

La construcción del dique seco de Cádiz¹

II

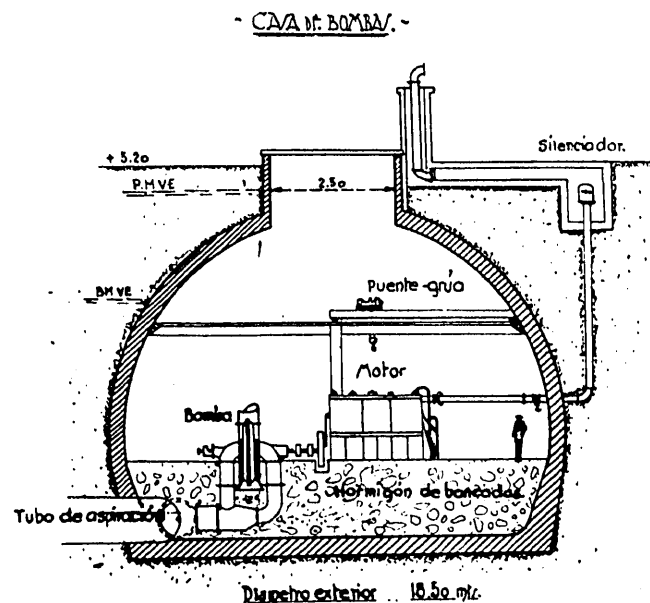
Construcción de los cajones

Al acometer la construcción de los cajones, era necesario construir primeramente el destinado a ser Casa de Bombas del dique, segmento hueco de esfera algo mayor de su mitad y, por tanto, de aspecto bulbiforme, con un gollete de entrada en la parte alta que, como se observa en la figura 1.^a del artículo anterior, se prevé para el acceso a la Casa de Bombas desde los terraplenes del dique, habiéndose adoptado esta forma de cajón poco común con objeto de disminuir su flotabilidad por el estrechamiento superior de su volumen, sumergiéndolo, sin embargo, considerablemente en los terraplenes para disminuir la altura de aspiración de la instalación de agotamiento y reduciendo, además, con el estrechamiento del gollete el coste del techo de la Casa de Bombas, que habría que proyectar, evidentemente, para la sobrecarga considerable actuante sobre los terraplenes de servicio del dique.

Ello ha traído como consecuencia un coste mayor de encofrado y hormigón por unidad ejecutada, a causa de la forma esférica del bloque; pero su presupuesto total resulta menor que el de un cajón o una casa de bombas del tipo paralelepípedo ordinario.

Este monolito se encuentra actualmente comple-

tamente terminado, como se ve en la fotografía de la figura 11 que acompaña a esta Nota, y pendiente de



la preparación en él de las bancadas de hormigón en masa para la instalación de agotamiento, que presenta las características que a continuación se indican:

¹ Véase el número anterior, página 417.

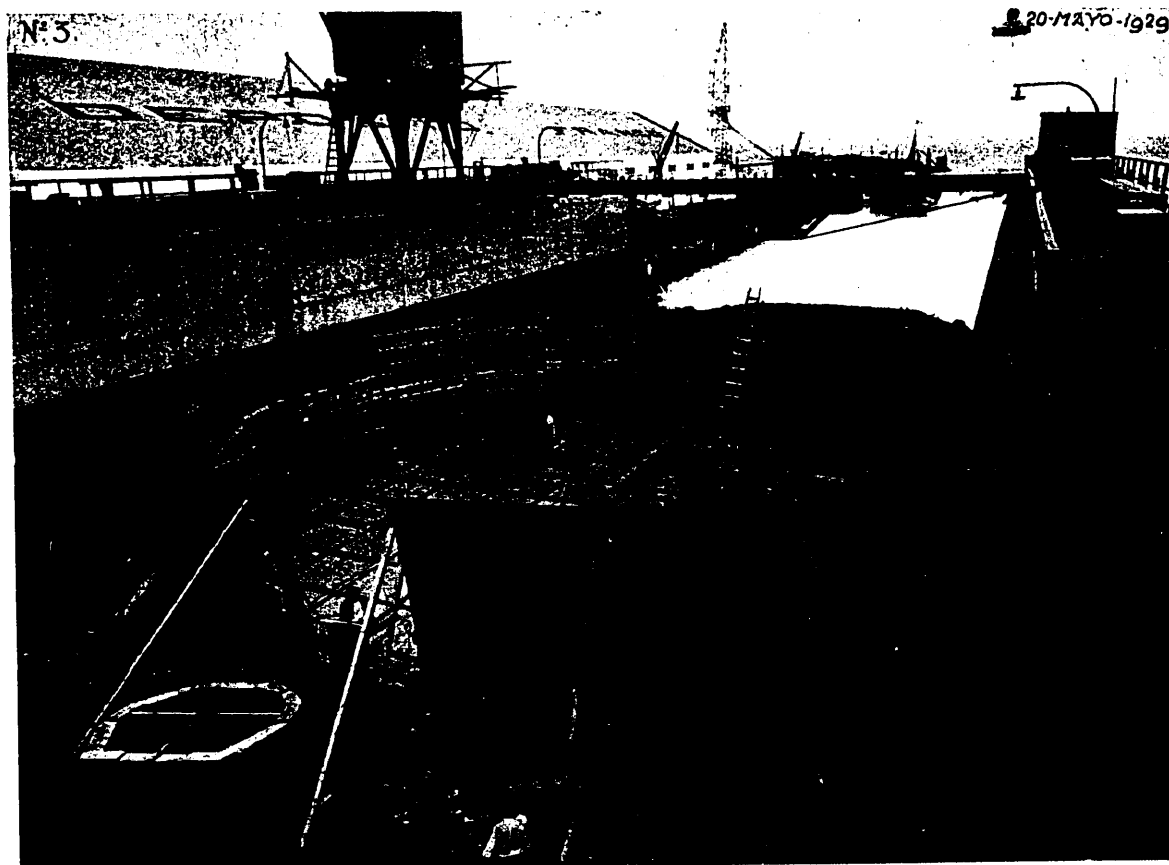


Fig. 2.ª El encofrado de la Casa de Bombas, visto desde uno de los cajeros del dique flotante. En primer término, el molde interior del tubo de aspiración

