

Las obras marítimas en Portugal¹

III

La ampliación del puerto de Setubal.

Condiciones naturales y tráfico del Puerto.— Setubal está situado a unos 60 km. de distancia de Lisboa y hacia el S., en la margen derecha de una extensa y profunda bahía formada por el estuario del río Sado, encontrándose completamente abrigado de los vientos reinantes del N. y del NO. por los montes de la Arrábida y de los vientos dominantes del S. y SO. por la restinga de arena que constituye la península de La Troia. El río es navegable en una longitud de 65 km. para barcos hasta de 300 toneladas.

El acceso al puerto se hacía, hasta hace poco tiempo, a través de un canal natural de corta longitud, de 14 pies de calado en bajamares de aguas vivas, abierta por las corrientes en los bancos de la barra, pero se acaba de dragar un nuevo canal de 100 m. de ancho y 1.300 m. de longitud, con un calado de 22 pies en bajamares vivas.

Los calados mayores del estuario, que llegan a alcanzar la cifra de 40 m., se hallan a distancias relativamente pequeñas de las dos márgenes, frente a la ciudad, en donde el río tiene un ancho considerable.

El fondo es de arena con algo de fango, que permite la hincada de pilotes y facilita en las obras el empleo de fundaciones sencillas y económicas.

Las corrientes de marea y la fluvial son de pequeña intensidad, no siendo de temer las avenidas ni los arrastres de arena y fango.

La carrera máxima de la marea es de 2,80 m. y el establecimiento del puerto 2 h. 14'.

La mayor importancia del puerto es como pesquero, siendo el segundo en Portugal como pesca en general (el primero es Lisboa) y el primero en la pesca de la sardina.

El pescado fresco desembarcado es del orden de unas 20.000 toneladas anuales, con un valor medio de 30.000 contos (unos 10 millones de pesetas), correspondiendo solamente a la sardina unas 18.000 toneladas con un valor de 24.000 contos.

El pescado desembarcado se dedica principalmente a conservas, habiendo numerosas fábricas, perteneciendo algunas a firmas españolas. El valor de las conservas es de cerca de 100.000 contos, o sea 35 millones de pesetas al año.

En mercancías ocupa Setubal el tercer lugar en el país, con 200.000 toneladas después de Lisboa (con 1.700.000) y Oporto-Leixoes (con 700.000 de promedio). Y en movimiento de barcos también ocupa Setubal el tercer lugar.

OBRAS EN EJECUCION

La figura 1.^a se refiere a la planta general de las obras en ejecución, proyectadas por el muy competente Ingeniero Director de la Junta Autónoma, Sr. A. de M. Cid Perestrello, que es también Pro-

fesor de Puertos del Instituto Superior Técnico de Lisboa y Consejero de Puertos del Ministerio de Obras Públicas.

El proyecto comprende lo siguiente:

1) Regularización de la margen derecha, frente a la ciudad, en una longitud aproximada de 3.950 metros.

2) Construcción, para obtener esa regularización, de 2.188 m. lineal de taludes empedrados exteriores y de 1.762 m. de muros-muelle.

3) Construcción de los terraplenes precisos, con un volumen de 1.500.000 m.³ y una superficie de 60 hectáreas, que se ganan al mar.

4) Construcción de tres dársenas de marea: una para la pesca, de 30.000 m.²; otra para el puerto comercial, de 44.000 m.² y otra para barcos de recreo de 5.000 m.² de superficie mojada, respectivamente, estando situada esta última en el centro de la ciudad, la anterior aguas arriba de la misma, al lado de la estación de ferrocarril, y la de pesca aguas abajo, cerca de las fábricas de conservas.

5) Construcción de cuatro muelles exteriores de hormigón armado, de 370 m. de longitud total y dos interiores, de 60 m. de longitud total.

6) Prolongación hasta el mar de las canalizaciones de aguas residuarias de la ciudad, con una longitud total de 4.000 m.

7) Construcción de las obras accesorias de rampas, escaleras de piedra, escalas, bolardos y argollos de amarre.

El conjunto de estas obras se adapta muy bien a las características de Setubal, en donde por ser un puerto fluvial muy abrigado se aconsejan las obras ligeras, y cuyo tráfico, ya hoy importante, es susceptible de gran desenvolvimiento, lo que impone la adopción de obras que puedan ser fácilmente ampliables, lo mismo en extensión que en profundidad.

Esto se tuvo muy en cuenta al hacer el proyecto y ese también fué el motivo de haber proyectado los muelles de hormigón armado, no sólo por ser más económicos que las obras macizas, sino por permitir que su construcción sea hecha a medida que las necesidades del puerto lo requieran. El tipo de estas estacadas es nuevo y entre otras particularidades ofrece la de poderse ejecutar sus elementos principales en seco, en el taller de bloques.

El contratista es la importante firma dinamarquesa Hodgaard y Shulz, de Copenhague, en colaboración para los trabajos de dragado con la holandesa Van den Bosch y De Vries. La primera construyó también la mayor parte del gran puerto polaco de Gdynia.

¹ Véase REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 1.^o de enero y 1.^o de junio de 1934.

² El concurso se verificó en mayo de 1930, y concurrieron once casas especialistas, de ellas tres alemanas, tres españolas, una inglesa, una holandesa, una portuguesa, una francesa y la dinamarquesa, que fué adjudicataria. La Constructora Fierro quedó en segundo lugar, haciendo un papel muy lucido. Su proposición fué estudiada por nuestros compañeros Serra y Castro Cardús, competentes ingenieros de dicha Empresa.

