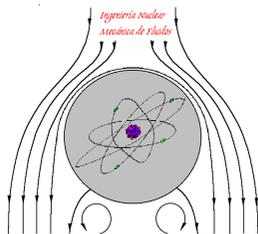


eman ta zabal zazu

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio. Hidrostática.



Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA.

Estática: $\vec{R} = \frac{1}{\rho} \cdot \vec{\nabla} P$

En el caso de un campo potencial: $-\vec{\nabla} U = \frac{1}{\rho} \cdot \vec{\nabla} P$

Siendo $U=gz \longrightarrow \vec{\nabla} U = \frac{\partial U}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial U}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial U}{\partial z} \vec{k} = g\vec{k}$

$$\frac{1}{\rho} \cdot \vec{\nabla} P = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial P}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial P}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial P}{\partial z} \vec{k} \right) = -\vec{\nabla} U = -g\vec{k}$$

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y} = 0$$

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial z} = -g$$

$$dP + \rho \cdot g \cdot dz = 0$$

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA.

Fluido incompresible ($\rho = \text{cte}$): $P + \rho g z = \text{cte} = P^*$ \longrightarrow Presión hidrostática

La ecuación fundamental de la Hidrostática dice que en fluidos estáticos, la suma de la altura de presión y la cota en cada punto permanece constante.

Es válida para:

- Fluido en reposo.
- La única fuerza volumétrica es la de la gravedad.
- Eje z vertical hacia arriba.
- Fluido incompresible y homogéneo.
- g constante.

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

CONSECUENCIAS DE LA HIDROSTÁTICA.

- En un fluido en reposo, todos los puntos a la misma cota del plano horizontal de referencia tienen la misma presión.
- Por reciprocidad, en un fluido en reposo, todos los puntos que tienen la misma presión están en el mismo plano horizontal.
- Como la superficie libre de un líquido en equilibrio se halla toda a la misma presión, la presión atmosférica, se cumple que esa **superficie libre de un líquido es horizontal**. A esta superficie se le llama **plano piezométrico**.
- En **un tubo piezométrico** conectado a un punto de un líquido, éste se eleva hasta una altura igual a la altura equivalente a la presión del líquido en dicho punto.
- La presión en un punto de un fluido en reposo es igual en todas las direcciones, luego la fuerza debida a la presión sobre una superficie es perpendicular a la superficie.
- Si se tienen dos líquidos inmiscibles que no están en reposo, éstos tienden a alcanzar la posición de equilibrio, produciéndose en el recipiente un flujo de movimiento del más pesado hacia abajo y del más ligero hacia arriba.

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

**VARIACIÓN DE LA PRESIÓN DE UN FLUIDO
INCOMPRESIBLE EN REPOSO.**

En un fluido incompresible se cumple que $\rho = \rho_0 = \text{cte}$, siendo ρ_0 la densidad a un nivel de referencia. Si además se considera la aceleración de la gravedad constante, se cumple (tomando z como la dirección en la que actúa la gravedad):

$$\frac{dp}{dz} = -\rho_0 \cdot g = -\gamma$$

Realizando la integración de esta expresión entre dos puntos en los que tenemos condiciones de contorno adecuadas, (a un nivel de referencia la presión es p_0 y a un nivel genérico z , la presión es p) obtenemos la variación de presión entre esos dos puntos.

$$\int_{p_0}^p dp = -\int_{z_0}^z \rho \cdot g \cdot dz$$

quedando:

$$p - p_0 = -\rho_0 \cdot g \cdot (z - z_0) = \rho_0 \cdot g \cdot (z_0 - z) = \gamma \cdot (z_0 - z)$$

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

**VARIACIÓN DE LA PRESIÓN DE UN FLUIDO
INCOMPRESIBLE EN REPOSO.**

- Al trabajar con líquidos suele ser conveniente tomar el origen de coordenadas en la superficie libre (nivel de referencia) y medir las distancias desde la superficie libre hacia abajo. Con estas consideraciones, tomando como referencia una superficie libre obtenemos:

$$z_0 - z = h \quad \Rightarrow \quad p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

- Para la aplicación de esta expresión es conveniente tener en cuenta que la presión es la misma en cualesquiera dos puntos que se encuentren en el mismo nivel y que formen parte del mismo tramo continuo de líquido, y que la presión aumenta si uno baja a lo largo de una columna de líquido.
- Hay que recordar que la expresión anterior será válida para fluido en reposo, si la única fuerza volumétrica que actúa es la de la gravedad, el eje h es vertical hacia abajo, partiendo de la superficie libre del líquido, fluido incompresible y homogéneo y g constante.

