

NOTA TÉCNICA

CALCULO DE COMPUERTAS PLANAS

ALFONSO UGARTE S.
Ingeniero Civil

1. ECUACION BÁSICA

La ecuación básica para el cálculo de una compuerta plana, de sección rectangular, de arista viva, sin variación de ancho y con resalto al pie es:

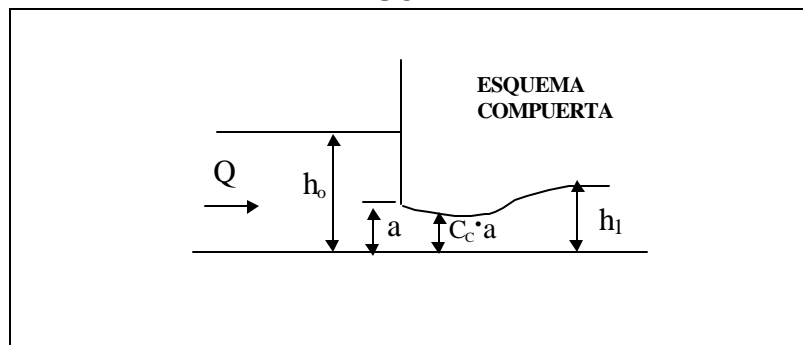
$$Q = C_c a b \sqrt{2g(H_0 - C_c a)}$$

$$H_0 = h_0 + \frac{v_0^2}{2g}$$

Donde:

- Q: Caudal
- a: Abertura de la compuerta
- b: Ancho de la compuerta
- C_c : Coeficiente de contracción de la compuerta
- $C_c a$: Altura del escurrimiento en la sección donde se presenta la vena contraída
- H_0 : Energía en la sección de aguas arriba de la compuerta
- h_0 : Altura aguas arriba de la compuerta
- v_0 : Velocidad aguas arriba de la compuerta
- g: Aceleración de gravedad

FIGURA 1



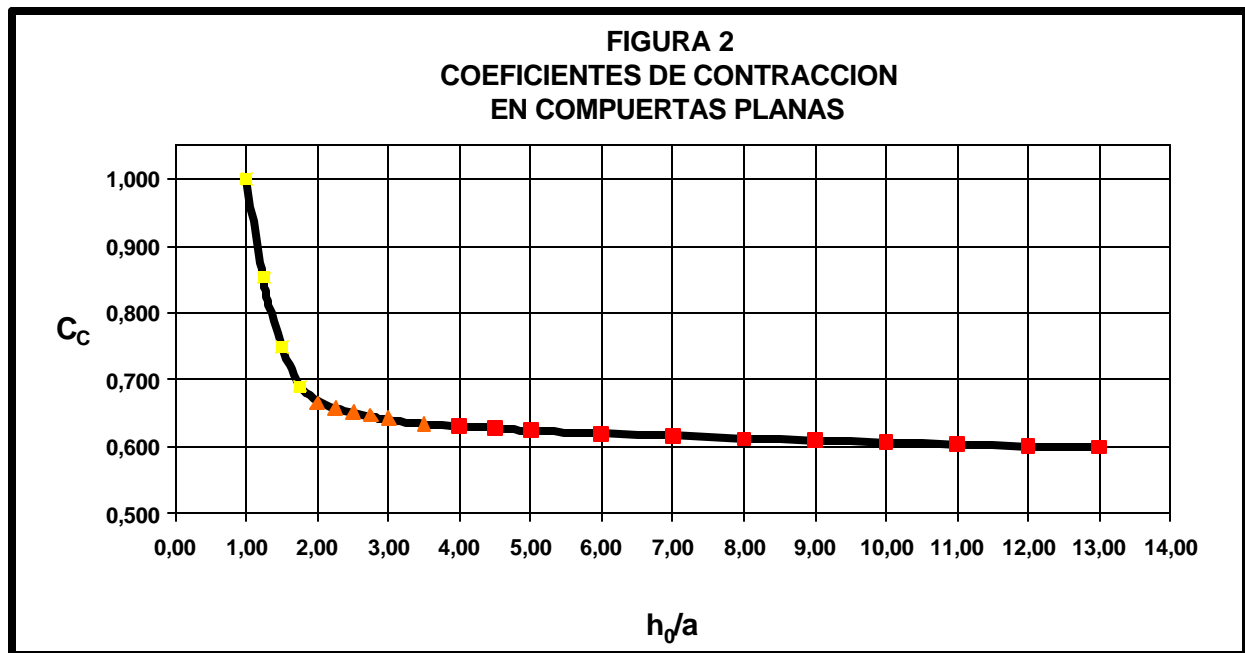
El coeficiente C_c es variable en función de la relación h_0/a , con un valor teórico igual a $\frac{2}{\sqrt{2+2}} = 0.611$, cuando la contracción aguas abajo de la compuerta es perfecta.