El presupuesto de estas obras asciende a 30.000 contos, en números redondos (10 millones de pesetas), y el plazo para la construcción, tres años.

DESCRIPCION DE LAS OBRAS

Las dársenas tienen las siguientes características.

a) Dársena comercial (fig. 2.^a): Superficie mojada 44.000 m.²; ancho de la boca 50 m.; ancho de los espigones de cierre 25 m.; cota del fondo 3,50 m.

b) Dársena pesquera (figs. 3.^a y 4.^a): Superficie mojada 30.000 m.²; ancho de la boca 40 m.; ancho de los espigones de cierre 14 m.; cota del fondo 2,50.

c) Dársena para embarcaciones de recreo: Superficie mojada 5.000 m.; ancho de la boca 20 m.; ancho de los espigones de cierre 10 m.; cota del fondo 2 m.

Las caras interiores de las dársenas están constituidas por taludes empedrados, con inclinación del 1 por 1, excepto en el lado E, de la dársena pesquera (fig. 5.^a), en donde se proyectaron cinco lengüetas para la descarga de pescado y en el lado O., que se proyectó una rampa de descarga, habiendo dispuesto también, inmediato a ella, un plano inclinado transversal para sobordar barcos hasta de 300 tons. En la dársena de recreo, cuyo lado N. está formado por un muro-muelle, se proyectaron en la alineación O. dos rampas varaderos para pequeñas embarcaciones, separadas por una pequeña lengüeta de 2,50 m. de ancho.

Los taludes empedrados exteriores para la regularización de márgenes, tienen una inclinación de 3 por 2 y su construcción se organizó — igual que en las anteriores — de la siguiente manera: después de haber dragado el fondo, de arena y fango, para obtener la cota debida, se vertió un macizo de escollera que se enrasó en la cota 0,20 m. Sobre ella se asentaron bloques de hormigón con un peso unitario de 10 toneladas, en número de 1.850, que sirven de base al revestimiento de piedra de los taludes. La piedra de estos revestimientos tiene unas dimensiones mínimas de 0,25 m. en sentido horizontal y 0,30 m. en el transversal, y van asentados sobre una capa de arcilla y detritus de cantera, interpuesta entre el terraplén; esta capa tiene un espesor variable entre 0,50 y 1,50 m. Los terraplenes de relleno se hicieron, en su mayor parte, utilizando una draga de succión (fig. 6.^a).

Los muros-muelles de fábrica se construyeron de una manera parecida. Después de haber dragado el fondo de arena y fango para obtener la cota debida, se vertió un macizo de escollera y sobre él se asentaron los bloques de 20 toneladas en número de 942, que forman la infraestructura de estos muros-muelles. Los paramentos vistos de la supraestructura son de mampostería concertada y el interior es de hormigón.

El volumen total de los dragados de fundación y de las dársenas, es de unos 300.000 m.³. La escollera empleada 285.000 m.³. Los terraplenes de relleno 1.500.000 m.³, y las tierras arcillosas y detritus empleados para asentamiento de taludes empedrados e impermeabilización de terraplenes, 54.000 m.³.

La piedra para escolleras, hormigones y para obtención de arena por trituración, se extrajo de las canteras de Figueiriña, próximas a la boca de la ría,

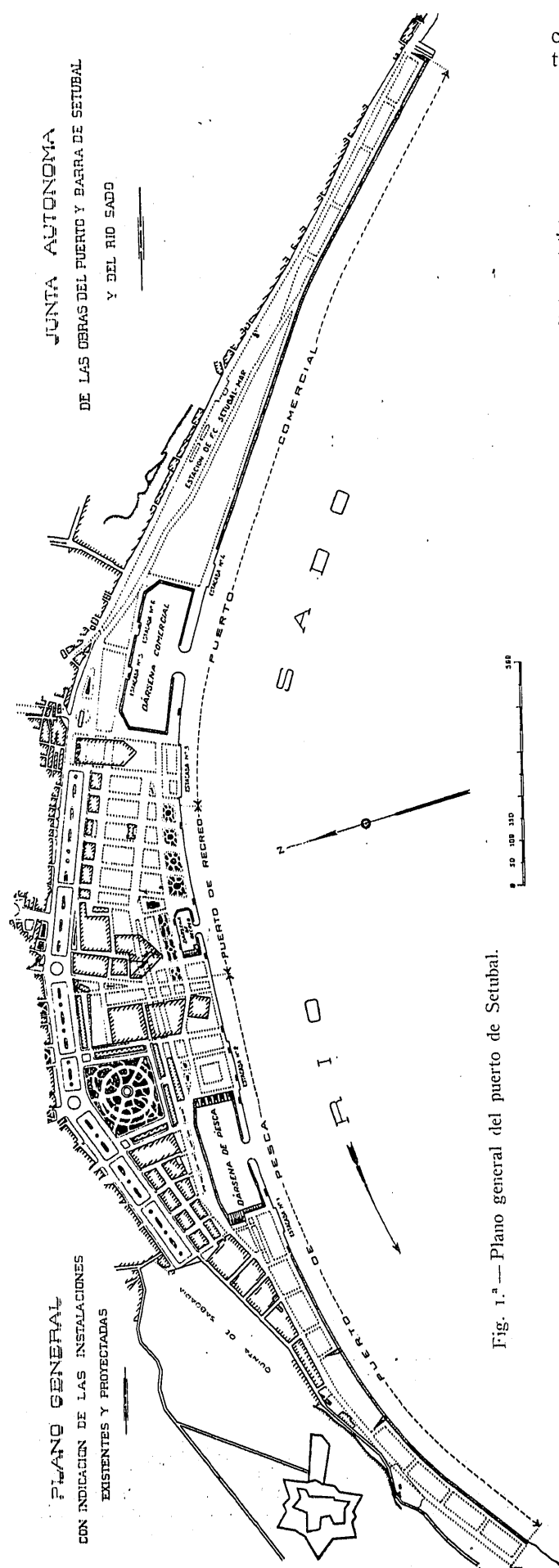


Fig. 1.^a — Plano general del puerto de Setúbal.