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio. Hidrostática.

PRINCIPIOS DE PASCAL. PRENSAS HIDRÁULICAS.

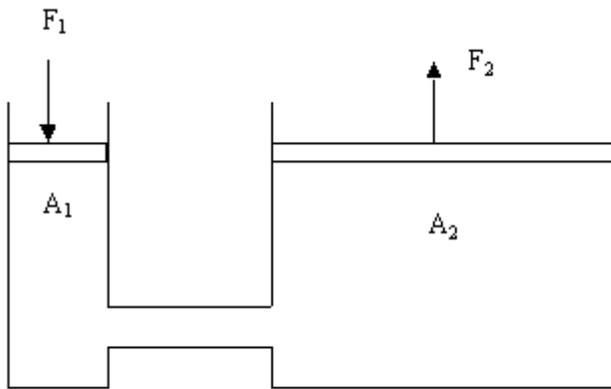


Fig. 4.1 Prensas hidráulicas

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} \quad p_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1$$

$$A_1 \cdot l_1 = A_2 \cdot l_2 \quad \longrightarrow \quad l_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot l_1$$

Principio de Pascal: la presión en un fluido en reposo se transmite a los demás puntos del fluido por igual si éste es incompresible. Aplicación: Prensas hidráulicas.

Al ejercer una fuerza en uno de los émbolos, se ejerce una presión en todo el fluido que se transmite al otro émbolo, ejerciéndose una presión equivalente. Una pequeña fuerza actuando sobre un área pequeña puede proporcionar una fuerza mayor, sobre un área más grande.

No obstante, el trabajo que realizan esas fuerzas es el mismo, puesto que el desplazamiento de los émbolos será inversamente proporcional a su área. El volumen que desalojarán será el mismo.

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

UNIDADES DE PRESIÓN.

La presión se define como la fuerza normal ejercida por unidad de superficie y su ecuación de dimensiones es: $[M][L]^{-1}[T]^{-2}$

Sistema Internacional: Pa (N/m^2).

Sistema Técnico: kp/m^2 .

CGS: 1 Baria = $1 \text{ Dina}/cm^2$

Otras unidades:

1 Piezo = $1 \text{ kN}/m^2$ 1 atm = $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$

1 bar = 10^5 Pa 1 Torr = 1 mmHg

1 $kg/cm^2 = 9,8 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ 1 p.s.i. = $1 \text{ libra}/\text{pulgada}^2 = 6895 \text{ Pa}$

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

ESCALAS DE PRESIÓN. PRESIÓN ABSOLUTA Y PRESIÓN MANOMÉTRICA.

