña variación de volumen que experimenta un líquido por la acción de una presión.

Los fluidos difieren también unos de otros por su viscosidad, que es la facilidad con que pueden fluir. La viscosidad de un gas es pequeña en comparación con la de los líquidos, tales como el agua, el petróleo y la glicerina ya que poseen viscosidades mayores. La densidad de un material homogéneo se define como su masa por unidad de volumen, y se expresa en gramos por centímetro cúbico, kilogramos por metro cúbico, o slugs por pie cúbico.

La expresión que define la densidad es:

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

La densidad relativa de una sustancia es la relación de la densidad de esta sustancia, con la del agua y es, por tanto, un número abstracto.

Presión y densidad:

La presión atmosférica disminuye al aumentar la altura, así como también al aumentar la distancia al fondo de un lago o un océano. Generalizando el concepto de presión para un fluido que se encuentra en reposo, una fuerza en la superficie siempre debe estar dirigida perpendicularmente a la superficie, así como las fuerzas ejercidas por el fluido contra la pared y las ejercidas por la pared sobre el fluido son normales a la pared.

Esto resulta evidente cuando se comprueba que un fluido no puede soportar permanentemente esfuerzos cortantes, ya que cualquier fuerza tangencial ejercida sobre el fluido provocaría que las capas del fluido resbalaran unas sobre las otras y por lo tanto se presentaría el deslizamiento del fluido. Por otra -

parte, es precisamente la incapacidad de los fluidos de resistir tales fuerzas tangenciales (esfuerzoas cortantes) lo que les dá su propiedad característica - de cambiar su forma, o sea, de fluir.

La presión en un fluido se define como la magnitud de la fuerza normal que obra sobre el fluido por unidad de área y se transmite a todos los límites sólidos en todos sus puntos.

La presión es una cantidad escalar y sus unidades comunes son:

$$\frac{Lbs}{In^2},\ \frac{NT}{MT^2},\ \frac{Dina}{cm^2},\ \frac{Kg}{MT^2},$$

atmósferas (1 atm.= 14.7 $\frac{Lbs}{In^2}$) y milímetros de mercurio (760 m m - HG = 1 atm).

Al considerar una superficie cerrada que contiene un fluido, el valor de - la presión en un punto se define como la razón de la fuerza dF ejercida sobre - una pequeña superficie dA que comprenda este punto, por lo tanto:

$$P = \frac{dF}{dA} \qquad \text{Ecuación 5-1}$$

La densidad p de un fluido homogéneo puede depender de varios factores, tales como la temperatura y presión a que esté sometido. Para los líquidos, la -- densidad varía muy poco dentro de grandes límites de presión y temperatura, por lo tanto se le puede tratar como constante para nuestros fines. En cambio la -- densidad de un gas es sensible a los cambios de temperatura y presión.

En seguida se muestran las variaciones de densidad para el agua y el aire cuando están sometidos a las condiciones de presión y temperatura indicadas:

AIRE	DENSIDAD ($\frac{Kg}{Mt^3}$).
a 0°C y 1 atm.	1.3
a 100°C y 1 atm.	0.95
a 0°C y 50 atm.	6.5
AGUA	
a 0°C y 1 atm.	1×10^3
a 100°C y 1 atm.	0.958×10^3
a 0°C y 50 atm.	1.002×10^3

2.- Variaciones de presión en un fluido en reposo.

Un flúido se encuentra en equilibrio, cuando todas las partes del mismo están en equilibrio. A continuación se deducirá la relación existente entre la -- presión y la altura de un fluido. Considerese un pequeño cubo del volumen de -- fluido, sumergido dentro de la masa del flúido que se encuentra en equilibrio - bajo la acción de las fuerzas dirigidas hacia su interior, ejercidas sobre sus-caras por el fluido que lo rodea y por su peso, como se muestra en la figura -- 5-1.