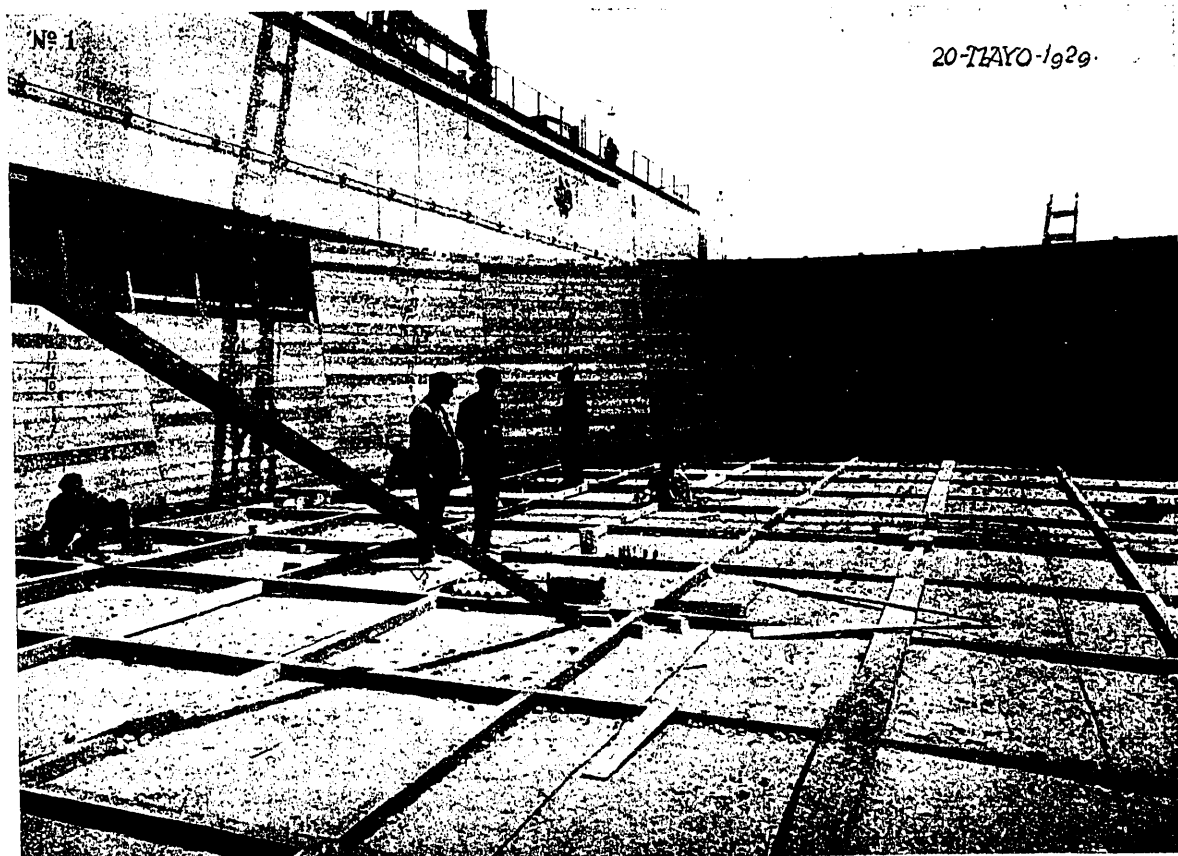


Fig. 3.ª Preparación de la cuadrícula de rastreles sobre el plan del dique flotante para el encofrado de la Casa de Bombas

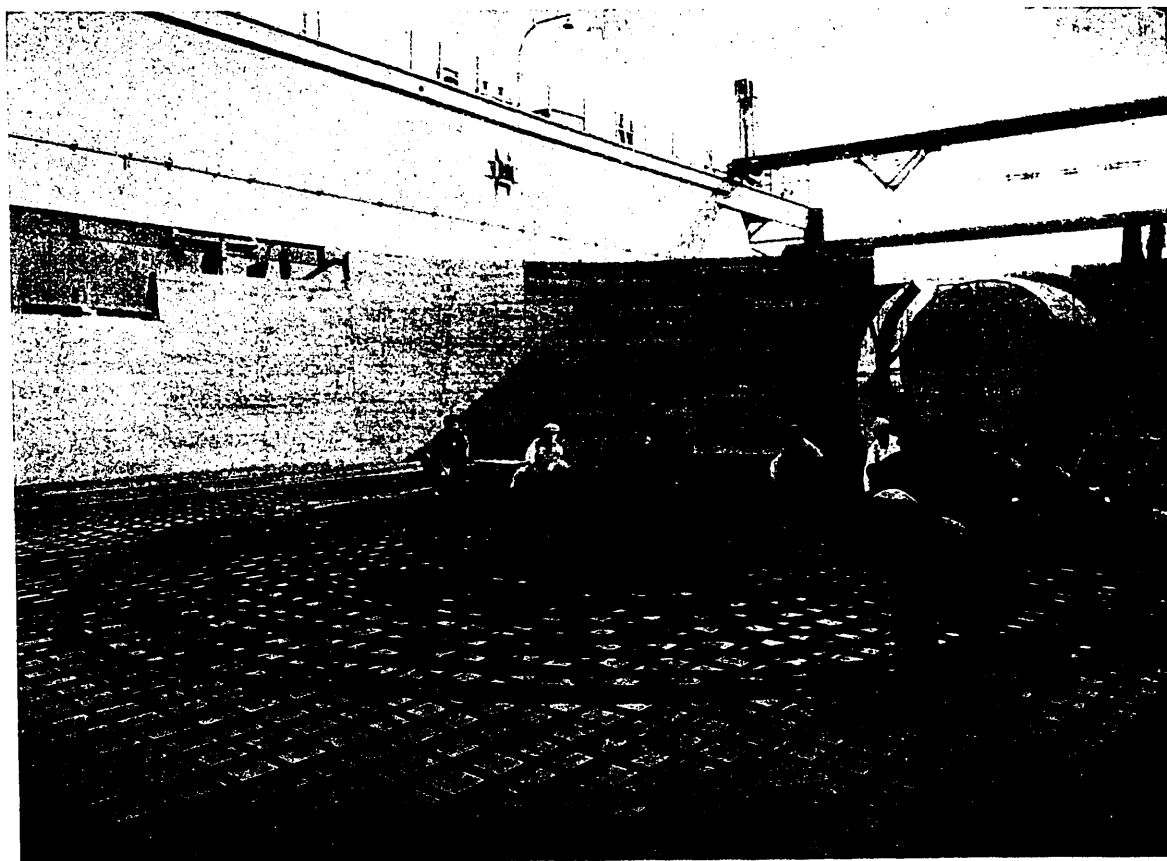


Fig. 4.ª Montaje de la armadura inferior del fondo del cajón de la Casa de Bombas

Cuatro bombas centrífugas «Levant», patente Herrero-Egaña, para ser accionadas por acoplamiento directo por motores Diesel. Las bombas son de eje horizontal, tipo de doble aspiración, con turbina impulsora de bronce fosforoso, de las características siguientes:

Gasto.	1 625 litros
Altura manométrica total..	11 metros
Velocidad	215 r. p. m.

y están movidas por cuatro motores Diesel de cuatro tiempos y simple efecto vertical, de seis cilindros sin compresor, dispuestos para funcionar con aceites pesados y desarrollando cada motor, a la presión de 760 mm, una potencia normal de 390 CV efectivos, a 250 revoluciones por minuto.

igualmente todas las estructuras que se encuentran en contacto con el agua), después del fondeo de dicho cajón.

Este cajón, una vez terminado, tiene, aproximadamente, unas 1 600 t de desplazamiento, sin contar el hormigón de cimiento de los motores, actualmente sin construir, y fué botado con un puntal de sólo 6 m y un desplazamiento de 1 000 toneladas, para reducir el tiempo de ocupación del dique flotante y disminuir asimismo las flexiones que éste habría de sufrir durante la construcción del cajón, que por su reducida planta, comparada con la del dique, actuaba en la parte central de éste como una carga aislada.

Esta primera botadura así facilitada resultó un ensayo que sirvió para adiestrar al personal en el manejo y lastrado del dique, para evitar sus defor-

