

LOS FAROS, PUERTOS  
Y AEROPUERTOS  
DE ANDALUCÍA EN LA

VISTA DE OBRAS PÚBLICAS

OBRAS PÚBLICAS

BUBLICAS REVISTA

VISTA DE OBRAS PÚBLICAS

OBRAS PÚBLICAS

BUBLICAS REVISTA

VISTA DE OBRAS PÚBLICAS

1916-2002







PUERTOS, FAROS Y AEROPUERTOS  
DE ANDALUCÍA  
EN LA  
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS  
1916-2002

Sevilla 2010



PUERTOS, faros y aeropuertos de Andalucía en la Revista de Obras Públicas:  
1855 - 1914 / [edición a cargo de Carlos Caballero Casado, Rosario Rey  
Muñoz y Teresa Sánchez Lázaro, con la colaboración de María Gómez]. —  
Sevilla : Consejería de Obras Públicas y Vivienda, 2010

2 v. : il. fot. ; 28 cm

Contiene: Tomo 1: 1855 - 1914: 389 p. ISBN: 978-84-7595-248-2.— Tomo 2:  
1916 - 2002: 385 p. ISBN: 978-84-7595-249-9

DL: SE 6161-2010.— ISBN 978-84-7595-247-5

1. Obras Públicas-Infraestructuras-Andalucía-España 2.  
Puertos-Andalucía-España 3. Telegrafía óptica y Telecomunicaciones-Historia-  
España 4. Transporte-Aeropuertos-Andalucía-España 5. Publicaciones periódicas-  
España I. Caballero Casado, Carlos II. Rey Muñoz, Rosario III. Sánchez  
Lázaro, Teresa IV. Gómez, María V. Andalucía. Consejería de Obras Públicas y  
Vivienda

© JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Obras Públicas y Vivienda  
Edición a cargo de: Carlos Caballero Casado, Rosario Rey Muñoz y Teresa Sánchez Lázaro, con la colaboración de María Gómez  
Coordinación técnica: Secretaría General Técnica. Servicio de Publicaciones

Nº de Registro: JAOP/SGT-07-2010  
ISBN: 978-84-7595-249-9. ISBN O.C.: 978-84-7595-247-5

Diseño: Graphimag  
Maquetación y fotomecánica: A.M.Centro Gráfico  
Impresión y encuadernación: ESCANDON S.A.  
Depósito Legal: SE 6161-2010

# ÍNDICE

|   |     |
|---|-----|
| Obras en el puerto de Huelva, nota sobre los principales elementos de riqueza que existen en la región onubense<br>Francisco Montenegro Calle ..... | 11  |
| El puerto de Huelva<br>Francisco Montenegro Calle .....   | 19  |
| Reforma del faro de Málaga<br>Anónimo .....   | 25  |
| La colocación de hormigón para los nuevos muelles del puerto de Sevilla<br>Anónimo .....  | 31  |
| Base aérea de Sevilla<br>Vicente Machinbarrena Gogorza .....  | 35  |
| Escuela de Caminos: clase de puertos y señales marítimas.<br>Viaje de prácticas de los alumnos<br>Anónimo .....                                     | 39  |
| El dique de carena de Cádiz<br>José Ribera Dutaste .....  | 53  |
| Puerto de Sevilla. El canal de Alfonso XIII y sus muelles<br>José Delgado Brackenbury .....   | 61  |
| Puerto de Cádiz. Boya de amarre para buques hasta de 35.000 toneladas<br>Ignacio Merello Llasera .....  | 73  |
| Una visita a los puertos de Algeciras, Ceuta y Gibraltar<br>Manuel Mascarós Barba y Fernando Serrano Suñer .....                                    | 79  |
| Faro aero-marítimo en Punta de Calaburras (Málaga)<br>José Herbella .....   | 85  |
| La construcción del dique seco de Cádiz<br>José Entrecanales Ibarra .....   | 91  |
| Otra solución propuesta para el dique de Cádiz<br>Eduardo Torroja Miret .....   | 125 |
| Aeropuertos<br>José Luis Escario Núñez del Pino .....   | 129 |

|  |            |
|--|------------|
| Proyecto del aeropuerto terminal de San Pablo, en Sevilla<br>Antonio Martínez Cattáneo .....   | 173        |
| Comentarios a un proyecto de aeropuerto terminal<br>de San Pablo, de Sevilla<br>Tomás de Martín Barbadillo .....                                   | 185        |
| El puerto de la zona franca de Cádiz<br>José Ochoa y Benjumea .....  | 189        |
| Los puertos mediterráneos andaluces y las obras para impedir<br>sus aterramientos<br>Vicente Laporta Pérez .....                                   | 223        |
| Desarrollo de un plan de obras en el puerto de Cádiz<br>Marciano Martínez Catena .....   | 235        |
| Pasado, presente y posible porvenir del puerto de Algeciras<br>Pedro Gaytán de Ayala .....   | 277        |
| El puerto de Carboneras<br>Antonio Linares Sánchez, José María Sánchez Lastra<br>y Federico Rey Sáinz-Rozas .....                                  | 289        |
| La flecha litoral de Punta Umbría (Huelva)<br>José María Medina Villaverde .....   | 301        |
| La Bahía de Algeciras y su zona de influencia<br>Francisco Benjumea Heredia .....  | 311        |
| Reparación del dique de abrigo de Carboneras<br>Joaquín Navajas Vega, Manuel Ignacio Hernando Martín,<br>Juan Miguel Pérez Rodríguez y otros ..... | 315        |
| Remodelación del puerto de Málaga<br>Juan Pablo Gómez de la Fuente .....   | 321        |
| <b>NOTAS DE REDACCIÓN (1923-2002) .....</b>  | <b>329</b> |
| Depósito franco del puerto de Cádiz .....  | 331        |
| Dique seco en la carena del puerto de Cádiz .....  | 331        |
| El puerto de Sevilla .....   | 331        |
| La reforma del puerto de Sevilla .....   | 331        |
| El dique seco de Cádiz .....   | 332        |
| Estación marítima en el puerto de Algeciras .....  | 332        |
| Obras de alumbrado en el puerto de Almería .....   | 332        |
| Nuevo astillero en la bahía de Cádiz .....   | 333        |

|   |     |
|---|-----|
| Se anuncia un plan de inversiones en el puerto de Cádiz .....   | 334 |
| Plan de obras en el puerto de Málaga .....  | 334 |
| Comentario al “Plan de obras del puerto de Málaga”<br>publicado en el número de diciembre de 1982 .....                                       | 336 |
| Estudio de acondicionamiento en el puerto de Sevilla .....  | 337 |
| Dragado del canal de entrada al puerto de Cádiz .....   | 337 |
| Puerto de Carboneras (Almería) .....  | 338 |
| Puerto deportivo. Puerto Sherry .....   | 339 |
| El MOPU invertirá 6.000 millones en el puerto<br>de Algeciras hasta 1992 .....  | 345 |
| El puerto de Cádiz será ampliado en 120.000 m <sup>2</sup> .....  | 345 |
| El puerto de Algeciras invierte 6.200 millones .....  | 346 |
| Faro de Castell de Ferro, Granada (España) .....  | 346 |
| La ampliación del puerto de la Condamine (Mónaco).<br>Trabajos de construcción del lote II - Dique semiflotante<br>en San Roque (Cádiz) ..... | 348 |
| Gran crecimiento del tráfico en el puerto Bahía de Algeciras .....  | 351 |
| Puerto de Huelva: cuatro ofertas por la nueva terminal .....  | 352 |
| Nueva esclusa para el puerto de Sevilla .....   | 352 |
| <br>  |     |
| ÍNDICE ONOMÁSTICO .....   | 353 |
| ÍNDICE TOPONÍMICO .....   | 372 |

“Obras en el puerto de Huelva, nota sobre los principales elementos de riqueza que existen en la región onubense”

Francisco Montenegro Calle

*Revista de Obras Públicas* vol. 64, nº 2.121,  
mayo de 1916, pp. 229-234

vol. 64, nº 2.122, mayo de 1916, pp. 241-243



## OBRAS DEL PUERTO DE HUELVA

### Nota sobre los principales elementos de riqueza que existen en la región onubense. <sup>(1)</sup>

*Determinación de las industrias principales que podrían establecerse aprovechando los productos de esta comarca y provecho que con ello se obtendría.*—Aunque la situación en que el puerto se encuentra es muy crítica (2), no es, sin embargo, desesperada y puede salirse de ella con un esfuerzo, que si bien representa un sacrificio grande, no es insuperable.

Pero es preciso hacerse cargo de que si Huelva ha llegado á esta situación extrema, se debe más que á la guerra al escaso espíritu emprendedor del país, por cuya causa casi toda su inmensa riqueza se marcha al extranjero sin dejar aquí más que la pequeñísima parte que representa su arranque y transporte hasta los buques, casi todos extranjeros también, que vienen por ella.

Esta imprevisión, no solamente entrega la riqueza del común á manos extrañas para que se aprovechen de ella en su parte principal, sino que también, como decíamos al principio, dará lugar á que en plazo no muy largo, porque para la vida de una comarca cincuenta ó sesenta años representan bien poca cosa, se agoten los yacimientos de minerales, produciéndose el aniquilamiento del puerto y de la comarca.

Para evitar que esto suceda, es preciso industrializar estos productos naturales para que la riqueza que con ello se consigue permita algún día, en caso preciso, limitar la exportación de primeras materias.

Este asunto es nuestra constante preocupación desde hace mucho tiempo, y repetidas veces le hemos tratado en oficios y Memorias, siendo la causa que nos movió el año 1911 á redactar el proyecto de muelle de fábrica, que aun está en tramitación (3) y del cual se inserta un resumen en la Memoria facultativa adjunta.

Por ser de mucho interés para lo que aquí tratamos, copiamos á continuación el resumen de la Memoria de dicho proyecto, que dice:

De cuanto queda expuesto en esta Memoria, resulta:

1.º Que estando ya atendido el tráfico de minerales, que constituye la parte principal del movimiento actual del puerto, es tiempo de que nos ocupemos del de mercancías generales, que son las que han de darle vida en el futuro, y para esto precisa dotarlo de cómodos y amplios muelles y de todos los elementos auxiliares necesarios

(1) Las acertadas medidas que el Gobierno de S. M. está tomando actualmente encaminadas á la creación de una poderosa industria nacional que proporcione al país la independencia de producción cuya necesidad está demostrando bien claramente la guerra universal que se está librando, presta carácter de actualidad á los datos y consideraciones que insertamos á continuación, extrayéndolos de la Memoria que á poco de empezar la guerra presentamos á la Junta de Obras, si bien al reproducirlos ahora los hemos acomodado á la nueva fecha.