En la práctica el valor de este coeficiente ha sido determinado experimentalmente por varios autores. De acuerdo a los valores del Gráfico de la Figura 91, página 223, del Libro

Hidráulica de F. J. Domínguez, Quinta Edición, el coeficiente C_C , se puede calcular con las siguientes ecuaciones:

$$C_C = \begin{cases} 0,6687 \left(\frac{h_0}{a} \right)^{-0,0425} & \text{con } 3,5 \leq \frac{h_0}{a} \\ -0,0554 \ln \left(\frac{h_0}{a} \right) + 0,7033 & \text{con } 2,0 < \frac{h_0}{a} < 3,5 \\ 0,3543 \left(\frac{h_0}{a} \right)^2 - 1,3869 \left(\frac{h_0}{a} \right) + 2,0329 & \text{con } 1,0 \leq \frac{h_0}{a} \leq 2,0 \end{cases}$$

Gráficamente, estas ecuaciones se presentan en la siguiente Figura 2:



2. ECUACIÓN ALTERNATIVA

Alternativamente, se suele usar la expresión:

$$Q = C_D ab \sqrt{2gh_0}$$

En esta ecuación, C_D se denomina coeficiente de gasto, cuya relación con el coeficiente de contracción es la siguiente:

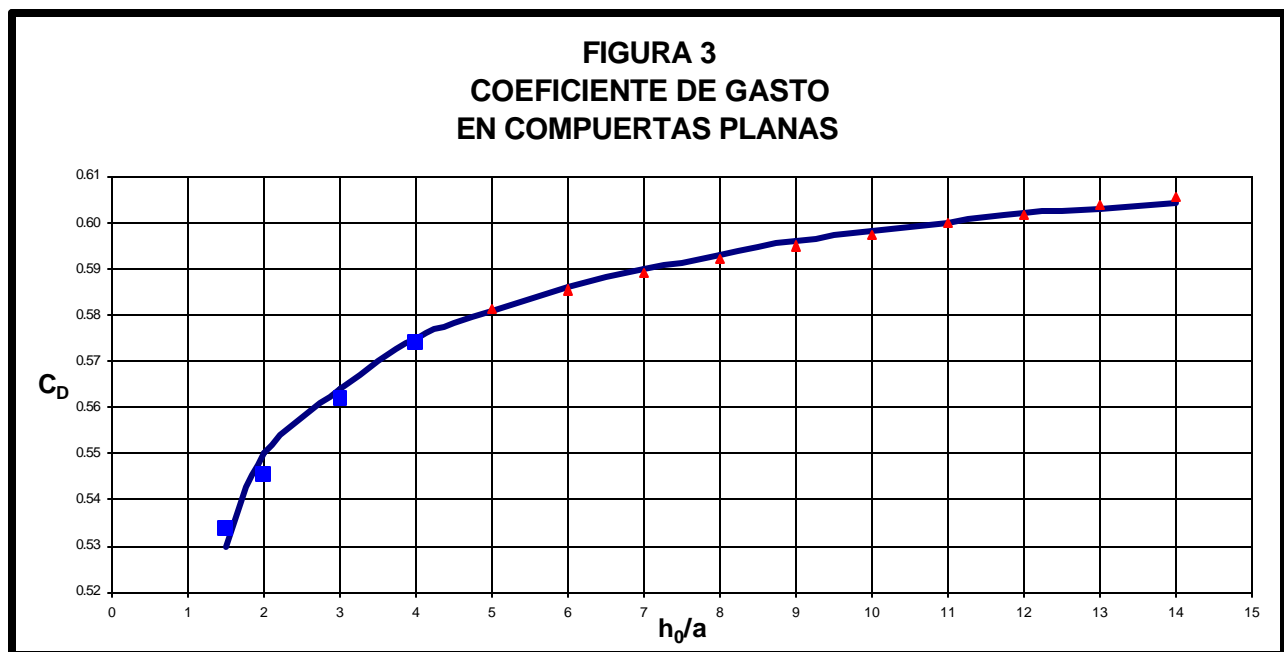
$$C_D = \frac{C_C}{\sqrt{1 + C_C \frac{a}{h_0}}}$$

$$C_C = \frac{1}{2} \left(-C_D^2 \frac{a}{h_0} + \sqrt{C_D^4 \left(\frac{a}{h_0} \right)^2 + 4C_D^2} \right)$$

