



Compagnie Nationale du Rhône

Compagnie Nationale du Rhône
Direction Ingénierie Ouvrages Hydrauliques et Fluviaux
I.00009.001 (CL04)

Canal del Dique

**Nota de cálculos de dimensionamiento de las compuertas
de los acueductos de la esclusa de CALAMAR**

ÍNDICE

1. Geometría y tecnología de una compuerta.....	3
2. Resistencia del opérculo de la compuerta.....	4
3. Esfuerzo de levantamiento	5

1. GEOMETRÍA Y TECHNOLOGIA DE UNA COMPUERTA

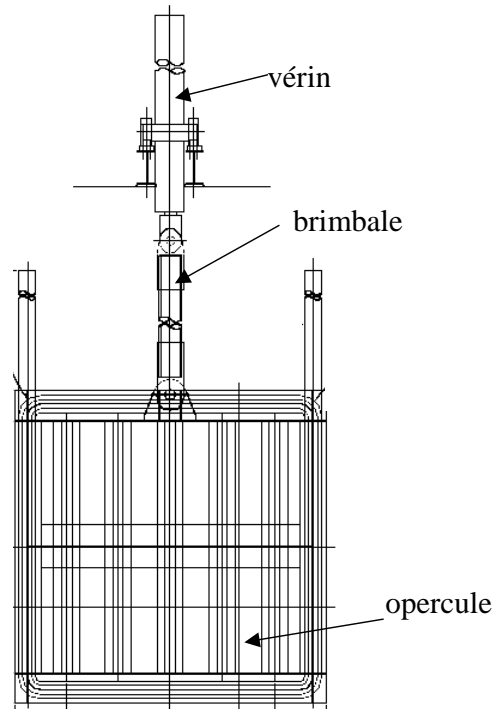


Figura 1: Representación esquemática de una compuerta

Se trata de compuertas planas verticales rectangulares, sin restricción de paso (sección de paso de agua compuerta abierta, idéntica a la sección de los acueductos)

Las correderas fijas acondicionadas en el GC (dos correderas a cada costado de la compuerta) aseguran simultáneamente las funciones de hermeticidad y apoyo. La hermeticidad está prevista en los dos sentidos.

El material de hermeticidad y deslizamiento es UHMWPE (Polietileno Ultra Alta Densidad). Su coeficiente de rozamiento es:

- $\text{tg}\varphi = 0.2$ a partir de la posición de detención
- $\text{tg}\varphi = 0.1$ una vez la puerta está en movimiento

La ranura inferior en la cual las compuertas debe deslizarse al finalizar el cierre se realiza en forma de embudo.

La compuerta es accionada por un gato hidráulico cuyo vástago está conectado a un opérculo mediante un balanceo.

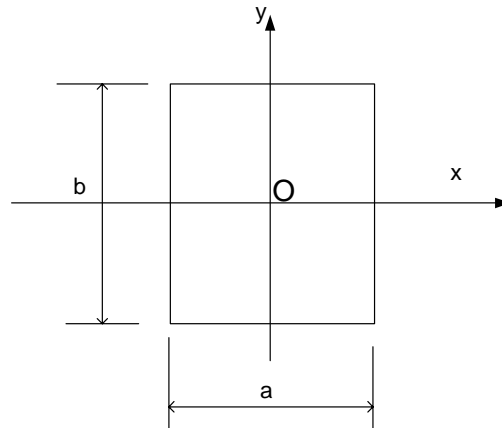
El opérculo está formado por una chapa de acero rígido.

2. RESITENCIA DEL OPÉRCULO DE LA COMPUERTA

El opérculo está sometido a la presión hidrostática y a las reacciones de las correderas y de la ranura inferior. Estos esfuerzos producen tensiones de flexión.

La carga de dimensionamiento es igual a la carga máxima en caso de mantenimiento cuando la cámara de la compuerta está vacía

El opérculo se asimila a una placa de espesor uniforme e , de altura b y de anchura a , con apoyos simples en los cuatro costados. Esta placa está sometida a la presión hidrostática del fluido, que se supone es uniforme e igual a la presión a nivel del eje del acueducto de cota z :



$$p = 0.0981 (N_{am} - z) \text{ en bars}$$

Se trata de evaluar el espesor e requerido para esta placa (espesor equivalente) para que las tensiones del material no la sobrepasen en ningún punto, cierto porcentaje del límite de elasticidad definido por la norma DIN 19704, o sea 40 % del límite de elasticidad

El estado de las tensiones es plano. Los momentos de flexión y las tensiones normales en las direcciones x y y se calculan en el punto más solicitado: en la mitad de la placa; éstas tienen estos valores:

$$\sigma_{xx} = \frac{k_x}{100} \frac{p a^2}{e^2} \quad \text{y} \quad \sigma_{yy} = \frac{k_y}{100} \frac{p a^2}{e^2}$$

k_x et k_y son los coeficientes que dependen (norma DIN 19704):

- de la relación b/a (altura sobre anchura) del opérculo
- de las condiciones en los límites de la placa : aquí apoyos simples

La tensión de Von Mises: $\sigma_{vm} = (\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 - \sigma_{xx}\sigma_{yy})^{0.5}$ se compara con la tensión admisible del material del opérculo

Entonces el criterio aplicado es: $\sigma_{vm} = 0,4\sigma_e$ en el centro de la placa

En la siguiente tabla se presentan los resultados de estos cálculos así como el peso estimado del opérculo a partir de este espesor. Es un valor sobreestimado, puesto que el opérculo real formado por un ribete rígido presenta inercias superiores a las de la placa aquí considerada. Sin embargo, esta modelización es suficiente para obtener un buen orden del tamaño de peso

El material del opérculo aquí considerado a título de ejemplo es acero ordinario St 355 cuya tensión admisible equivale a : $0.4 \times 355 = 142 \text{ MPa}$

3. ESFUERZO DE LEVANTAMIENTO

La fuerza de levantamiento F se expresa en función del peso de las partes móviles de las compuertas (opérculo + balanceo + lañas) y fuerzas de rozamiento debido al empuje hidrostático F_h :

$$F = mg + F_h \operatorname{tg} \varphi$$

La parte final de la siguiente tabla presenta los esfuerzos de levantamiento al inicio del movimiento (coeficiente de rozamiento igual a 0.2). Las masas de los balanceos y las piezas de laña se han estimado en 15% de la masa del opérculo

	Esclusa de Calamar	
	Compuertas en el cabezal arriba	Compuertas en el cabezal abajo
Nivel umbral (msnm)	-3	-3
Cota máx. plano de agua (msnm)	9	5,7
Cota eje acueducto (msnm)	-3	-3
Presión en la compuerta p (bar)	1,177	0,853
Altura compuerta b(m)	3,1	3,1
Anchura compuerta a(m)	2,5	2,5
b/a	1,24	1,24
Grosor opérculo (mm)	43	37
kx	39,4	39,4
ky	29,8	29,8
Coacción normal (MPa)	157	153
Momento de flexión en la sección vertical (kN.m)	150	108
Coacción normal (MPa)	118	116
Momento de flexión en sección horizontal (kN.m)	91	66
Coacción Von Misès (MPa)	141	139
Peso opérculo (kN)	25,7	22,1
Peso total entrenado (kN)	29,5	25,4
Fuerza horizontal transmitida a la estr. (kN)	912	661
Coeficiente de rozamiento estático	0,2	0,2
Fuerza de levantamiento requerida (kN)	212	158