

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

## Los nuevos diques de hormigón armado del puerto de Copenhague.

El puerto de Copenhague, que atraviesa a la capital de Dinamarca y extiende sus muelles en una longitud de 12 kilómetros, se compone de dos partes distintas: el viejo puerto y el puerto franco. Este último, inaugurado en 1894, fué creado principalmente para luchar contra la concurrencia que debía hacerle el canal de Kiel.

El tráfico del puerto se ha desarrollado ampliamente desde esta época. El tonelaje de los buques que procedían directamente del mar era, en 1898, de 3.464.000 toneladas, y en 1907, de 3.953.000 y otro tanto sensiblemente de salida. Al empezar la guerra, el tráfico general del puerto (tonelaje neto) podía resumirse como sigue:

AÑOS	Entradas.	Salidas.	TOTAL
1914.....	6.338.810	3.609.200	9.948.010
1915.....	7.079.700	4.239.700	11.319.400

En vista de esto se decidió ampliar el puerto para hacer frente a este aumento del tráfico.

La ampliación se ha realizado por la creación de una nueva dársena, al Norte del puerto actual (fig. 1.<sup>a</sup>), de 120 metros, próximamente, de anchura, 616 metros de longitud por un lado y 267 de longitud por el otro. Esta dársena (fig. 2.<sup>a</sup>), que ha sido dragada hasta la cota (- 9,50 metros), esta bordeada por muelles cuyo desarrollo es de 1.007 metros.

Los muros de muelle se han construido principalmente de hormigón armado; están constituidos por cajones de hormigón armado llevados, flotando, y hundidos en el sitio que han de ocupar, rellenos después de arena y soportando un terraplen limitado por un paramento de mampostería, ya de hormigón, ya de bloques de granito.

Estos cajones, cuya disposición muestran las figuras 3.<sup>a</sup> a 6.<sup>a</sup> tienen unas dimensiones poco usadas para este género de construcción; su anchura es de 5 metros en el cuerpo del cajón y 7 en la base de la superficie de apoyo y su longitud llega a 49 metros; esta gran longitud no ha podido obtenerse más que gracias al empleo de una cala seca para la construcción de los cajones; el moldearlos en un talles ordinario y ponerlos en el agua hubiera sido particularmente difícil para cajones de esta dimensión. La altura total de los cajones es de 9,80 metros, descansando la base en

una fundación establecida en la cota (- 9,50 metros) y llegando la arista superior a la cota (+ 0,30 metros).

En los ángulos de las dársenas y en los extremos de los muros de muelle se emplean cajones de menor longitud.

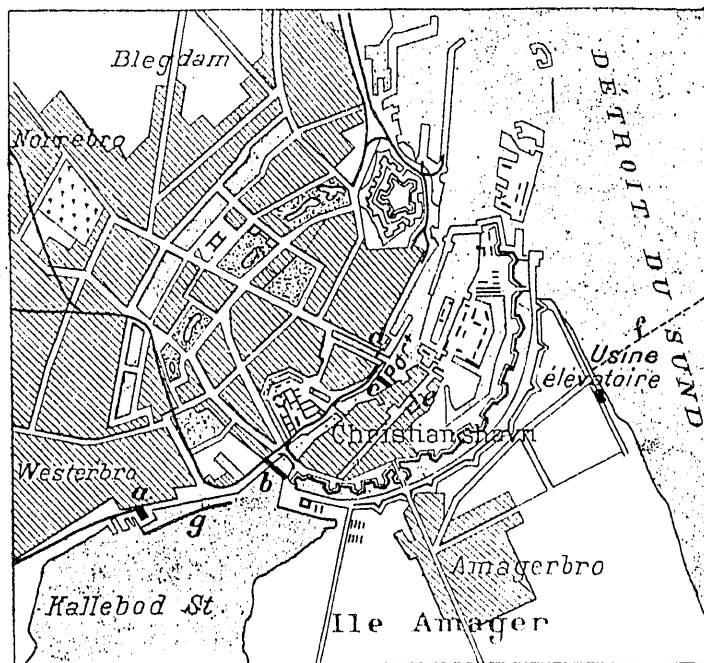


Fig. 1.<sup>a</sup>

Todos los cajones están divididos por tabiques transversales que sirven para atirantar las paredes longitudinales y que están taladradas por aberturas octogonales (fig. 5.<sup>a</sup>) de 2,50 metros de altura.

