

Tema 8.- DINÁMICA DE FLUIDOS Y FLUIDOS REALES

• Estudio del flujo de los fluidos

El flujo de los fluidos puede ser:

(i) Estacionario o no estacionario: Cuando la velocidad del fluido v en cualquier punto no varía con el tiempo, se dice que el movimiento del fluido es estacionario. Es decir, todas las partículas que pasen por un punto del fluido lo harán con la misma velocidad en ese punto. En un flujo no estacionario las velocidades son función del tiempo (rápidos, catarata, etc.).

(ii) Rotacional e irrotacional: Si el elemento de fluido en un punto dado no tiene una velocidad angular neta alrededor de ese punto, el flujo es irrotacional.

(iii) Compresible o incompresible: Por lo general puede considerarse que los líquidos fluyen de forma incompresible y la densidad de los mismos es constante.

(iv) Viscoso o no viscoso: La viscosidad en el movimiento de los fluidos es análoga al rozamiento en el movimiento de los sólidos. La viscosidad introduce fuerzas tangenciales entre las capas del fluido en movimiento relativo y se traduce en una disipación de energía mecánica.

Para el *flujo estacionario*, la velocidad v en un punto dado es constante en el tiempo. Todas las partículas que pasen por ese punto lo harán con la misma velocidad y la trayectoria de una partícula del fluido corresponde a una *línea de corriente* que es tangente en cada punto al vector velocidad. En el flujo estacionario, la distribución de líneas de corriente del flujo no cambia con el tiempo. En el flujo estacionario un *tubo de corriente* o de *flujo* está formado por un haz de líneas de corriente. El fluido no puede cruzar el borde de un tubo de corriente y el tubo se comporta como una tubería.

• Ecuación de continuidad

La ecuación de continuidad expresa la conservación de la masa de un fluido en estado estacionario que circula o fluye por un tubo de sección variable. Para un tubo de flujo se cumple:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 \quad vS = cte.$$

Si el fluido es incompresible ($\rho_1 = \rho_2$):

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 \quad vS = cte$$

El producto vS indica la rapidez del *flujo de volumen* o *gasto* del fluido y se representa por el símbolo Q :

$$Q = vS$$

Líneas de corriente espaciadas indican regiones de velocidad baja, líneas concentradas indican regiones de gran velocidad.

• Teorema de Bernoulli. Aplicaciones

La ecuación de Bernoulli es una relación fundamental de la mecánica de fluidos que se deduce de las leyes básicas de la mecánica newtoniana. Para un fluido incompresible en régimen estacionario, si el trabajo que realizan las fuerzas no conservativas es despreciable, la energía mecánica se conserva. El trabajo realizado por las fuerzas externas sobre el fluido dará lugar a una variación en su energía mecánica. En este caso, para un fluido incompresible en estado estacionario y no viscoso, la conservación de la energía mecánica conduce a la *ecuación de Bernoulli* a lo largo de una línea de corriente:

$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

En términos de alturas o, en el lenguaje ingenieril, *cargas* (carga de presión, carga geométrica y carga cinética):

$$\frac{p_1}{\rho g} + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + h_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

La velocidad de salida de un fluido en una vasija abierta, por un orificio practicado en la pared delgada de la misma, es:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (\text{ley de Torricelli})$$

Si un fluido circula a lo largo de un tubo horizontal que tiene una región de menor diámetro, las distintas partes del tubo están a la misma altura y la ecuación de Bernoulli se reduce a:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = cte.$$

Teniendo en cuenta la ecuación de continuidad $vS = cte.$, cuando el fluido se introduce en un estrechamiento aumenta su velocidad y según la ecuación de Bernoulli, si la velocidad aumenta debe disminuir la presión en la parte estrecha. Este resultado se conoce como *efecto Venturi*.

• Viscosidad

La fuerza de viscosidad F_v sobre una superficie S viene dada por el gradiente de velocidad v/L en el fluido:

$$F_v = \frac{Sv}{L}$$

donde es una constante de proporcionalidad que se denomina *viscosidad*. La unidad de viscosidad en el SI es $N \cdot s \cdot m^{-2}$. Una unidad (que no pertenece al SI) muy corriente para la viscosidad es el poise (P), y es igual a:

$$1 \text{ P} = 0.1 \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$$

En el flujo laminar cada capa (lámina) de fluido ejerce una fuerza sobre la capa de fluido que está a su lado, pero como el flujo es no turbulento, las capas no se mezclan.

• Fórmula de Poiseuille. Pérdida de carga

El gasto Q debido a la diferencia de presión, $p_1 - p_2$, de un fluido viscoso a través de una tubería circular de radio R y longitud L es:

$$Q = \frac{(p_1 - p_2) R^4}{8 L}$$

que se conoce como *fórmula de Poiseuille*. La pérdida de presión $p_1 - p_2$ para una longitud L es proporcional a L :

$$p_1 - p_2 = \frac{8 Q}{R^4} L$$

Esta pérdida de presión también se expresa como una "pérdida de carga" en la ecuación de Bernoulli como $(p_1 - p_2) / \rho g$.

• Ley de Stokes

Cuando un fluido viscoso se mueve alrededor de una esfera con movimiento estacionario, o cuando una esfera se desplaza en el interior de un fluido viscoso en reposo, se ejerce una fuerza resistente sobre la esfera de radio r , cuyo valor es:

$$F = 6 \pi \eta r v$$

siendo v la velocidad de la esfera. Esta relación se conoce como *ley de Stokes*.

• Regímenes laminar y turbulento

El régimen estacionario es laminar cuando las capas de fluido se deslizan unas sobre otras. Si el rozamiento interno en el fluido es muy elevado se forman torbellinos, el régimen se llama turbulento y no es estacionario. El número de Reynolds para un tubo de diámetro D es:

$$N_R = \frac{vD}{\nu}$$

Para $N_R < 2000$ el régimen es laminar.

• BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- [BURBANO, 1993] *Cap.19: Hidrodinámica y aerodinámica.*
[GETTYS, 1991] *Cap. 15: Sólidos y fluidos.*
[TIPLER, 1999] *Cap. 13: Fluidos.*