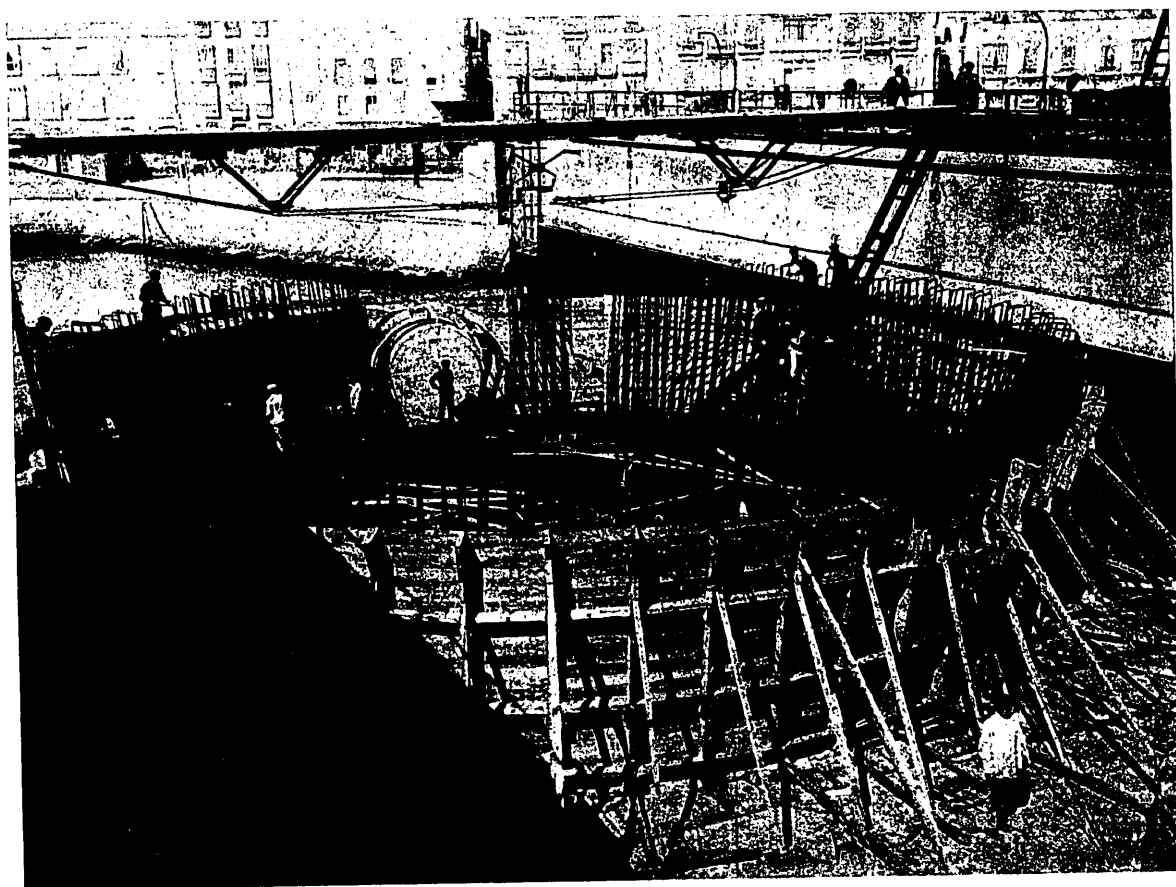


Fig. 5.ª Terminación del montaje de la armadura del cajón de la Casa de Bombas

El tubo de aspiración, de 2,20 m de diámetro útil, desaguará en las bombas un caudal de 10,5 m³/s, aproximadamente, en régimen normal, y tanto las cifras de caudales y velocidades, como la circunstancia de estar toda la instalación sumergida en terraplenes a bastante profundidad bajo las bajameres, ha obligado a prever compuertas y válvulas de retención, tanto del lado de la aspiración como del de la impulsión, que ha de hacerse por un tubo paralelo al dique, que saldrá de la Casa de Bombas por encima de la bajamar, para desembocar en el mar al lado izquierdo de la cabeza de entrada.

Como se indica en el plano de la figura 1.ª, dicha maquinaria tiene cimentaciones importantes de hormigón en masa de cemento portland, que han de construirse dentro del cajón de hormigón armado de cemento fundido (de cuyo material se componen

maciones, preparándolo para las otras botaduras, que habían de ser más difíciles y delicadas.

El hormigonado de la Casa de Bombas se hizo sobre una cama de arena revestida por una capa de mortero que para todos los cajones se ha construido sobre el plan del dique flotante, para envolver las pequeñas irregularidades determinadas por las cabezas de tornillos o remaches de la cubierta del dique flotante y para asegurar asimismo por su permeabilidad, y a pesar de la gran superficie de apoyo del cajón, la acción de la subpresión que garantice la fácil flotabilidad del bloque y evite que pueda quedar adherido al dique, en el momento de la botadura.

Una vez botada la Casa de Bombas, se transportó el cajón a la dársena de embarcaciones menores del puerto de Cádiz, donde ha sido recrecido y terminado hasta su estado actual.

Las fotografías de las figuras 2.^a á 11 que se unen a esta Nota dan clara idea de las tres fases principales de la marcha de la construcción: 1.^a, preparación

cular de 17 m de diámetro, sometida a la subpresión de 14,5 t/m² producida por la carga del agua de imbibición de los terraplenes que han de rodear al dique



Fig. 6.ª Hormigonado de la Casa de Bombas. En el centro, la columna de apoyo del puente-grúa de servicio de la instalación de agotamiento

del piso igualado y permeable de arena enrasada sobre cuadrícula de rastreles, revestida con mortero, encima del plan del dique flotante; 2.^a, montaje del en-

seco, por la existencia en cada cara de la misma de una triple armadura, la de aros y la recta en dos sentidos ortogonales, en sustitución de la radial exigida por el cálculo.

En las fotografías de las figuras 5.^a y 6.^a se ve también la columna central construida con el cajón en el dique flotante, que ha de servir de apoyo al puente-grúa de servicio de la instalación de agotamiento y que ha de sustentarse en ese pivote y en la viga de planta circular unida a las paredes del cajón que se ve en el plano de la figura 1.^a

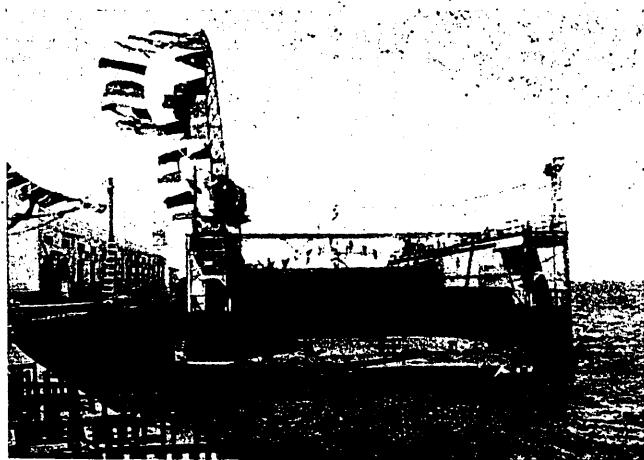


Fig. 7.ª El cajón de la Casa de Bombas preparado para botarse

cofrado y construcción del cajón hasta el puntal de 6 m, y 3.^a, botadura, remolque y recredido a flote hasta su estado actual.

Por ser este el primer cajón, y por estar aún el personal poco adiestrado, su construcción presentó dificultades, especialmente para la colocación de la armadura del fondo del cajón, calculado para el servicio definitivo de la Casa de Bombas como placa cir-



Fig. 8.ª Transporte del cajón después de su botadura

El acceso a la Casa de Bombas se prevé por el golete de entrada y por una escalera de caracol adosada al cajón — loxodrómica, en este caso — para

el descenso hasta la planta de máquinas. Ello lleva consigo que esa escalera atraviese el plano de movimiento del puente-grúa, del que será por ello

tubo y el unido al penúltimo cajón del dique es un problema constructivo relativamente fácil, que puede resolverse de manera análoga a la seguida en obras

