

la letra h' . . . Experimentos realizados por Bazzy, mostraron que h' equivale a 0.45 y que h' equivale a 0.68 aproximadamente a 0.68

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.

$$(20) \quad \frac{P-R}{w} = K_p \frac{V^2}{2g}$$

De donde la velocidad medida por el tubo es:

$$(21) \quad V = C_p \sqrt{\frac{P-R}{w}}$$

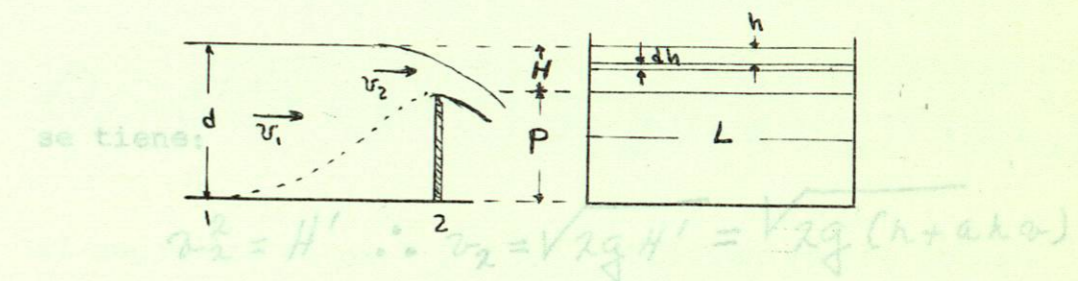
$$(22) \quad C_p = \frac{1}{\sqrt{K_p}}$$

III.- DISPOSITIVOS PARA AFORAR EN CONDUCTOS ABIERTOS.

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{H}{w} + Z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{H}{w} + Z_2$$

3.1 VERTEDOR RECTANGULAR.- Cuando se tiene un canal en el cual el flujo de un líquido es lento, o se tiene un cauce natural, la determinación del gasto puede hacerse por medio de un vertedor.

y haciendo: $\frac{v_1^2}{2g} + \frac{H}{w} = H'$ donde $\frac{v_2^2}{2g} = a h w$ y $\frac{H}{w} = h$



Como el gasto real, Q Figura 9 al gasto teórico Qt multiplicado por un coeficiente, se tiene:

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

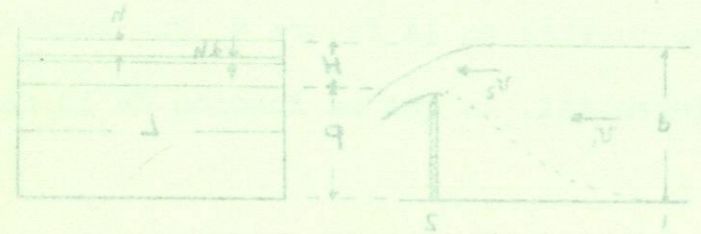
área diferencial en la vena líquida, cuya altura total o espesor se mida aguas arriba, en un punto no afectado por la aceleración que las líneas de corriente sufren para que el lí

quido pueda pasar sobre el vertedor, se puede aplicar la ecuación: $dQ_t = \sqrt{2g H'} dA = \sqrt{2g (h + a h w)} dA$ (23)

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

III. - DISPOSITIVOS PARA ABORAR EN CONDUCTOS ABIERTOS

3.1 VERTEDOR RECTANGULAR. - Cuando se tiene un canal en el cual el flujo de un líquido es lento, o se tiene un cauce natural, la determinación del gasto puede hacerse por medio de un vertedor.



En la figura 3 se muestra en un corte longitudinal de un canal de sección rectangular, un vertedor de aristas afiladas, y que cubre totalmente el ancho del canal. Si tomamos un área diferencial en la zona líquida, cuya altura total o espesor se mide según arriba, 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:

$$Q_{dt} = \sqrt{2gH'} \cdot dA = \sqrt{2g(h + \alpha h^2)} \cdot dA \quad (23)$$

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

de manera: se obtiene al integrar:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{W} + Z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{W} + Z_2$$

Donde:

$$Z_1 = Z_2 ; \frac{P_2}{W} = 0$$

y haciendo: $\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{W} = H'$

donde $\frac{v_1^2}{2g} = \alpha h^2$ y $\frac{P_1}{W} = h$

se tiene:

$$v_2^2 = H' \therefore v_2 = \sqrt{2gH'} = \sqrt{2g(h + \alpha h^2)}$$

Como el gasto real, Q_r es igual al gasto teórico Q_t multiplicado por un coeficiente, se tiene:

$$Q_r = C' Q_t = C' A v = C' A \sqrt{2gH'}$$

y para un área diferencial

$$dQ_t = \sqrt{2gH'} dA = \sqrt{2g(h + \alpha h^2)} dA$$

(23)

