



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 ataguías
flotantes de las esclusas de**

CALAMAR y PARICUICA

ÍNDICE

1. Geometría de una ataguía:.....	3
2. Llenado de la ataguía y vaciado del cabezal de la esclusa.....	5
3. Esfuerzos internos en la ataguía.....	5
4. Resultados.....	7
5. Programa MATLAB.....	8

1. GEOMETRÍA DE UNA ATAGUÍA:

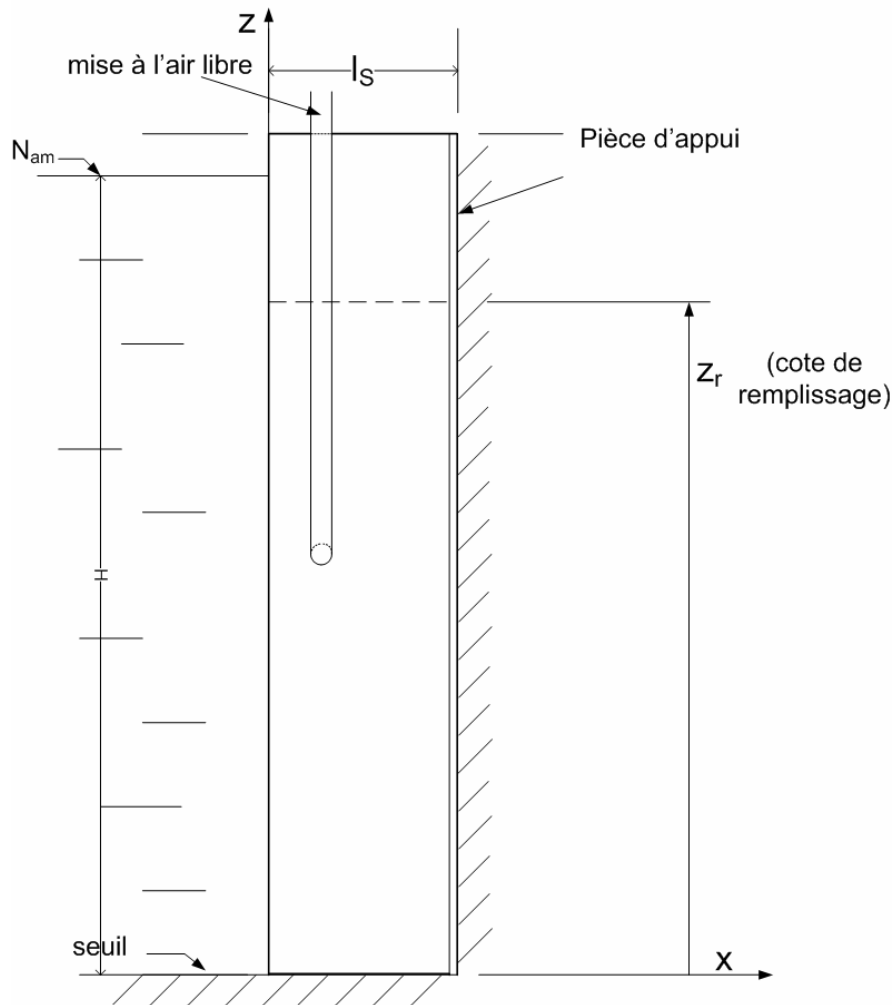


Figura 1: Geometría de una ataguía balastable . Corte vertical

La ataguía de forma paralelepípeda está formada por dos ribetes:

- un ribete plano de altura H sobre el cual se ejerce presión hidrostática cuando la ataguía está en su lugar y el cabezal de la esclusa vaciado
- un segundo ribete plano situado en el costado de la cámara de la esclusa
- una base plana que constituye el asiento horizontal de la ataguía
- capas horizontales repartidas sobre la altura
- diafragmas verticales repartidos regularmente sobre la anchura L_b de la ataguía

La estructura interna está encajonada con comunicación eventual entre los diferentes cajones para un llenado óptimo de la ataguía. Compuertas que permiten el llenado de estos cajones. Se requieren tubos para proveer aire libre sobre los costados de la ataguía y en comunicación con las cajas a llenar

Los ribetes son rígidos en la parte baja, debido a, por ejemplo, perfiles angulares