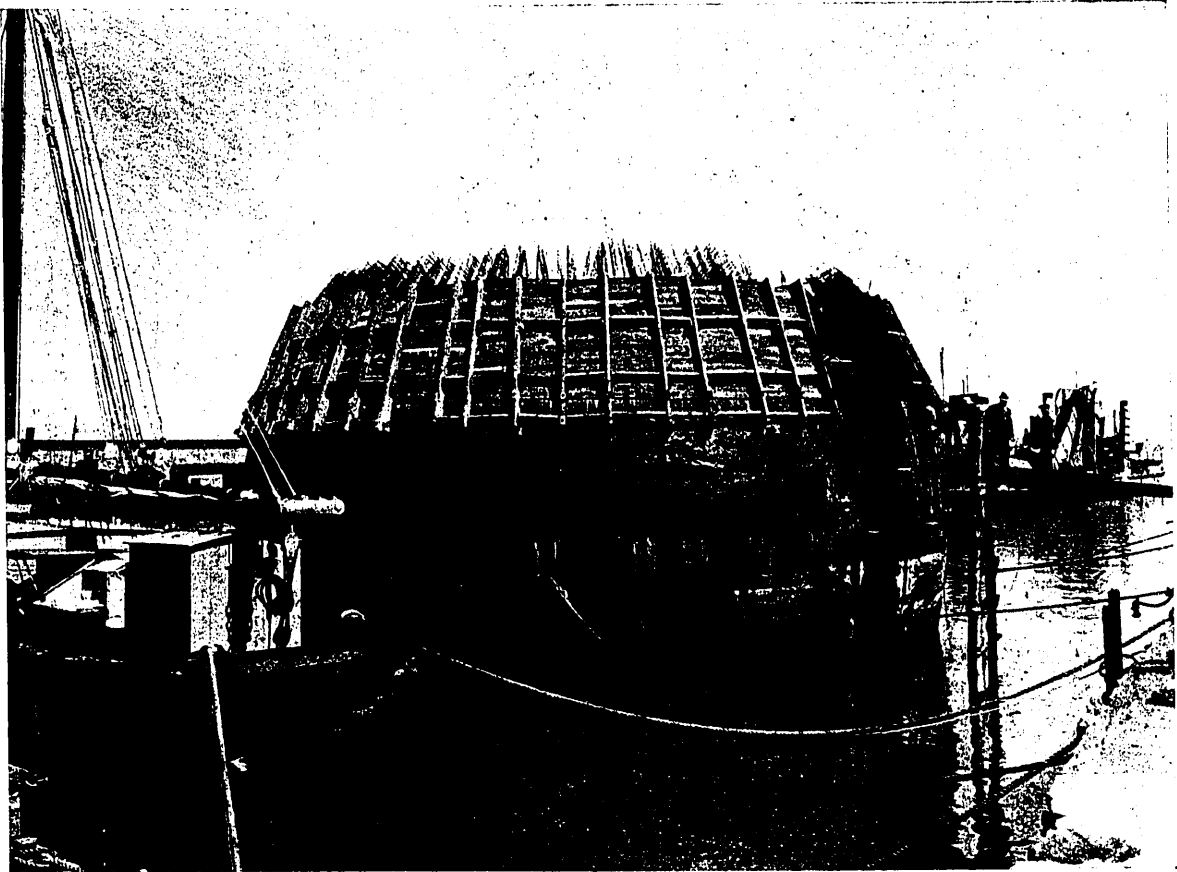


Fig. 9.ª Prosección del recrecido de la Casa de Bombas a flote

necesario condenar un sector que se aprovechará también para la subida hasta el nivel sobre bajamar del tubo de impulsión, que atravesando la pared del cajón esférico, saldrá después de la Casa de Bombas para desaguar en el mar.

Para realizar la inserción de la Casa de Bombas en el dique seco se proyecta construir el penúltimo cajón con un tubo-acueducto transversal que, por una de las células de la solera del dique, comunicará sus dos acueductos longitudinales, prolongándose exteriormente al cajero izquierdo del dique en una parte del tubo de aspiración. Este trozo de tubo deberá salir moldeado con el cajón al botarse en el dique flotante, y llevará tapada su única boca por una cúpula de rasilla, precaución que se sigue en todos los tubos-acueductos de todos los cajones y que facilita la toma de las juntas entre los distintos trozos de los mismos que lleva cada cajón, por el procedimiento que se indicará más adelante, y que permitirá además, en su día, achicar una cierta longitud de acueducto para inspección o reparación, a pesar de mantener a flote el cajón o bloque de cajones soldados correspondientes.

Análogamente, y como muestran las fotografías, el cajón esférico destinado a albergar la instalación de agotamiento ha sido moldeado ya en el dique flotante con el principio del tubo de aspiración, que en un largo de aproximadamente 2 m sobresale de la pared del cajón, que no está interrumpida por el tubo.

El restablecimiento de la continuidad entre este

semejantes, tales como la unión entre los cajones utilizados para realizar el paso de metropolitanos por debajo de ríos—por ejemplo, últimamente el túnel bajo el río Spree, en Berlín—, y en este caso particular, aún creo que ha de ser problema más sencillo. Bastará para ello hincar hasta la cota, aproximada de 12 m bajo bajamar, ya que la tangente inferior al tubo está a 9 m bajo el mismo nivel, dos tablestacados, entre el dique y el cajón esférico y uno a cada lado del tubo de aspiración, para constituir entre el

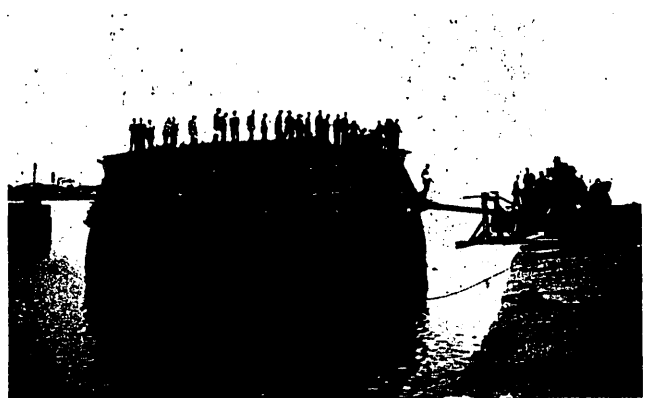


Fig. 10. Visita de los alumnos de la Escuela de Caminos, en viaje de prácticas, realizado en diciembre de 1929

cajero, la Casa de Bombas y los dos tablestacados, un recinto-ataguía, que si no resulta agotable, permitirá, por estar protegido por todas las tierras que han

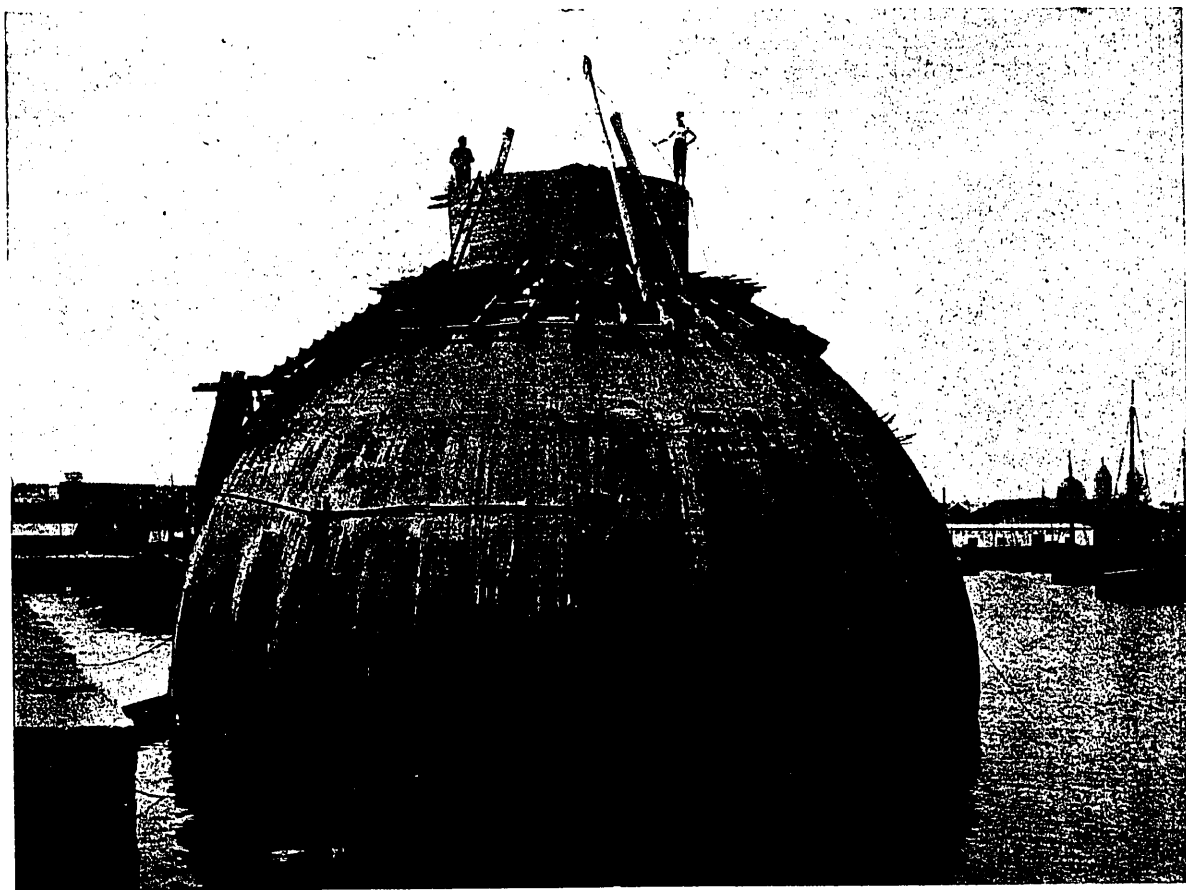


Fig. 11. El cajón de la Casa de Bombas, terminado y a flote, en la dársena de embarcaciones menores



