

CAPITULO VI

DINAMICA DE LOS FLUIDOS

1.- Conceptos generales del flujo de los fluidos.

La dinámica de los fluidos trata del estudio de los fluidos en movimiento; constituyendo una de las ramas más complicadas de la mecánica. Una forma de analizar el movimiento de un fluido podría ser dividiendo el fluido en elementos de volumen infinitesimales, llamadas partículas de fluido y estudiar el movimiento de cada una de estas partículas. Como se verá resulta un trabajo muy grande, por ejemplo; si se analiza la corriente de agua de un río desbordado, o los remolinos de humo de un cigarrillo. Aunque se cumple la ecuación $F=ma$ en todo instante, para cada partícula de humo, o cada gota de agua, resultaría complicado tener que escribir las ecuaciones de movimiento de cada partícula, ya que se tendría que asignar coordenadas x, y, z a cada partícula y expresarlas en función del tiempo.

Si una partícula de fluido en el instante t_0 tiene como coordenadas x_0, y_0, z_0 , en un tiempo t las coordenadas x, y, z quedarían determinadas por las funciones $x(x_0, y_0, z_0, t)$, $y(x_0, y_0, z_0, t)$ y $z(x_0, y_0, z_0, t)$, que describirían el movimiento del fluido. Este procedimiento fue desarrollado por Lagrange (1736-1813) y es una generalización directa de los conceptos de la mecánica de las partículas.

Otra forma de analizar el movimiento de un fluido es la desarrollada por Euler (1707-1783), la cual especifica la densidad y la velocidad de un fluido en cada punto en el espacio, en cada instante. Este método es el que se seguirá.

La densidad y la velocidad en un punto (x, y, z) en el instante t para el movimiento de un fluido, quedarán determinadas por las funciones $\rho(x, y, z, t)$ y $v(x, y, z, t)$.

Que determinarán lo que ocurre en cierto punto en el espacio en un determinado momento, más bien que lo que ocurre a una partícula de fluido determinada. Toda cantidad empleada para describir el estado del fluido tendrá un valor definido en cada punto en el espacio y en cada instante de tiempo.

Como esta forma de analizar el movimiento de un fluido enfoca la atención en un punto en el espacio y no en una partícula del fluido, no se puede evitar seguir a las partículas mismas, aunque sea durante cortos intervalos de tiempo. Ya que es a las partículas y no a los puntos del espacio a las que se aplican las leyes de la mecánica.

A continuación se analizarán algunas características generales del flujo de los fluidos.

El flujo de un fluido puede ser estable (estacionario) o inestable (turbu-

z y t, el estudio del flujo de este fluido se simplifica considerablemente.

El flujo de los fluidos puede ser viscoso o no viscoso. La viscosidad, en el movimiento de los fluidos, puede imaginarse como el rozamiento interno de un fluido. En muchos casos, tales como en problemas de lubricación es muy importante, mientras que en otros casos es insignificante.

Tanto los líquidos como los gases presentan viscosidad, aunque los líquidos son mucho más viscosos que los gases. La viscosidad introduce fuerzas tangenciales entre las capas de fluido en movimiento relativo y da lugar a pérdida de energía mecánica.

2.- Líneas de Corriente.

Como se dijo anteriormente para el flujo estable la velocidad v, en un punto dado, es constante.

En la figura 6-1, conciderese este punto P dentro de una porción de un tubo en el cuál un fluido se mueve de izquierda a derecha. Si el movimiento es de tipo estacionario, cada partícula que pasa por el punto P, pasa por este punto con la misma velocidad y sigue la misma trayectoria que las partículas precedentes que pasaron por dicho punto. Debido a que v en el punto P no cambia al transcurrir el tiempo. Lo mismo sucede en los puntos Q y R, ya que la partícula que se encontraba inicialmente en P, estará un momento más tarde en Q, moviéndose en dirección distinta con velocidad diferente, y un momento todavía posterior estará en R, habiéndose cambiado de nuevo su velocidad. Por consiguiente, al trazar la trayectoria de la partícula, como se ha hecho en la figura, está curva será la trayectoria de toda partícula que llegue a P. A esta curva se le llama línea de corriente y debe ser siempre perpendicular a la velocidad de las partículas de fluido en todo punto. Si se cruzáran dos líneas de corriente, una partícula de fluido que llegará ahí, seguiría ya fuera por una línea o por la otra y entonces el fluido no sería de tipo estable. En el fluido de tipo estable el mapa de las líneas de corriente, en una corriente, permanece inalterado al transcurrir el tiempo.

