

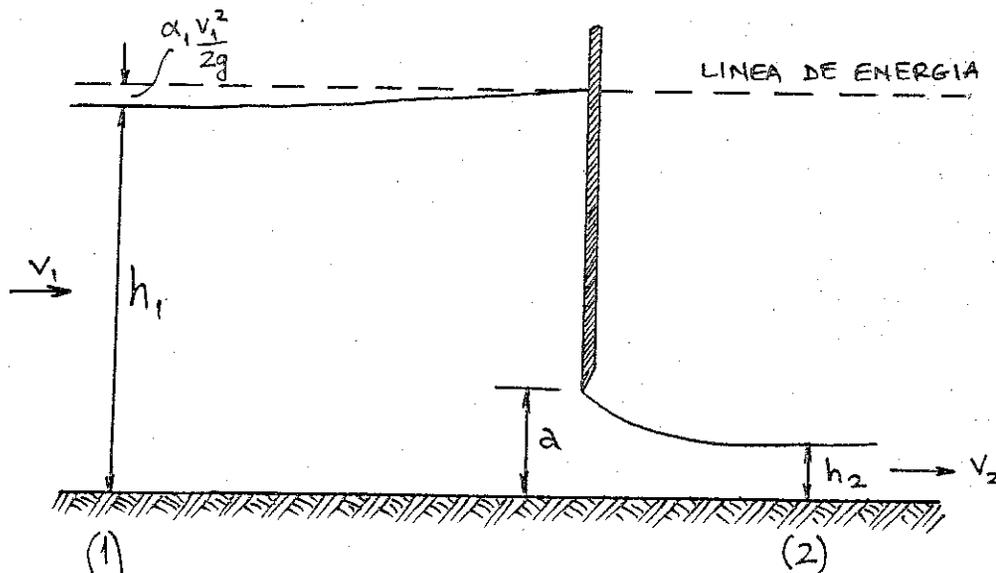
### 3.6.8 Compuertas.

Las compuertas son estructuras frecuentes en las obras hidráulicas y sirven para regular el caudal en una conducción.

Hay varios tipos de compuertas y aquí sólo analizaremos dos tipos de compuertas más frecuentemente usadas: la compuerta plana de tablero vertical y la compuerta de segmento o de sector, muy usada en barreras en ríos.

### 3.6.9 Compuerta plana.

La estructura de la compuerta es un tablero plano vertical que puede deslizar subiendo o bajando. Normalmente la compuerta desliza por ranuras laterales que la apoyan. Por supuesto que la sección de canal donde se ubica debe ser rectangular. Para accionarla deben vencerse las fuerzas de roce, que pueden ser grandes, debido a la fuerza de presión sobre el tablero. El apoyo en las ranuras puede ser con patines o polines o ruedas para disminuir el roce. Asociado a la estructura de la compuerta están los mecanismos de izamiento. En la figura se muestra esquemáticamente una compuerta plana (sluice gate) de arista viva.



La abertura de la compuerta se designa por "a",  $h_1$  es la altura del escurrimiento en la sección de aguas arriba de la compuerta y  $h_2$  es la altura aguas abajo. Ambas secciones (1) y (2) se ubican a una distancia suficiente de la compuerta como para asegurar escurrimiento paralelo. El chorro emergente aguas abajo de la compuerta presenta una contracción en su lámina superior. En el fondo y costados las contracciones están suprimidas. De esta manera se verifica:

$$h_2 = C_c a$$

siendo  $C_c$  un coeficiente de contracción.

En el caso de la compuerta de arista viva el coeficiente  $C_c$  es cercano a 0.60

El análisis hidráulico de la compuerta se resuelve aceptando la constancia de la energía específica (o Bernoulli), lo cual significa en otras palabras que se admite que no hay pérdidas apreciables de energía entre ambas secciones de aguas arriba y de aguas abajo. Así podemos establecer:

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

El planteamiento anterior acepta implícitamente que el chorro a la salida de la compuerta está descubierto y no está ahogado por el nivel del canal de aguas abajo. Considerando las ecuaciones anteriores, el caudal por unidad de ancho a la salida de la compuerta queda:

$$q = C_c a \sqrt{2g (H_1 - C_c a)}$$

La relación anterior permite el cálculo del caudal conociendo el valor de  $C_c$ , la abertura de la compuerta  $a$  y el Bernoulli aguas arriba. La ecuación no permite el cálculo directo por cuanto al no conocer el caudal no se conoce el valor de la energía específica  $H_1$ . El problema debe ser resuelto por aproximaciones sucesivas.