Al igual que en el caso anterior, el valor del coeficiente de gasto ha sido determinado experimentalmente. Según las experiencias de Bruno Gentilini (La Houille Blanche, 1947), las ecuaciones para calcular C_D son las siguientes:

$$C_D = \begin{cases} 0,5183 \left(\frac{h_0}{a} \right)^{0,0739} & \text{con } 1,5 < \frac{h_0}{a} < 4,3 \\ 0,5455 \left(\frac{h_0}{a} \right)^{0,0395} & \text{con } 4,3 \leq \frac{h_0}{a} \end{cases}$$

Gráficamente, estas ecuaciones se presentan en la siguiente Figura 3:



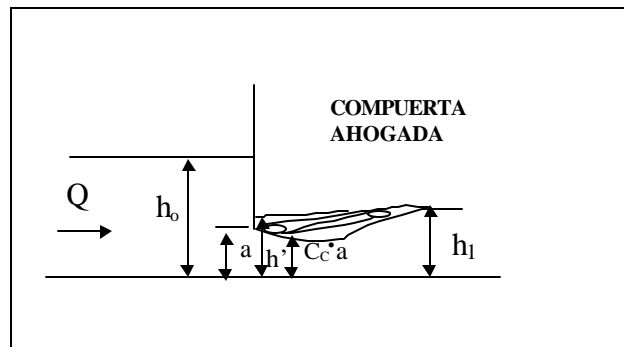
3. COMPUERTA AHOGADA

Cuando la compuerta tiene resalto al pie, en la sección ubicada inmediatamente aguas abajo (vena contraída), se tiene una Momenta igual a la Momenta de sección 1, cuyo régimen es de río, impuesto por condiciones de aguas abajo. En este caso se verifica:

$$M_{comp} = M_1 \Rightarrow \frac{Q^2}{gbC_C \cdot a} + \frac{1}{2}b(C_C \cdot a)^2 = \frac{Q^2}{gbh_1} + \frac{1}{2}bh_1^2$$

Si $M_{comp} > M_1$, entonces el resalto se desplaza hacia aguas abajo de la compuerta, hasta una posición en la cual se verifique la igualdad de las Momentas, punto en el cual se produciría un resalto hidráulico. En cambio, si se verifica que $M_{comp} < M_1$, el río impuesto por condiciones de aguas abajo ahoga la compuerta, produciéndose un aumento de la altura de aguas en la sección de la vena contraída, la que pasa de $C_C a$ al valor h' , tal como se aprecia en la Figura 4 adjunta.

FIGURA 4



En este caso el cálculo de la compuerta se debe realizar utilizando simultáneamente las ecuaciones de Bernoulli y la de la Cantidad de Movimiento o Momenta.

De acuerdo con esto, al aplicar la ecuación de la Momenta entre la sección de la vena contraída y la sección 1, se tiene la siguiente expresión:

$$M_{comp} = M_1 \Rightarrow \frac{Q^2}{gbC_C \cdot a} + \frac{1}{2}b(h')^2 = \frac{Q^2}{gbh_1} + \frac{1}{2}bh_1^2$$

Al aplicar la ecuación de Bernoulli entre la sección 0 y la sección donde se produce la vena contraída, queda la expresión:

$$Q = C_C ab \sqrt{2g(H_0 - h')}$$

En esta última expresión, como se ha señalado, H_0 es el Bernoulli en la sección 1:

$$H_0 = h_0 + \frac{v_0^2}{2g}$$

El uso conjunto de estas tres ecuaciones permite resolver totalmente el problema del cálculo de una compuerta ahogada. El valor del coeficiente de contracción C_C se calcula con las mismas expresiones indicadas en el punto 1 anterior.

AUS/09/2002