Como el área diferencial dA , es igual a $L dh$, se tiene:

$$dQ_t = L \sqrt{2g(h + \alpha h^2)} dh$$

(24)

de donde se obtiene al integrar:

$$Q_t = \int_0^H L \sqrt{2g(h + \alpha h r)} dh = L \sqrt{2g} \frac{2}{3} (h + \alpha h r)^{3/2}$$

$$Q_t = \frac{2}{3} L \sqrt{2g} [(H + \alpha h r)^{3/2} - (\alpha h r)^{3/2}] \quad (25)$$

y el gasto real será:

$$Q_r = C' Q_t = \frac{2}{3} C' L \sqrt{2g} [(H + \alpha h r)^{3/2} - (\alpha h r)^{3/2}] \quad (26)$$

Si suponemos $\alpha = 1$, y $h r$ suficientemente pequeño, lo cual sucede cuando $\frac{H}{D}$ es también pequeño, se tiene:

$$Q_r = \frac{2}{3} C' L \sqrt{2g} (H + h r)^{3/2} \quad (27)$$

y representando $\frac{2}{3} C' \sqrt{2g}$ por C, desarrollando el binomio y tomando sus dos primeros términos, se tiene:

$$Q_r = C L [C H^{3/2} + \frac{3}{2} H^{1/2} h r] = C L H^{3/2} (1 + \frac{3 h r}{2 H}) \quad (28)$$

como el valor aproximado de $h r$ es:

$$h r = \frac{v^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q_r}{A c} \right)^2 = \frac{1}{2g} \frac{(C L H^{3/2})^2}{L^2 d^2} = \frac{C^2 H^3}{2g d^2}$$

de manera:

$$\frac{Q_t}{A} = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \frac{L}{A} [(H + \alpha h r)^{3/2} - (\alpha h r)^{3/2}]$$

Donde:

$$N_1 = N_2 = 0$$

y haciendo:

$$H = \frac{A}{3} + \frac{Q_t}{3 \sqrt{2g} L}$$

donde

$$\frac{Q_t}{A} = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \frac{L}{A} [(H + \alpha h r)^{3/2} - (\alpha h r)^{3/2}]$$

se tiene:

$$Q_t = \frac{2}{3} C' L \sqrt{2g} [(H + \alpha h r)^{3/2} - (\alpha h r)^{3/2}]$$

Como el gasto real, Q_r es igual al gasto teórico Q_t multiplicado por un coeficiente, se tiene:

$$Q_r = C' Q_t = C' \left[\frac{2}{3} C' L \sqrt{2g} [(H + \alpha h r)^{3/2} - (\alpha h r)^{3/2}] \right]$$

y para un área diferencial

$$dQ_r = C' dQ_t = C' \left[\frac{2}{3} C' L \sqrt{2g} \left[\frac{3}{2} (H + \alpha h r)^{1/2} dh + \frac{3}{2} (\alpha h r)^{-1/2} d(\alpha h r) \right] \right]$$

(29)

Como el área diferencial dA es igual a $L dr$, se tiene:

$$dQ_r = C' \left[\frac{2}{3} C' L \sqrt{2g} \left[\frac{3}{2} (H + \alpha h r)^{1/2} dr + \frac{3}{2} (\alpha h r)^{-1/2} \alpha dr \right] \right]$$

(30)

se tiene

$$Q_v = CLH^{3/2} \left(1 + \frac{3}{2H} \cdot \frac{C^2 H^3}{2gd^2} \right) = CLH^{3/2} \left[1 + \frac{3C^2}{4g} \left(\frac{H}{d} \right)^2 \right] \quad (29)$$

y agrupando g y las constantes, se tiene:

$$Q_v = CLH^{3/2} [1 + 0.0765C^2 \left(\frac{H}{d} \right)^2] \quad (30)$$

Si en la ecuación (28) el valor de h_o resulta despreciable en un caso práctico cualquiera, se tiene la fórmula:

$$Q_v = CLH^{3/2} \quad (31)$$

donde C tiene un valor de 1.84, cuando H y L se expresen en metros, obteniéndose el gasto en mts.³ por segundo.