(2) El tráfico del puerto que fué el año 1913 de 3.472.597 toneladas, se redujo el año 1914 á 3.037.228 y el año 1915 á 2.554.381.

(3) Este proyecto fué aprobado por la Real orden de 28 de Noviembre de 1914 y se están ejecutando ya los dragados de emplazamiento mediante una operación de crédito con el contratista, por no disponer la Junta de Obras del dinero necesario para pagarlo al contado.

para que el tráfico de dichas mercancías generales sea tan expedito y económico, que al impulso de estas facilidades se vayan desarrollando las industrias existentes y creándose otras nuevas, basadas en los numerosos é importantes elementos que existen en la región servida por el puerto, la cual se irá dilatando á medida que las condiciones de éste sean más perfectas.

2.º Que este fin no puede conseguirse restaurando el muelle provisional de mercancías generales que hoy existe, pues á más de que tal obra sería muy costosa, nunca serviría más que para los buques de poco calado, que poco á poco van desapareciendo ante la competencia de los de alto bordo.

3.º Que los muelles verdaderamente definitivos han de ser de los llamados de ribera, como los que aquí se proyectaron primero y fueron aprobados por la Superioridad en Agosto de 1880, y de los cuales se desistió ante experiencias practicadas para determinar la resistencia del terreno de fundación, de las que dedujeron que éste no podía resistir el peso de esta clase de construcciones.

4.º Que tanto por no haber sido bien interpretados los resultados de las experiencias mencionadas, como por disponer actualmente el arte de la construcción de recursos que el año 1880 no existían, creemos haber demostrado la posibilidad técnica de levantar aquí muelles de fábrica, toda vez que las dragas que hoy tenemos permiten sustituir el fondo fangoso por otro más resistente, y con el hormigón armado, cuyo uso es ya frecuente, se pueden construir muros de gran resistencia y de poco peso.

5.º Finalmente, que la obra proyectada, lejos de ser más costosa que los muelles de hierro aquí construídos, es bastante más económica, no sólo desde el punto de vista de su mayor duración y menor gasto de sostenimiento, sino también si se considera su valor intrínseco, teniendo en cuenta el ensanche del fondeadero y de la zona terrestre que su construcción reportará.

Terminaremos manifestando que la importante cantidad que esta obra representa no puede ser obstáculo para que se autorice su construcción, toda vez que se trata del que es ya segundo puerto de España desde el punto de vista de su tráfico, y podría ser el primero fomentando y protegiendo convenientemente los elementos industriales y mercantiles que existen en su zona.

Cuando este muelle esté construído y provisto de todo su utillaje é instalaciones complementarias, los importantes dragados que actualmente se hallan en vías de ejecución se habrán terminado, permitiendo que los grandes buques circulen fácilmente por la ría, en cuya orilla izquierda se extenderá una explanada de 5 kilómetros de longitud, formada con los productos del dragado, donde podrán establecerse cuantas empresas industriales quieran aprovechar estas ventajas.

Huelva tendrá entonces todo lo necesario para que sus privilegiados minerales de azufre, que hoy son exportados hasta países tan lejanos como Australia, puedan ser beneficiados aquí, donde podría establecerse el centro productor de abonos minerales más importante de Europa.

Tampoco habría dificultad material para que el cobre y el hierro de sus minas y el corcho de las extensas dehesas de su zona fueran manufacturadas aquí, y entonces bien podría asegurarse que esta región no sólo ganaría enormemente en sus intereses materiales, sino que tam-

bién su nivel intelectual y moral se elevarían, puesto que el papel un poco depresivo que actualmente desempeña de *cantera de primeras materias*, que otras naciones más adelantadas explotan, se cambiaría en el de *productora* de artículos de gran utilidad, que de todas partes serían solicitados.

Ciertamente que este muelle, que puede ser poderoso aliciente para el fomento de la industria de la comarca, no está construido ni siquiera se ha principiado (1), pues aunque todas las Corporaciones y entidades que en lo que va tramitado de su expediente han intervenido, lo han hecho en términos favorables y laudatorios, es lo cierto que el proyecto salió de la Junta de Obras acompañado del estudio económico que requiere su ejecución el 27 de Octubre de 1912 y todavía siguen los trámites de su expediente.

Pero si el muelle no se ha construido todavía los dragados se puede decir que están ya terminados, así como la extensa zona terraplenada que en la Memoria de aquel proyecto se describe, de la cual podrá disponer la industria cuando se termine la carretera y vía férrea que estamos construyendo para que tenga fácil comunicación con los ferrocarriles y demás vías que afluyen al puerto.

Como se ve, el puerto va haciendo dentro de su esfera de acción todo lo que puede para provocar y fomentar el resurgimiento industrial de Huelva, y es necesario que la lección que el conflicto europeo nos está proporcionando sirva para hacernos más previsores y estimule la iniciativa particular para estudiar, plantear y emprender la multitud de negocios industriales que aquí pueden establecerse, aunque para su explotación sea necesario recurrir á Empresas forasteras y aun extranjeras.

Por más que en la Memoria del proyecto del muelle se hace mención, aunque somera, de lo que aquí se puede explotar, vamos á puntualizar esto un poco más por medio de algunos datos estadísticos oficiales.

Para formar idea del provecho que se puede sacar de los productos del país, vamos á valorar las primeras materias, que se exportan en cantidad suficiente para poderse beneficiar aquí, y á comparar este valor con el que se obtiene transformándolas en productos industriales de una elaboración poco complicada.

La diferencia entre esos dos valores, distribuída en ganancia industrial y pago de jornales, sería riqueza que vendría á aumentar la existente.

*Tráfico de exportación el año 1913.*—Tomaremos como base el tráfico del año 1913, último normal, pues los sucesivos están profundamente alterados por la guerra.

En la Memoria de la Dirección facultativa, página 326, se consigna que el tráfico de exportación de este puerto durante el año 1913 fué el siguiente:

|                       | Toneladas.           |
|-----------------------|----------------------|
| Por cabotaje .....    | 84.487,222           |
| Europa y África ..... | 2.259.536,412        |
| Otros países.....     | 768.271,343          |
| <b>TOTAL.....</b>     | <b>3.112.294,977</b> |

Prescindiendo del cabotaje, porque queda en España, tendremos una exportación al extranjero de 3.027.807.755 toneladas, la cual podríamos clasificar en los siguientes grupos:

(1) En nota de la página anterior se consigna que se están haciendo ya los dragados para el emplazamiento de la obra.

*Clasificación del tráfico de exportación.*

|                             | Toneladas.           |
|-----------------------------|----------------------|
| Minerales de manganeso..... | 23.550,487           |
| Piritas ferro-cobrizas..... | 906.842,510          |
| Idem de hierro.....         | 1.951.487,410        |
| Minerales varios.....       | 78.228,600           |
| Cáscara de cobre.....       | 4.812,036            |
| Mercancías generales.....   | 82.885,712           |
| <b>TOTAL.....</b>           | <b>3.027.807,755</b> |

*Valoración de las mercancías generales en el estado en que se exportan.*—Las mercancías generales que se exportan en bruto, apreciadas con cuanto es posible á los precios fijados por la Junta de Valoraciones, son las siguientes:

**Valoración de las mercancías generales.**

| DESIGNACIÓN              | Kilogramos.       | Precios. | Valoraciones.        |
|--------------------------|-------------------|----------|----------------------|
|                          |                   | Pesetas. | Pesetas.             |
| Cera.....                | 21.019            | 3        | 63,057               |
| Cobre en torales.....    | 20.485,586        | 1,60     | 32.776,937,60        |
| Papucha.....             | 236,000           | 0,54     | 127,440              |
| Corcho en planchas.....  | 4,236             | 0,45     | 1.906,20             |
| Corcho en serrín.....    | 947,733           | 0,10     | 94,773,30            |
| Corcho en cuadrados..... | 47,019            | 2,75     | 129,302,25           |
| Pieles.....              | 126,053           | 3,90     | 491,606,70           |
| Lanas.....               | 159,134           | 1,70     | 270,527,80           |
| Lías de vino.....        | 564,234           | 0,50     | 282,117,20           |
| Varios (1).....          | 40.294,698        | 0,35     | 14.103,144,30        |
| <b>TOTALES.....</b>      | <b>62.885,712</b> | <b>»</b> | <b>48.340.812,35</b> |

*Valoración de los minerales en el estado en que son exportados.*—Si valoramos del mismo modo los minerales en bruto obtendremos el siguiente resultado:

**Valoración de los minerales.**

| CLASES   | Toneladas.           | Precio de la tonelada. | Valoraciones.        |
|--|----------------------|------------------------|----------------------|
|  |                      | Pesetas.               | Pesetas.             |
| Manganeso.....   | 23.550,487           | 15                     | 353.257,30           |
| Pirita ferro-cobrizas hasta el 2,5 por 100 de ley.....       | 829.335,190          | 23                     | 19.075.399,37        |
| Pirita ferro-cobrizas de más del 2,5 por 100 de ley (2)..... | 77.478,320           | 42                     | 3.254,089,44         |
| Piritas de hierro.....                                       | 1.951.487,410        | 13                     | 25.369.396,33        |
| Minerales varios.....  | 78.228,600           | 11                     | 860.514,60           |
| Cáscara de cobre.....  | 4.812,036            | 1.150                  | 5.533.841,40         |
| <b>TOTALES.....</b>  | <b>2.964.922,043</b> | <b>»</b>               | <b>54.446.438,44</b> |

Si sumamos ambos grupos tendremos que el tráfico de exportación del puerto de Huelva, constituido en su casi totalidad por primeras materias, vale actualmente:

|                           | Pesetas.              |
|---------------------------|-----------------------|
| Mercancías generales..... | 48.340.812,35         |
| Minerales.....            | 54.446.438,44         |
| <b>TOTAL.....</b>         | <b>102.787.250,79</b> |

(1) A este grupo de mercancías aplicamos el precio del vino, porque tres cuartas partes del total corresponde á dicho producto.  
 (2) Esta cantidad es solamente aproximada, habiéndose deducido de la proporción que resultó el año 1912.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

En la nota (1) apreciamos el importe de estas mismas materias, transformadas en productos industriales, aunque de fácil elaboración.

