

II.- DISPOSITIVOS PARA AFORAR EN CONDUCTOS A PRESION. 1 y 2.

2.1 PLACA DE ORIFICIO.- Cuando se intercala una placa con orificio, en una tubería que transporta un gasto constante, es posible determinar este gasto aplicando el teorema de Bernoulli.

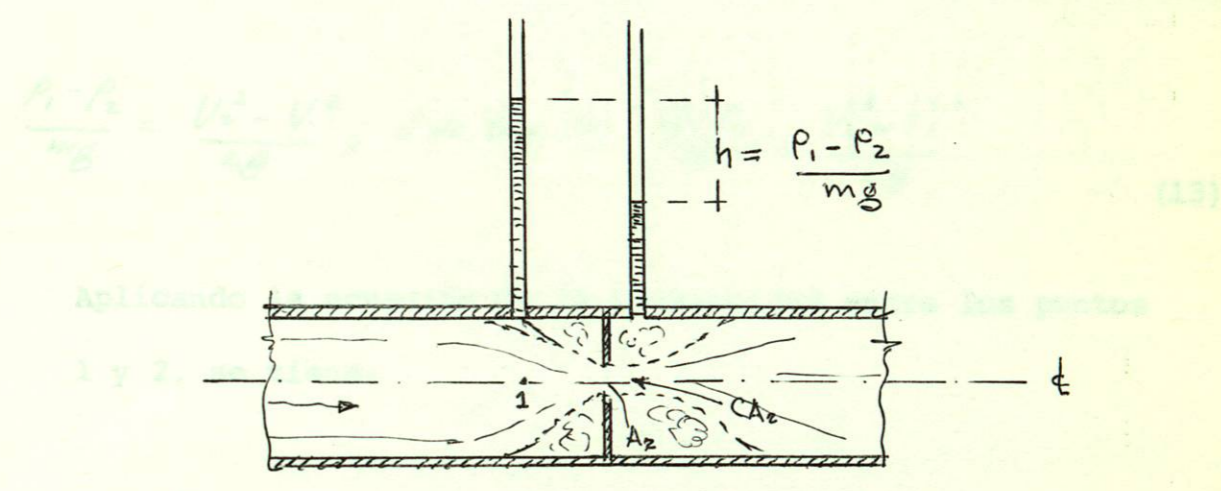


Figura 2

En la figura 2, se muestra una placa de orificio, de sección transversal A_z , en donde la vena líquida, después de contraerse, tiene una sección neta de CA_z , donde C es un coeficiente que depende de las características del orificio.

Aplicando la ecuación de la energía entre los puntos 1 y 2, se tiene:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

Pero como Z_1 y Z_2 son iguales, reagrupando los términos y simplificando se tiene:

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}; \text{ ó de la ec. (1) } \frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} \quad (13)$$

Aplicando la ecuación de la continuidad entre los puntos 1 y 2, se tiene:

$$Q = A_1 V_1 = C A_2 V_2 = \text{gasto}$$

De donde:

$$V_1 = \frac{C A_2 V_2}{A_1} = C \left(\frac{\frac{\pi d_2^2}{4}}{\frac{\pi d_1^2}{4}} \right) V_2 = C \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 V_2$$

y substituyendo en la ecuación (13), se tiene:

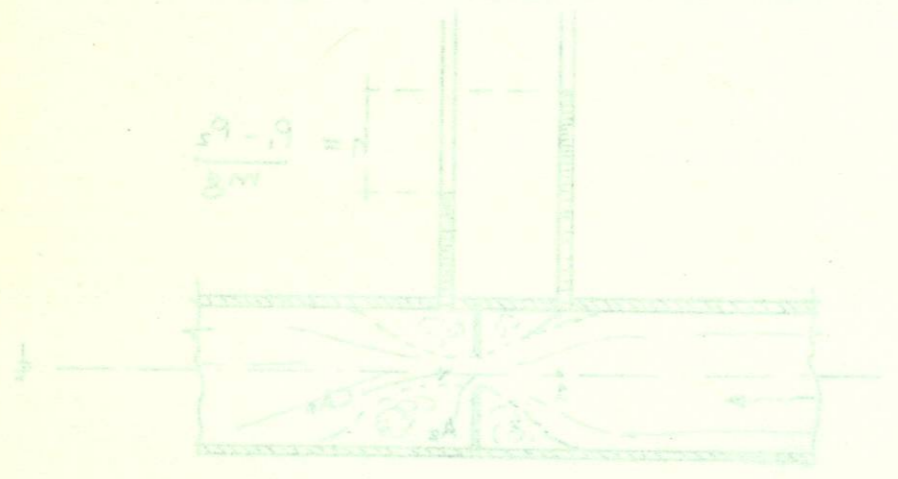
$$\frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{1}{2g} [V_2^2 - C^2 \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 V_2^2] = \frac{V_2^2}{2g} [1 - C^2 \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4]$$