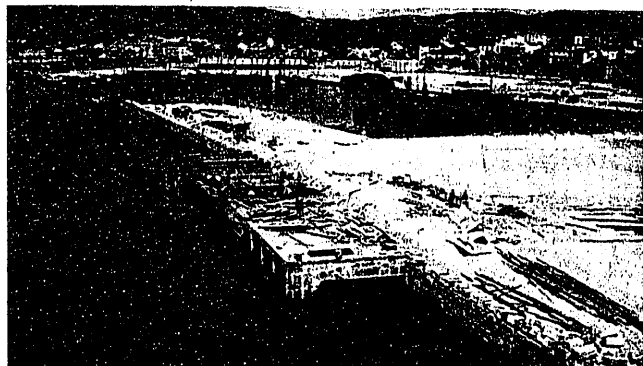


Fig. 2.ª — Dársena comercial y muelle de hormigón armado, en construcción.

que dista por mar unas 7 millas de la obra. Estas canteras son de caliza.

Los paramentos de los muros-muelles y de las coronaciones, son de granito y vinieron de una cantera inmediata a Sezimbra.

La piedra y arena se transportaba por mar hasta el taller de bloques (figs. 7.^a y 8.^a), que estaba al lado de la Plaza de la República, descargándose estos materiales con una grúa Derrick y apilándose cerca de la hormigonera, en donde se hacía la dosificación y mezcla con el cemento. El hormigón se transportaba en vagones y se vertía luego en los moldes, que eran de madera, estando forrados por el interior con una delgada chapa de hierro.

Los bloques se llevaban, después de un mes por lo menos de permanencia en el taller, hasta el punto de descarga, en donde se recogían con una cabria flotante de 30 toneladas, para colocarlos en el emplazamiento definitivo.

Las dosificaciones empleadas en esta obra fueron las siguientes:

Morteros:

a) de cemento lento: 400 kg. por m.³ de arena.

b) De cal hidráulica: 350 kg. por m.³ de arena.

En bloques de fundación: Cemento, 280 kg.; arena, 450 l.; piedra, 900 l.

En los bloques de los muros-muelles, rampas, etc.: Cemento, 180 kg.; arena, 450 l.; piedra, 900 l.

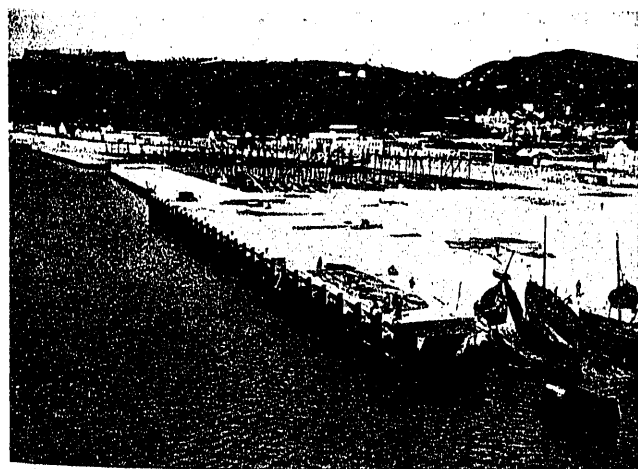


Fig. 3.ª — Dársena pesquera y muelle de hormigón armado.

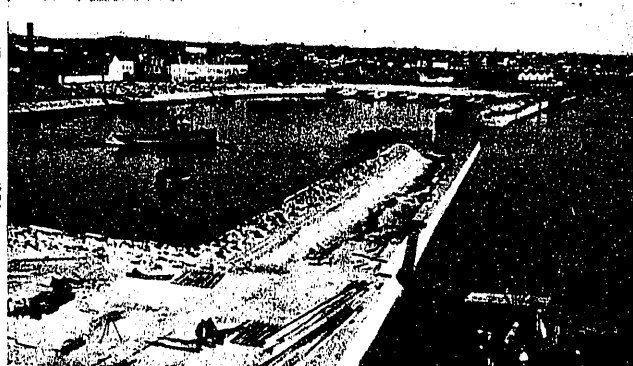


Fig. 4.ª — La dársena pesquera, en construcción.

Hormigón armado: Cemento, 400 kg.; arena, 400 l.; piedra, 800 l.

Se prescribió que se podrían variar las cantidades de piedra y arena para aumentar la compacidad, y también que los hormigones habrían de ser fabricados mecánicamente.

El cemento empleado, fué, en su mayor parte, de la fábrica Cecil, situada en la ría de Setubal, cerca de la desembocadura. El total empleado es de 10.000 toneladas ¹.

El volumen total de hormigón en masa y armado es de 35.000 m.³.