**Valoración de los minerales transformados: MANGANESO.**—Los minerales de esta clase se utilizan principalmente para la fabricación de aceros duros y para la obtención de ciertos productos químicos empleados en diversas industrias y en la medicina, pero como su aprovechamiento requiere costosas manipulaciones, supondremos que estos minerales continuarán exportándose en la misma forma que se viene haciendo.

(1) Valoración de las mercancías generales transformadas:

|  | Pesetas.      |
|--|---------------|
| CERA.—Se exporta actualmente 21.019 kilos, que á 3 pesetas valen.....  | 63.057        |
| y transformadas en velas valdrian, á 3,40 pesetas.....   | 71.464,60     |
| RESULTANDO UN AUMENTO DE.....  | 8.407,60      |
| <b>COBRE EN TORALES.</b> —Se exportan 20.485.586 kilogramos que, al precio de 1,60 pesetas, valen.....                                 | 32.776.937,60 |
| y transformados en planchas, tubos ó alambres tendrian un precio medio de 3 pesetas.....   | 61.456.758    |
| RESULTANDO UN AUMENTO DE.....  | 28.679.820,40 |
| <b>COBRE EN PAPUCHAS.</b> —Se exportan anualmente kilogramos 236.000 que, á 0,54 pesetas, valen.....                                   | 127.440       |
| de los cuales se pueden extraer 106.199 kilogramos de cobre que, manufacturados, valen, á 3 pesetas.....                               | 318.597       |
| RESULTANDO UN AUMENTO DE.....  | 191.157       |
| <b>CORCHO EN PLANCHAS.</b> —Se exportan 4.236 kilogramos que, al precio de 0,45 pesetas, valen.....                                    | 1.906,20      |
| y transformados en tapones valdrian, á 5 pesetas.....  | 21.180        |
| RESULTANDO UN AUMENTO DE.....  | 19.273,80     |
| <b>CORCHO EN CUADRADILLOS.</b> —Se exportan 47.019 kilos anualmente que, al precio de 2,75 pesetas, valen....                          | 129.302,25    |
| y transformados en tapones valdrian, á 5 pesetas.....  | 235.095       |
| RESULTANDO UN AUMENTO DE.....  | 105.792,75    |
| <b>CORCHO EN SERRÍN.</b> —Se exportan 947.733 kilogramos que, á razón de 0,10 pesetas, valen.....                                      | 94.733,30     |
| y transformados en linoleum, con deducción del 10 por 100 por el entramado, valdrian, á 1,10 pesetas...                                | 938.255,67    |
| RESULTANDO UN AUMENTO DE.....  | 843.482,37    |
| <b>PIELAS.</b> —Se exportan anualmente pieles sin curtir, en cantidad de 126.053 kilogramos que, al precio de 3,90 pesetas, valen..... | 491.606,70    |
| y curtidas valdrian, á un precio medio de 10 pesetas...  | 1.202.530     |
| RESULTANDO UN AUMENTO DE.....  | 768.923,30    |
| <b>LANAS.</b> —Se exportan 159.124 kilogramos de lana sucia que, á 1,70 pesetas, valen.....  | 270.527,80    |
| y transformadas en tejidos de los más corrientes valdrian, á 13 pesetas.....   | 2.068.742     |
| RESULTANDO UN AUMENTO DE.....  | 1.798.214,20  |
| <b>LÍAS DE VINO.</b> —Se exportan 564.234 kilogramos que, al precio de 0,50 pesetas, valen.....  | 282.117       |
| de las cuales se pueden extraer 141.058 kilogramos de ácido tártrico que valen, á 5 pesetas.....                                       | 705.173       |
| RESULTANDO UN AUMENTO DE.....  | 423.173       |

**MERCANCIAS VARIAS.**—Suponemos que este grupo de mercancías, constituido principalmente por el vino ordinario, no es susceptible de una elaboración que le diera más valor, aunque tampoco esto sería muy difícil de conseguir.

**PIRITA FERRO-COBRIZA.**—Entre las diversas clases de minerales que se encuentran en esta zona, los de este grupo son los más apreciados por sus múltiples aplicaciones.

En efecto, de ellos se obtiene en primer lugar el cobre; el residuo de esta operación, sometido á cierto tratamiento, produce el ácido sulfúrico (1), base principal de la floreciente industria química moderna; y, finalmente, la parte sobrante aun no utilizada constituye un mineral de hierro de alta graduación, susceptible de producir abundante cantidad de este metal.

Esta industria de elaboración de productos químicos que en el extranjero está muy desarrollada se halla en España en sus comienzos, resultando, por consecuencia, que la guerra, al dificultar la importación de aquellos productos, ha perturbado multitud de industrias derivadas que los consumía.

Entre estos productos químicos, los de mayor consumo y necesidad son el sulfato de cobre y los abonos minerales (superfosfatos), cuyo empleo se va extendiendo rapidísimamente en España á medida que se van conociendo sus ventajas y que se van ampliando las zonas regables en las cuales se necesitan en mucha mayor proporción que en las de secano.

Tenemos ya varias fábricas de estos abonos situadas en Barcelona, Bilbao, Sevilla, Valencia, Avilés, Pasajes y Palma de Mallorca, para las cuales se exportaron de Huelva el año pasado 61.526,62 toneladas de piritas ferruginosas, y, sin embargo, se importan todavía del extranjero 161.046,97 (año 1912) toneladas de superfosfatos que son fabricados con nuestras piritas, pagando grandes cantidades por fletes, transportes, derechos de Aduanas, etcétera, etc.

Resumen de las mercancías generales.

| DESIGNACIÓN de las mercancías. | Exportación. — Kilogramos. | Valoración en bruto. — Pesetas. | Valoración transformada. — Pesetas. | AUMENTO — Pesetas. |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Cera.....                      | 21.019                     | 63.057                          | 71.464,60                           | 8.407,60           |
| Cobre en torales..             | 20.485.586                 | 32.776.937,60                   | 61.456.758                          | 28.679.820,40      |
| Cobre en papuchas.....         | 236.000                    | 127.440                         | 318.597                             | 191.157            |
| Corcho en planchas.....        | 4.236                      | 1.906,20                        | 21.180                              | 19.273,80          |
| Corcho en cuadradillos.....    | 47.019                     | 129.302,25                      | 235.095                             | 105.792,75         |
| Corcho en serrín..             | 947.733                    | 94.773,30                       | 938.255,67                          | 843.482,37         |
| Pielas.....                    | 126.053                    | 491.606,70                      | 1.260.530                           | 768.923,30         |
| Lanas.....                     | 159.124                    | 270.527,80                      | 2.068.742                           | 1.798.214,20       |
| Lías de vino.....              | 564.234                    | 282.117                         | 705.290                             | 423.173            |
| Varias.....                    | 40.294.698                 | 14.103.144,30                   | 14.103.144,30                       | »                  |
| TOTAL.....                     | 62.885.712                 | 48.340.812,15                   | 81.179.056,57                       | 32.838.244,42      |

(1) **Acido sulfúrico.**—Es tan importante la elaboración de este ácido y tiene esta producción tal relación con la riqueza industrial de un país, que la medida de dicha riqueza la da la cantidad que se consume de ácido sulfúrico.

En efecto, basta considerar que los abonos minerales y el sulfato de cobre se fabrican con él y que es base de numerosísimas industrias tales como la jabonera, la de bujías esteáricas, glucosa, elaboración del éter, de los ácidos nítrico, clorhídrico, sulfuroso, carbónico, cítrico, acético y otros varios.

También es principal ingrediente en la obtención del hidrógeno, del cloro, del fósforo, así como de muchos productos de tintorería y farmacia.

A pesar de esto, en Huelva hasta ahora no hay más que una fábrica de estos abonos, y ésta pertenece á la Compañía de Riotinto ó á una derivada de ésta, extranjera como ella, la cual creemos que produce 60.000 toneladas anualmente.

Esta lamentable anomalía manifiesta con la mayor evidencia la atonía industrial de esta comarca onubense, constituyendo un caso de estudio que seguramente será apreciado con interés por la Junta de Inicativas, la cual ha de buscar los medios para que esas 160.000 toneladas de superfosfatos que se importan del extranjero sean fabricadas aquí utilizando los productos de las piritas ferro-cobrizas, después de la obtención de su cobre.

|  |               |
|--|---------------|
| Esta clase de mineral se exportó el año 1913 en cantidad de 900.843 toneladas, las cuales valen, según se consigna en el estado que precede, pesetas.....  | 22.329.488,81 |
| Si se toma una ley media del 2 por 100 de cobre, la cual nos parece moderada, tendríamos una cantidad de 18.136.860 kilogramos de cobre, que manufacturado en la forma antes expresadas, valdrían pesetas..... | 54.410.500    |
| Con las piritas descobrizadas podrían fabricarse unas 900.000 toneladas de ácido sulfúrico, que valen próximamente, pesetas.....   | 144.000.000   |
| Aun tendríamos como residuo un mineral de hierro que podría, convenientemente tratado, producir 452.420 toneladas de lingotes que valen á 120 pesetas.....   | 54.410.400    |
| Resulta, pues, que las piritas ferro-cobrizas que se exportan al extranjero valen.....   | 22.329.488,81 |
| y podrían valer:   |               |
| Por cobre.....   | 54.410.500    |
| Por ácido sulfúrico.....   | 144.000.000   |
| Por hierro.....  | 54.410.400    |

TOTAL..... 252.820.900

Aumento de valor..... 230.491.411,19

Pero hay que considerar que para producir el ácido sulfúrico que corresponde á la importación actual de abonos y sulfato de cobre, bastarían 100.000 toneladas de estos minerales; y aunque tengamos en cuenta que este consumo aumentará considerablemente con los adelantos agrícolas modernos y con los cultivos intensos que corresponden á las obras de riego en construcción, es bastante suponer un consumo próximo triple del actual, y, por consiguiente, la cuenta anterior se reduciría á la siguiente:

|  | Pesetas.   |
|--|------------|
| Por cobre: 6 000 toneladas á 3.000.....                        | 18.000.000 |
| Por ácido sulfúrico: 300.000 toneladas á 160.....              | 48.000.000 |
| Por hierro (1): 150.000 toneladas á 120.....                   | 18.000.000 |
| Sobrante de pirita ferro-cobrizas: 600 000 toneladas á 23..... | 13.800.000 |
| TOTAL.....   | 97.800.000 |

Resulta, por consiguiente, que el aumento de valor en la práctica quedaría reducido á 75.470.513.