Obsérvese que necesariamente el escurrimiento de aguas arriba de la compuerta debe ser un régimen subcrítico y en cambio el de aguas abajo debe ser supercrítico. Es decir las alturas  $h_1$  y  $h_2$  son alturas alternas. Puede demostrarse a partir de la constancia de la energía específica que se verifica:

$$X = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{8}{F_1^2 - 1}} \right]$$

siendo  $X = h_1/h_2$  y  $F_1$  el número de Froude del régimen subcrítico o bien:

$$X = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{8}{F_2^2} - 1} \right]$$

con  $X = h_2/h_1$  y  $F_2$  el número de Froude del torrente al pie de la compuerta.

El valor del coeficiente de contracción  $C_c$  depende de la relación entre la abertura "a" de la compuerta y la altura de aguas arriba " $h_1$ ". La Tabla 3.6.3 muestra los valores que adopta el coeficiente  $C_c$  en función del parámetro  $a/h_1$  para la compuerta de arista viva.

La expresión para el caudal por unidad de ancho a la salida de la compuerta se puede escribir para efectos prácticos de cálculo, de la siguiente manera:

$$q = m' a \sqrt{2g h_1}$$

siendo el coeficiente de gasto  $m'$ :

$$m' = C_c \sqrt{1 + \frac{v_1^2}{2gh_1} - C_c \frac{a}{h_1}}$$

La cantidad subradical es muy cercana a la unidad.

La Fig 3.6.9 indica el valor del coeficiente de gasto  $m'$  para el caso de compuertas planas con escurrimiento ahogado por aguas abajo.

### 3.6.10 Compuerta de sector o segmento.

Esta compuerta, denominada también radial (Tainter gate), tiene un coeficiente de contracción superior a 0.61, debido a que la superficie de la compuerta está inclinada hacia aguas abajo. El coseno del ángulo formado por la tangente a la superficie del labio de la compuerta con la horizontal vale:

$$\cos\theta = \frac{(d-a)}{R}$$

siendo :  $d$  =altura del apoyo de la compuerta sobre el fondo del canal.

$R$  =radio del sector.

Entre las ventajas de esta compuerta, puede mencionarse:

- La fuerza resultante de presión pasa por el apoyo y por tanto se requiere una fuerza de levante igual al peso propio de la compuerta.
- No requiere de ranuras que siempre perturban al escurrimiento.

Para estimaciones preliminares el coeficiente de contracción puede determinarse con la relación:

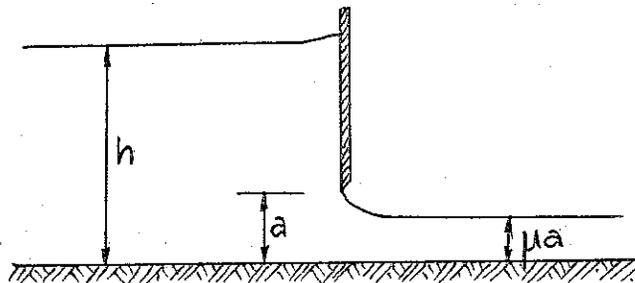
$$C_c = 1 - 0.75 \left( \frac{\theta}{90} \right) + 0.36 \left( \frac{\theta}{90} \right)^2$$

El ángulo  $\theta$  se expresa en grados.

La Fig 3.6.10 muestra los coeficientes  $m'$  según las experiencias de A. Toch para este tipo de compuertas.