3.2 VERTEDOR RECTANGULAR CON CONTRACCIONES LATERALES. -- El vertedor rectangular sin contracciones laterales puede usarse solamente cuando el canal es de sección rectangular. En los casos en que el canal no tiene esa sección, se emplean otros dispositivos vertedores, entre ellos el vertedor rectangular con contracciones laterales, el vertedor triangular o los de forma trapezoidal.

de donde se obtiene al integrar:

$$Q_v = \int_0^H L \sqrt{2g} (H + \alpha h) dh = L \sqrt{2g} \left[H^2 + \frac{2\alpha}{3} H^3 \right] \quad (28)$$

y el gasto real será:

$$Q_v = C' Q_v = \frac{2}{3} C' L \sqrt{2g} \left[H^2 + \frac{2\alpha}{3} H^3 \right] \quad (28)$$

Si suponemos $\alpha = 1$, y C' suficientemente pequeño, lo cual sucede cuando $\frac{H}{d}$ es también pequeño, se tiene:

$$Q_v = \frac{2}{3} C' L \sqrt{2g} (H + H) \quad (27)$$

Y representando $\frac{2}{3} C' \sqrt{2g}$ por C , desarrollando el binomio y tomando sus primeros términos, se tiene:

$$Q_v = CL \left[H^2 + \frac{2\alpha}{3} H^3 \right] = CLH^2 \left(1 + \frac{2\alpha H}{3H} \right) \quad (28)$$

como el valor aproximado de h_o es:

$$h_o = \frac{v^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q_v}{LH} \right)^2 = \frac{1}{2g} \left(\frac{C' L \sqrt{2g} (H + \alpha h)}{LH} \right)^2 = \frac{C'^2 H^2}{2gH^2} \left(1 + \frac{2\alpha h}{3H} \right)^2$$

$$Q_v = C L H^{3/2} \left(1 + \frac{0.075 C^2}{C} \left(\frac{H}{L} \right)^2 \right)$$

(29)

y agrupando C y las constantes, se tiene:

$$Q_v = C L H^{3/2} \left[1 + 0.075 C^2 \left(\frac{H}{L} \right)^2 \right]$$

(30)

Si en la ecuación (29) el valor de C resulta despreciable en un caso práctico cualquiera, se tiene la fórmula:

$$Q_v = C L H^{3/2}$$

(31)

donde C tiene un valor de 1.84, cuando H y L se expresan en metros, obteniéndose el gasto en m³ por segundo.

3.2. VERTEDOR RECTANGULAR CON CONTRACCIONES LATERALES. - El vertedor rectangular sin contracciones laterales puede usarse solamente cuando el canal es de sección rectangular. En los casos en que el canal no tiene esa sección, se emplean otros dispositivos vertedores, entre ellos el vertedor rectangular con contracciones laterales, el vertedor triangular o los de forma trapezoidal.

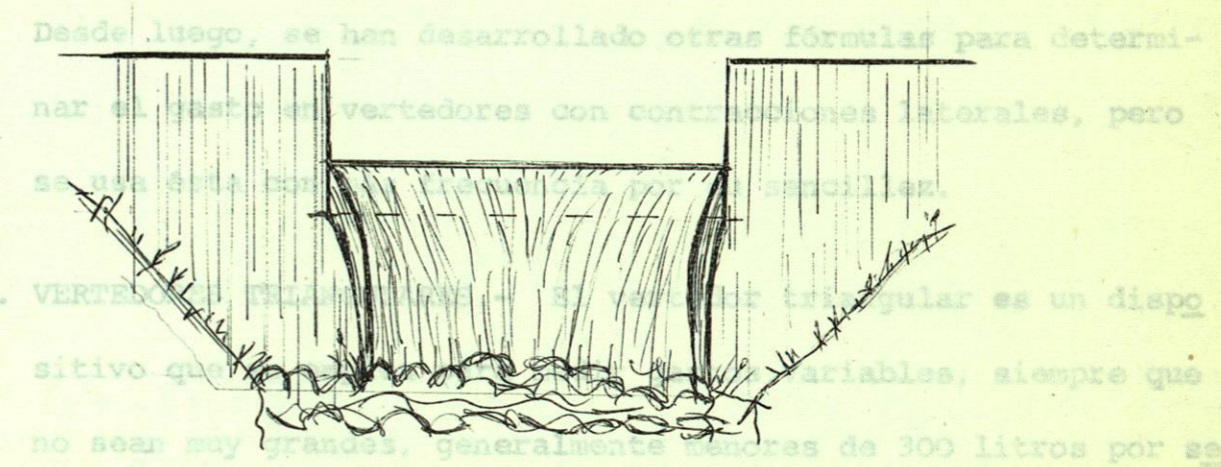
En la figura 10 se muestra un vertedor con contracciones laterales, de sección rectangular. La fórmula para calcular el gasto es semejante a la correspondiente al vertedor rectangular sin contracciones laterales, pero debido a éstas, debe hacerse una corrección para obtener el gasto real. Una manera empírica sugerida por Francis, consiste en modificar la longitud del vertedor en la siguiente forma:

$$L' = L - 0.2H$$

Figura 11

(32)

Con esta corrección se obtienen resultados aproximados, pero generalmente adecuados en la práctica, siempre que el valor de H no sea muy grande en relación a L , ya que en caso extremo puede obtenerse una longitud $L' = 0$, lo cual es absurdo. Se recomienda que H sea menor de $L/3$.