Si se tiene en cuenta que esta clase de minerales va escaseando y conviene economizarla todo lo posible, y si se considera al mismo tiempo que esas 800.000 toneladas que hemos calculado como sobrantes, exportadas como simple mineral, no valen más de 14 millones de pesetas, mientras que convenientemente tratadas valdrían más de 166 millones, resultará que se pierden anualmente para Huelva y su región 152 millones de pesetas, que quedarían

(1) Solamente para emplearlo en la cementación del cobre se importan por este puerto anualmente unas 32.000 toneladas de lingotes de hierro.

en beneficio de la Nación si como medidas de Gobierno se pudiera impedir, ó, por lo menos, dificultar esa gran pérdida que nuestra Nación viene sufriendo.

PIRITAS DE HIERRO.—Este mineral es el más abundante en esta zona y constituye la base principal de la exportación, habiendo llegado ésta el año 1913 á 1.951.487.410 toneladas.

Sus aplicaciones principales son la fabricación del ácido sulfúrico y la obtención del hierro.

La importancia de estas minas es muy grande, pues constituyen tres cuartas partes de la producción mundial (2).

Pero si nos atenemos á los datos de M. Gouin, que no han de estar muy descaminados, ya que han sido obtenidos por un Ingeniero especialista que durante varios años ha estado estudiando las minas de esta región, y si tenemos en cuenta que las poderosas Compañías de Riotinto y Tharsis tratan de ampliar en gran escala sus medios de embarque, puede calcularse que esta gran riqueza se agotará en un período de cincuenta á sesenta años.

Huelva volverá entonces á su antigua insignificancia si no se procura que una parte de esta riqueza se dedique á desarrollar la industria que estos elementos permiten y á construir un puerto que tenga vida propia.

Claro está que si estos minerales pudieran beneficiarse aquí produciría una cantidad casi fabulosa, porque su valor por tonelada de 13 pesetas se elevaría á 220, resultando una diferencia de más de 403 millones; pero esto, que algún día pudiera llegar á ser una realidad, no puede considerarse actualmente más que como una aspiración muy lejana.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que España importa anualmente unas 400.000 toneladas de hierro y acero en carriles, maquinaria, buques, etc., etc., cuyo valor excede de 300 millones de pesetas, y quizás hubiera medio de conseguir que en compensación de tan enorme gasto esas 400.000 toneladas que recibimos manufacturadas salieran de España, no en minerales, sino por lo menos en lingotes.

(2) Sobre este particular dice el Ingeniero de Minas M. Gouin en su libro *Pyrites de la région de Huelva*, pág. 6, lo siguiente:

«L'importance industrielle de la région de Huelva, très anciennement connue par la richesse de ses mines de cuivre, s'est accrue considérablement depuis que les pyrites de fer, dont elle renferme d'énormes tonnages, sont universellement employées pour la fabrication de l'acide sulfurique, élément essentiel de l'industrie des produits chimiques et des engrais. Favorisées par la puissance de leurs gisements et la proximité de bons ports, les Sociétés minières de Huelva ont pu étendre l'exportation de ces minerais à mesure que l'emploi des superphosphates se généralisait et prendre une place prépondérante sur le marché en fournissant annuellement aux usines européennes et américaines trois millions de tonnes de pyrites, soit à peu près les trois quarts de la consommation mondiales.»

Respecto de la potencia de los yacimientos de piritas, dice el mismo autor en la pág. 25:

«Ces gisements, dont les chiffres ci-dessus font ressortir l'importance, ont déjà fourni 135 millions de tonnes de minerais de cuivre et de pyrite, ainsi que nous l'indiquerons plus loin, et l'on peut admettre en se guidant sur les déclarations des Sociétés minières, qu'ils renferment encore, à des profondeurs inférieures à 300 m. pour les principales mines et à 500 m. pour celle de San Dionisio, de 275 á 300 millions de tonnes de pyrites de toutes sortes dont 100 á 125 á Riotinto, et de 75 á 100 á Tharsis-La Zarza. Mais au point de vue du cuivre, ces minerais sont sensiblement plus pauvres que ceux déjà extraits, les massifs de pyrite contenant plus de 1,50 % de cuivre étant fortement entamés dans la plupart des exploitations, celles de Riotinto exceptées.»

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

Entonces admitiendo que la mitad de ese tonelaje fuera procedente de nuestras piritas y contando con que de las ferro-cobrizas hemos supuesto que se extraerían 150.000, de las cuales, descontando 32.000 que se emplean en las minas de cobre queden unas 118.000, habría que beneficiar para obtener las 32.000 restantes unas 164.000 toneladas de piritas de hierro, con lo cual se obtendría un beneficio, teniendo en cuenta el valor del ácido sulfúrico que pueden dar, de:

|  | Pesetas.          |
|--|-------------------|
| 164.000 toneladas de ácido sulfúrico, á 160 pesetas. . . . . | 26.240.000        |
| 82.000 ídem de hierro en lingotes, á 120 pesetas. . . . .    | 9.840.000         |
| <b>TOTAL . . . . .</b>                                       | <b>36.080.000</b> |

La necesidad de tomar medidas encaminadas á este fin se comprenderá aún mejor si consideramos que, según decimos más arriba, importa España anualmente cerca de 400.000 toneladas de hierro y acero manufacturado, que, según nuestros cálculos, deducidos de las estadísticas oficiales, le cuesta 313.472.357 pesetas, y como al mismo tiempo se dejan de ganar al exportar estas piritas 403 millones de pesetas, resulta realmente que la pérdida actual para el país por este concepto excede de 700 millones de pesetas.

**MINERALES VARIOS.**—Los minerales comprendidos en este grupo son casi exclusivamente los de hierro, procedentes de minas de Extremadura, que son transportados por el ferrocarril de Zafra á Huelva.

El año 1913 se exportaron de estos minerales 78.228.600 toneladas, que se distribuyeron entre Holanda, Alemania é Inglaterra; su valor al precio oficial asciende á pesetas 860.514,60, y transformada en lingotes podrían valer más de tres millones y medio de pesetas.

Estos minerales, que, según parece, abundan extraordinariamente en Extremadura y se explotarán cuando se construyan algunos ferrocarriles que hay proyectados, supondremos que se exportan en su totalidad tal como se extraen, y por consiguiente sin producir más aumento de riqueza que el que resulte de las futuras explotaciones mineras.

De lo expuesto sobre los minerales resulta el siguiente resumen:

Resumen de los minerales.

| DESIGNACIÓN<br>DE LOS MINERALES                          | Exportación          | Valoración<br>en<br>bruto. | Valoración<br>transformada. | AUMENTOS              |
|--|----------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
|  | Kilogramos           | Pesetas.                   | Pesetas.                    | Pesetas.              |
| Cáscara de cobre. . . . .                                | 4.812.036            | 5.533.841,40               | 14.436.108                  | 8.902.266,6           |
| Manganeso. . . . .                                       | 23.550.487           | 353.257,30                 | 353.257,30                  | *                     |
| Piritas cobrizas hasta el 2,50 por 100 de cobre. . . . . | 829.365.190          | 22.329.488,81              | 97.800.000                  | 75.470.511,19         |
| Piritas cobrizas de más de 2,50 por 100. . . . .         | 77.478.390           | 1.951.487,410              | 61.442.336,33               | 36.080.000            |
| Piritas de hierro. . . . .                               | 78.228.600           | 860.514,60                 | 860.514,60                  | *                     |
| Minerales varios. . . . .                                |                      |                            |                             |                       |
| <b>TOTAL. . . . .</b>                                    | <b>2.964.922,043</b> | <b>54.446.438,44</b>       | <b>174.890.216,23</b>       | <b>120.452.777,70</b> |

Tendremos, por consiguiente, reuniendo los dos grupos en que hemos dividido el tráfico de exportación, que el aumento de la riqueza que se obtendría anualmente sería:

|  | Pesetas.              |
|--|-----------------------|
| Por las mercancías generales . . . . . | 32.838.244,42         |
| Por los minerales. . . . .             | 120.452.777,79        |
| <b>TOTAL PESETAS ANUALES. . . . .</b>  | <b>153.291.022,21</b> |

Aunque los datos y consideraciones que preceden no son el resultado de un estudio detenido y profundo de las industrias que aquí se podían implantar, sino más bien una recopilación de ideas que todo el mundo en Huelva conoce, bastan, sin embargo, para hacer comprender la enorme transformación que aquí se produciría al aumentar la riqueza anual en la cantidad consignada más arriba, pues sólo con este aumento podrían vivir más de 70.000 familias.

Hay que tener presente, además, que una vez establecidas estas elementales industrias de productos primarios, vendrían pronto otras fábricas más complicadas y perfectas para transformar aquéllos en objetos de elaboración más difícil, que son los que producen mayor utilidad al país.

La realización de estos ideales, además de producir la riqueza de esta región y de conservarla por un tiempo indefinido, evitando la ruina próxima de que está amenazada, tiene todavía una ventaja superior á las expresadas, pues produciría también la *independencia industrial* que es indispensable para la vida de las naciones.

*Auxilios complementarios é indirectos que deben pedirse á la Superioridad.*—Además de la acción directa y peculiar para esta región que el Gobierno podría ejercitar en el sentido que hemos expuesto en lo que precede y de las medidas de carácter general para toda España que pueden dictarse encaminadas al mismo fin, tales como la excepción de contribuciones é impuestos para las nuevas industrias, rebajas de tarifas de transportes, concesión de primas, etc., etc., debemos consignar aquí otros medios ó auxilios complementarios é indirectos que la Superioridad quizás podría conceder, y con los cuales es indudable que este puerto y su región recibirían un poderoso impulso.

Estos auxilios consistirán en facilitar las construcciones é instalaciones siguientes:

- 1.º Muelle de fábrica de este puerto.
- 2.º Vías de servicio del terraplén Sur del mismo.
- 3.º Concesión de una zona franca.
- 4.º Terminación del ferrocarril de Ayamonte á Huelva; y
- 5.º Facilitar el estudio y construcción del ferrocarril de Serpa (Portugal) á Huelva y el de Fregenal á Badajoz.

*Muelle de fábrica (1).*—La construcción de esta obra ya hemos dicho que ha de facilitar mucho las operaciones del puerto para el servicio de mercancías generales y, por consiguiente, para el desarrollo de la industria local.