Fig. 12. Montaje de la armadura de uno de los grandes cajones sobre el plan del dique flotante ya preparado para el encofrado del fondo

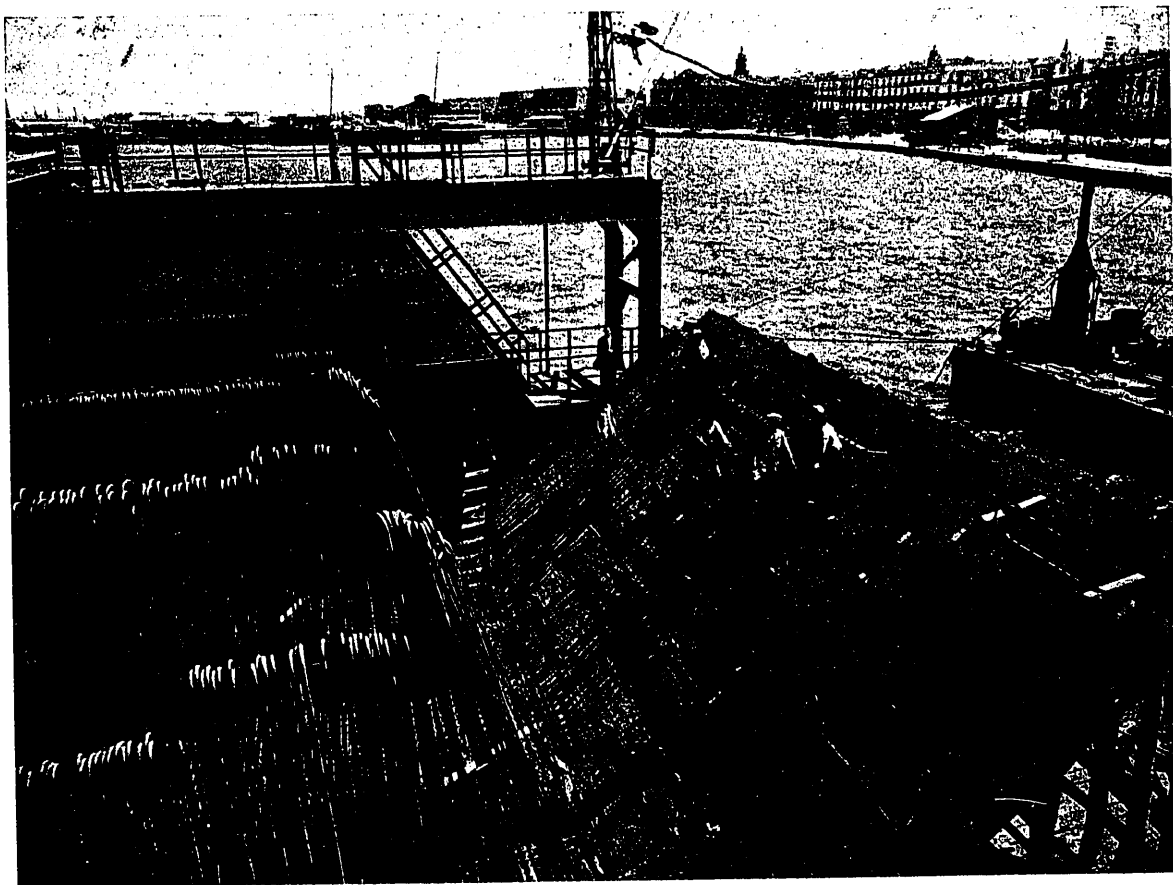


Fig. 13. Armadura de la zarpa interior del cajón por el lado de tierra

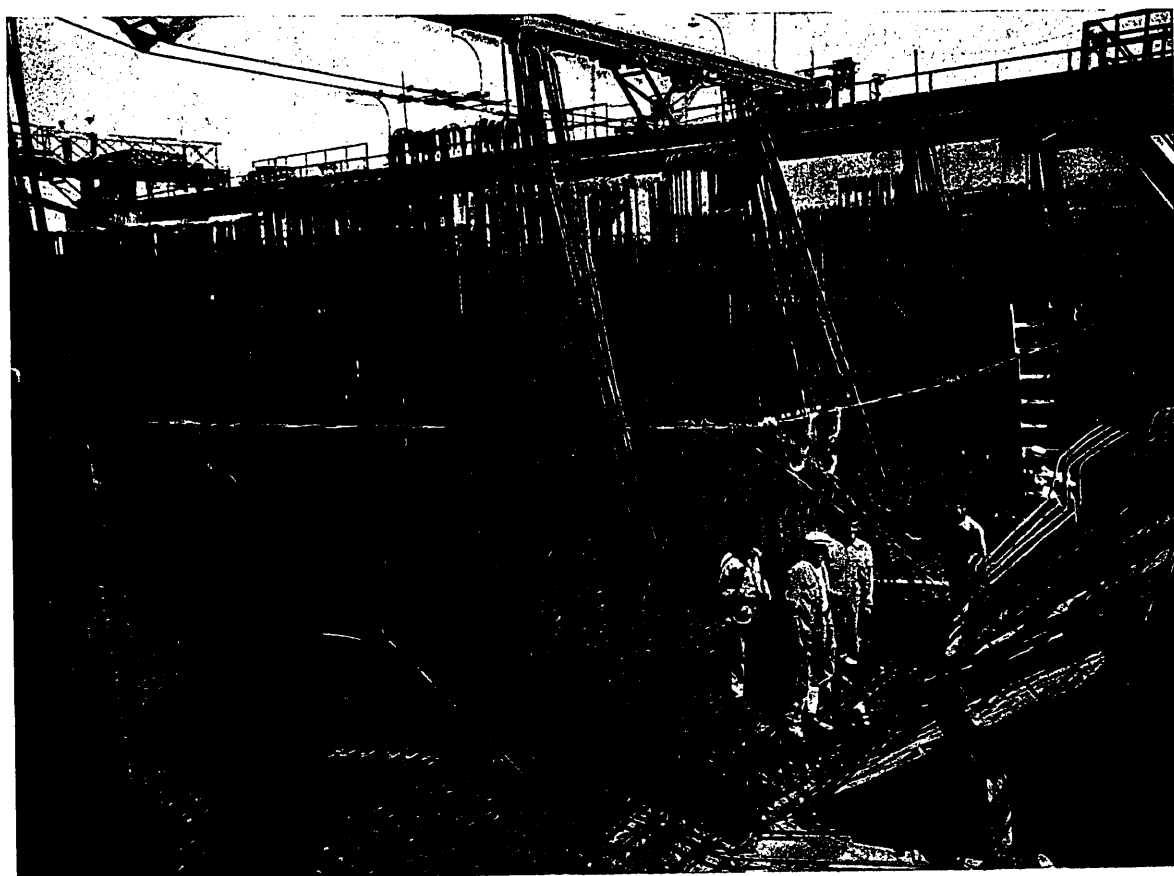


Fig. 14. Armaduras de los mamparos del cajón, que son vigas cuadernas de la solera del dique, para su trabajo definitivo

de rodear el dique seco, hormigonar satisfactoriamente un taco que para soldarlos envuelva la junta entre los dos tubos, empleando hormigón sumergido, o, si es preciso, el aire comprimido, poniendo un techo estanco sobre el recinto ataguado.

Ejecutada esa soldadura, y para conseguir la continuidad buscada, bastará penetrar por el lado del dique en el tubo de aspiración, por la chimenea de equilibrio que dentro del muro-cajero ha de llevar la instalación, y destruir el tapón del tubo de aspiración del dique y la pared de la Casa de Bombas en la parte correspondiente al área de dicho tubo.