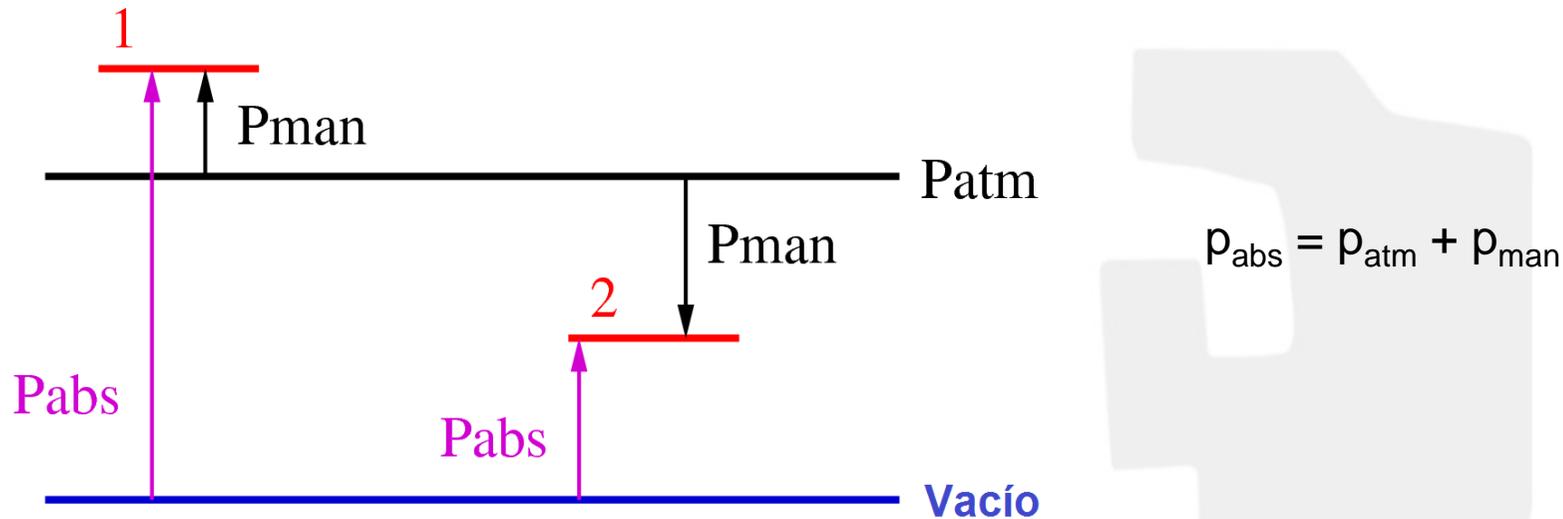


Fig. 4.2 Representación de las presiones absolutas y manométricas

La diferencia entre ellas es el origen de la escala de presiones, que en un caso es el vacío absoluto (presión absoluta) y en el otro la presión atmosférica en el lugar de medida (presión manométrica o relativa). La relación entre ambas presiones es la presión atmosférica local.

En el caso de trabajar con presiones absolutas, **no existirán** presiones negativas. En **todos** los cálculos que se efectúen mediante la ecuación de los gases ideales se deben emplear presiones absolutas.

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

ESCALAS DE PRESIÓN. PRESIÓN ABSOLUTA Y PRESIÓN MANOMÉTRICA.

Al trabajar con presiones manométricas, existirán tanto presiones positivas como negativas, pues podemos tener valores de presión entre el vacío completo y la presión atmosférica local, que resultarán negativas. Para medirla se utilizan los manómetros o vacuómetros.

La presión atmosférica local es la presión a la que está sometida la superficie de un líquido contenido en un recipiente abierto, varía de un punto a otro de la Tierra y con la altura en la que se tomen las medidas. Para medirla se utilizan los barómetros. Así, la presión manométrica puede ser positiva o negativa, según la presión medida sea mayor (sobrepresión) o menor (depresión) que la atmosférica local.

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

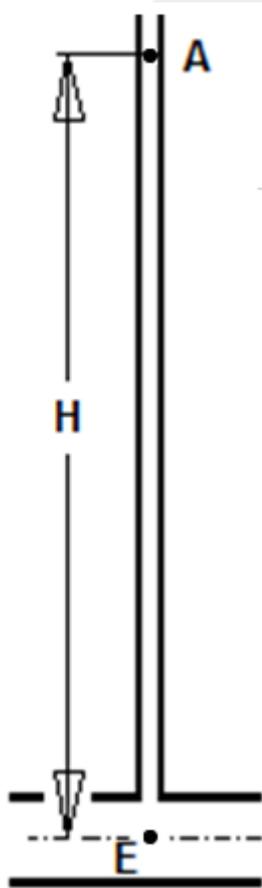
APARATOS DE MEDIDA DE PRESIÓN. MANÓMETROS Y MICROMANÓMETROS.

La presión se mide mediante **manómetros**, que son unos dispositivos que emplean columnas de fluidos para determinar diferencias de presión. La gran amplitud de rango da lugar a una amplia variedad de instrumentos de medida de la presión. Los aparatos que miden la presión pueden clasificarse de distintas formas. En función de la naturaleza de la presión que miden se tiene:

- Barómetros: miden la presión atmosférica.
- Manómetros y vacuómetros: miden la presión relativa positiva y negativa respectivamente.
- Manómetros de presión absoluta.
- Manómetros diferenciales: miden diferencias de presiones.
- Micromanómetros: para medir presiones muy pequeñas.