Las diferentes partes de esta construcción se han calculado de

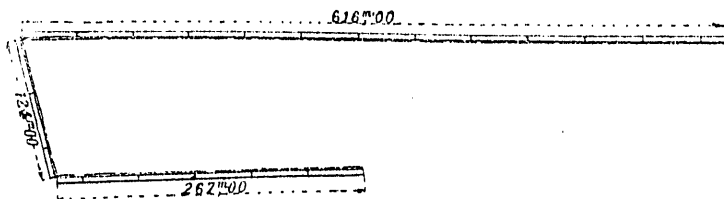


Fig. 2.<sup>a</sup>

manera que el esfuerzo soportado por el hormigón no exceda de 40 kilogramos por centímetro cuadrado y que el esfuerzo en el acero esté limitado a 12 kilogramos por milímetro cuadrado, ya durante la construcción, ya durante el transporte, ya una vez

colocadas. El fondo del cajón tiene un espesor de 30 centímetros; está armado en el sentido longitudinal de áceros redondos de 14 milímetros de diámetro, hacia la cara superior y hacia la cara inferior del fondo. Las armaduras transversales de repartición se

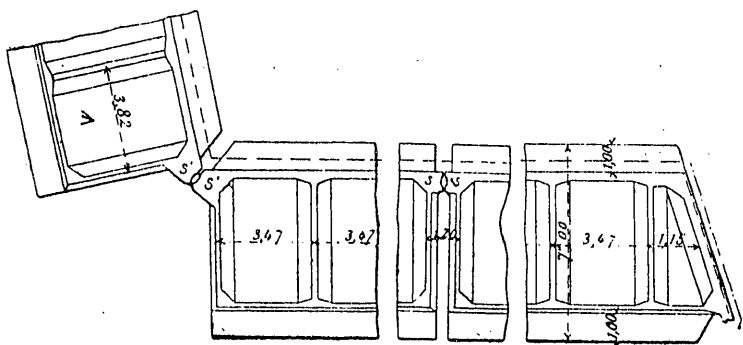


Fig. 3.ª

componen de cuatro barras de acero redondas, de 10 milímetros de diámetro, separadas 25 milímetros á lo largo de cada fila de hierros longitudinales. Estas barras están encorvadas en sus extremos y se prolongan por las paredes verticales.

Las dos paredes longitudinales son ligeramente diferentes. La pared anterior tiene un espesor de 27 centímetros, excepto en una altura de 1,20 metros en la parte superior, en la que el espesor se ha aumentado para permitir el incrustamiento de una fila de ladrillos especiales de Hammeosmith; estos ladrillos, muy duros,

Los cajones se han construido, como hemos indicado, en una cala seca que se ha establecido especialmente para este empleo (figuras 4.ª y 5.ª), y está constituida por una ataguía de 5 metros de espesor que rodea por tres lados un espacio de 55 metros de longitud y de 35 metros, próximamente de, anchura; el cuarto lado está constituido por la orilla del mar. Esta superficie permite la construcción de tres cajones *c* á la vez. La pared exterior de la ataguía está constituida por unos pilotes á los cuales se han clavado fuertes planchas, y la interior por tablestacas unidas: las dos paredes se han arriostrado conjuntamente, y el intervalo que las separa se ha llenado de arena. La coronación de la cala está en la cota + 1,55 metros, ó sea ligeramente por encima de las más altas aguas en Copenhague.