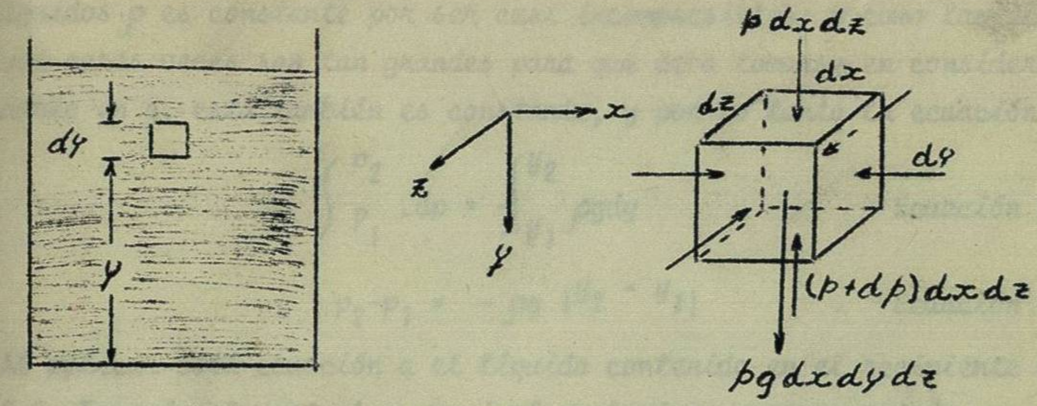

FIGURA 5.1

Las fuerzas horizontales ejercidas sobre las caras opuestas, son iguales-- y opuestas, pero la fuerza hacia arriba que actúa sobre la cara inferior del cubo debe ser mayor a la fuerza ejercida sobre su cara superior, para equilibrar el peso del fluido contenido en el cubo.

Representese por p y p + dp las presiones sobre las caras superiores e inferior, y sea dx, dy y dz las dimensiones del cubo. La densidad del fluido se - representará por p. Puesto que el cubo está en equilibrio.

$$\sum Fy = 0, \text{ por lo tanto:}$$

$$(p = dp)dxdz - pdxdz - pgdxdydz = 0$$

$$pdxdz + dpdxdz - pdxdz - pgdxdydz = 0$$

$$dpdxdz = pgdxdydz$$

$$dp = pgdy \qquad \text{Ecuación 5-2}$$

Que es la ecuación general que relaciona la variación de presión con la altura. (La coordenada "y" se considera positiva cuando se mide hacia abajo). Obsérvese que el producto pg es, el peso por unidad de volumen del fluido, o sea,- su peso específico. Conforme aumenta la altura en el recipiente, disminuye la - presión.

Por consiguiente, la ecuación 5-2 se convierte en:

$$\frac{dp}{dy} = -pg \qquad \text{Ecuación 5-2a.}$$

Si se analiza un punto sumergido en un líquido que se encuentra en un recipiente abierto a la atmósfera como el de la figura 5-2.

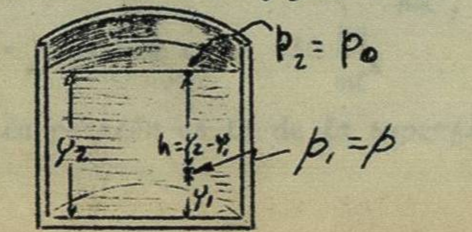

FIGURA 5-2

Donde p_1 y p_2 son las presiones a las alturas y_1 e y_2 contadas por encima de un cierto plano horizontal, al integrar la ecuación 5-2a y sabiendo que para los líquidos ρ es constante por ser casi incompresibles; y como las diferencias de nivel raras veces son tan grandes para que deba tomarse en consideración algún cambio en g, está también es constante, y por lo tanto la ecuación quedará:

$$\int_{p_1}^{p_2} dp = -\int_{y_1}^{y_2} \rho g dy \qquad \text{Ecuación 5-3}$$

$$p_2 - p_1 = -\rho g (y_2 - y_1) \qquad \text{Ecuación 5-3a}$$

Al aplicar está ecuación a el líquido contenido en el recipiente de la figura 5-2. Tomando el punto 1 a un nivel cualquiera y representado por p la presión en este punto; el punto 2 se encuentra en la superficie donde la presión es la atmosférica, p_o. Entonces,

$$p_o - p = -\rho g (y_2 - y_1)$$

Como $(y_2 - y_1)$ es la profundidad h bajo la superficie. la ecuación quedará

$$p_o - p = -\rho g h$$

$$p = p_o + \rho g h \qquad \text{Ecuación 5-4}$$

Obsérvese que la presión es la misma en todos los puntos situados a la misma profundidad, y que la forma del recipiente no afecta a la presión.