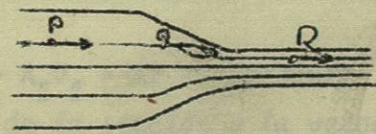


FIGURA 6-1

En la figura 6-2 se ha considerado un fluido de tipo estable, en la cuál se selecciona un número finito de líneas de corriente formando un haz. A la re-

CAPÍTULO ALFONSO

El flujo de los fluidos puede ser viscoso o no viscoso. La viscosidad es el movimiento de los fluidos, por lo tanto, el movimiento de un fluido. En muchos casos, tales como en problemas de laboratorio es muy importante la viscosidad que en otros casos es insignificante.

Tanto los líquidos como los gases presentan viscosidad, aunque los líquidos son mucho más viscosos que los gases. La viscosidad introduce fuerzas tangenciales entre las capas de fluido en movimiento relativo y de lagos a pérdida de energía mecánica.

1.- Líneas de corriente.

Como se dijo anteriormente para el flujo estable la velocidad v , en un punto dado, es constante.

En la figura 6-1, consideremos este punto P dentro de una parcela de un fluido en el cual un fluido se mueve de izquierda a derecha. Si el movimiento es estacionario, cada partícula que pasa por el punto P, pasa por este punto con la misma velocidad y sigue la misma trayectoria que las partículas precedentes que pasaron por dicho punto. Debido a que v en el punto P no cambia al transcurrir el tiempo, lo mismo sucede en los puntos Q y R, ya que la partícula que se encuentra inicialmente en P, estará un momento más tarde en Q, moviéndose en dirección distinta con velocidad diferente, y un momento todavía posterior estará en R, habiéndose cambiado de nuevo su velocidad, etc.

La trayectoria de la partícula, como se ha hecho en la figura, está curvada a lo largo de trayectoria de cada partícula que sigue a P. A esta curva se le llama línea de corriente y debe ser siempre perpendicular a la velocidad de las partículas de fluido en todo punto. Si se consideran dos líneas de corriente, una partícula de fluido que fluye por una línea o por la otra y entrecruza el fluido no sería de tipo estable. En el fluido de tipo estable el movimiento de las líneas de corriente, en una corriente, permanece constante en el tiempo.



FIGURA 6-1

En la figura 6-2 se ha considerado un fluido de tipo estable, en el cual se selecciona un número finito de líneas de corriente (moviéndose un haz a la izquierda) el cual se llama tubo de flujo.

El límite de uno de estos tubos está formado por líneas de corriente y siempre es paralelo a la velocidad de las partículas del fluido. Por consiguiente, nada de fluido puede cruzar los límites de un tubo de flujo y entonces el tubo se comporta como si fuera una tubería de la misma forma. El fluido que entra por un extremo debe salir por el otro.

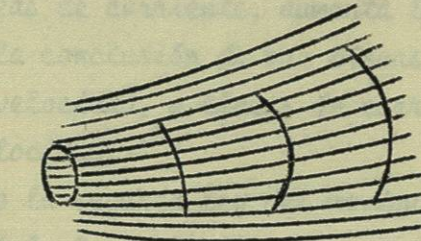


FIGURA 6-2

3.- La ecuación de continuidad.

La figura 6-3, representa un tubo por el cual circula un fluido de izquierda a derecha. La velocidad del fluido en su interior, aún cuando es paralela al tubo en un punto cualquiera, puede tener diferentes magnitudes en distintos puntos.

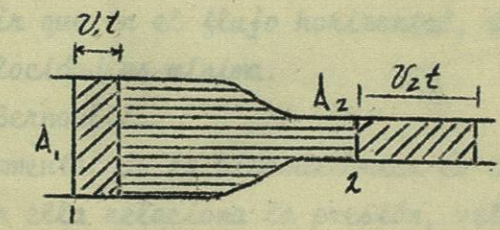


FIGURA 6-3

Sea A_1 el área de la sección transversal en el punto 1 y v_1 la velocidad. Durante el tiempo t las partículas de fluido que se encuentran inicialmente en 1 avanzarán una distancia $v_1 t$ y atravesará la sección A_1 un volumen de fluido igual a $A_1 v_1 t$. Por lo tanto, el volumen de fluido que atraviesa por unidad de tiempo es igual a $A_1 v_1$. De igual forma el volumen de fluido que atravesará por unidad de tiempo la sección A_2 es $A_2 v_2$. Si el fluido es incompresible las cantidades que fluyen por unidad de tiempo a través de ambas secciones serán iguales, y por consiguiente:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = AV = \text{constante} \quad \text{Ecuación 6-1}$$

Donde A y v son el área de la sección y la velocidad en cualquier punto.

Esta es la ecuación de continuidad para el movimiento estacionario de un fluido incompresible. Notese que en esta ecuación, la velocidad del flujo varía en razón inversa al área de la sección transversal, y una consecuencia de esta relación es que la velocidad aumenta cuando la sección transversal disminuye, y