Aquí hemos de añadir que, hallándose ya en muy mediano estado el muelle provisional que actualmente se utiliza para las mercancías generales, debe pedirse á la Superioridad que se ultime el expediente del proyecto del muelle de fábrica, á fin de que pueda contruirse cuanto antes, evitándose el grave perjuicio que resultaría si el muelle viejo se inutiliza antes de estar el otro construido.

El Ingeniero-Director del puerto,

F. MONTENEGRO.

(Continuara.)

## OBRAS DEL PUERTO DE HUELVA

Nota sobre los principales elementos de riqueza que existen en la región onubense. <sup>(1)</sup>

(CONCLUSIÓN)

*Vías de servicio del terraplén Sur.*—En la zona de este terraplén hay disponible una superficie de más de 120 hectáreas (2), donde podrían establecerse numerosas fábricas facilitándoles los solares á precio moderado.

Por el borde de un terraplén estamos construyendo una carretera y se proyecta también una vía férrea (3), cuyas obras no deben suspenderse, pues no podría establecerse ninguna industria sin tener fácil comunicación con la capital y con sus estaciones ferroviarias.

*Zona franca.*—El terraplén antedicho reúne inmejorables condiciones para establecer depósitos y almacenes internacionales, por ser muy fácil el aislamiento sin que esta condición excluya la fácil comunicación con el interior.

En la proximidad de aquel sitio la ría tiene mucho fondo y si más adelante fuera necesario podría construirse allí un muelle en espigón para los grandes vapores transatlánticos que encontrarían un buen fondeadero (en la Memoria de esta Dirección facultativa, pág. 175, se da noticia detallada de esta obra).

Las facilidades que esta zona franca prestaría al comercio local son evidentes y debe pedirse al Gobierno su concesión (4).

*Terminación de los ferrocarriles afluyentes que hay proyectados.*—Huelva dejará de ser un rincón de España y además se dilatará su radio de influencia cuando se construyan las vías férreas que marcamos de tinta carmín en el adjunto plano de la región; por eso consignamos aquí la necesidad de construir las como complemento de las anteriores.

*FERROCARRIL DE AYAMONTE Á HUELVA.*—Esta vía tiene una gran influencia sobre el porvenir de nuestro puerto por constituir un afluente más que aportaría los productos de una zona de cierta importancia, y además serviría de enlace con Portugal.

Esta última ventaja es la que, á nuestro juicio, da más valor á esa vía férrea, porque una vez que fuera construí-

da y abierta á la explotación nuestra capital dejaría de ser una estación de término, convirtiéndose en otra de tránsito de una línea internacional entre Lisboa y Sevilla, cuya ruta actual por Mérida se acortaría unos 21 kilómetros.

El gran número de americanos que vienen en los magníficos transatlánticos que hacen escala en Lisboa pasarían por Huelva para venir á España si además de ser este el camino más corto le ofrece el poderoso atractivo de poder visitar de paso La Rábida y los lugares donde tuvo origen el gran hecho histórico del descubrimiento de América.

La vía férrea y la carretera que estamos construyendo siguiendo la margen del terraplén Sur, tendrán el doble objeto de preparar aquella zona para el establecimiento de industrias, según antes se dijo, y de servir de paso á La Rábida, sirviendo esa corriente de turismo que puede reportar grandes beneficios.

Desgraciadamente la guerra ha desbaratado estos cálculos, pues la Compañía concesionaria del citado ferrocarril, aunque se titula Sociedad española de ferrocarriles secundarios, está compuesta casi exclusivamente de personal francés, que habiendo sido llamado á filas ha dejado abandonados los trabajos que estaban ya bastante adelantados y permitían esperar un próximo término.

Sería muy conveniente que se pidiera á la Junta de Iniciativas que estudiara la manera de hacer que se reanudarán esos trabajos, facilitando á la Compañía los elementos que ha perdido con la guerra (1).

*FERROCARRIL DE SERPA (PORTUGAL) Á HUELVA.*—Este ferrocarril de gran importancia para nuestro puerto, tanto por su presunto gran tráfico de mercancías (atraviesa una zona muy abundante en yacimientos de minerales) como por el de viajeros (acorta el camino actual entre Lisboa y Sevilla en 166 kilómetros), se estaba empezando á estudiar por una Comisión de la Sociedad española de ferrocarriles secundarios, habiendo quedado también paralizados esos trabajos por la misma causa que los de la línea de Ayamonte á Huelva.

También sería muy conveniente pedir á la Junta de Iniciativas que se interesara porque se ultimara este proyecto, ya aprovechando los trabajos de la Comisión referida ó lo que sería aun mejor, prescindiendo de aquellos y dando facilidades para que la iniciativa particular los emprenda de nuevo.

*FERROCARRIL DE FREGENAL Á BADAJOZ.*—El proyecto de esta vía está en los últimos trámites para su aprobación, pues según tenemos entendido ha sido ya confrontado por la tercera División de Ferrocarriles y sólo falta ultimar algunas reformas ordenadas por aquella.

Esta vía cruza una comarca muy rica de Extremadura que quedará en comunicación con el puerto de Huelva por medio de la vía de Zafra á esta capital, en cuya estación de Fregenal se hará el empalme.

Calcula el autor del proyecto en 500.000 las toneladas de mineral que por esta vía afluirán anualmente á nuestro puerto, además de un tráfico importantísimo de productos agrícolas de aquella feraz comarca.

(1) Véase el número anterior.

(2) Esta superficie se va ampliando con los productos que se extraen de la excavación para el emplazamiento del muelle de fábrica y con los de la conservación de los fondos del estuario.

(3) También de ésta se están construyendo ya los 2 kilómetros primeros.

(4) Un hecho posterior ha venido á ampliar nuestras pretensiones sobre este particular, pues la concesión de los depósitos de nitratos que, según tenemos entendido, el Gobierno chileno ha pedido al español, en ninguna parte estarían más indicados que en nuestro puerto, que además de reunir las condiciones más arriba apuntadas, tiene el privilegio de ser el centro de exportación de piritas más importante del mundo.

Sabido es que estas dos sustancias debidamente combinadas producen los ácidos sulfúrico y nítrico, que son la base de la importante industria química moderna, y la feliz circunstancia de hallarse aquí ambas materias primordiales daría lugar seguramente á la instalación de fábricas que estarían más justificadas que en ninguna parte.

(1) A pesar del tiempo transeurrido desde que escribimos lo anterior, las obras continúan abandonadas, destruyéndolas los agentes atmosféricos y los malhechores.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

También es muy interesante, por consiguiente, recomendar á la Junta de Iniciativas este proyecto (2).

*Conclusiones.*—De cuanto queda expuesto resulta que, para resolver el grave problema que la conflagración europea ha provocado en el puerto de Huelva, se necesita poner en práctica dos clases de medidas: unas que resuelvan rápidamente la gravísima crisis económica de actualidad, y otras que sirvan para desarrollar el espíritu industrial del país, asegurando la vida del puerto y de la comarca para un amplio período.

Las medidas de carácter urgente son dos:

a) Concesión de una subvención extraordinaria mientras duren las presentes circunstancias de 37.500 pesetas mensuales.

b) Autorizar á la Junta para que establezca un impuesto extraordinario, en la forma explicada en esta Memoria, para poder recaudar una cantidad igual á la anterior.

Las medidas encaminadas á fomentar la riqueza industrial del país, asegurando su vida futura y la del puerto, son las siguientes:

c) Aprobación del proyecto de muelle de fábrica.

d) Concesión de una zona franca.

e) Continuación de las obras del ferrocarril de Ayamonte á Huelva.

f) Facilitar el estudio del proyecto de ferrocarril de Serpa (Portugal) á Huelva.

g) Aprobar el proyecto de ferrocarril de Fregenal á Badajoz y facilitar su construcción.

h) Concesión de medidas de carácter general relativas al abaratamiento del carbón y de los transportes, supresión de los derechos de importación de las primeras materias, estableciendo primas de exportación á los productos manufacturados en el país, eximiendo á las nuevas industrias del pago de contribuciones é impuestos durante los primeros años, etc., etc.

Estas conclusiones, ampliadas como la Junta de Obras lo estime conveniente, deben ser presentadas al excelentísimo Sr. Ministro de Fomento, impetrando la concesión inmediata de las tres primeras y suplicando que las demás sean pasadas para su estudio á la Junta de Iniciativas, como previene el art. 3.º del Real decreto de 18 del corriente, que ha creado este organismo oficial.

Huelva 29 de Septiembre de 1914.—El Ingeniero-Director, *F. Montenegro*.

## EPILOGO

El 29 de Septiembre de 1914 suscribimos la Memoria que precede, y como puede verse por las notas que sucesivamente hemos insertado, muy poco hay que agregar ó rectificar á lo que entonces expusimos.

En efecto, la gran guerra que entonces se desarrollaba en el centro de Europa, al tomar las proporciones á que ha llegado de catástrofe universal, ha venido á confirmar nuestros temores y á justificar la necesidad de poner en práctica medidas que atajen al mal, tanto en lo que afecta á Huelva como á España entera.

El tráfico de nuestro puerto, reducido en su tercera parte, ha rebajado los ingresos en la misma proporción, y

(2) El autor de este proyecto nos ha manifestado que fueron ya hechas las reformas pedidas por la Superioridad y continúan los trámites necesarios para llegar á su aprobación.

para poder continuar nuestro plan de obras solicitamos una subvención especial, cuyo proyecto de ley fué aceptado y presentado á las Cortes por el Gobierno conservador, si bien por haber surgido la crisis política no pudo ser aprobado, pero esperamos que será oportunamente reproducido dicho proyecto por el Gobierno actual.

Al mismo tiempo, y como complemento de lo anterior, que demuestra el buen deseo y desinterés de la Junta de Obras, la cual entiende que no debe pedirse todo al Estado, y que la región está obligada también á contribuir con su esfuerzo propio, la antedicha Corporación ha acordado pedir autorización al Gobierno para establecer un impuesto extraordinario que en unión de aquella subvención especial salde el déficit de su plan de obras.

También ha venido á demostrar la guerra la ineludible necesidad para las naciones que quieren ser independientes de valerse por sí mismas, produciendo los artículos de su imprescindible consumo al mismo tiempo que economizando sus recursos naturales, lo cual justificaría, en concepto del que suscribe, medidas de Gobierno como las que existen en muchos países encaminadas á ese doble fin.

Por último, también subsiste la conveniencia para este puerto y su región de que se fomenten las obras mencionadas en la Memoria, pero ampliadas con la concesión de los depósitos de nitratos de Chile, los cuales servirían de complemento á nuestras piritas para fundar una poderosa industria química que podría ser una de las bases principales de la regeneración económica de España.

