viceversa.

El hecho de que el producto A V permanece cte. a lo largo del tubo de flujo, permite dar una interpretación al mapa de líneas de corriente. En la parte angosta del tubo las líneas de corriente están mas próximas entre sí, mientras que en la parte ancha están mas espaciadas. Por lo tanto, conforme disminuye la distancia entre las líneas de corriente, aumenta la velocidad del fluido. Apartir de esto se llega a la conclusión de que líneas de corriente muy próximas indican regiones de alta velocidad, y líneas de corriente muy espaciadas representan regiones de baja velocidad.

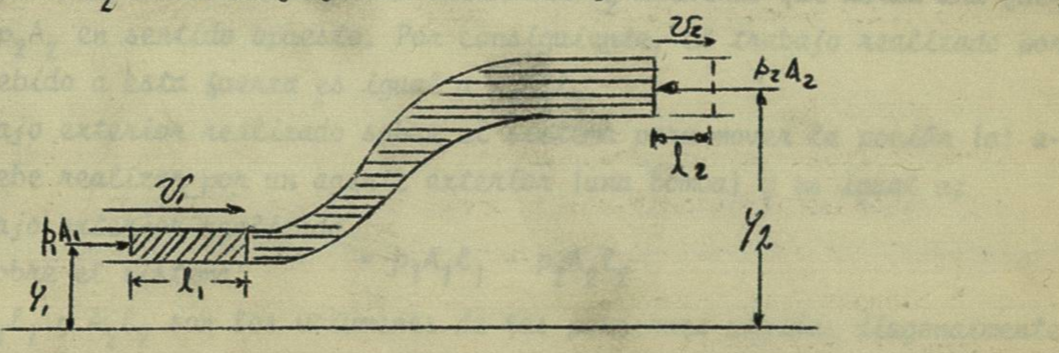
Así pues, aplicando la segunda ley del movimiento al flujo de un fluido entre 1 y 2 de la figura 6-3. Se encuentra que una partícula de fluido que tiene una velocidad V_1 en el punto 1 debe de aumentar su velocidad conforme avanza al adquirir la velocidad de avance V_2. Por consiguiente, el fluido aumenta su velocidad al ir de 1 a 2. El aumento de la velocidad puede ser debido a una diferencia de presión que obra sobre la partícula de fluido que va de 1 a 2.

En un tubo de flujo horizontal, la fuerza gravitacional no cambia. Por lotanto, podemos concluir que en el flujo horizontal, de tipo estable, la presión es máxima donde la velocidad es mínima.

4.- Ecuación de Bernoulli.

La Ecuación fundamental de la hidrodinámica es la correspondiente a la ecuación de Bernoulli, en ella relaciona la presión, velocidad y altura en los puntos situados a lo largo de una línea de corriente, y se deducirá a partir del teorema del tabajo y la energía. La figura 6-4 representa una porción de tubo en el cuál se mueve, con movimiento estable, un flujo incompresible y no viscoso. La parte del tubo representada en la figura tiene una sección transversal A_1 en la izquierda. En este lugar el flujo es horizontal y se encuentra a una altura Y_1 sobre un nivel de referencia; a la sección A_1 le sigue una región cuya sección transversal va aumentando y levantandose y finalmente tiene una sección transversal A_2 donde el flujo es horizontal y se encuentra a una altura Y_2

(a)



ciencia.

El hecho de que el producto A V permanece cte. a lo largo del tubo de flujo, permite dar una interpretación al mapa de líneas de corriente. En la parte angosta del tubo las líneas de corriente están más próximas entre sí, mientras que en la parte ancha están más espaciadas. Por lo tanto, conforme disminuye la distancia entre las líneas de corriente, aumenta la velocidad del fluido. A partir de esto se llega a la conclusión de que líneas de corriente muy próximas indican regiones de alta velocidad, y líneas de corriente muy espaciadas representan regiones de baja velocidad.

