

CAPITULO II

7. Movimiento de los flujos: La estática de los flujos que se estudió en el capítulo anterior está basada en leyes rígidas que se man tienen en la práctica.

En cambio la naturaleza del movimiento de un fluido indudablemente toma lugar de acuerdo con ciertas leyes, la naturaleza de ellas no es completamente conocida, por lo que se necesita recurrir a la experimentación, combinando el análisis basado en los principios de mecánica con la experimentación ordenada, ha sido posible resolver gran número de problemas de Ingeniería que incluyen flujos en movimiento. En esta parte repasaremos los fundamentos analíticos y las ecuaciones fundamentales de continuidad y energía. Se estudiará el movimiento unidimensional sin la investigación detallada de las pérdidas, el movimiento unidimensional con estudio detallado de las pérdidas de energía se estudiará en el siguiente capítulo.

Tipos de flujo: Al movimiento de un fluido se le llama flujo. El flujo de un fluido puede clasificarse de muchas maneras, tales como: turbulento, laminar, real, ideal, isoterma, isoentrópico, permanente, uniforme, no uniforme: Los métodos particulares usados en el análisis del flujo varían grandemente con el tipo de este.

En este párrafo se definen brevemente los diversos tipos de flujo:

Flujo turbulento: Es el más frecuente en las aplicaciones de la Ingeniería. En esta clase de flujo las partículas del fluido se mueven siguiendo trayectorias muy irregulares, originando un intercambio de cantidad de movimiento de una porción del fluido a otra, de manera algo semejante al intercambio de cantidades de movimientos moleculares, pero a una escala mayor. Las partículas fluidas implicadas en el intercambio de cantidades de movimiento pueden tener desde un tamaño muy pequeño (unos pocos de miles de moléculas) hasta muy grande (miles de metros cúbicos en la turbulencia atmosférica). En los casos en que el flujo puede ser unas veces turbulento y otras laminar, el turbulento origina una mayor tensión de cortadura en el fluido y es la causa de que una mayor proporción de energía mecánica

se convierta en térmica. Así en el flujo turbulento, la pérdida de energía mecánica varía aproximadamente con el cuadrado de la velocidad, mientras que en el laminar varía linealmente con la velocidad. El proceso turbulento de violento intercambio de cantidades de movimiento origina una continua conversión de energía mecánica en energía térmica.

Flujo laminar: En el flujo laminar las partículas del fluido se mueven a lo largo de trayectorias uniformes en capas o láminas, deslizándose una capa sobre la adyacente. En el flujo laminar se cumple la ley de Newton de la viscosidad que relaciona la tensión de cortadura con la velocidad angular de deformación por medio de una propiedad física del fluido: la viscosidad. En el flujo laminar la acción de la viscosidad frena la tendencia a la turbulencia. El flujo laminar no es estable cuando es pequeña la viscosidad, o grande la velocidad o el caudal y se rompe transformándose en turbulento.

Flujo ideal: es el flujo de un fluido ideal, es decir un fluido considerado sin rozamiento e incompresible como en los casos en que interviene grandes extensiones de fluido, el movimiento de un submarino en el océano, el movimiento un avión en la atmósfera, si un fluido ideal está inicialmente en reposo puede demostrarse que todas las partículas deben continuar teniendo la misma energía mecánica total. Este tipo de flujo se llama potencial o irrotacional.

Flujo isoterma: Cuando un fluido gaseoso fluye sin cambio alguno de temperatura se dice que el flujo es isoterma.

Flujo isoentrópico: Cuando el flujo es tal que no entra ni sale calor a través de los límites del fluido el flujo adiabático reversible se llama flujo isoentrópico.

Flujo permanente o estable: Se dice que el flujo es permanente cuando las propiedades del fluido y las condiciones del movimiento en cualquier punto no cambian con el tiempo. Esto se expresa analíticamente, por ejemplo:

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} = 0 \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad \frac{\partial T}{\partial t} = 0 \quad \frac{\partial Q}{\partial t} = 0$$

donde \bar{v} es velocidad, ρ densidad, T temperatura, Q gasto. En el flujo turbulento debido al azar de las partículas fluidas, siempre se presentan pequeñas fluctuaciones en un punto. La definición de flujo permanente debe ser generalizada teniendo en cuenta estas fluctuaciones.

Flujo no permanente: Cuando las condiciones en algún punto cambian con el tiempo, ejemplo:

$$\frac{\partial v}{\partial t} \neq 0$$

Flujo uniforme: Se dice que el flujo es uniforme cuando en cualquier punto del fluido el vector velocidad es idéntico en un instante dado. Esto es $\frac{\partial v}{\partial s} = 0$ cuando el tiempo se mantiene constante; ∂s es un desplazamiento en una dirección cualquiera. En el flujo de un fluido real en un conducto abierto o cerrado, la definición anterior puede extenderse con pequeño error aún cuando el vector velocidad en las paredes es siempre cero.

Flujo no uniforme: Se dice que el flujo es no uniforme cuando el vector velocidad varía en un instante dado de un punto a otro

8o.- Línea de corriente y tubo de corriente: una línea de corriente es una línea continua trazada en el fluido que es en cada punto tangente al vector velocidad. A través de una línea de corriente no puede pasar fluido. Como una partícula se mueve en la dirección de una línea de corriente en cualquier instante su desplazamiento Δs que tienen las componentes Δx , Δy , Δz , tiene la dirección del vector velocidad \bar{q} , cuyas componentes son u , v , w , en las direcciones x , y , z , respectivamente.