Los medios auxiliares empleados en esta obra fueron:

EN LAS CANTERAS

Instalación de aire comprimido. — Un compresor Ingersoll-Rand, accionado por un motor de aceite pesado de 50 CV., con una capacidad de 8.000 l. de aire por minuto; 6 martillos neumáticos; 3.000 m. de tubería; una máquina neumática para afilar brocas; un hornillo de petróleo.

Transporte y descarga de piedra. — Un basculador automático de vagones, con un motor de gasoli-

¹ Las características principales del cemento empleado en las obras marítimas de Portugal pueden verse en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 1.º de enero de 1934, en un artículo sobre las obras del puerto de Lisboa.



Fig. 5.ª — Alineación Este de la dársena pesquera.

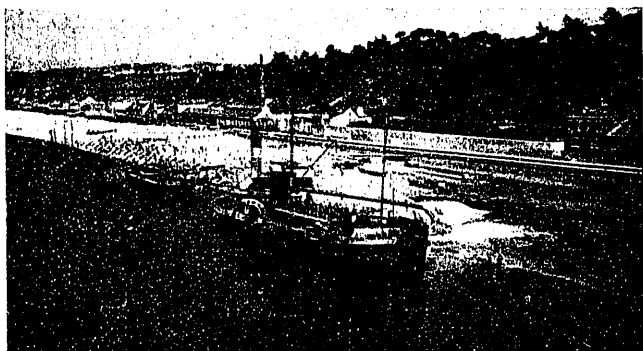


Fig. 6.ª — Ejecución de los terraplenes de relleno.

na de 8 CV.; una locomotora de gasolina; tres vagones de 14 m.³; 36 vagonetas de 1 m.³; 500 m. de vía con carriles de 30 kg.; 1.500 m. de vía con carriles de 12 kg.

Instalación de machaqueo. — Una trituradora de mandíbulas, con una producción horaria de 4 m.³, accionada por un motor de aceite pesado de 30 CV.; un elevador de baldes; un separador (trommel) de 3,6 m. de longitud para piedras de 70, 40 y 18 mm. de tamaño.

EN EL TALLER DE BLOQUES

Una grúa de pórtico con dos diferenciales de 10 toneladas cada una; un carro transportador de bloques; una grúa Derrick con motor de gasolina de 12 CV.; una hormigonera de 450 litros de capacidad, con motor de gasolina de 12 CV.; una hormigonera de 225 litros de capacidad, con motor de gasolina de 4 CV.

MATERIAL FLOTANTE Y DE DRAGADOS

Una draga de rosario, accionada por una máquina de vapor de 200 CV., con cangilones de 500 litros de capacidad; una draga de succión accionada por una máquina de vapor de 200 CV.; la bomba es accionada por una máquina de 100 CV.; el tubo aspirador, de 400 mm. de diámetro.

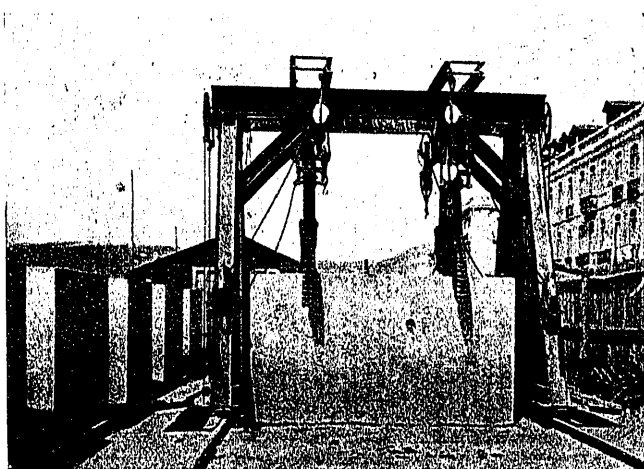


Fig. 8.ª — Grúa para cargar los bloques.

Una draga de succión autotransportadora, de 513 metros cúbicos de capacidad, movida a vapor por una máquina de 550 CV.; una draga Priestman; dos remolcadores de vapor, uno de 375 CV. y otro de 180 CV.; tres lanchas remolcadoras de aceite pesado, siendo dos de 60 CV. y una de 80 CV.; tres lanchas pequeñas de gasolina; una cabria flotante con motor de aceite pesado de 15 CV., con una potencia de 30 toneladas; dos gabarras de descarga automática de 140 m.³ y dos de 90 m.³ de capacidad; cuatro barcazas de hierro para transporte de piedra y arcilla, de las que dos son de 75 m.³ y dos de 50 m.³ de capacidad; tres barcazas de madera para transporte de piedra y arcilla, de 80 m.³ de capacidad.

Había, además, el siguiente material, montado sobre barcazas: una instalación completa de buzo; una máquina para la hinca de pilotes, con una maza de 1.200 kg., accionada por un motor de gasolina de 12 CV., y una hormigonera de 450 litros de capacidad con motor de gasolina de 12 CV.



Fig. 7.ª — Un detalle del taller de bloques.

Al lado del taller de bloques se instalaron unos talleres de reparación, para el servicio general de la obra.

MUELLES DE HORMIGON ARMADO

Constituyen, a nuestro modesto juicio, una de las partes más interesantes de estas obras. Su construcción es muy robusta, para que pueda resistir ventajosamente el choque de navíos y, según hemos dicho antes, ofrecen la particularidad de poderse ejecutar en seco, en el taller de bloques, sus elementos principales.