El fondo de la cala, que se ha establecido á 4,50 metros por bajo del nivel de agua normal, se ha aplanado, drenado y cubierto de una capa de guijarros de 30 centímetros de espesor. Esta capa está cubierta de otra más delgada de arena, la cual sirve de fondo á los moldes donde se moldean los cajones. Una capa de cartón evita que se adhiera la arena al hormigón.

La cala se comunica con el mar por una puerta de 8 metros de abertura neta, de construcción particularmente sencilla. Se componen de dos cuadros de madera que resbalan por correderas verticales, espaciadas 3 metros, próximamente. El espacio que separa estos dos cuadros está lleno de arena, de modo que la puerta es en realidad una simple ataguía impermeable. Una vez efectuado el relleno de arena, se puede vaciar la cala

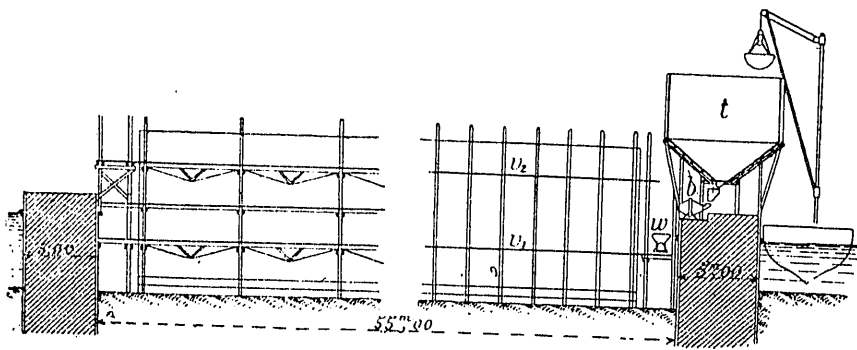


Fig. 4.ª

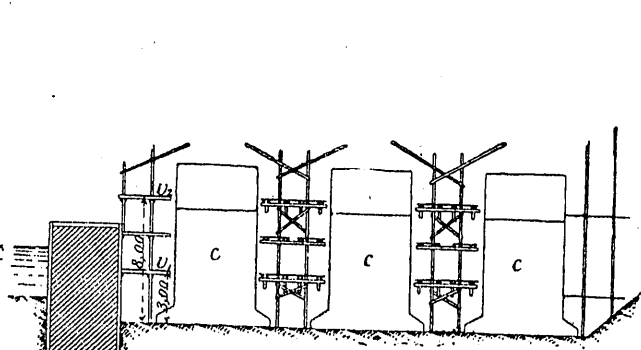


Fig. 5.ª

protegen así el hormigón en la proximidad del nivel de agua normal, en donde está más expuesto al deterioro por el frotamiento de las olas. Esta pared está armada con una doble armadura octogonal, compuesta de barras horizontales de 14 milímetros de diámetro, cuyo espaciamento va aumentando de la base a la parte superior, y de barras verticales de 10 milímetros. La pared posterior tiene un espesor de 37 centímetros en una altura de 6,80 metros, en los 3 metros superiores el espesor disminuye gradualmente hasta no ser más que de 15 centímetros en la arista superior; las armaduras son las mismas que en la pared anterior. Las paredes laterales tienen un espesor de 35 centímetros en 4,28 metros de altura. A partir de este punto el espesor decrece hasta no ser más que de 15 centímetros en la coronación. Las armaduras son las mismas que en las paredes longitudinales.

Los tabiques interiores de arriostramiento tienen un espesor constante de 20 centímetros y están armados de aceros redondos de 20 milímetros, dispuestos oblicuamente, así como de un doble enrejado de aceros redondos de 10 milímetros de diámetro.

Las superficies de apoyo que prolongan el fondo están armadas de una manera muy fuerte y su espesor es considerable, lo que aumenta al asiento del cajón; la armadura se compone de barras de 24 milímetros, tanto hacia la cara superior como hacia la inferior, y de barras de 14 milímetros dispuestas transversalmente.

para trabajar en ella, y, cuando se terminan los cajones, se quita la arena, el agua penetra en la cala y se levantan los cuadros para abrir la puerta.