5.3. VERTEDOR RECTANGULAR CON CONTRACCIONES LATERALES. - El vertedor rectangular es un dispositivo que se emplea para medir el caudal de agua en canales de sección rectangular. El gasto puede determinarse aplicando la ecuación (23) de la siguiente manera (ver figura 11):

Figura 10

En la figura 10 se muestra un vertedor con contracciones laterales, de sección rectangular. La fórmula para calcular el gasto es semejante a la correspondiente al vertedor rectangular sin contracciones laterales, pero debido a éstas, debe hacerse una corrección para obtener el gasto real. Una manera empírica sugerida por Francis, consiste en modificar la longitud del vertedor en la siguiente forma:

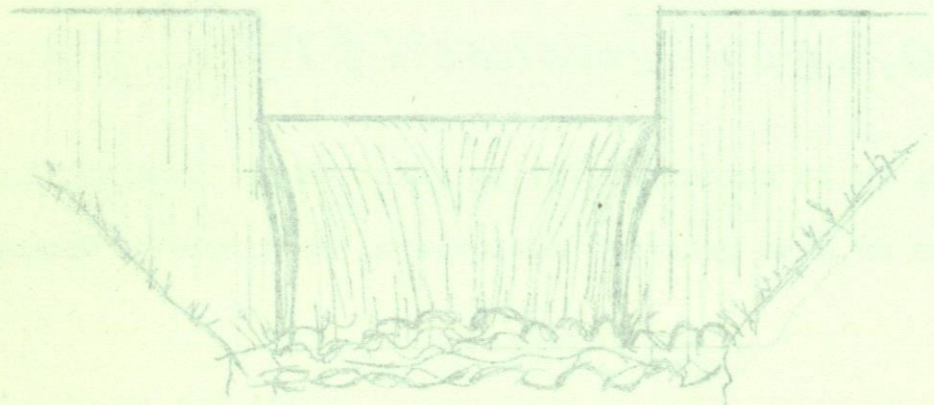


Figura 10

En la figura 10 se muestra un vertedor con contracciones laterales. En la práctica, la fórmula para calcular el gasto es semejante a la correspondiente al vertedor rectangular, pero debido a éstas, debe hacerse una corrección para obtener el gasto real. Una manera empírica sugerida por Francis, consiste en modificar la longitud del vertedor en la siguiente forma:

$$L' = L - 0.2H$$

(32)

Con esta corrección se obtienen resultados aproximados, pero generalmente adecuados en la práctica, siempre que el valor de H no sea muy grande en relación a L , ya que en caso extremo puede obtenerse una longitud $L' = 0$, lo cual es absurdo. Se recomienda que H sea menor de $L/3$.

Desde luego, se han desarrollado otras fórmulas para determinar el gasto en vertedores con contracciones laterales, pero se usa ésta con más frecuencia por su sencillez.

5.3. VERTEDORES TRIANGULARES.- El vertedor triangular es un dispositivo que se emplea para medir gastos variables, siempre que no sean muy grandes, generalmente menores de 300 litros por segundo. El gasto puede determinarse aplicando la ecuación (23) de la siguiente manera (ver figura 11):

y el gasto real será:

$$Q_r = C \frac{2}{3} \sqrt{2g} H^{3/2}$$

(34)

El vertedor triangular más empleado con más frecuencia para determinar el gasto es un aforo de una corriente de agua, es el de 90° (figura 12).

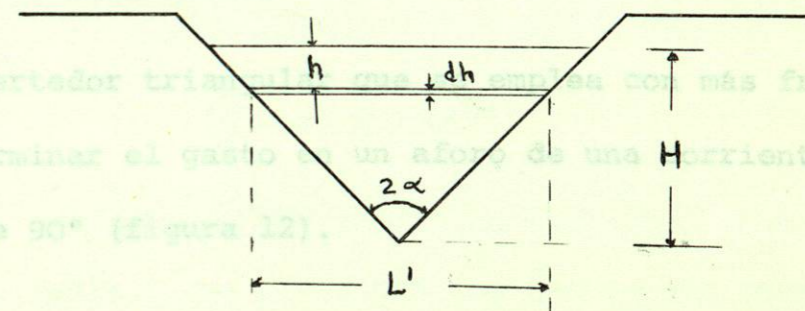


Figura 11