Todos estos muelles responden a un mismo tipo, aunque con medidas diferentes. La clasificación es como sigue:

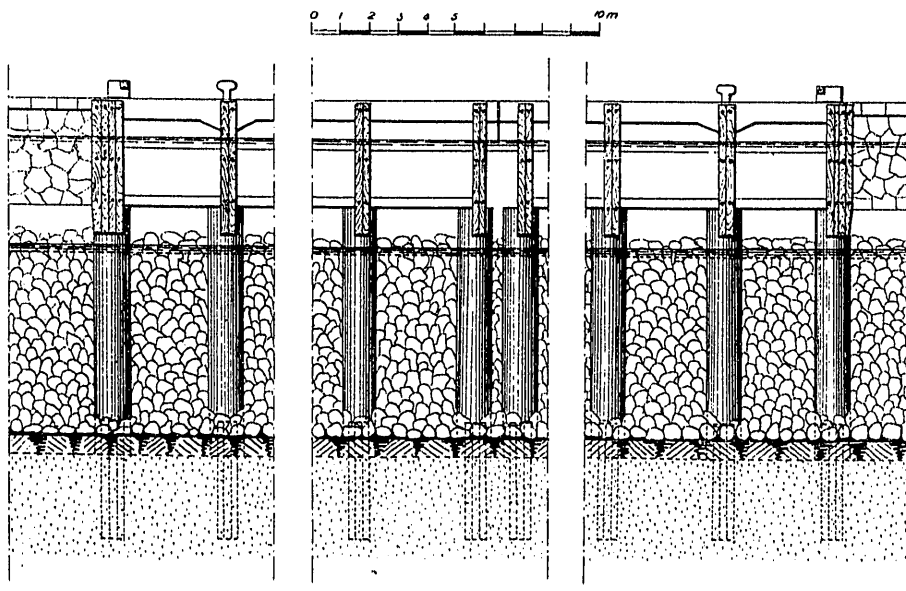
Muelles exteriores. — Núm. 1: Para los servicios de carbón. Largo, 60 m.; ancho, 10 m.; Núm. 2: Para los servicios de pesca. Largo, 120 m.; ancho, 6,50 m.; Núm. 3: Para el almacén de conservas. Largo, 130 m.; ancho, 10 m.; Núm. 4: Destinado a la exportación de rollizos de pino, corcho, etc. Largo, 60 m.; ancho, 10 m.

Muelles interiores. — Núm. 5: Destinado al cargue de piedra y otros materiales de construcción. Largo, 30 m.; ancho, 6,50 m.; Núm. 6: Destinado a la carga y descarga de leñas, etc. Largo, 30 m.; ancho, 6,50 m.

Los muelles números 1, 3 y 4 están destinados al atraque de buques hasta de 22 pies de calado, y los números 2, 5 y 6, solamente para buques hasta de 15 pies de calado.

en cilindros que forman las pilas de apoyo y empotradas por el lado de dentro en una viga corrida, a todo lo largo del muelle, apoyada sobre el muro de soporte, que está cimentado, como los restantes muros-mue-

ALZADO



SECCION TIPO

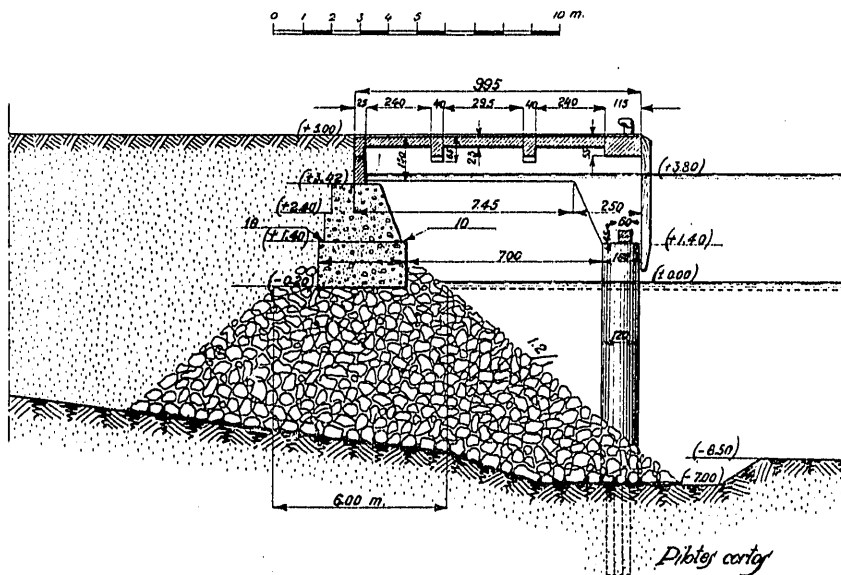


Fig. 9.^a a. — Puerto de Setubal. Esquema de las palizadas de los muelles de hormigón armado.

Los tipos adoptados, tanto para unos como para otros, son muy semejantes, difiriendo apenas en las dimensiones de las piezas principales que los constituyen. Unos y otros se organizan esencialmente como se ve en los dibujos (fig. 9.^a), con una estructura de hormigón armado constituida por vigas transversales en forma de L, que insisten por el lado exterior

lles y taludes empedrados del puerto, en un macizo de escollera.

Sobre estas vigas principales corre un tablero, también de hormigón armado, estando además las vigas enlazadas por otras secundarias colocadas debajo del tablero.