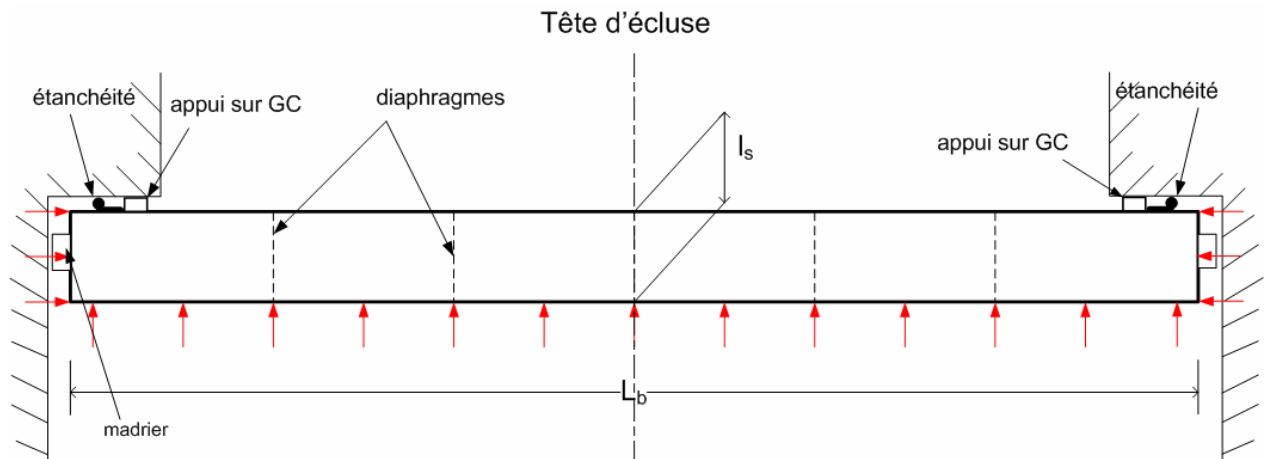


Figure2 : Geometría de una ataguía balastable . Vista de arriba

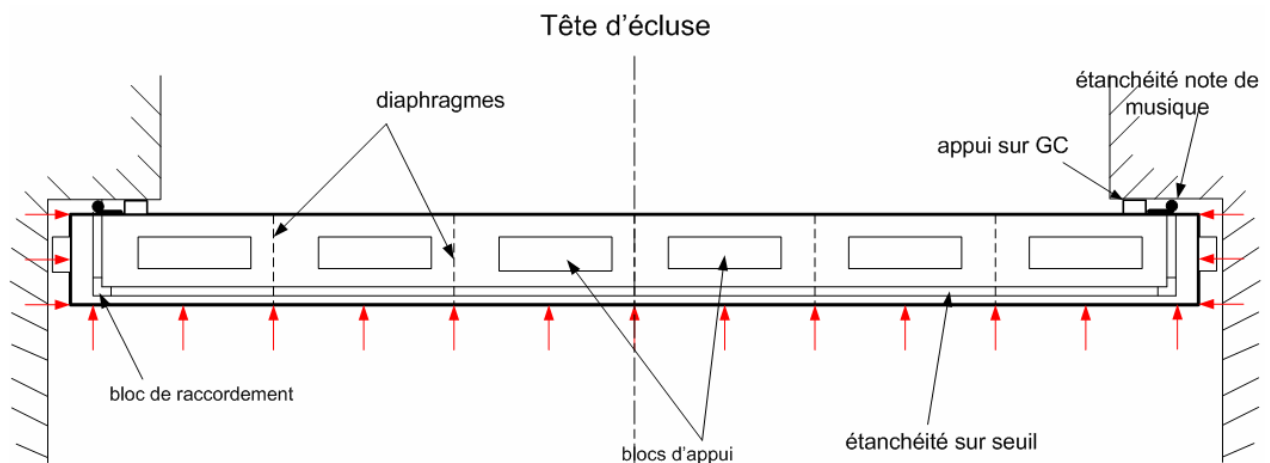


Figure3 : Geometría de una ataguía balastable . Vista superior

La hermeticidad se logra mediante:

- dos juntas en nota musical ubicadas en retracción de las aristas laterales del ribete costado de la cámara de la esclusa. La pista de hermeticidad está en el fondo de la ranura para protegerla
- una junta rectangular del umbral ubicada en el fondo de la ataguía, realizando la hermeticidad del umbral; bloques de conexión que conforman los ángulos de esta junta. Bloques de apoyo limitan su aplastamiento

La transmisión al GC de los efectos se efectúa a nivel:

- de los cabezales paralelamente a las juntas nota musical; transmiten el empuje hidrostático
- de los bloques de apoyo ubicados en el fondo de la ataguía que limitan el aplastamiento de la junta y que transmiten la carga vertical al pilar

2. LLENADO DE LA ATAGUÍA Y VACIADO DEL CABEZAL DE LA ESCLUSA

La ataguía flotante en posición horizontal, es encaminada desde su garaje hasta cerca del cabezal de la esclusa con la ayuda de un barco de servidumbre, pues se llena parcialmente para bascular de su posición horizontal a una posición vertical. El sentido del balanceo está determinado por el orden de llenado de las cajas.