II - DISPOSITIVOS PARA ALIVIANAR EN CONDUCTOS A PRESIÓN

2.1 PLACA DE ORIFICIO. - Cuando se intercala una placa con orificio

en una tubería que transporta un fluido constante, es po

sible determinar este gasto aplicando el teorema de Bernoulli.



En la figura 2, se muestra una placa de orificio de sección transversal A_2 , en donde la zona líquida, después de contraerse, tiene una sección neta de $C A_2$, donde C es un coeficiente que depende de las características del orificio.

$$Q = CA_1 V_1 = CA_2 V_2$$

De donde, despejando la velocidad V_2 , se tiene:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g \frac{P_1 - P_2}{w}}{1 - C^2 \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \tag{14}$$

Aplicando nuevamente la ecuación de la continuidad, se obtiene finalmente para el gasto:

$$Q = A_1 V_1 = CA_2 V_2 = CA_2 \sqrt{\frac{2g \frac{P_1 - P_2}{w}}{1 - C^2 \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \tag{15}$$

2.2 PLACA DE ORIFICIO CON DESCARGA LIBRE.- Cuando después de instalar la placa de orificio, el tubo no se continúa y en consecuencia el agua descarga libremente (figura 3), la presión en el punto 2, es cero, y en consecuencia, la ecuación para determinar el gasto queda:

$$Q = CA \sqrt{\frac{2g \frac{P_1}{w}}{1 - C^2 \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}}$$

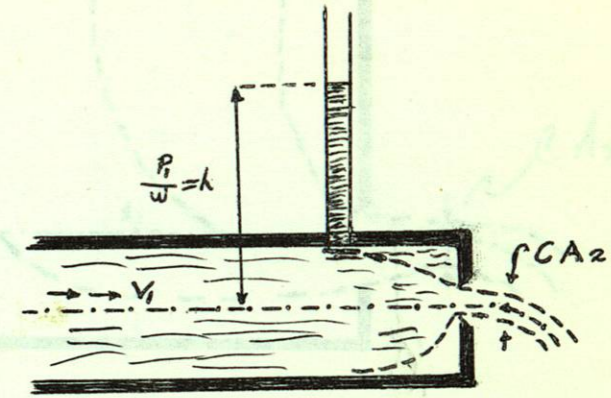


Figura 3
Figura 4

2.3 PLACA DE ORIFICIO EN UN TANQUE.- Cuando un fluido descarga libremente de un tanque, a través de un orificio, (Fig. 4), - consistente en un estrechamiento o garganta que se instala en una tubería, diseñado en forma tal, que en la zona de acceso a la sección contraída en el punto 2, el término

es prácticamente cero, y la ecuación queda, para calcular el gasto:

$$Q = CA_2 \sqrt{2g \frac{P_1}{w}} \tag{17}$$

(Teorema de Torricelli).

De donde, despreciando la velocidad v_1 , se tiene:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g \frac{P_1}{w}}{1 - C^2 \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \tag{16}$$

Aplicando nuevamente la ecuación de la continuidad, se obtiene:

se finalmente para el gasto:

$$Q = A_1 V_1 = C A_2 V_2 = C A_2 \sqrt{\frac{2g \frac{P_1}{w}}{1 - C^2 \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \tag{17}$$

2.3 PLACA DE ORIFICIO CON DESCARGA LIBRE.- Cuando después de haber

caer la placa de orificio, el tubo no es continuo y en consecuencia el agua descarga libremente (Figura 3), la presión en el punto 2, es cero, y en consecuencia, la ecuación para

determinar el gasto queda:

(16)

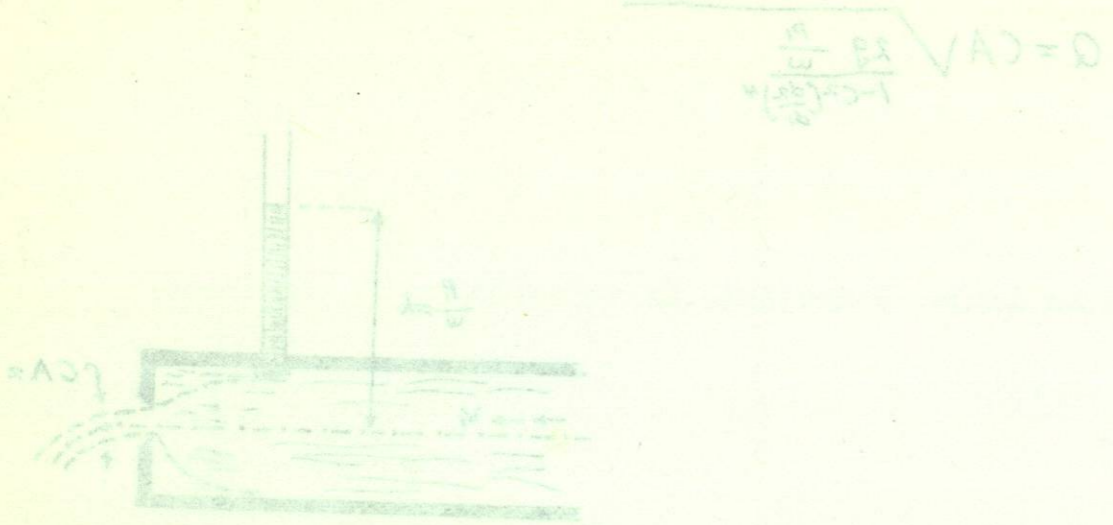


Figura 3

2.3 FLUJO DE ORIFICIO EN UN TANQUE.- Cuando un líquido desce... libremente de un tanque, a través de un orificio, (Fig. 4), como la sección en el punto 1, es muy grande con respecto a la sección contracta en el punto 2, el término

$$C_p \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

es prácticamente cero, y la ecuación queda, para calcular el gasto:

$$Q = CA \sqrt{2gH}$$

(VI)

(Teorema de Torricelli)

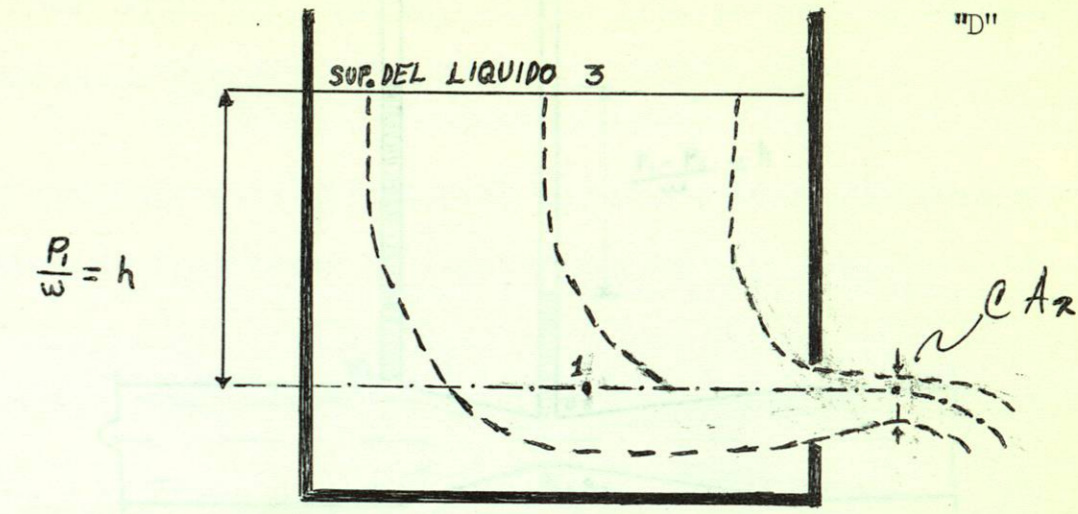


Figura 4

2.4 VENTURIMETRO.- El venturímetro es un dispositivo (Fig. 5), consistente en un estrechamiento o garganta que se instala en una tubería, diseñado en forma tal, tanto en su zona de acceso como en la de salida, que se evita la formación de turbulencia y se asegura una variación uniforme de las trayectorias de las líneas de corriente.