Las igualdades.

$$\frac{\Delta x}{u} = \frac{\Delta y}{v} = \frac{\Delta z}{w}$$

establecen que los correspondientes módulos de las componentes -- son proporcionales y por lo tanto que Δs y \bar{q} tienen la misma dirección. Expresando los desplazamientos en forma diferencial.

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w} \quad (8-1)$$

obtenemos las ecuaciones diferenciales de una línea de corriente. Las ecuaciones (8-1) son dos ecuaciones independientes. Cualquier línea continua que las satisfaga es una línea de corriente.

Cuando el flujo es permanente no hay cambios en el tiempo en la dirección del vector velocidad, cualquiera que sea el punto que se considere, por lo que las líneas de corriente tienen una tangente invariable en el tiempo en cada punto y son, por consiguiente, invariables en el espacio. Una partícula se mueve siempre tangente a una línea de corriente; por consiguiente, en flujo permanente la trayectoria de una partícula es una línea de corriente. Cuando el flujo no es permanente al transcurrir el tiempo las líneas de corriente varían de un instante a otro. Una partícula sigue entonces una línea de corriente un instante, otra al instante siguiente y así sucesivamente, de manera que la trayectoria de la partícula puede no tener parecido ninguno a una línea de corriente instantánea dada.

Para estudiar experimentalmente el movimiento de un fluido, con frecuencia se inyecta en él un colorante, o humo. Las huellas del colorante, o del humo, se llaman líneas de trazas. En el movimiento permanente, la línea de trazas es una línea de corriente y es también la trayectoria de una partícula.

Un tubo de corriente es un tubo formado por todas las líneas de corriente que pasan por una pequeña curva cerrada. En flujo permanente el tubo está fijo en el espacio y no puede haber paso del fluido a través de sus paredes porque el vector velocidad no tiene componente normal a la superficie del tubo.

9.) Ecuación de la continuidad: Cuando, en cualquier instante, el

número de partículas pasando a través de cualquier sección transversal de una corriente es la misma se dice que el flujo es continuo o -- que hay continuidad de flujo. Si Q , A y V representan respectivamente, gasto área y velocidad media, la ecuación de la continuidad puede expresarse para fluidos no compresibles.

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 = A_3 V_3 \quad \text{etc} \quad (9-1)$$

Esta ecuación (9-1) se aplica cuando el número de partículas de fluidos por unidad de volumen se considera constante. Cuando el flujo de un fluido compresible o sea su densidad puede cambiar la ecuación de la continuidad se expresa:

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \rho_3 A_3 V_3 \quad \text{etc.} \quad (9-2) \quad \rho = \text{densidad.}$$

o sea a que la masa por unidad de tiempo que pasa a través de cualquier sección es constante. Puesto que ρ es proporcional al peso unitario γ la ecuación (9-2) puede escribirse

$$\gamma_1 A_1 V_1 = \gamma_2 A_2 V_2 = \gamma_3 A_3 V_3 \quad (9-3)$$

10.) Ecuación de la energía: Las ecuaciones de la energía y de la cantidad de movimiento se usan, además de la continuidad, en el análisis del movimiento de un fluido. Ambas se derivan de la 2da. ley de Newton. En este párrafo obtendremos la ecuación de la energía a partir de lo siguiente: Las componentes de las fuerzas que actúan en una partícula fluida en la dirección del movimiento se igualan al producto de la masa de la partícula por la aceleración a lo largo de la línea de corriente, la ecuación se obtiene en forma diferencial, se supone que el flujo es permanente y sin rozamientos. La ecuación entonces puede integrarse si se da la densidad en función de la presión y se obtiene la ecuación de la energía como se había dicho antes.

Sea s en la Fig (9) una línea de corriente de un flujo permanente. El elemento es un prisma de sección recta dA y longitud ds . Se supone un líquido sin rozamiento para eliminar las fuerzas cortantes en el

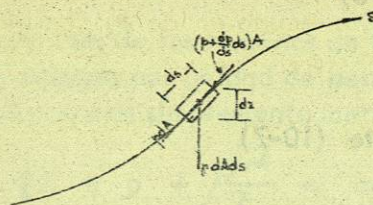


Fig. #9

$$p dA - (p + \frac{dp}{ds} ds) dA - \gamma dA ds \cos \theta = \frac{\gamma}{g} dA ds a_s \quad (10-1)$$

dividiendo por el peso del elemento y simplificando

$$\frac{1}{\gamma} \frac{dp}{ds} + \cos \theta + \frac{as}{g} = 0 \quad (10-2)$$

dz es el incremento de altura correspondiente a un desplazamiento ds sobre la línea de corriente luego $\cos \theta = \frac{dz}{ds}$ (10-3) la aceleración a_s es $\frac{dv}{dt}$; como el flujo es permanente v es una función de s .

$$a_s = \frac{dv}{ds} \frac{ds}{dt} = v \frac{dv}{ds} \quad (10-4)$$

$$\text{pues } \frac{ds}{dt} = v$$

la ecuación (10-2) se convierte en:

$$\frac{1}{\gamma} \frac{dp}{ds} + \frac{dz}{ds} + \frac{v}{g} \frac{dv}{ds} = 0 \quad (10-5)$$

Esta es la ecuación fundamental de la energía en forma diferencial y se puede integrar, como se ha expresado antes, conociendo γ en función de p .

cálculo. p es la presión $\frac{dp}{ds}$ el gradiente de presión a lo largo de la línea de corriente. Las fuerzas que actúan sobre las caras laterales del prisma son normales a la línea de corriente y no entran en la ecuación. Aplicamos la ecuación $\sum f_s = m a_s$