Con la ayuda de eslingas, se pone en su ranura y se llena completamente de agua para que repose sobre el umbral. La carga vertical neta o peso aparente de la ataguía, igual al momento en que la diferencia entre el peso de la ataguía parcialmente llena de agua y el peso del volumen de agua desplazado, debe ser suficiente para asegurar un buen asiento de este último.

El vaciado del cabezal de la esclusa, creado por el enchapado de la ataguía contra el GC.

Entonces, los esfuerzos sobre éste último tienen dos componentes:

- un componente horizontal igual al empuje sobre el ribete plano de altura H ; cada ranura RG y RD retoma la mitad de este componente
- un componente vertical igual de la ataguía llena de agua
-

3. ESFUERZOS INTERNOS EN LA ATAGUÍA

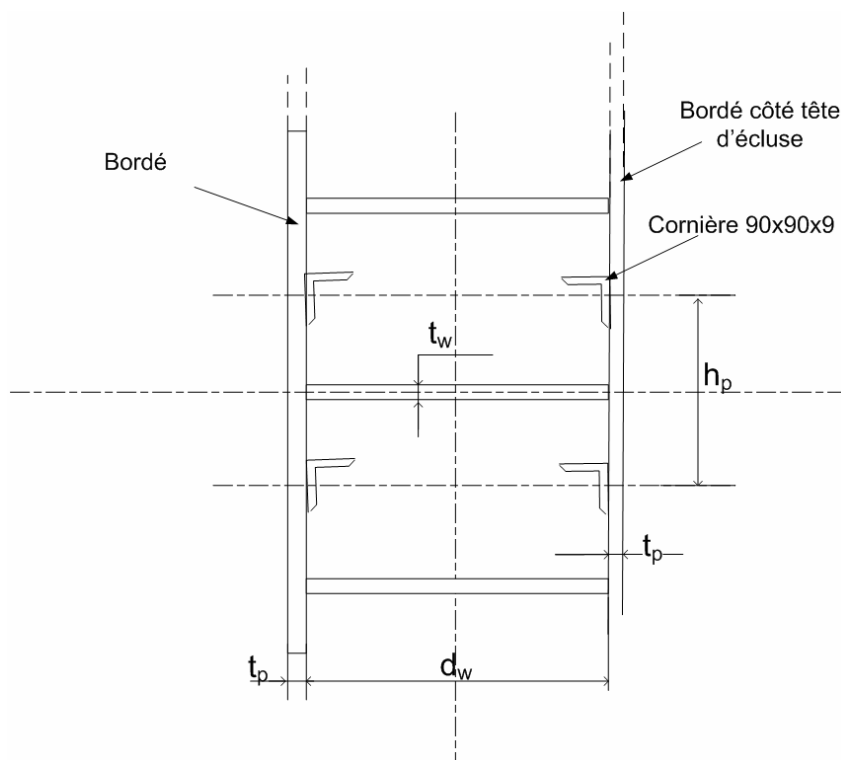


Figure3 : Sección de la ataguía

La ataguía es predimensionada para resistir:

- la flexión global, evaluando una tensión de flexión global en los ribetes sobre el eje de simetría de la ataguía
- y al mismo tiempo la flexión local de los paneles más requeridos, es decir los paneles planos inferiores delimitados y empotrados entre dos diafragmas verticales, y una capa horizontal y un tensor horizontal adyacente

La ataguía está igualmente sometida a un esfuerzo normal creado por los empujes hidrostáticos sobre las paredes laterales; las tensiones normales generadas se adicionan a las tensiones de flexión calculadas en el ribete cargado interiormente por el agua contenida en la ataguía

La tensión admisible está dada por la siguiente relación (norme DIN 19704): $\sigma_a = \frac{R_e}{\gamma_F \gamma_m \psi}$

con :