Así pues, aplicando la segunda ley del movimiento al flujo de un fluido entre 1 y 2 de la figura 6-3. Se encuentra que una partícula de fluido que tiene una velocidad V_1 en el punto 1 debe de aumentar su velocidad conforme avanza al adquirir la velocidad de avance V_2. Por consiguiente, el fluido aumenta su velocidad al ir de 1 a 2. El aumento de la velocidad puede ser debido a una diferencia de presión que obra sobre la partícula de fluido que va de 1 a 2.

En un tubo de flujo horizontal, la fuerza gravitacional no cambia. Por lo tanto, podemos concluir que en el flujo horizontal, de tipo estable, la presión es máxima donde la velocidad es mínima.

4.- Ecuación de Bernoulli.

La ecuación fundamental de la hidrodinámica es la correspondiente a la ecuación de Bernoulli, en ella relaciona la presión, velocidad y altura en los puntos situados a lo largo de una línea de corriente, y se deducirá a partir del teorema del trabajo y la energía. La figura 6-4 representa una porción de tubo en el cual se mueve, con movimiento estable, un flujo incompresible y no viscoso. La parte del tubo representada en la figura tiene una sección transversal A_1 a la izquierda. En este lugar el flujo es horizontal y se encuentra a una altura Y_1 sobre un nivel de referencia, a la sección A_1 le sigue una región cuya sección transversal va aumentando y levantándose y finalmente tiene una sección transversal A_2 donde el flujo es horizontal y se encuentra a una altura Y_2

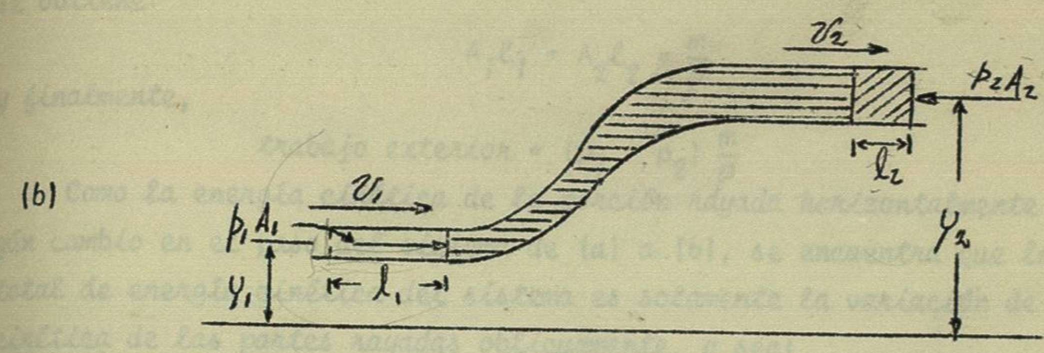


FIGURA 6-4

Fijándo la atención en la porción del fluido representada por las dos partes rayadas oblicua y horizontalmente y llamando a este fluido el "sistema". -- considerese el movimiento del sistema desde la porción representada en (a) hasta la indicada en (b). En todos los puntos que se encuentran en la parte angosta del tubo, la presión es p_1 y la velocidad V_1 mientras que los que se encuentran en la parte ancha, la presión es p_2 y la velocidad V_2.

El teorema del trabajo y la energía establece que: "El trabajo efectuado por la fuerza resultante que actúa sobre un sistema es igual al cambio de la -- energía cinética del sistema".

En la figura 6-4 las fuerzas que producen trabajo sobre el sistema, son -- las fuerzas de presión p_1A_1 y p_2A_2 que están obrando sobre los extremos izquierdo y derecho del sistema así como la fuerza de la gravedad.

Cuando el fluido se mueve por el tubo el efecto requerido es llevar la cantidad de fluido, representada por la zona rayada diagonalemente en la figura -- 6-4a, a la posición mostrada en la figura 6-4b.