Como por no haber contracción menor a la sección de la garganta, la ecuación de la continuidad para este caso es:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

donde Q = gasto.

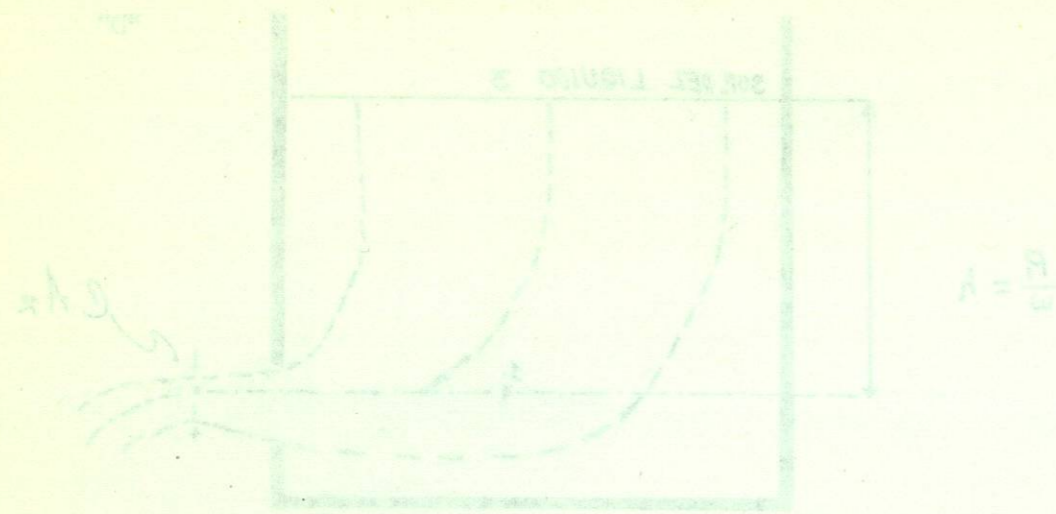
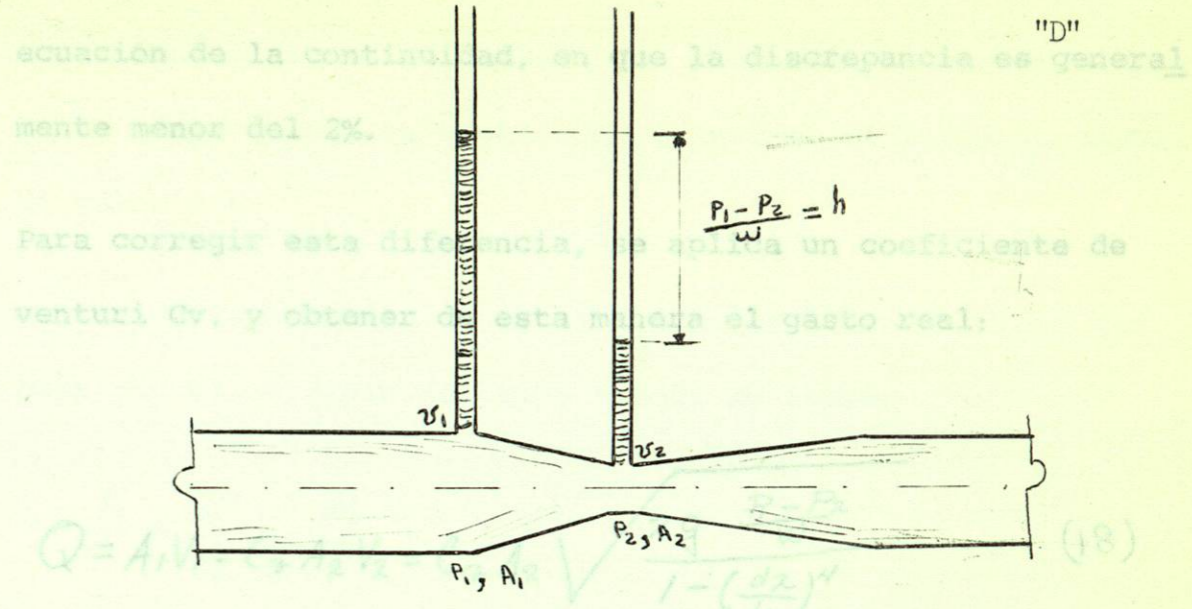