Terminaremos manifestando que ningún resultado positivo hemos obtenido con la Memoria transcrita, por que la Junta de Iniciativas, á quien iba dirigida, fué disuelta antes de que pudiera producir el fruto que de ella se esperaba; pero no por eso hemos de cejar en nuestro empeño de laborar, siquiera sea en modesta escala, por el engrandecimiento de esta región, y para ello nos dan aliento las patrióticas palabras pronunciadas por S. M. el Rey ante los Ingenieros congregados en la Escuela de Minas el día 10 de Abril del año pasado, de cuyo elocuente discurso copiamos los siguientes párrafos:

«El alma de los tiempos ha llevado en las naciones á términos secundarios la función misma del pensamiento en orden á atinar con la solución justa en las relaciones del individuo y la colectividad. Y es sensible hoy como nunca, que una de las raíces más fuertes de la soberanía de los pueblos es su independencia económica frente á los demás.

»Así los Ingenieros españoles de esta época, advertidos ya y notificados hoy de vuestra gran responsabilidad histórica, no podéis rehuir ni el brío en la ofrenda de vuestro esfuerzo, ni el ardor en la consagración de vuestro sacrificio.»

Por eso, cuando el Sr. D. Ricardo de la Rosa nos expuso que al despedirse del Rey para venir á tomar posesión de este Gobierno civil le había S. M. manifestado un gran interés por Huelva y un vehemente deseo de que sus elementos de vida, actualmente en estado latente, se desarrollen en la proporción que merecen, nos ofrecimos inmediatamente á suministrarle estos datos, seguros de que si llegan á conocimiento de tan alto protector, han de ser tomados en consideración y habremos cumplido por nuestra parte el deber que nos impone la notificación hecha por S. M. en su importante discurso.

Huelva 20 de Enero de 1916.

El Ingeniero-Director del puerto,  
*F. MONTENEGRO.*

“El puerto de Huelva”

Francisco Montenegro Calle

*Revista de Obras Públicas* vol. 65, tomo I,  
nº 2.192, septiembre de 1917, pp. 461-463



## El puerto de Huelva.

Los recursos de este puerto han sufrido una considerable reducción por consecuencia de la guerra; tanto por haber disminuído los ingresos, como por haber aumentado considerablemente los gastos.

De la disminución de los ingresos da idea la comparación de los correspondientes al primer semestre del año 1913 con el del año actual, de la cual resulta una baja de 155.618,67 pesetas, que al cabo del año se elevará á 311.237,34, representando esta baja el 16 por 100, aproximadamente, del ingreso de dicho año 1913.

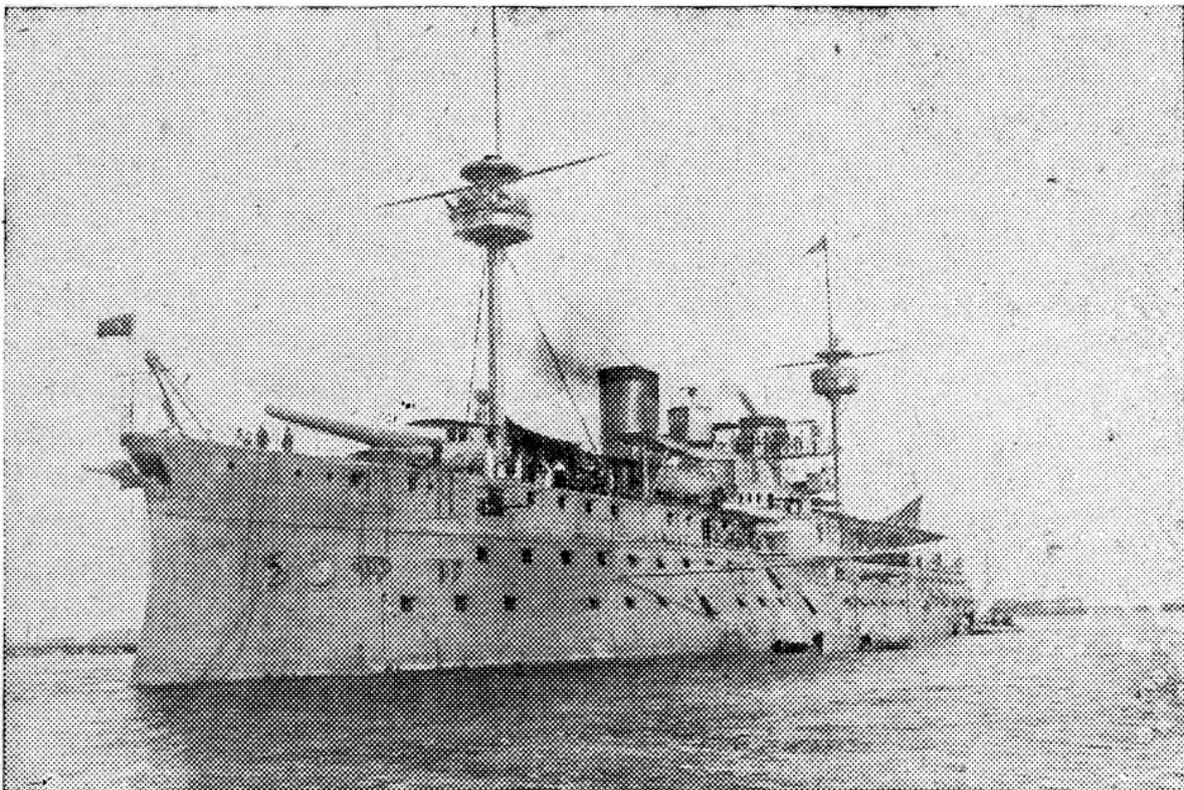
El aumento de gastos debido, principalmente, al mayor valor del carbón y de los materiales, así como también al trabajo más irregular á que obliga la intermitencia del embarque, ha dado lugar á que el gasto por tonelada trashedada que nos resultó el año 1913 á 0,650 pesetas, se eleve en el año actual á 0,992, pro-

90.000 pesetas, aun queda una pérdida de 440.000 pesetas, aproximadamente, que en buena parte podría reducirse elevando los arbitrios por exportación de minerales.

Esta penuria nos ha obligado á ir reduciendo los gastos gradualmente desde que principió la guerra, empezando por suspender las importantes obras del muelle de fábrica que estaban ya en ejecución, habiendo llegado últimamente hasta llevar esta misma determinación con los dragados del interior de la ría, lo cual puede llegar á producir grave perjuicio á las buenas condiciones para la navegación, que se habían llegado á conseguir, como lo prueba el hecho de haber estado fondeado en esta zona de muelles en el mes de Agosto último el acorazado *Pelayo*, de mucho calado y difícil gobierno.

Como recuerdo de este importante acontecimiento se hizo a adjunta fotografía.

Antes de llegar al estado actual de paralización de obras, hemos podido terminar algunas que nos han servido para ir pro-



duciéndose como consecuencia un déficit en el primer semestre de 108.991,25 pesetas, que proporcionalmente será en el año 217.982,50 pesetas.

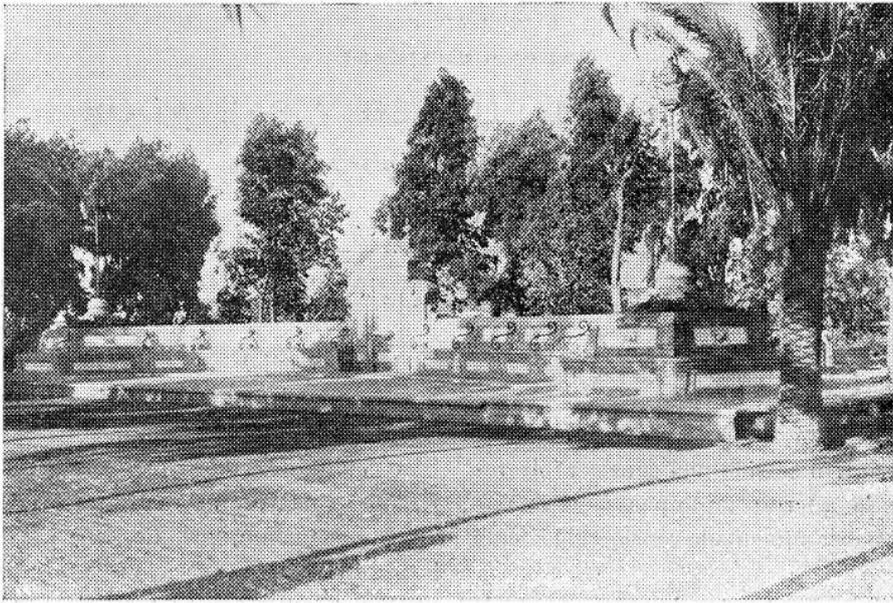
La suma de ambos conceptos primordiales de la reducción de los recursos del puerto será, pues, 529.219,84 pesetas, y como el ingreso total de la Junta el referido año de 1913 fué 2.171.081,33 pesetas, la proporción de la baja actual será de 24 por 100, próximamente.

Para remediar esta gran pérdida, la Junta procura reforzar sus ingresos, habiendo logrado hasta ahora aumentar 20 céntimos de peseta en la tarifa de embarque de minerales no cobrizos. Pero como este aumento no producirá anualmente más que unas

porcionando trabajo á los obreros sobrantes de otros servicios habiendo conseguido por este medio ultimar obras de gran utilidad para el porvenir de este puerto.

Tales son las que inauguró solemnemente el Sr. Gobernador civil de la provincia el 14 de Julio pasado, las cuales consisten en dos muelles de marea y el primer trozo de una vía férrea y de una carretera que constituyen parte del proyecto general de vías de servicio de la zona Sur del puerto.

Para recabar la atención del público y propagar el fin trascendental de estas obras, hemos dado á la Prensa regional una nota de la cual copiamos aquí una parte por tratarse de un asunto de interés nacional.