De los catorce grandes cajones que han de formar el dique seco propiamente dicho, van hasta la fecha (septiembre de 1930) construidos seis. Las dimensiones de los mismos ($53 \times 17 \times 6,50$ m y 3 000 toneladas de desplazamiento en botadura), aunque úni-

Las paredes de la parte del cajón que se construye en dique (vigas cuadernas de la solera), son de 26 cm de espesor y casi 5 m de altura, con un porcentaje medio de 400 kg de hierro por metro cúbico, aproximadamente, lo que obliga a encofrar por pequeñas alturas (20 ó 30 cm) y a vigilar cuidadosamente la mano de obra de apisonado, ante la imposibilidad de que el hormigón pueda verterse desde altura apreciable, ya que resulta muy difícil hacerle penetrar por entre la armadura, y más a causa de la calidad del cemento, ya que el fundido da hormigones algo más coloidales y pegajosos que el portland, aun para una cantidad de agua de amasado del 60 por 100 del peso de cemento, que es la relación agua-cemento, que en los de esta clase viene dando aproximadamente el máximo de resistencia mecánica.

El encofrado es mixto, de madera y hierro, adaptán-



Fig. 15. Armaduras de los mamparos del cajón. En dirección transversal se ve la armadura del tabique bajo los tinos del dique definitivo

camente se botan los fondos, es decir, la solera del futuro dique, hormigonándolos hasta el arranque exterior de cajeros, como se ve en las fotografías de las figuras números 21 a 26, han exigido precauciones especiales para su construcción, y más teniendo en cuenta que el cajón de 17 m de manga se bota en un dique flotante de 17,60 m de manga útil neta, lo que determina una salida bastante poco sobrada en la botadura, dada la longitud de 53 m; sin embargo, dichas operaciones han resultado tan sencillas, que, a pesar del poco espacio disponible, como puede observarse en las fotografías, no ha habido que lamentar hasta ahora daño alguno, habiendo permitido, además, el empleo del dique flotante, corregir y repetir cada botadura para no sacar el cajón del dique hasta suprimir cualquier exudación o filtración pequeña que pudiera presentar.

dose a las formas curvas y complicadas de los cajones, y para simplificar su montaje se ha dibujado el cajón en los cajeros del dique flotante, para colocar entre dichos cajeros tensores de cable que constituyen una malla de referencia para la colocación de la armadura y del encofrado.

El hormigonado se hace utilizando una grúa sobre pórtico y un pórtico con un polipasto que corren sobre los cajeros del dique flotante y que cogen del muelle los baldes que vienen de la instalación de hormigonado, que está constituida por una hormigonera de medio metro cúbico, auxiliada por otra de un tercio de metro cúbico para casos de avería, un dosificador de peso para los áridos y los acopios de grava, arena y cemento necesarios.

En la obra se siguen todos los procedimientos corrientes (cubos, tacos, barras cortas de redondo, etc.),

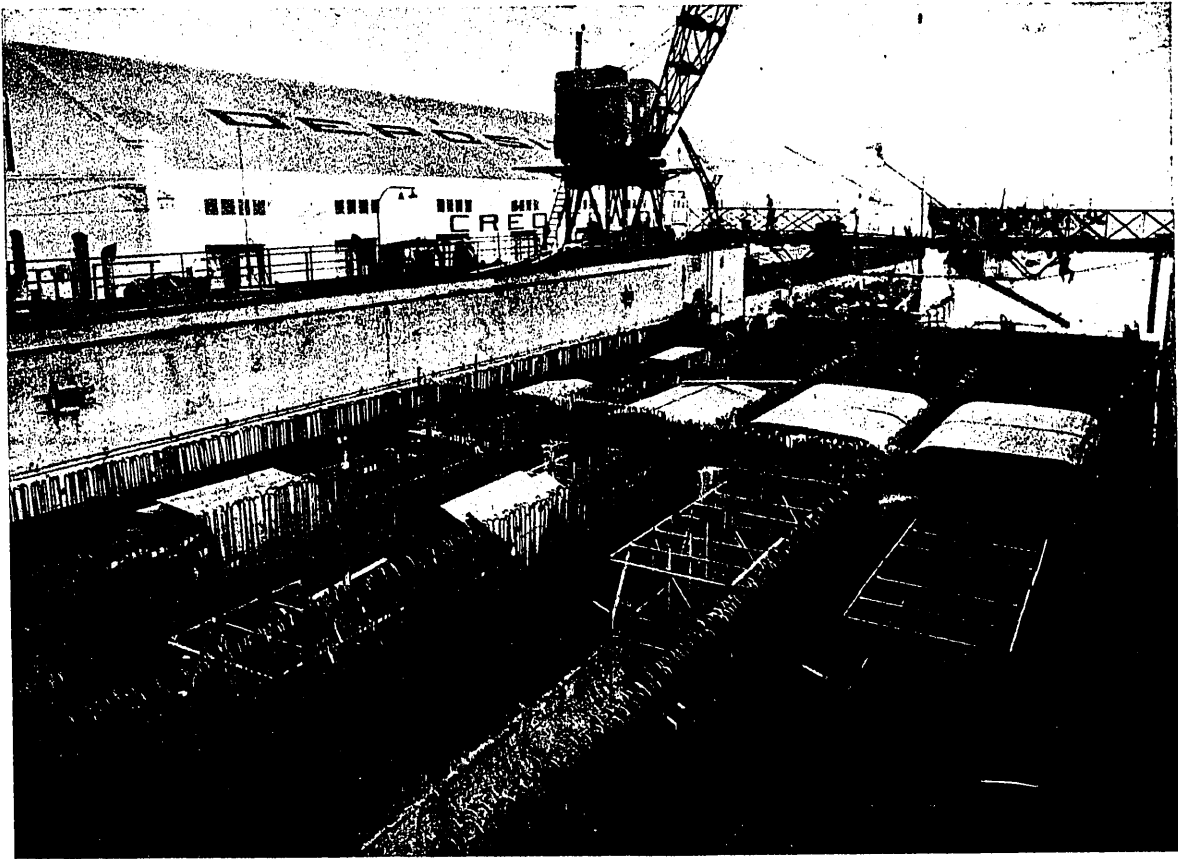


Fig. 16. Principio del encofrado del techo del cajón núm. 1

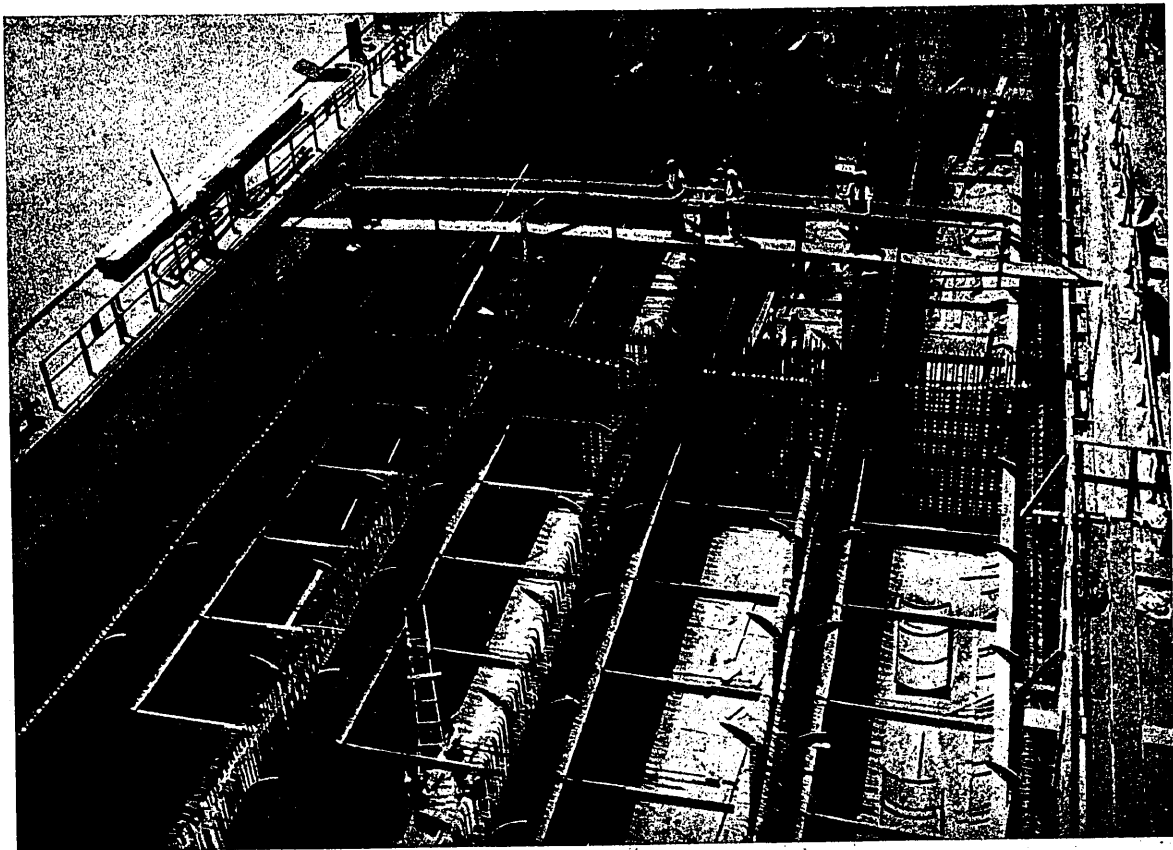


Fig. 17. Vista del cajón núm. 4 desde la grúa montada sobre los cajeros del dique flotante. Al fondo, uno de los dos trozos de tubo-acueducto del dique, que lleva cada cajón