Figura 4

2.4 VENTURI.- El venturímetro es un dispositivo (Fig. 5) consistente en un estrechamiento o garganta que se instala en una tubería, diseñado en forma tal, tanto en su zona de entrada como en la de salida, que se evita la formación de turbulencias y se asegura una variación uniforme de las velocidades a lo largo de las líneas de corriente.

Como por no haber conexión entre la sección de la garganta, la ecuación de la continuidad para este caso es:



2.5 TUBO PITOT.- Un tubo doblado en forma de L, y abierto de los dos lados, semejante al que se muestra en la figura 6, recibe el nombre de tubo Pitot, en honor del investigador francés -- Al desarrollar la fórmula de la velocidad (14), en este caso en queda:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g \frac{P_1 - P_2}{\omega}}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}}$$

Como al pasar el fluido por el venturi, existen ciertas pérdidas principalmente al cambio de sección de la vena líquida y a pérdidas por fricción, el gasto real es menor que el correspondiente al que se obtiene al aplicar directamente la --

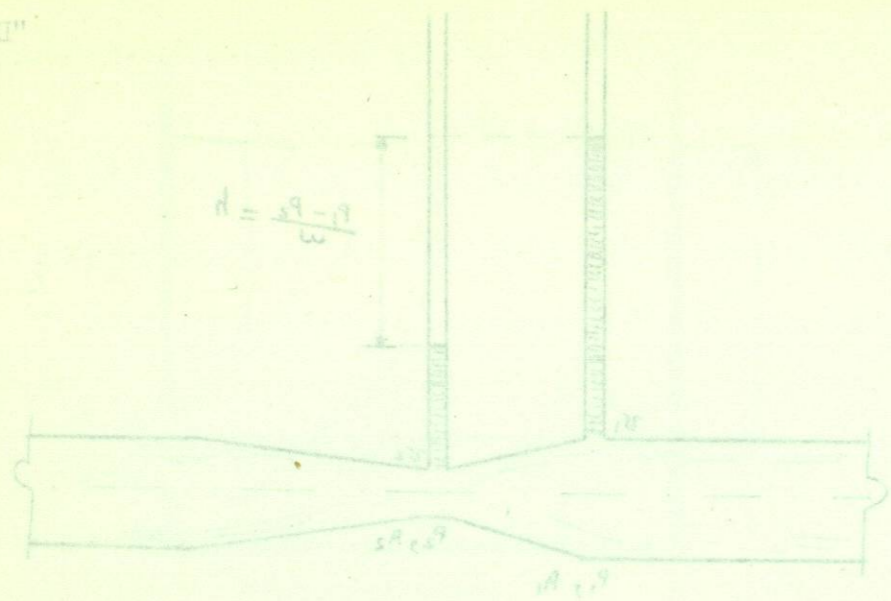


Figura 5

Al desarrollar la fórmula de la velocidad (14), en este caso queda:

$$V_2 = \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{w} \frac{A_1^2}{A_2^2 - A_1^2}}$$

Como al pasar el fluido por el venturi, existen ciertas pérdidas principalmente al cambio de sección de la vena líquida y a pérdidas por fricción, el gasto real es menor que el correspondiente al que se obtiene al aplicar directamente la

Debido a la carga por fricción, el fluido sufre a la colu- ecuación de la continuidad, en que la discrepancia es general mente menor del 2%.

Para corregir esta diferencia, se aplica un coeficiente de venturi C_v , y obtener de esta manera el gasto real:

$$Q = A_1 V_1 = C_v A_2 V_2 = C_v A_2 \sqrt{\frac{2g \frac{P_1 - P_2}{w}}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \quad (18)$$

2.5 TUBO PITOT.- Un tubo doblado en forma de L, y abierto de los dos lados, semejante al que se muestra en la figura 6, recibe el nombre de tubo Pitot, en honor del investigador francés -- que usó primeramente este dispositivo para medir velocidades en líquidos.