En el otro extremo de la cala se encuentra la instalación para preparar el hormigón, compuestas de una hormigonadora *b*, de dos tolvas *t* de una capacidad total de 465 metros cúbicos para la arena y la grava, y de un cobertizo para el cemento que contiene 1.200 sacos de 85 kilogramos. Esta instalación, establecida por completo sobre la ataguía, se abastecen por buques que vienen á atracar á ella y que traen las primeras materias.

El molde que sirve para la construcción de cada cajón está rodeado de un andamiaje de dos pisos principales, sobre cada uno de los cuales se encuentra una vía férrea; la vía inferior *v*<sub>1</sub> se enlaza directamente con la instalación de mezcla del hormigón y está 3 metros por encima del fondo de la cala, sirviendo para el principio del moldeado; la segunda *v*<sub>2</sub>, á 8 metros de altura, sirve para el hormigonado de la parte superior; un montacargas permite subir hasta ella las vagonetas *w* llenas de hormigón. El hormigón del cuerpo de los cajones tiene la dosificación siguiente: una parte de cemento, dos de arena de mar y tres de cantos rodados. La dosificación de la parte superior es de 1 : 3 : 5.

Para que los cajones sean más manejables durante su transporte no se los construye con toda su altura, sino solamente de 6,80 metros; sin embargo, los moldes y las armaduras de los

3 metros de la parte superior están montados para facilitar el moldeo del resto de los tabiques tan pronto como el cajón esté colocado en su sitio. Para asegurar la estabilidad cada cajón está lastrado con 80 toneladas de arena, próximamente, antes de que se admita el agua en la cala. El calado de los cajones en estas condiciones es de 4,20 metros.

Los cajones flotantes se remolcan hasta el punto en que deben colocarse, al borde de la dársena; su emplazamiento, preliminarmente dragado, se cubre por una capa uniforme de piedras colocadas por buzos. Se coloca el hormigón de los tres últimos metros de la altura del cajón al mismo tiempo que se le llena de arena; cuando su fondo no dista más que 10 centímetros, próximamente, de su asiento de fundación, se amarra un cable de cada lado, arreglándose después la sumersión, que puede reali-

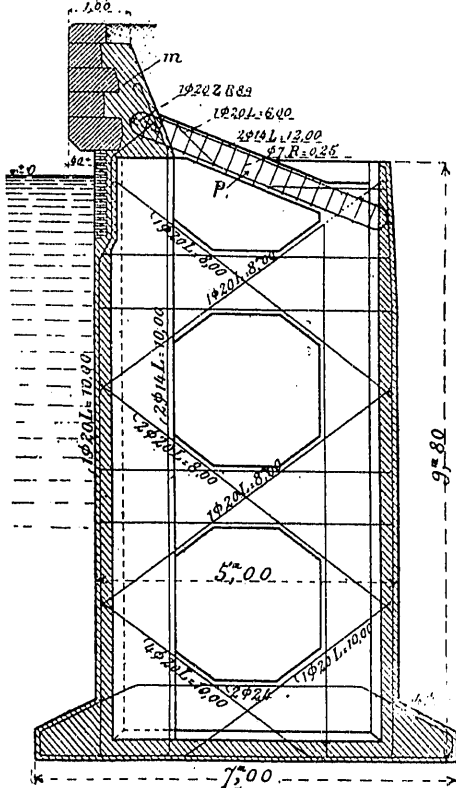


Fig. 6.ª

zarse con una precisión de un centímetro con relación al emplazamiento previsto.