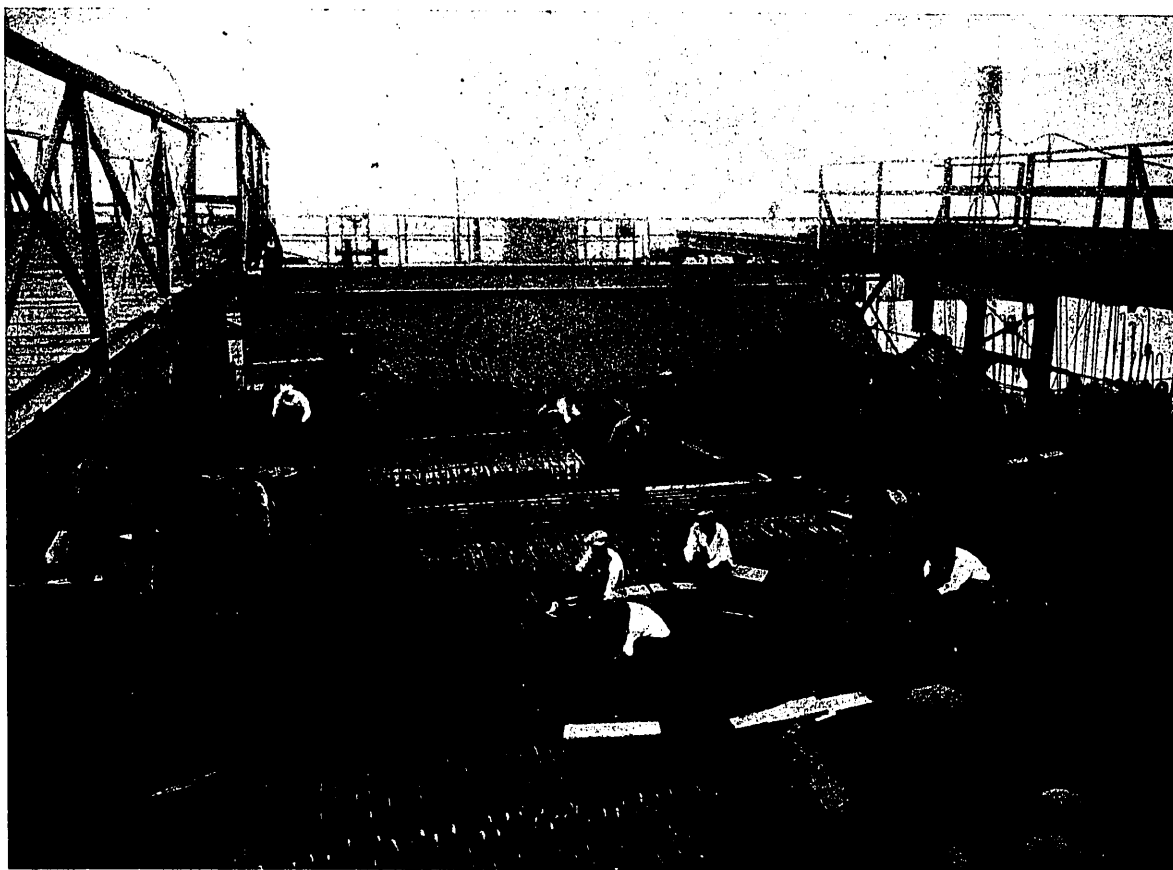


Fig. 18. Colocación de la armadura para el techo del cajón



Fig. 19. Armado y hormigonado del techo del cajón



Fig. 20. Otro aspecto del armado y hormigonado del techo del cajón



Fig. 21. El cajón terminado y próximo a botarse

para asegurar el necesario espesor protector de hormigón sobre los hierros de armadura y la exacta colocación de éstos, que se consigue muy perfectamente

bierta hasta por bajo del forjado inferior de la solera, para la inyección de mortero una vez que los cajones se echen a pique, asentándolos sobre el cuenco dra-



Fig. 22. El cajón a flote, separado ya del dique flotante, al iniciar el remolque para sacarlo del mismo

por la precisión del curvado, realizado todo a máquina con motor de explosión para el hierro de más de 12 milímetros de diámetro.

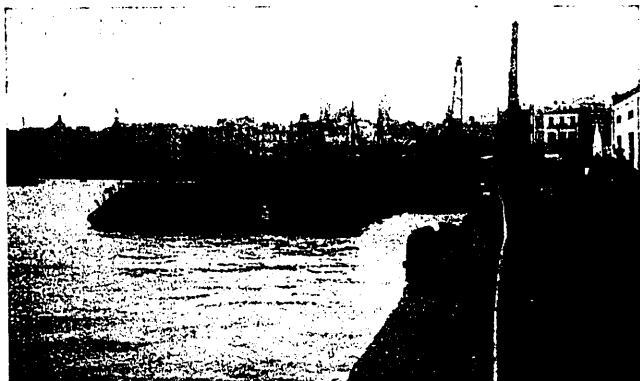


Fig. 23. El cajón núm. 3 saliendo del dique flotante

Cada cajón se viene construyendo, aproximadamente, en 45 días de trabajo y manteniendo siempre un turno de noche para el montaje de armaduras y para la preparación del trabajo del día, y últimamente las enseñanzas adquiridas de los primeros cajones han aconsejado que el cajón salga del dique flotante con todos los accesorios que han de serle necesarios: ganchos de tracción, que se dejan aprisionados en él para realizar las juntas entre cajones, como más tarde se ha de indicar; tubos inyectoros, que atraviesan el cajón desde por encima de la cu-

gado y, además, en número de ocho por cajón, una por compartimiento, válvulas de 150 milímetros de paso, que se utilizan en los fondeos y en la sobrecarga de los cajones, dejando entrar en ellos más o menos lastre líquido para conseguir la variación del calado o una escora cuando a veces se hace necesaria para la toma de la junta entre cajones.