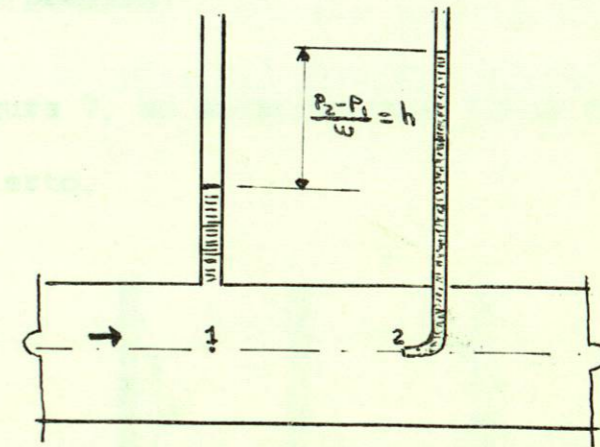


Figura 6

ecuación de la continuidad, en que la discrepancia es generalmente menor del 2%.

Para corregir esta diferencia, se aplica un coeficiente de venturi C_v , y obtener de esta manera el gasto real:

$$(8) \quad Q = A_1 V_1 = C_v A_1 V_1 = C_v A_2 V_2 = V_2 A_2 = Q$$

2.2 TUBO PITOT. - Un tubo doblado en forma de L y abierto de los dos lados, semejante al que se muestra en la figura 6, recibe el nombre de tubo Pitot, en honor del investigador francés -- que usó primeramente este dispositivo para medir velocidades en líquidos.

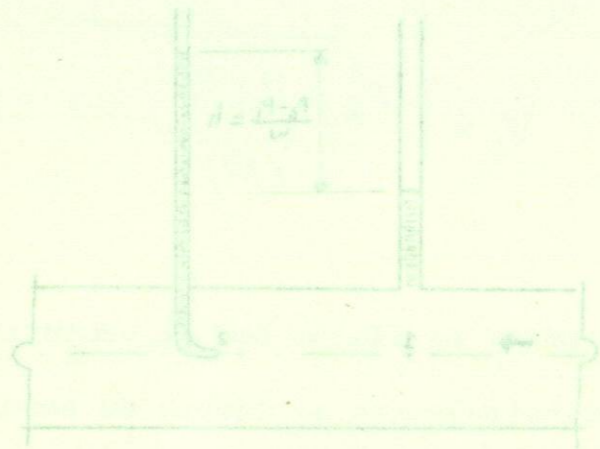


Figura 6

Debido a la carga por velocidad, el fluido empuja a la columna contenida dentro del tubo a una altura mayor que en el punto 1, hasta quedar en equilibrio, mientras el flujo no cambie de velocidad.

Aplicando la ecuación de la energía a la línea de flujo que pasa por el orificio del tubo Pitot, se tiene:

$$\frac{P_1}{w} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{w}$$

De donde, despejando la velocidad, se tiene:

$$V_1 = \sqrt{2g \frac{P_2 - P_1}{w}} \quad (19)$$

De ahí se deduce que el aumento de carga por presión en el punto 2, es igual a la carga por velocidad en el punto 1, o lo que es lo mismo, la carga por velocidad se transformó en carga por presión.

En la figura 7, se muestran unos tubos Pitot sumergidos en un canal abierto, la abertura del tubo queda hacia aguas abajo, produciéndose una depresión en el nivel interior del tubo, su