Una vez sumergidos los cajones, se acaba de llenarlos de arena y se hace impermeable la junta de los cajones sucesivos. Para facilitar la unión, cada cajón lleva dos prolongaciones *S* de su cara longitudinal anterior, á cuyo extremo está dispuesta una ranura (fig. 3.ª). Entre las dos ranuras, que están una en frente de otra, se vierte hormigón y se llena el intervalo del cuerpo de los dos cajones con arena. En los ángulos de la dársena, las prolongaciones ranuradas tienen la forma especial que se indica en *S'* en la figura 3.ª

Para establecer el muelle propiamente dicho, se coloca sobre la fila de cajones, como ya hemos dicho, un borde de mampostería de hormigón y de granito elevado 2,50 metros, próximamente, sobre el cero. Este borde comprende un macizo longitudinal de hormigón armado *m* (fig. 6.ª), solidarizado con la parte posterior del cajón por unas vigas *p* de hormigón armado. Estas vigas tienen por efecto aumentar la resistencia del muelle propiamente dicho contra los golpes de las olas, el choque de los buques ó la tracción de las amarras sobre las bitas, que están precisamente ancladas en el macizo *m*.

El conjunto de la construcción ha llevado consigo el empleo de 22.000 metros cúbicos de hormigón y de 700 toneladas de

acero. Los constructores de esta importante obra han sido los señores Christiani y Nielsen, de Copenhague y de París, que la han llevado á feliz término con precisión y rapidez, según dice M. P. C. en un artículo publicado en *Le Génie Civil* y del cual es un resumen lo anteriormente expuesto.

## La energía hidroeléctrica de España

POA

D. J. URRUTIA (1)

I

### Situación legal de la riqueza hidroeléctrica.

Hasta el presente, no obstante los conceptos generales que preceden, el Estado español, en materia que tanto debiera importar, se ha limitado á interpretar malamente una ley de fecha remota, redactada sin el menor atisbo de la trascendencia que en la actualidad ha llegado á adquirir el agua que se precipita por nuestros ríos como productora de energía; y si bien en aquélla se establece el principio de que son propiedad del Estado todos los cursos de agua, en cuanto ésta sale del predio particular donde quizás naciera, de hecho renuncia á su concepto de propietario, al establecer la concesión á perpetuidad sin restricción alguna, con lo cual, aquel derecho, más bien es hipotético que real, ya que si no es por oposición de tercero, ninguna concesión se niega por el Estado.

Por otra parte, se debe consignar que la actual ley de Aguas, sólo parcialmente y de un modo secundario, se ocupa del uso que del líquido elemento puede hacerse como manantial de energía. El legislador, en armonía con el estado de la industria de aquella época, concedió escasísima importancia á la parte de la ley con ella relacionada; fijándose especialmente en otros usos del agua, como son los de abastecimiento de poblaciones y riegos, que por entonces se consideraban de más trascendencia y ante los cuales los demás, aun los canales de navegación, tenían un reducidísimo valor.

Al presente, la riqueza hidroeléctrica, llamémosla así, por ser indispensable en términos generales el intermedio de la corriente eléctrica para poder utilizar los innumerables é importantes saltos de nuestra Nación, tiene una importancia decisiva en la industria actual y la tendrá mucho mayor en la futura, de la cual, aquélla sólo representa una mínima parte de ésta, que, si cupiera cifrarla, pudiera asegurarse que la relación de una á otra no será mayor de  $\frac{1}{10}$ .

Si España quiere alcanzar el rango industrial que le corresponde en el concierto de los pueblos civilizados, le es necesario realizar el plan de que se trata en este folleto, so pena de dar una nota discordante, que á más de ser la manifestación de su ruina, dejaría mal parado nuestro prestigio nacional; y por la íntima relación que con dicho plan tiene, vamos á comentar someramente la ley de Aguas y la intervención que por ésta ejerce el Estado.

Guiado el legislador por el espíritu liberal de la época, no obstante conceptual al Estado propietario único de la riqueza hidráulica, dejó á merced de las iniciativas particulares la suerte

(1) Estando ultimándose el proyecto de ley de aprovechamiento de fuerza hidráulica, es de actualidad el tema planteado en este interesante trabajo.