$R_e = 355 \text{ MPa}$: Límite elástico del acero para elementos de acero S355 de espesor $\leq 16 \text{ mm}$

$\gamma_F = 1,35$: Coeficiente de seguridad parcial

$\gamma_m = 1.1$: Coeficiente de incertidumbre del material

ψ : Coeficiente de combinación de las cargas: peso propio + carga hidráulica tomada aquí igual a 1, lo que corresponde a una carga no excepcional (nivel aguas arriba inferior al de la crecida milenaria).

o sea aquí $\sigma_a = 239 \text{ MPa}$

4. RESULTADOS

El programa Matlab de predimensionamiento evalúa en función de la geometría de los niveles de agua:

- el peso propio de la ataguía
- su tasa de hundimiento en flotación horizontal y vacío de agua
- la cota mínima de llenado en posición vertical para que repose sobre el umbral
- la carga vertical neta sobre el umbral ejercida por la ataguía llena de agua y equilibrada en el sentido aguas arriba-aguas abajo
- los empujes horizontal y vertical ejercidos sobre el GC una vez el cabezal de la esclusa esté vaciado
- la tensión de flexión global del ribete cargado
- la tensión de flexión local máxima del panel más cargado del ribete
- la tensión normal máxima

Se presentan los resultados en la siguiente tabla:

	Calamar		Paricuica	
	Aguas arriba de un cabezal	Aguas abajo de un cabezal	Aguas arriba de un cabezal	Aguas abajo de un cabezal
Nivel fondo (msnm)	-3	-3	-4.5	-4
Cota máx. nivel agua (msnm)	9	5.7	1.9	0.65
Altura ataguía (m)	12.3	9	6.7	5
Anchura ataguía (m)	30	30	30	30
Profundidad ataguía (m)	2.15	1.9	1.7	1.5
Grosor bordados (m)	1.2	1	1.0	0.8
Grosor velos (m)	1.2	1.2	1.0	1.0
Numero velos horizontales	12	9	6	5
Peso propio (kN)	193	1237	770	515
Tasa de inmersión ataguía vacía de agua (%)	25	25	23	23
Profundidad min. para el llenado de la ataguía (m)	8.95	6.45	4.85	3.5
Carga vertical neta en el fondo después de instalación (kN)	143	189	155	147
Fuerza horizontal transmitida a la estructura civil por el muro (kN)	10 595	5 570	3014	1591
Fuerza vertical transmitida a la estructura civil (kN)	9 541	6 209	4092	2700

5. PROGRAMA MATLAB

```
%Pre-dim de una ataguía flotante

clear all;

global w H Lb tp wa dw lb pasw tw xpG zpG zw zmax

g=9.81;
pi=3.1416;

%Peso volúmico del agua (N/m3)
w=9810;
%Peso volúmico del acero (kg/m3)
wa=7850*g;

% Nivel aguas arriba máx(m)
Nam=9;
%Nivel umbral (m)
Ns=-3;

%Geometría externa
%Anchura (m)
Lb=30.0;
%ALtura total (m)
H=12.2
%Profundidad (m)
lb=2.15;

%Geometría interna
%Ribetes
%Espesor (cm)
tp=1.2;
%Área (m2)
Ap=2*Lb*H;
%Volúmen (m3)
Vp=Ap*tp*1e-2;
%Peso (kN)
Pp=wa*Vp*1e-3;

%Capas horizontales
%Nb capas
Nw=12;
%Position vertical de las capas
pasw=H/(Nw-1);
zw=0:pasw:H;
%Longitud de las capas (m)
lw=lb;
dw=lw*1e2-2*tp;
%Espesor (cm)
tw=1.2;
%Área (m2)
Awu=Lb*dw*1e-2;
Aw=Nw*Awu;
%Volúmen (m3)
Vw=Aw*tw*1e-2;
%Peso (kN)
Pw=wa*Vw*1e-3;

%Diafragmas
```

```

%Nb
Nd=12;
%Espesor (cm)
td=0.8;
%Área (m2)
Ad=lb*H;
%Volúmen (m3)
Vdia=Ad*td*1e-2;
%Peso (kN)
Pdu=wa*Vdia*1e-3;
Pd=Nd*Pdu;
%Tensores de los ribetes : ángulos 90x90x9
%Nb
Nc=2*Nw;
%Peso unitario (kN)
Pcu=12.2*9.81*Lb*1e-3;
%Peso propio neto de la ataguía (kN)
Ppn=Pp+Pw+Pd + Nc*Pcu;
%Peso propio de la ataguía (kN)
P=1.15*Ppn
%cdg;
.....

%Volúmenes de la ataguía
%Volumen total
Vmax=lb*H*Lb;
%Volumen de agua desplazada por la ataguía vacía de agua
Vdmin=P*1e3/w;
disp('Fracción del volúmen total inmerso')
taux=Vdmin/Vmax;
disp(taux)

%cálculo del volumen de agua contenido en función de la altura del agua zr
en la ataguía en posición vertical
paszr=0.05;
zr=0:paszr:H;
%Profundidad de la superficie libre en la ataguía
lr=lb;
Vr=lb*Lb*zr;
%Peso de la ataguía en función de la cota de llenado de ésta
Pb=P*1e3+w*Vr;
%Volumen del agua desplazada
Vd=Pb/w;
%Determinación de la cota de inmersión de la ataguía en posición vertical
z=zr+P*1e3/(w*lb*Lb);

i=1;
while z(i) <(Nam-Ns)
i=i+1;
end
nl=i-1;
zr=zr(1:nl);
zrmin=max(zr)
zz=z(1:nl);
zmax=max(zz)
%Peso aparente de la ataguía completamente llena
Pab=w*(Vmax-Vd(nl))*1e-3
%Peso del agua contenida en la ataguía completamente llena
Pe=w*(Vmax-Vw-Vdia)*1e-3;