Los cilindros de hormigón armado que constitu-

yen los pilares exteriores tienen en la estacada número 2, 1 m. de diámetro y en las restantes 1,20 m.; estos cilindros envuelven, por la parte inferior, grupos de tres pilotes cortos o estacas de madera clavadas hasta el rechazo, y después se rellenan de hormigón; estando contruidos estos cilindros, como las

o de los cilindros, se dispusieron, tanto en las vigas longitudinales interiores como en las transversales en L, en la parte del lado de los cilindros, articulaciones de hormigón armado, constituidas por casquetes esféricos, según se puede ver en los dibujos correspondientes, que se apoyan sobre el muro de soporte o

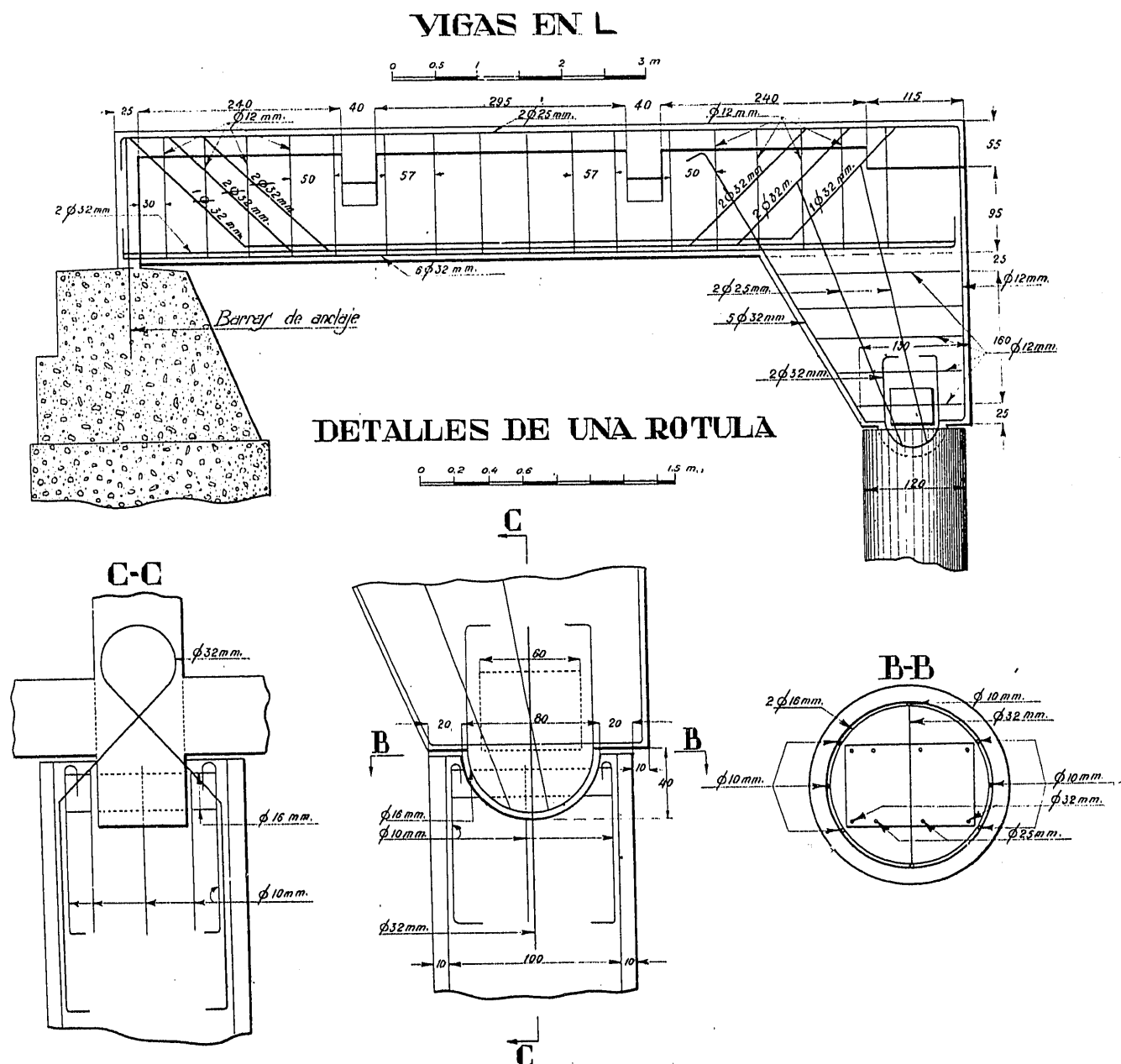


Fig. 9.^a b.—Vigas en L para los muelles de hormigón armado.

vigas principales, en seco, y transportados y colocados con cabria flotante.

Las vigas principales en forma de L, destinadas a los muelles números 1, 3 y 4, tienen 10 m. de largo en sentido transversal al muelle, y pesan cerca de 20 toneladas.

Los cilindros destinados a pilares tienen 11 m. de largo y pesan, después de llenos, cerca de 25 toneladas. La base de estos cilindros está protegida por escollera.

Para prever cualquier asiento, bien sea del muro de soporte, en donde apoya interiormente el tablero,

sobre los cilindros por medio de una junta asfaltada.

Se suprimieron los arriostramientos transversales, teniendo los muelles un arriostramiento longitudinal en la parte superior de las vigas transversales, junto a los cilindros.