TABLA 3.6.3 Coeficientes de contracción de compuertas planas seguidas de torrentes

Valores propuestos por A. Sepúlveda, para  $R_v = \frac{q}{v} \geq 50.000$



$\mu$ : coeficiente de contracción

a/h	$\mu$
0.05	0.611
0.10	0.611
0.20	0.611
0.30	0.609
0.40	0.605
0.50	0.602
0.60	0.605
0.70	0.611
0.80	0.640
0.90	0.656
0.95	0.679

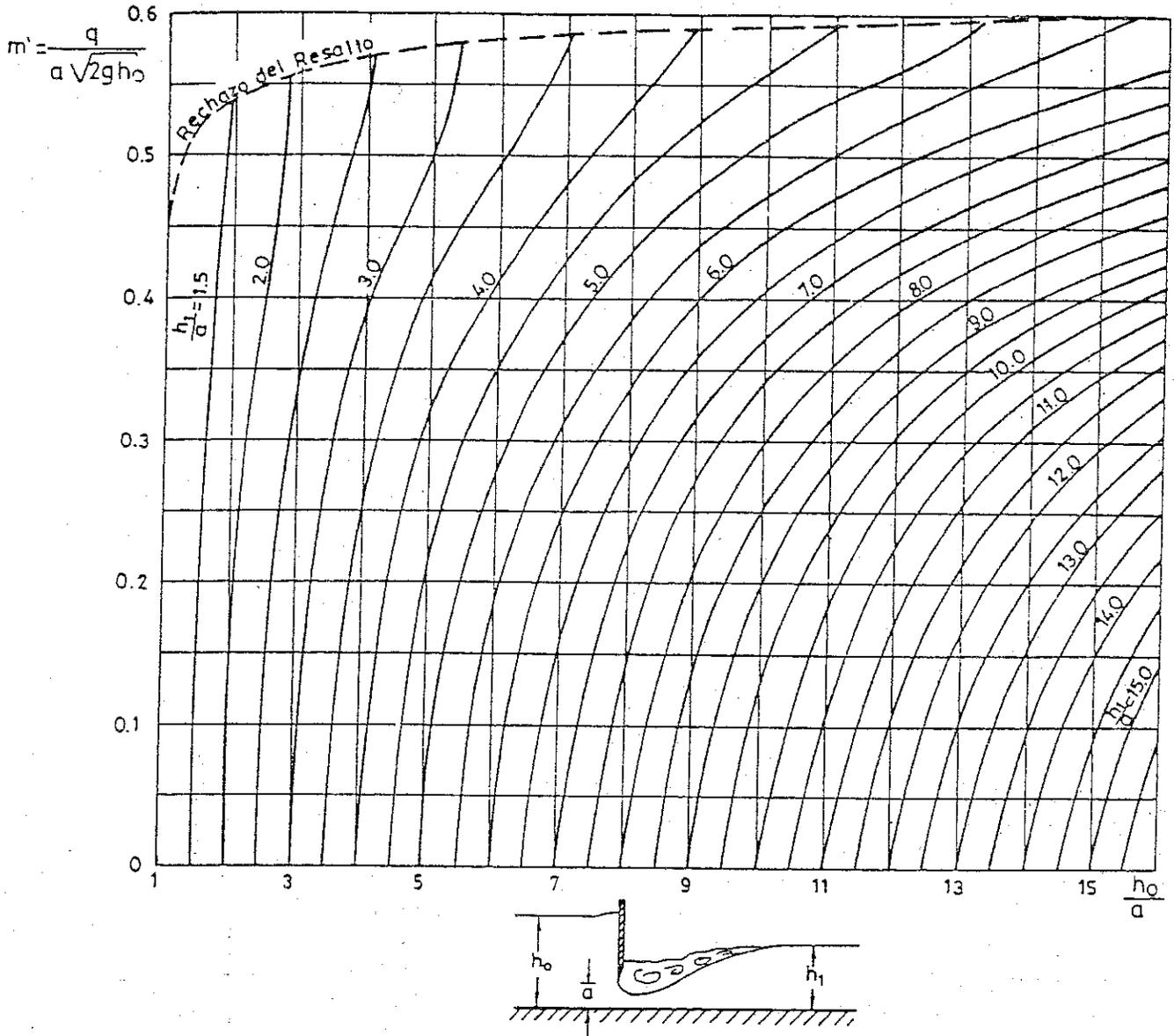


Fig. 3.6.9 Coeficientes de gasto de compuertas planas con escurrimiento ahogado aguas abajo de ellas