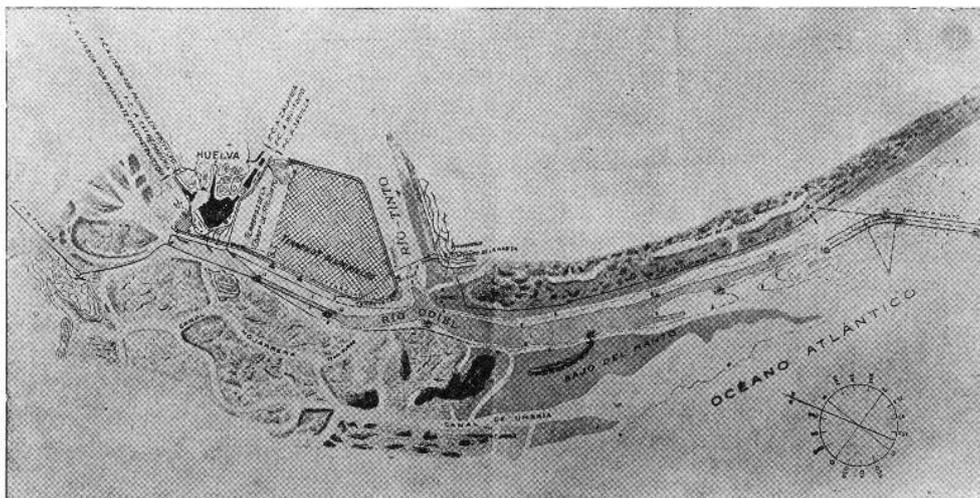


Avenida de la Rábida.—Descansadero.

La carretera se denominará Avenida de la Rábida, si como es de esperar la Dirección general de Obras públicas acepta la propuesta que á tal fin le ha hecho la Junta de Obras del puerto, justificando tal nombre la dirección ó traza de este camino que ha de pasar por la margen derecha del río Tinto y dará acceso á un muelle que, confrontando con el de la Rábida, servirá para facilitar el paso á este histórico lugar.

te, para mover á la Junta de Obras del puerto á llevarla á cabo, sin otras razones más íntimamente ligadas con su finalidad, que no puede ser otra que procurar el engrandecimiento del puerto de Huelva, y, por ende, de la capital y de la región.

La probable prosperidad de la zona de Huelva y la influencia que en esa prosperidad han de tener las obras recientemente inauguradas, son dos cosas evidentes á nuestro juicio, y creemos



Hasta ahora el público no ve en estas obras más utilidad que la que corresponde á un hermoso paseo donde puede disfrutar de la agradable temperatura que proporcionan las brisas marinas y la sombra de sus frondosas arboledas, gozando al mismo tiempo de la hermosa perspectiva de la ría, que especialmente en las horas de marea llena constituye un espectáculo verdaderamente grandioso.

Pero esta aplicación, que sería suficiente para justificar la necesidad de una obra municipal, no hubiera bastado, seguramen-

te, para serlo también para todos aquellos ciudadanos españoles que tengan fe en la vitalidad de la raza y en la subsistencia de España como país independiente.

Estamos en una región que en años normales venía exportando al extranjero por el puerto de Huelva mercancías valoradas, admitiendo los precios anteriores á la guerra, aproximadamente en unos 103 millones de pesetas.

Casi la totalidad de esas mercancías se exportan tal como la naturaleza las produce, llevándolas á otros países más civilizados,

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

donde las transforman en productos manufacturados necesarios para nuestra vida, los cuales nos son devueltos pagando por ellos más de diez veces lo que valían cuando salieron de aquí.

Este desventurado comercio de nuestra región, repitiéndose en otras muchas de España, además de dilapidar la riqueza natural de la Nación, nos coloca en tales condiciones de dependencia y de inferioridad con relación á los demás países europeos, que si no hacemos un poderoso esfuerzo para colocarnos al nivel de éstos, aprovechando la favorable situación en que nos ha colocado nuestra actitud neutral, seguramente que al resolverse la terrible conmoción mundial que está produciendo la guerra, la situación de España como estado independiente quedará muy comprometida.

Este poderoso esfuerzo se está realizando ya iniciado por el Gobierno, que está dedicando su atención preferente á la defensa del país y al fomento de sus riquezas naturales, cuya iniciativa va siendo secundada por todas las clases sociales que principian á dedicar su atención á estas importantes cuestiones, y se va creando ambiente favorable para una obra de regeneración general de cuya necesidad no hay quien dude.

Consecuencia de todo esto será que nuestros vinos se perfeccionarán aquí, que nuestros corchos, nuestras lanas, nuestras pieles, etc., serán aquí transformados en multitud de objetos útiles y costosos que harán subir su valor actual de unos 16 millones á más de 100 y, sobre todo, que nuestra inmensa riqueza minera, que vale tal como se exporta actualmente unos 87 millones de pesetas, al ser transformada en productos químicos, abonos y objetos de hierro y cobre, etc., valdrían más de 700, al mismo tiempo que nos proporcionaría los materiales indispensables para fabricar explosivos, proyectiles, cañones y submarinos y otros elementos de defensa, zafándonos de la peligrosa y hasta vergonzosa situación en que actualmente nos coloca desde este punto de vista la dependencia del extranjero.

Tendremos, pues, que la industrialización de los productos de nuestra región puede producir anualmente, á más de los pro-

ductos necesarios para la defensa nacional, un aumento en su riqueza de más de 700 millones de pesetas.

Ahora bien, si en el puerto de Huelva, á más de las facilidades para la navegación correspondientes á su categoría de primer orden, el Gobierno y los particulares disponen de una extensa zona de cerca de 700 hectáreas, con acceso marítimo por tres de sus lados, surcada por numerosas vías férreas y carreteras que, subdividiendo su superficie, facilitan el acceso de todas sus parcelas con las estaciones ferroviarias y su unión por éstas con el interior de la región, es claro y evidente que la mayor parte de esa industria regional se instalará en la zona del puerto, y que no será una vana fantasía la perspectiva de un Huelva tan grande y próspera como pueda serlo Sevilla, Valencia ó Bilbao.

También es muy importante el beneficio que esta avenida ha de reportar á Huelva cuando se termine el ferrocarril de Ayamonte, y pueda por ella establecerse una corriente de turismo americano que al desembarcar en Lisboa y quizás también en Huelva mismo, para visitar la Península, ha de buscar este camino de la Rábida como su cauce natural, que la ha de conducir al centro de España.

Resulta, por consiguiente, como al principio expusimos, que las obras inauguradas el día 14 de Julio último constituyen algo más que un hermoso paseo para solaz del público; pero si ha de llegar algún día á cumplir su misión trascendental, precisa que todo el que transite por él piense en lo que aquella gran llanura puede representar en el futuro bienestar de la patria chica y de la grande si todos ponemos en la obra de su aprovechamiento buena voluntad y perseverancia.

Si al difundirse las ideas que quedan apuntadas por la amplia esfera de acción que alcanza la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, alguien las toma en consideración y desea datos más concretos, con mucho gusto le suministraremos cuantos sean necesarios, y pondremos á su disposición nuestra experiencia de quince años de permanencia en este país.

F. MONTENEGRO.

Huelva y Septiembre de 1917.

“Reforma del faro de Málaga”

Anónimo

*Revista de Obras Públicas* vol. 65, tomo I,  
nº 2.194, octubre de 1917, pp. 485-487



## REFORMA DEL FARO DE MALAGA



Faro de Málaga.—Fachada principal.

A principios del corriente año empezó á lucir el faro de Málaga terminada su reforma.

Ésta se ha extendido al edificio, al aparato óptico y al sistema de iluminación.

La mejora del edificio consiste en haber levantado un piso modificando la distribución interior. De este modo quedan dos departamentos destinados á vivienda de los torreros con habitaciones amplias y en número suficiente, mejorando algo también

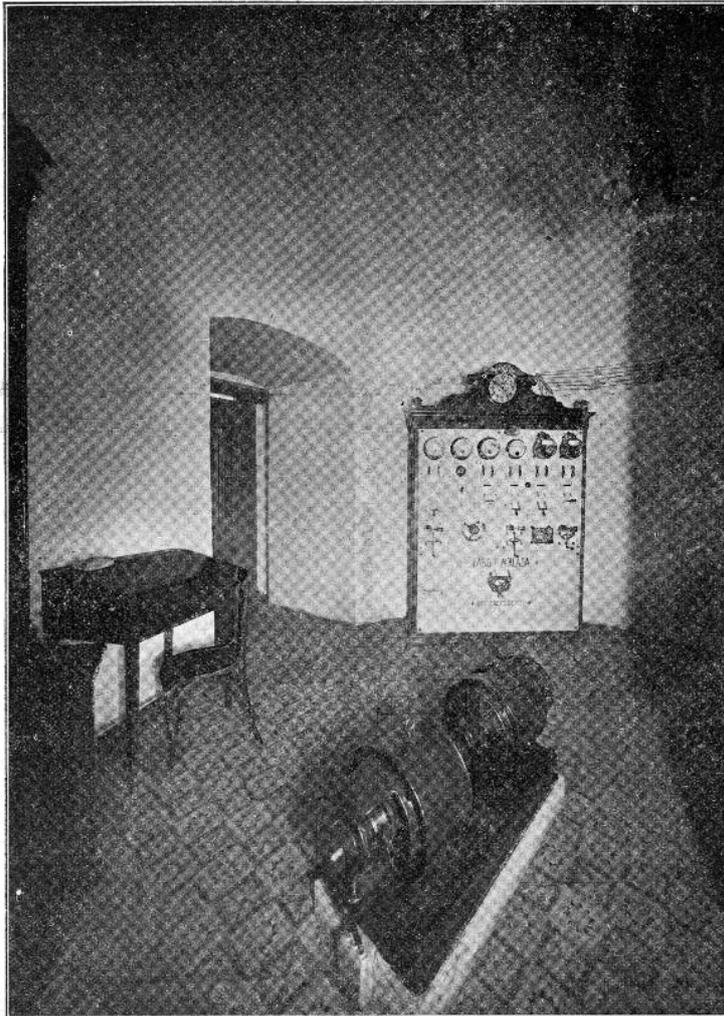
el aspecto exterior, que resulta desproporcionado por las grandes dimensiones transversales que tiene la torre.

El aparato óptico de luz fija blanca se ha transformado en otro de tres destellos blancos alternando con uno aislado, aprovechando cuatro lentes de siete elementos verticales que había en el faro (pues primitivamente fué de luz fija variada por destellos), construyendo otros cuatro iguales para que aprovecharan toda la luz de la óptica de luz fija en sentido vertical.