```

```

%Posición del centro de flotación (centroide del volumen de agua
desplazada)
    xc=lb/2;
    zc=z/2;

%Fuerzas hidro sobre ataguía (kN)
    %sobre cara interna del ribete costado cabezal de la esclusa
    h=Nam-Ns;
    Fh=w*Lb*h*h/2*1e-3;
    %sobre caras laterales
    Fl=w*Ad*h/2*1e-3 ;
%Esfuerzos transmitidos sobre GC (kN)
    %componente horizontal
    FhGC=Fh/2
    %componente vertical
    FvGC=P+Pe
intd;

```

```

%Esfuerzos internos en la ataguía

global w H Lb tp wa dw lb pasw tw xpG zpG zamax zw

%Altura de ribete participante (cm)
hp=pasw*1e2;
%Longitud de capas entre dos diafragmas (m)
Lw=Lb/(Nd-1)*1e2;
r=Lw/hp;
%coeficientes para el cálculo de las tensiones de flexión local
kx=4.5681*r^3 - 32.078*r^2 + 75.27*r - 34.067;
ky=-1.1369*r^4 + 10.822*r^3 - 35.391*r^2 + 43.265*r - 3.7959;

%Inercia de una porción de ataguía (cm4)
%Inercia de una capa
Iw=tw*dw.^3/12;
%Inercia de los dos ribetes
Ipp=2*H*1e2*tp^3/12;
Ip=Ipp + 2*H*1e2*tp*(dw/2+tp/2).^2 ;
%Inercia de los angulares 100x100x12
Ac=15.5;
yc=2.54;
Icp=115.8;
Ic= Nc*(Icp + Ac*(dw/2-yc).^2);

I=Nw*Iw+Ip+Ic;

%Presión hidro a nivel de las capas(Pa)
%p=w*(zmax-zw);

%Carga lineica sobre el ribete costado cabezal de la esclusa(kN/m)
q=Fh/Lb;

%Momento doblegamiento del tramo(kN.m)
Ml=q*Lb^2/8;

%tensiones normales : flexión global + compresión (MPa)
% tensión flexión sobre revestimiento exterior ribete
sigmafg = Ml./(I./(dw/2+tp))*1e3
% tensión compresión
%Sección de los ribetes (m2)
Sp=2*H*tp*1e-2;
%Sección de las capas (m2)
Sw=Nw*(dw*tw)*1e-4;
sigmac=F1/(Sp+Sw+Nc*Ac*1e-4)*1e-3
%tensión flexión propia en el segmento de ribete más solicitado
sigmafpx=kx*w*h*(hp/2)^2/tp^2*1e-8
sigmafpy=ky*w*h*(hp/2)^2/tp^2*1e-8
sigmaVM=(sigmafpx^2+sigmafpy^2-sigmafpx*sigmafpy)^0.5;
%tensión máxima en ribete más solicitado
sigma=sigmafg-sigmac+sigmafpx

```