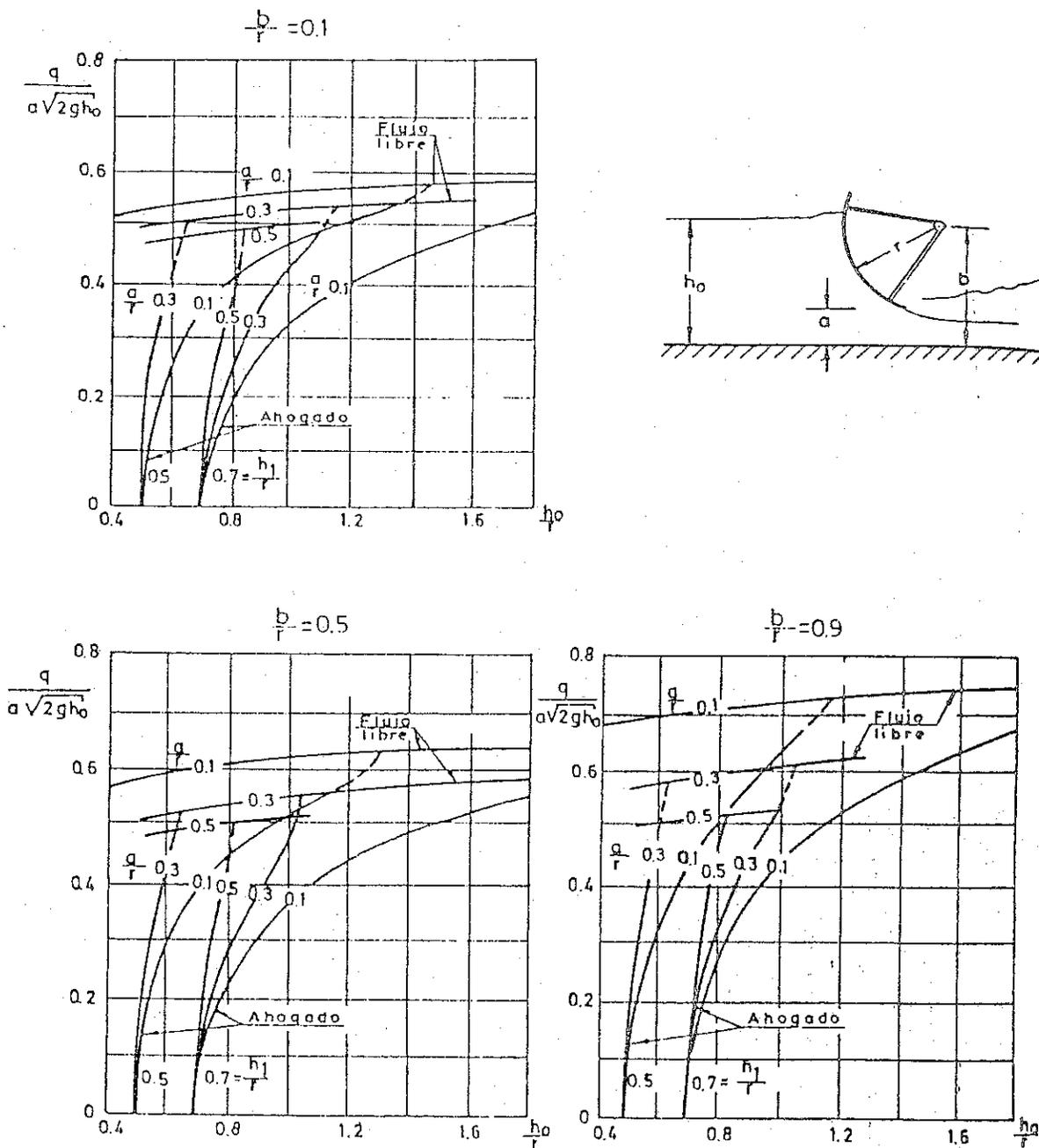


Fig. 3.6.10 Coeficiente de gasto para compuertas radiales, según A. Toch