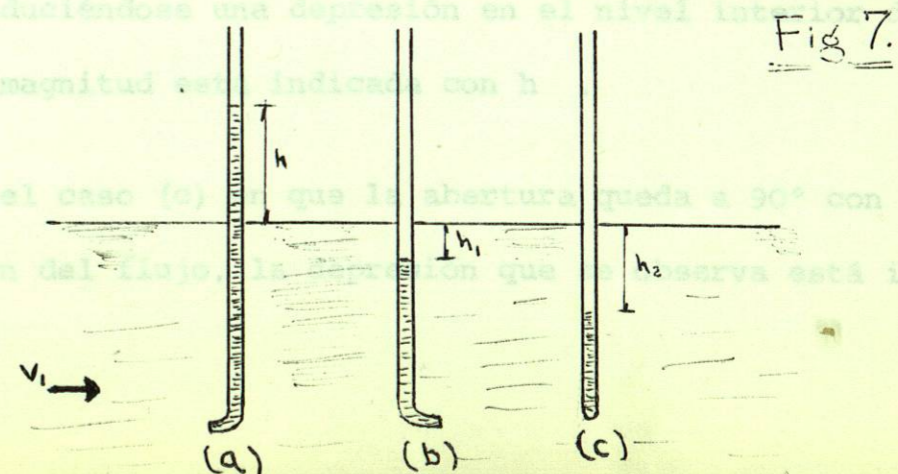


Fig 7.

Debido a la carga por velocidad, el fluido empuja a la columna contenida dentro del tubo a una altura mayor que en el punto 1, hasta quedar en equilibrio, mientras el flujo no cambia de velocidad.

Aplicando la ecuación de la energía a la línea de flujo que pasa por el orificio del tubo Pitot, se tiene:

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho}$$

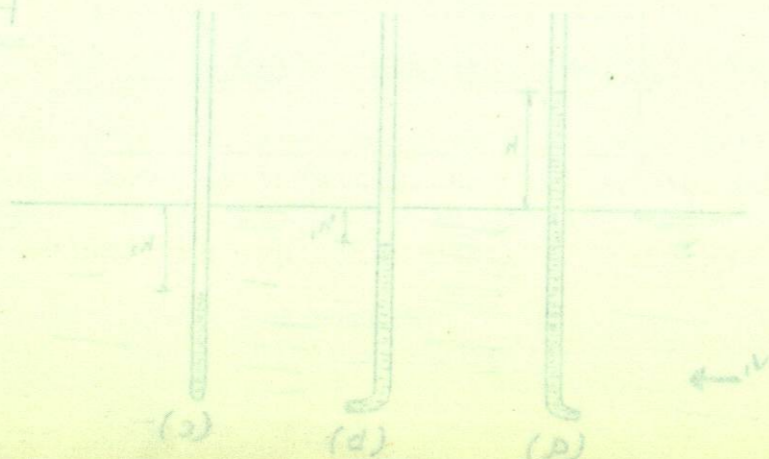
De donde, despejando la velocidad, se tiene:

(19)

$$V_1 = \sqrt{\frac{2g(P_2 - P_1)}{\rho}}$$

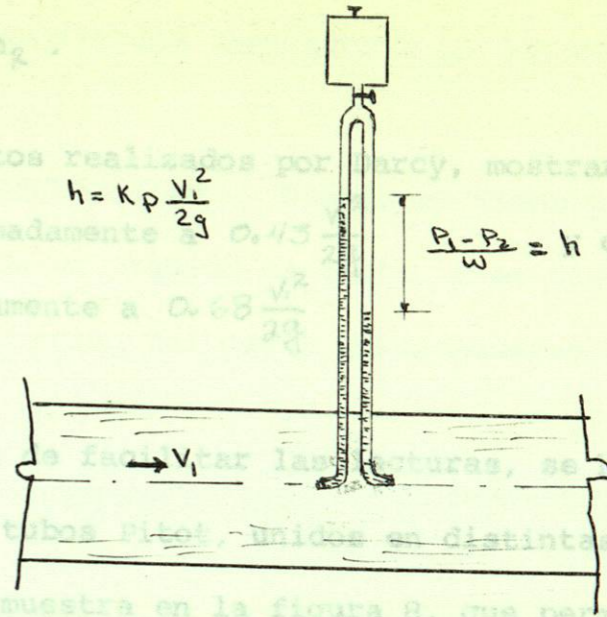
De ahí se deduce que el aumento de carga por presión en el punto 2, es igual a la carga por velocidad en el punto 1, lo que es lo mismo, la carga por velocidad se transformó en carga por presión.

En la figura 7, se muestran unos tubos Pitot sumergidos en un canal abierto.



la letra h_2 .

Experimentos realizados por Prandtl, mostraron que h_1 equivale a la carga por velocidad $\frac{V^2}{2g}$ y h_2 equivale a la carga por presión $\frac{P_1 - P_2}{\rho}$.