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

**APARATOS DE MEDIDA DE PRESIÓN. MANÓMETROS Y
MICROMANÓMETROS.**



El **piezómetro** es un tubo transparente de cristal o plástico, recto o con un codo, con un diámetro superior a 5 mm, que se conecta al depósito en el que se quiere medir la presión a través de un orificio llamado orificio piezométrico. La altura que alcanza el líquido procedente del depósito en ese tubo será la medida de presión. Estos instrumentos:

- son de gran precisión.
- son cómodos, no necesitan de ningún otro líquido para funcionar.
- sólo sirven para medir presiones relativas que no excedan mucho la presión atmosférica.

Fig. 4.3 Piezómetro

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

APARATOS DE MEDIDA DE PRESIÓN. MANÓMETROS Y MICROMANÓMETROS.

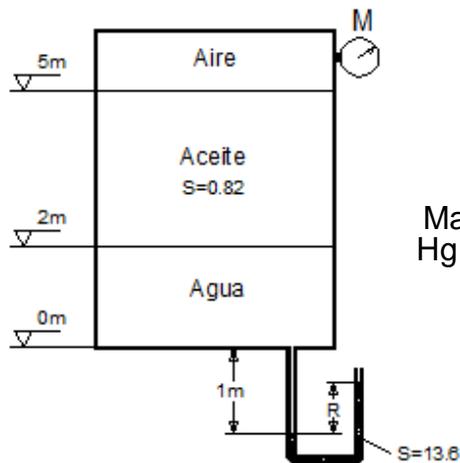


Fig. 4.4
Manómetro de Hg en fondo de depósito

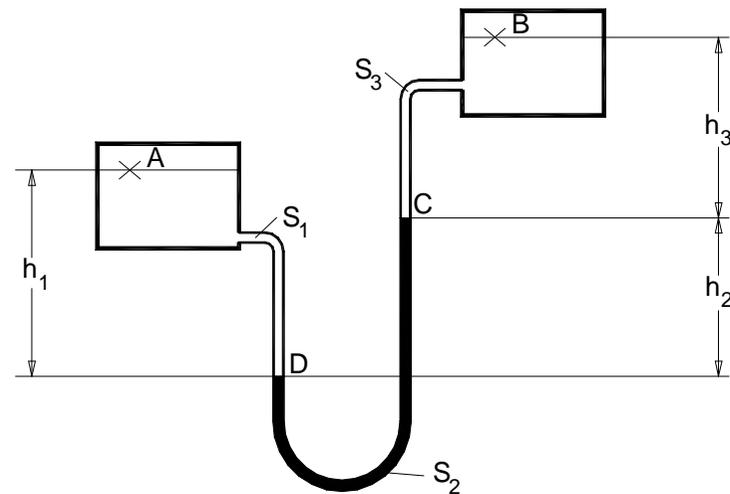


Fig. 4.5 Manómetro diferencial

Los **manómetros de líquido** se emplean para medir presiones manométricas positivas o negativas, generalmente de forma similar a los piezómetros pero añadiendo un líquido de mayor peso específico y que sea inmiscible con el del depósito cuya presión se desea medir. En este caso la presión viene dada por la diferencia de altura entre las dos superficies del líquido auxiliar, la de contacto con el fluido del depósito, y la que está libre, dentro del tubo en forma de U.

Los **manómetros diferenciales** miden la diferencia de presión entre dos depósitos. La presión diferencial viene dada igualmente por la diferencia de alturas entre las superficies del líquido dentro del tubo de unión.

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

APARATOS DE MEDIDA DE PRESIÓN. MANÓMETROS Y MICROMANÓMETROS.

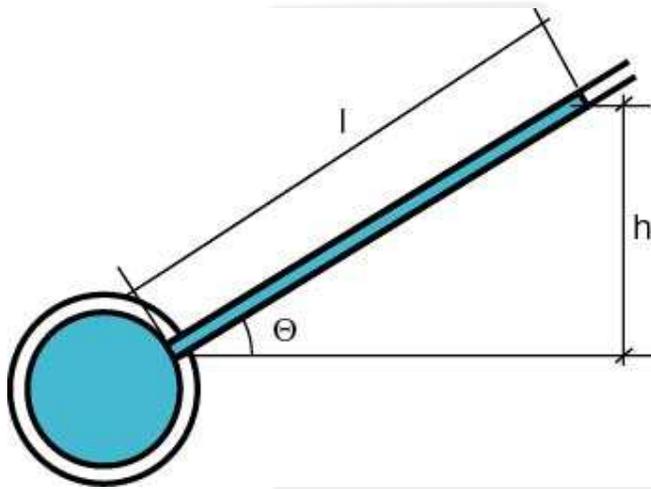


Fig. 4.6 Micromanómetro inclinado

$$p_{abs} = p_{amb} + \rho \cdot g \cdot h = p_{amb} + \rho \cdot g \cdot l \cdot \text{sen}\theta$$