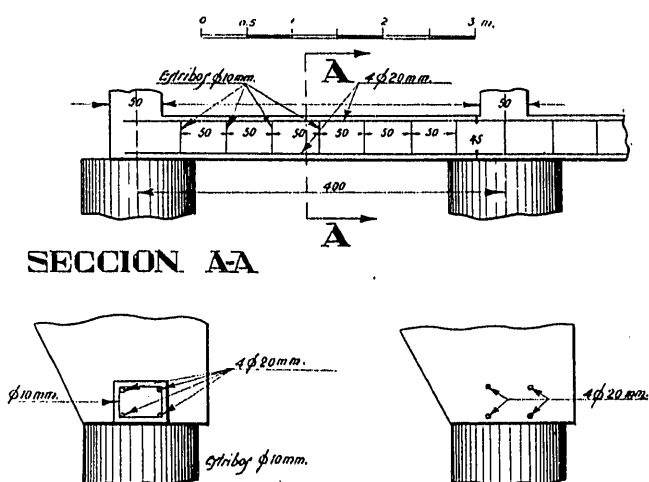
El frente de los pilares está protegido por fuertes defensas de madera.

Las fotografías números 10 al 14 aclaran el sistema empleado en la construcción.

El piso fué calculado para sobrecargas diferentes, de acuerdo con el destino; así, los muelles números 1, 3 y 4 (para mercancías) se calcularon para una sobre-

carga uniformemente repartida de 3 toneladas por metro cuadrado en las losas y una sobrecarga móvil producida por una grúa de 5 toneladas de carga útil (total sobre las ruedas: 36 toneladas) que produce en la posición más desfavorable una presión máxima por rueda de 15 toneladas en las vigas y en los cilindros. El muelle número 2 (servicios de pesca) fué calculado para una sobrecarga uniformemente repartida de 1 tonelada por metro cuadrado en las losas

VIGAS SOBRE LOS CILINDROS



CILINDRO

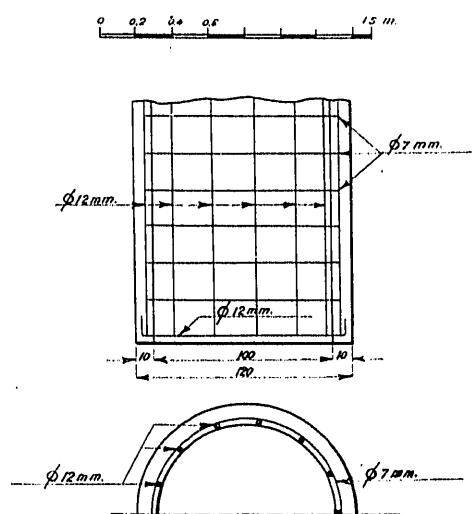


Fig. 9.^a c. — Detalles de la parte armada.

y una sobrecarga móvil producida por una grúa de una tonelada de carga útil, con un peso de 8 toneladas, dando una presión máxima de 3 toneladas por rueda en las vigas y en los cilindros. Los muelles números 5 y 6 fueron calculados para una sobrecarga uniformemente repartida de 2 toneladas por metro cuadrado en las losas y para una sobrecarga móvil producida por una grúa de 2 toneladas, pesando 14,4 toneladas, que da una presión de 6 toneladas por rueda en las vigas y en los cilindros.

Para el cálculo de las distintas secciones se siguieron los preceptos del Reglamento Portugués para el empleo del hormigón armado, haciéndose la determinación de los momentos flectores por el método de las

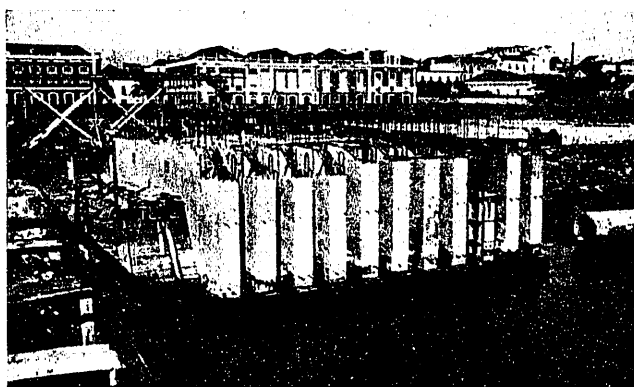


Fig. 10. — Vigas en L, de los muelles de hormigón armado, en el taller de bloques.

líneas de influencia y calculándose los valores de las ordenadas por las tablas de Griot. La determinación de secciones se hizo primero con fórmulas aproximadas y después se verificaron con las fórmulas exactas. Para tener en cuenta los esfuerzos dinámicos de las sobrecargas, se aumentaron los esfuerzos en un valor dado por la fórmula:

$$I = 1 + \frac{0,40}{1 + 0,21 L} + \frac{0,60}{1 + 4 \frac{P}{S}}$$

También se hizo la verificación de la estabilidad de los muros-muelles en donde se apoya el tablero, teniendo en cuenta las reacciones de éste y la tracción producida por los bolidos a razón de una tonelada por metro lineal de alineación exterior y de media tonelada por metro lineal para los interiores.

Las condiciones del equilibrio elástico y estático en los muros, se comprobaron también, no excediendo el trabajo en la sección más fatigada de 2,5 kg. por cm.², en los muros de las alineaciones exteriores y de 2,3 kg./cm.² en los de las interiores, siendo los coeficientes de estabilidad de 2,41 y 1,87 en los muros de las alineaciones y de 2,86 y 1,50 en los de las interiores.

En las alineaciones números 2 y 3, de 120 m. y 130 m. de longitud, respectivamente, se dejaron en el medio juntas de dilatación.