Con el fin de facilitar las lecturas, se han ideado combinaciones de tubos Pitot, unidas en distintas formas, tal como el que se muestra en la figura 8, que permiten tomar una lectura diferencial, la que es función de la carga por velocidad:

Figura 8

en los que el extremo del brazo vertical está expuesto a la presión atmosférica.

De donde la velocidad medida por el tubo es:

A la misma profundidad, los tres tienen una abertura que permite el libre paso del fluido hacia el interior del tubo.

En el caso (a), la carga por velocidad V , se transforma íntegramente en carga por presión, indicada por h en la figura.

En el caso (b), la abertura del tubo queda hacia aguas abajo, produciéndose una depresión en el nivel interior del tubo, cuya magnitud está indicada con h .

En el caso (c) en que la abertura queda a 90° con la dirección del flujo, la depresión que se observa está indicada por

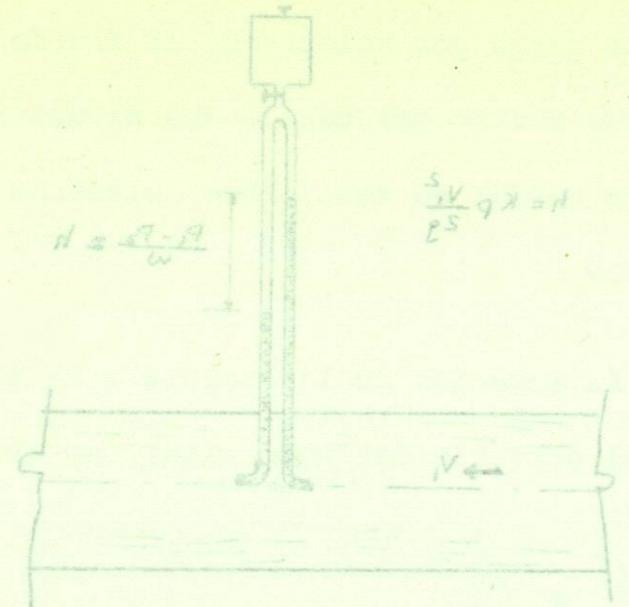


Figura 8

en los que el extremo del brazo vertical está expuesto a la presión atmosférica.

A la misma profundidad, los tres tienen una abertura que permite el libre paso del fluido hacia el interior del tubo.

En el caso (a), la carga por velocidad V se transforma indirectamente en carga por presión, indicada por h en la figura.

En el caso (b), la abertura del tubo queda hacia aguas abajo, produciéndose una depresión en el nivel interior del tubo, cuya magnitud está indicada con h .

En el caso (c) en que la abertura queda a 90° con la dirección del flujo, la depresión que se observa está indicada por

la letra h_2 .

Experimentos realizados por Darcy, mostraron que h_1 , equivale aproximadamente a $0.43 \frac{V^2}{2g}$, y que h_2 equivale -- el flujo de un líquido en un tubo, o se tiene un cauce natural, aproximadamente a $0.68 \frac{V^2}{2g}$.

Con el fin de facilitar las lecturas, se han ideado combinaciones de tubos Pitot, unidos en distintas formas, tal como el que se muestra en la figura 8, que permiten tomar una lectura diferencial, la que es función de la carga por velocidad:

$$\frac{P_2 - P_1}{\omega} = K_p \frac{V^2}{2g} \quad (20)$$

Figura 9

De donde la velocidad medida por el tubo es:

En la figura 9 se muestra en un corte longitudinal de un canal de un vertedor de aristas afiladas, un vertedor de aristas afiladas, y que cubre totalmente el ancho del canal. Si tomamos un

$$V_1 = C_p \sqrt{\frac{P_2 - P_1}{\omega}} \quad (21)$$

donde: C_p es el coeficiente de carga por velocidad, cuya altura total o

$$C_p = \frac{1}{\sqrt{K_p}}$$

pesor se produce en un punto no afectado por la aceleración que las líneas de corriente sufren para que el líquido pueda pasar sobre el vertedor, se puede aplicar la ecuación: $dQ_v = \sqrt{2gH'} dA = \sqrt{2g(h + e h_v)} dA$

(23)

obtenida a partir de la ecuación de la energía, de la siguiente