Para los gases ρ es muy pequeña y de ordinario la diferencia de presión entre dos puntos es insignificante. Así se puede admitir, que un depósito que contenga un gas, la presión es la misma en todos los puntos. Sin embargo cuando $(y_2 - y_1)$ es muy grande esto no sucede así, ya que la presión del aire varía continuamente cuando nos elevamos a grandes alturas en la atmósfera. En tales casos la densidad ρ varía con la altitud y para poder integrar la ecuación 5-3 debe conocerse a ρ en función de "y".

Ejemplo 5-1.

Un tanque abierto contiene 2 metros de agua cubiertos con 1 metro de aceite de densidad relativa 0.83. Calcular la presión en la superficie de separación agua-aceite y en el fondo del tanque.

En la superficie de separación, h = 1 mt y ρrelativa aceite = $\frac{\rho aceite}{\rho agua.}$

$$\rho aceite = 0.83 \times 1000 = 830 \frac{kg}{mt^3}.$$

$P = \rho g h + P_o$

$$p = \rho h = 830 \times 1 = 830 \frac{kg}{mt^2}$$

En el fondo del tanque la presión es la de la superficie de separación mas ρh para el agua, o sea:

$$p = 830 + 2 \times 1000 = 2830 \ \frac{kg}{mt^2}$$

La ecuación 5-3a relaciona las presiones entre dos puntos cualesquiera en un fluido, no importando la forma del depósito que lo contenga. Cualquiera que sea la forma del depósito dos puntos en el fluido se pueden unir mediante una trayectoria formada por escalones horizontales y verticales.

Considerese los puntos A y B en el líquido homogéneo contenido en el tubo en U de la figura 5-3.

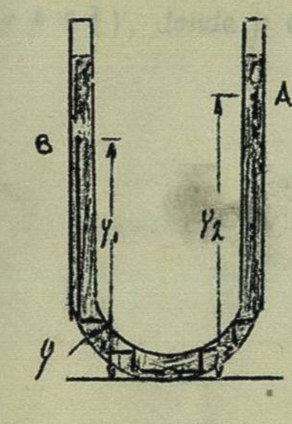

FIGURA 5-3

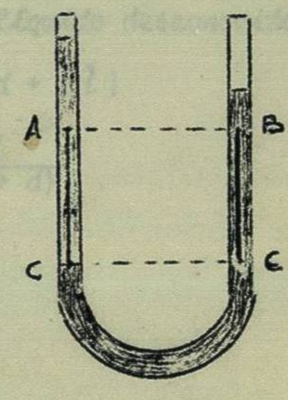

FIGURA 5-4

Siguiendo la trayectoria desde A hasta B, se encuentra que hay una diferencia de presión $\rho g y^1$ para cada segmento vertical y^1, en tanto que para los segmentos horizontales no hay cambio de presión. Por lo tanto, la diferencia de presión $p_B - p_A$ es ρg veces la suma algebraica de los segmentos verticales de A hasta B, o sea $\rho g \ (y_2 - y_1)$.

Si el tubo U contiene líquidos diferentes, supongase un líquido denso en el tubo de la derecha y uno menos denso en el tubo de la izquierda, como se muestra en la figura 5-4, la presión puede ser diferente al mismo nivel en diferentes lados. En el tubo de la izquierda la superficie del líquido está mas alta que en el de la derecha, por lo tanto la presión en A será mayor que en B. La presión en C es la misma en ambos lados, pero la presión se reduce menos de C a A, que de C a B, ya que una columna de líquido de sección transversal de área unidad, que una al punto A con C pesará menos, que una columna que una al punto B con C.

Ejemplo 5-2.

En la figura 5-5. se muestra un tubo en U, inicialmente lleno de agua.

Otro líquido, que no se mezcla con el agua, se vierte por uno de los lados hasta quedar a una altura d sobre el nivel del agua en el otro lado, el cual, mientras tanto, se ha elevado una altura l.