Cuando la parte izquierda del sistema avanza una distancia ℓ_1 paralela a - la fuerza exterior p_1A_1, se encuentra que el trabajo realizado sobre el sistema por está fuerza es igual a $p_1A_1\ell_1$.

La parte de la derecha avanza una distancia ℓ_2 mientras que actúa una fuerza exterior p_2A_2 en sentido opuesto. Por consiguiente, el trabajo realizado por el sistema debido a esta fuerza es igual a $p_2A_2\ell_2$.

El trabajo exterior realizado sobre el sistema para mover la poción (a) a- la (b), se debe realizar por un agente exterior (una bomba) y es igual a;

$$\text{trabajo exterior realizado sobre el sistema} = p_1A_1\ell_1 - p_2A_2\ell_2$$

Donde $A_1\ell_1$ y $A_2\ell_2$ son los volumenes de las porciones rayadas diagonalmente las cuales son iguales puesto que el fluido es incompresible.

Si m es la masa de cada una de estas porciones y ρ la densidad del fluido, se obtiene:

$$A_1 l_1 = A_2 l_2 = \frac{m}{\rho}$$

y finalmente,

$$\text{trabajo exterior} = (p_1 - p_2)\,\frac{m}{\rho}$$

Como la energía cinética de la porción rayada horizontalmente no tiene ningún cambio en el paso del sistema de (a) a (b), se encuentra que la variación total de energía cinética del sistema es solamente la variación de la energía cinética de las partes rayadas oblicuamente, o sea:

$$\text{variación de energía cinética} = \frac{1}{2} mV_2^{\,2} - \frac{1}{2} m\, V_1^{\,2}$$

El trabajo realizado por la gravedad sobre el sistema, esta relacionado -- con elevar el fluido rayado diagonalmente, de la altura y_1 a la altura y_2 y es igual a:

$$\begin{matrix}\text{variación de energía} \\ \text{potencial gravitatoria}\end{matrix} = m\,g\,y_2 - m\,g\,y_1$$

A partir de la definición del teorema del trabajo y la energía, se tiene-- que,

$$W = \Delta K$$

igualando entonces el trabajo neto realizado sobre el sistema a la suma de los incrementos de esas energías, cinéticas y potencial gravitatoria, se obtiene:

$$(p_1 - p_2)\,\frac{m}{g} = \left(\frac{1}{2} mV_2^{\,2} - \frac{1}{2} mV_1^{\,2}\right) + m\,g\,y_2 - m\,g\,y_1)$$

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho\, V_1^{\,2} + \rho\, g\, y_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho\, V_2^{\,2} + \rho\, g\, y_2 \qquad \text{Ecuación 6-2}$$

puesto que los subíndices 1 y 2 se refieren a dos puntos cualesquiera situados a lo largo del tubo, se puede escribir:

$$p + \frac{1}{2}\rho\, V^2 + \rho\, g\, y = \text{constante.} \qquad \text{Ecuación 6-2a}$$

a está ecuación se le conoce con el nombre de ecuación de Bernoulli, y es aplicable a un flujo de tipo estable, no viscoso, incompresible.

En la ecuación 6-2a, p es la presión absoluta y se expresa en $\frac{kg}{mt^2}$, $\frac{NT}{mt^2}$, -- $\frac{dinas}{cm^2}$, o $\frac{lb}{ft^2}$. La densidad ρ debe de estar en kg/mt^3, grs/cm^3, o $slugs/ft^3$.

Hecho esto, cada término de la ecuación de Bernoulli tiene dimensiones de presión. La presión p + pgh, que habría aún cuando no hubiera flujo (V = o), se se llama presión estática; al término $\frac{1}{2}\,p\,V^2$ se le llama presión dinámica.

Así como la estática de una partícula es un caso especial de la dinámica de la misma, de igual forma, la estática de los fluidos es un caso especial de la dinámica de los mismos. Por lo tanto, la ley de los cambios de presión con -