El coste de estos muelles, no incluyendo los muros de soporte, fué de 7.850 escudos (2.750 pesetas) por

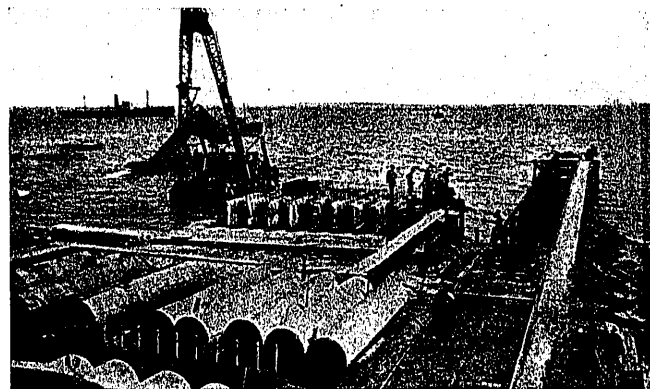


Fig. 11. — Cilindros y vigas en L, para los muelles de hormigón armado, en el taller de bloques.

metro lineal para las alineaciones exteriores números 1, 3 y 4, destinadas al atraque de los mayores navíos que frecuentan el puerto; de 4.650 escudos (1.625 pesetas) para la alineación número 2, destinada a los

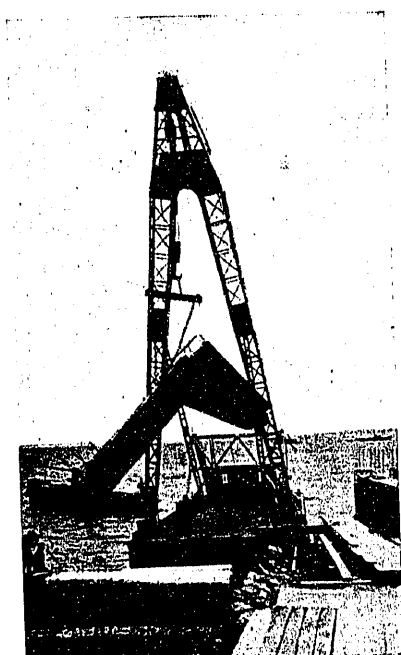


Fig. 12. — Cargue de vigas en L.

servicios de pesca, y de 4.950 escudos (1.730 pesetas) para los muelles números 5 y 6, constituyendo todos ellos unos sistemas bastante económicos.

OBRAS COMPLEMENTARIAS

Las obras que se tienen en proyecto para ejecutar seguidamente, como complemento de las reseñadas, y aparte de la contrata general, son la pavimentación de los muelles y calles de acceso a las dársenas, habiéndose empezado ya a construir lo correspondiente al puerto pesquero.

También se va a construir en éste un gran edificio para la venta de pescado, con dos salas de subas-

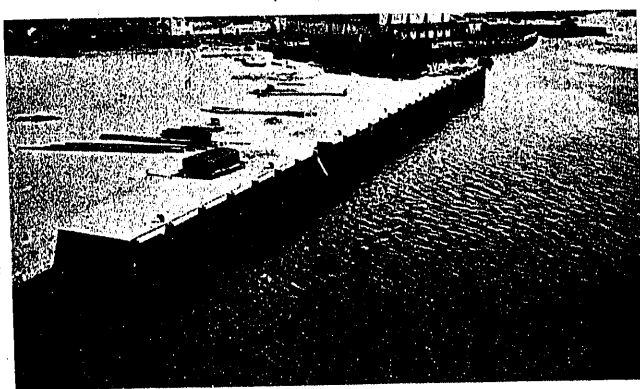


Fig. 14. — Muelle de hormigón armado, número 2.

ta y amplios locales para la preparación, embalaje y expedición de pescado; frigoríficos, almacenes, oficinas y demás servicios auxiliares.

Ya se instalaron las redes de distribución eléctrica y de agua en el puerto de pesca, y se están instalando en el comercial y en la dársena para embarcaciones de recreo. Se adquirió el material férreo y vagones para transporte de mercancías, así como el equipo mecánico para la elevación de los barcos por el plano inclinado transversal construido en el interior de la dársena pesquera.

Para la utilización de los servicios ferroviarios del puerto y para el indispensable enlace de la vía fluvial con la marítima, ya se empezó a construir la primera parte de la nueva estación Setubal-Mar, cerca de la dársena de comercio, y el ramal de enlace de ésta con el puerto pesquero. También se construirán en breve nuevos y amplios almacenes de mer-



Fig. 13. — Muelle de hormigón armado, número 3, en construcción.

cancías y en especial para los productos de la industria conservera, así como almacenes de pertrechos marítimos.

Finalmente se tiene en proyecto la construcción de los nuevos edificios para oficinas de la Junta Autónoma, Aduana y Capitanía del Puerto en la zona de terrenos ganados al mar.

* * *

En resumen: las obras nos han parecido muy interesantes y muy bien proyectadas, destacándose todo lo referente al puerto pesquero y a los muelles de hormigón armado. La construcción también ha sido realizada por la empresa Hodggaard y Shulz con acierto e inteligencia.

Para concluir, reiteramos nuestro agradecimiento al Sr. Cid Perestrello, competente Director de la Junta de Obras, de cuya simpatía e inteligencia guardamos muy grato recuerdo, así como al personal técnico de la empresa constructora por las grandes atenciones de que nos hicieron objeto durante nuestra estancia en Setubal.

CÉSAR CONTI,
Ingeniero de Caminos.