Los **micromanómetros de tubo inclinado** se usan para medir diferencias de presiones muy pequeñas. Se suelen basar en la utilización de un tubo piezométrico inclinado, en el que la altura alcanzada es más perceptible. Haciendo θ muy pequeño se consigue una l grande para una presión pequeña, es decir, aumenta la precisión del instrumento.

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

APARATOS DE MEDIDA DE PRESIÓN. MANÓMETROS Y MICROMANÓMETROS.

Los **barómetros** miden la presión atmosférica local. Se utilizan dos tipos: el barómetro de mercurio y el barómetro aneroide.

El **barómetro de mercurio** consta de un tubo de vidrio cerrado en un extremo, lleno de mercurio e invertido, de manera que el extremo abierto quede sumergido en el mercurio. El espacio arriba del mercurio contiene vapor de mercurio.

$$P_{\text{atm}} = p_{\text{vacío}} + \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot H$$

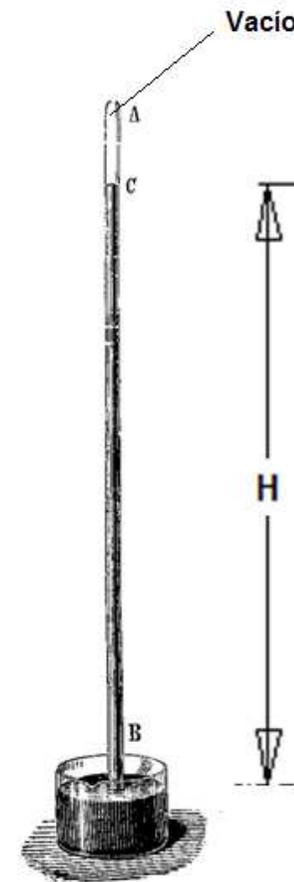


Fig. 4.7 Barómetro de mercurio

Tema 4: Estática de un fluido incompresible en el campo gravitatorio.
Hidrostática.

APARATOS DE MEDIDA DE PRESIÓN. MANÓMETROS Y MICROMANÓMETROS.

La presión atmosférica también se puede medir con un **barómetro aneroide**, que mide la diferencia de presión entre la atmósfera y una caja o tubo al vacío. Un ejemplo es el **barómetro de Bourdon**, que contiene un tubo elástico, en cuyo interior se ha hecho el vacío. La presión a medir actúa sobre el exterior del tubo. La sección transversal del tubo es elíptica. Bajo el influjo de la presión exterior, la sección transversal del tubo se deforma. La deformación se transmite a la aguja indicadora por el mecanismo esquematizado en la siguiente figura.

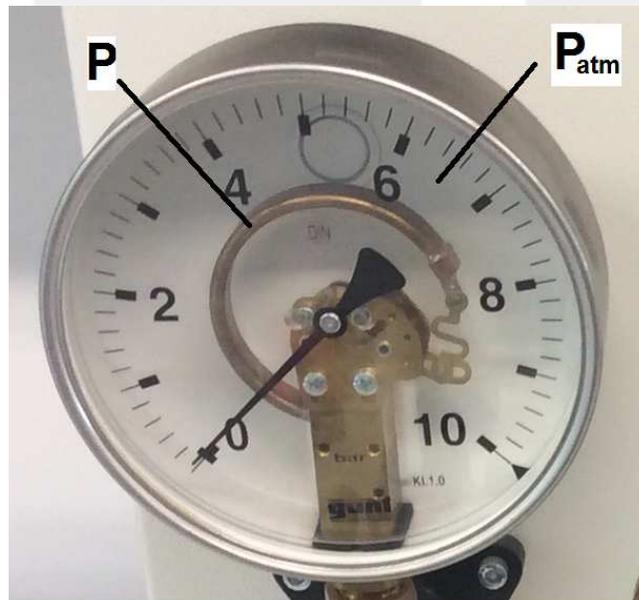


Fig. 4.8 Manómetro Bourdon de presión relativa