Hormigones

Los estudios para la elección de los diferentes tipos de agregados y su mejor mezcla han durado, aproxi-



Fig. 24. El cajón núm. 3 fuera del dique flotante

madamente, los dos años empleados en los dragados, habiéndose decidido de los mismos, y después de un estudio granulométrico y de densidades, el



Fig. 25. El cajón núm. 1, a flote, en la dársena del Astillero gaditano. Obsérvense las armaduras salientes por todos los costados, que luego se han de utilizar para la soldadura de cajones

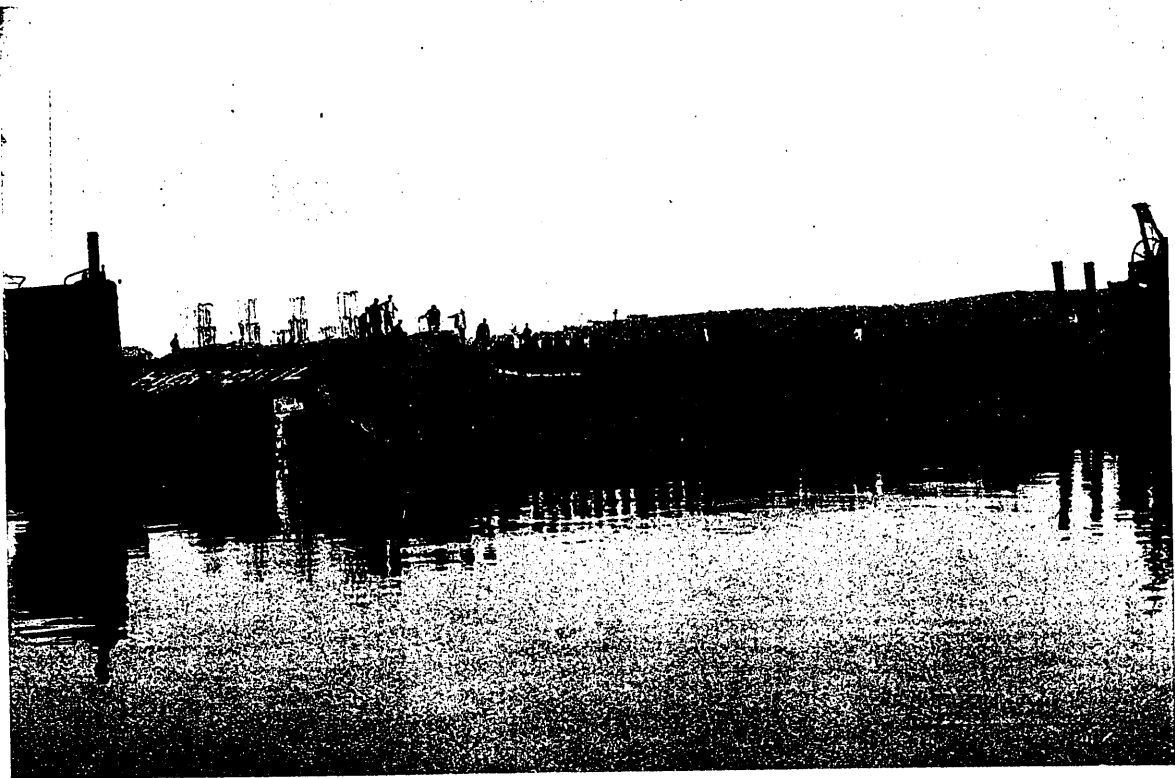


Fig. 26. Vista del cajón núm. 1, varado en la dársena de embarcaciones menores, que permite observar la estructura del dique, casi sumergidos los tubos-acueductos y la viga central bajo los tinos

empleo para todos los hormigones armados de dosificación preceptiva de 300 kg de cemento fundido por metro cúbico, de una mezcla de arenas naturales, media, gruesa y fina y de la grava silíceo extraída en su mayor parte del río Guadalquivir, aguas arriba de Sevilla, lavada, cribada y machacada a 3 cm. Se transporta a la obra en barco desde una distancia de más de 65 millas.

Las proporciones actualmente empleadas para los hormigones armados son:

300 kilogramos de cemento fundido,
261 litros de arena media,
161 litros de arena fina,
161 litros de arena gruesa y
750 litros de gravilla,

habiéndose excluido las demás gravas posiblemente utilizables por el elevado coeficiente a que han de trabajar los hormigones en el fondeo de los cajones y por la escasez, en las proximidades de Cádiz, de canteras de piedra dura que pudiesen dar buena grava de machaqueo.

Se han practicado constantemente comprobaciones de la resistencia mecánica de las amasadas de la hormigonera, además de los ordinarios ensayos de laboratorio, en el que para este objeto se ha instalado en la obra, rompiendo probetas cúbicas ordinarias y pequeñas vigas de hormigón armado (vigas de control del tipo de la Instrucción Oficial Austríaca), para romper el hormigón a compresión por flexión y aco-

modar a su carga de rotura el desencofrado de los forjados y vigas.

Los mayores cajones de hormigón armado, propiamente dicho, construídos hasta la fecha parecen ser los de los muelles de los puertos de las Indias holandesas, Makassar, Soerabaja y Tandjoeng-Priok, de $38,90 \times 13,40 \times 14$ m, y los construídos en Cádiz tienen en el momento de su botadura, como más arriba se ha dicho, $53 \times 17 \times 6,50$ m y un desplazamiento aproximado de 3 000 t, para recrecerse más tarde hasta transformar su puntal inicial de 6,50 m en el final de 17 m coexistente con un calado reducido aproximadamente de 6 m, lo que exige, además de extraordinarias precauciones de amarre, por la acción, en una obra muerta tan considerable, de los a veces huracanados levantes reinantes en Cádiz, cuidado muy especial en el lastrado del cajón, por la enorme disminución de su estabilidad naval al cambiarse la gran flotación inicial de toda la solera por las dos áreas pequeñas de las líneas de agua de los dos muros cajeros, cuando los calados sobrepasan el espesor de la solera, con la consiguiente reducción del radio metacéntrico, hasta el punto que ello ha obligado en todos los cajones a construirles lateralmente una pequeña borda provisional, para que no se produzca esa reducción del área de la flotación al aumentar el calado, hasta el momento de la soldadura de los cajones, con la que se obtiene como ventaja accesoría a otras fundamentales, la de hacer desaparecer ese peligro de la inestabilidad naval.

Las fotografías adjuntas dan clara idea de las principales fases de la construcción de los cajones...

José ENTRECANALES IBARRA
Ingeniero de Caminos

Puentes de hormigón armado en Checoslovaquia

En esta República, constituida el año 1918, tuvo el nuevo Estado que emprender numerosas obras

micos que los metálicos, e incluso que los de hormigón en masa.

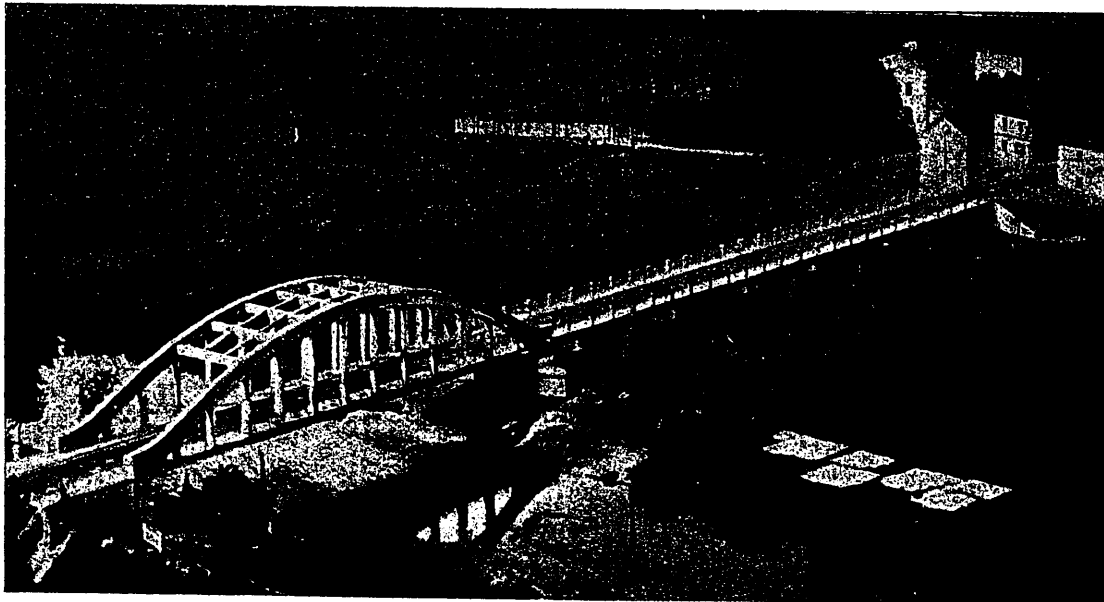


Fig. 1.ª Puente "Masaryk", sobre el Jizera, en Debr

públicas, entre las que figuran 286 puentes para las carreteras que se han construído, todos ellos de hormigón armado, por resultar evidentemente más econó-

Merecen citarse algunos de ellos, de que se ha dado cuenta en el reciente Congreso de Lieja, de hormigón y hormigón armado.