El basamento es de flotador de mercurio construido en los

|                       | Segundos. |
|-----------------------|-----------|
| Luz.....              | 0,26      |
| Ocultación corta..... | 2,52      |
| Idem larga.....       | 6,96      |

Este aprovechamiento de las ópticas antiguas resulta muy económico, porque la economía se extiende á las linternas existentes poligonales, que no es necesario variar en cuanto á tamaño, porque sigue siendo el mismo aparato óptico, ni en cuanto á forma, es decir, hacerlas de planta circular para evitar la for-



Alternador, dínamo y cuadro de distribución.

talleres de Madrid de la Sociedad Española de Construcciones metálicas.

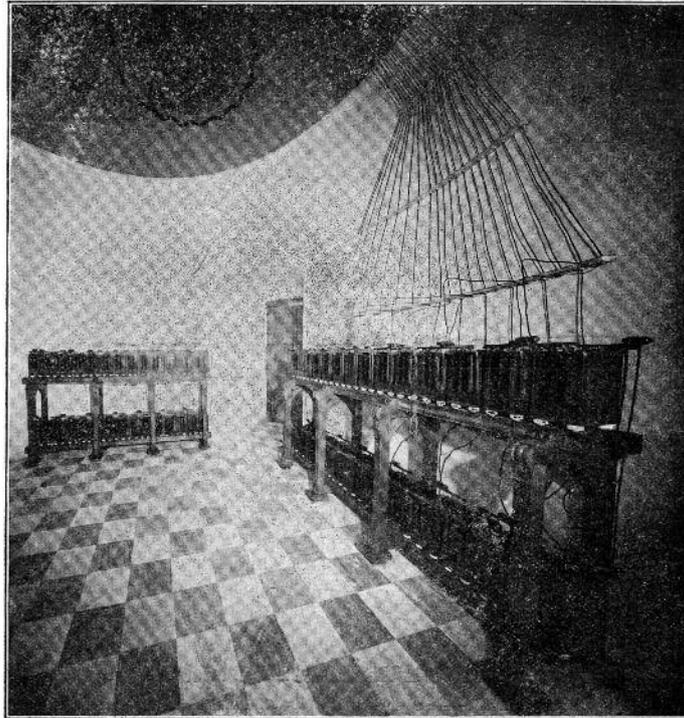
La armadura giratoria lleva seis montantes de acero que sostienen de dos en dos las ocho lentes, agrupándolas de modo que den la apariencia deseada de grupos de tres y un destellos. Cada una de las lentes verticales cubre un ángulo de 45°, resultando un total de 180°. Los otros 180° quedan cubiertos por unas chapas de acero ennegrecido.

El giro se hace en veinte segundos, resultando las siguientes duraciones para un foco de 30 milímetros de diámetro:

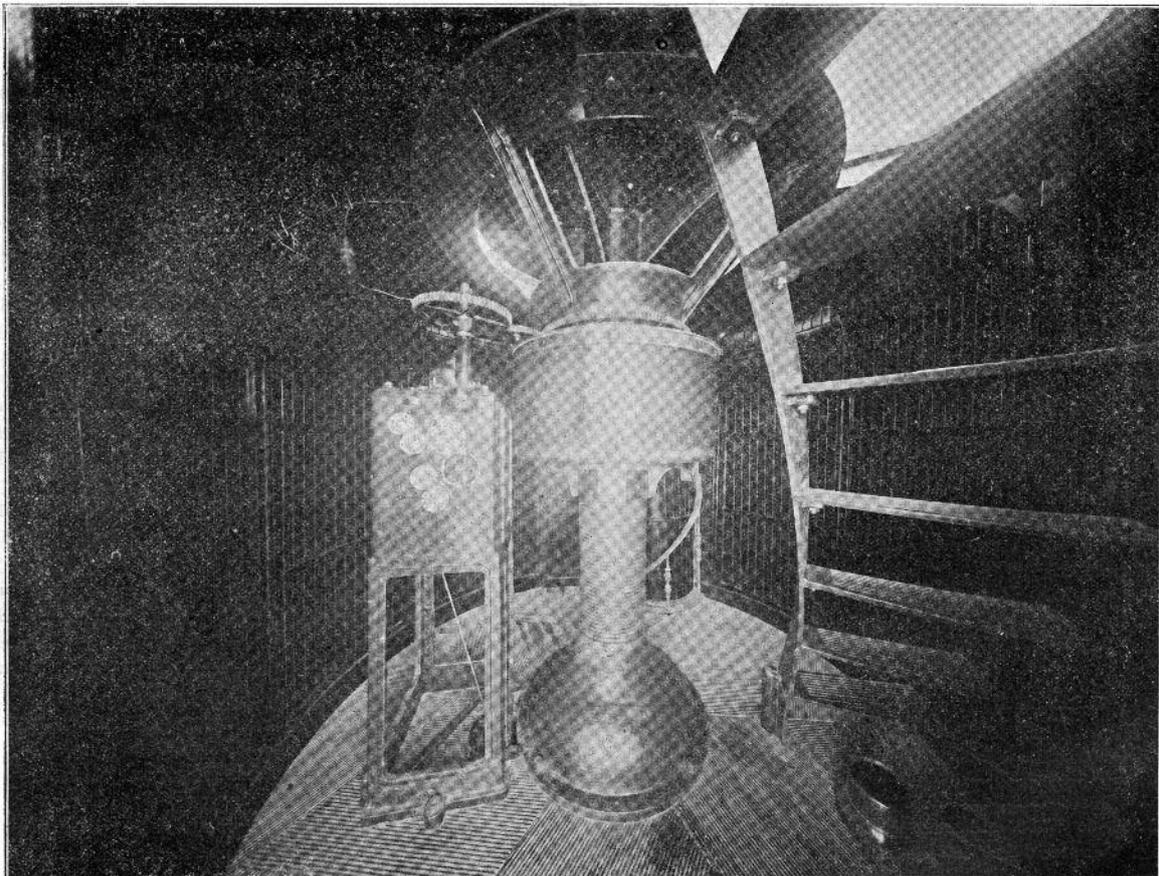
mación de destellos parásitos, tampoco, pues no se producen por la misma razón que no se producían antes, es decir, porque por la simetría y poca amplitud horizontal de las lentes los rayos del destello no hieren á los cristales de la linterna bajo ángulos mayores que el de reflexión total.

Verdad es que queda sin aprovechar la mitad de luz emitida por el foco luminoso; pero este inconveniente carece por completo de valor en todos aquellos casos en que, como el presente, tengamos en buenas condiciones un foco luminoso que nos dé para el destello la intensidad deseada.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.



Cámara de acumuladores.



Cámara de servicio y basamento de flotador de mercurio.

“La colocación de hormigón para los  
nuevos muelles del puerto de Sevilla”

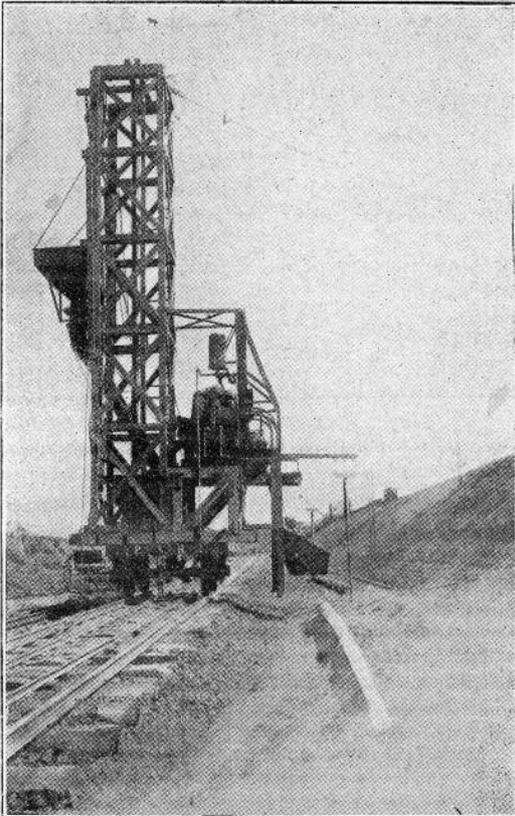
Anónimo

*Revista de Obras Públicas* vol. 68, tomo I,  
nº 2.325, año 1920, pp. 193-195



## La colocación de hormigón para los nuevos muelles DEL PUERTO DE SEVILLA

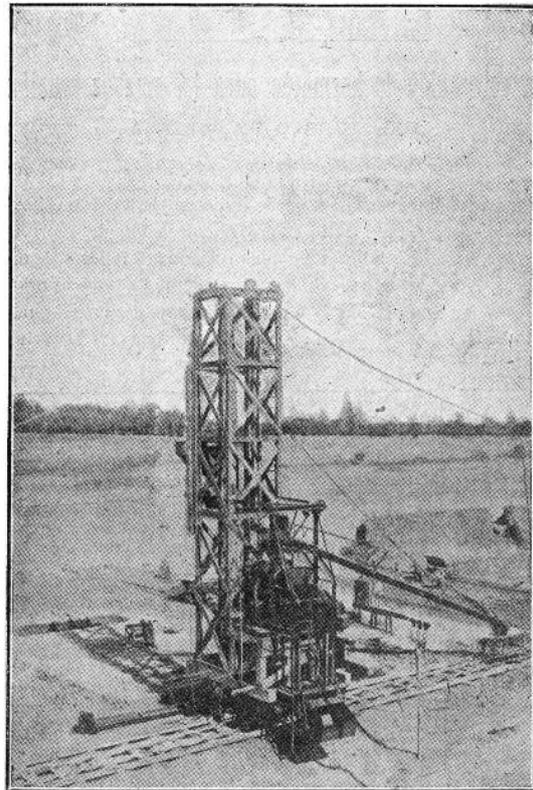
En los números del 12 y 19 de junio de 1919 de esta Revista se publicó un artículo intitulado «La colocación del hormigón por gravedad en los talleres de construcciones civiles o de obras públicas», que describe detalladamente el método comúnmente empleado en América en toda clase de obras de hormigón. El citado artículo se refiere al sistema «Lakewood», y la primera



aplicación de este u otro método similar que se ha hecho en España es la de los nuevos muelles de Sevilla que se construyen por la Junta de Obras del puerto de dicha capital. Estos muelles se elevarán al Sur de la ciudad sobre el canal Alfonso XIII y a poca distancia de los muelles existentes sobre la ría del Guadalquivir.

Los pilares y la bóveda de los nuevos muelles serán enteramente de hormigón en masa. La longitud total del muelle será de 800 metros y se colocará un total de 50.000 metros cúbicos de hormigón. Los pilares descansarán sobre una arcilla dura y compacta a una profundidad de 9 a 12 metros bajo el nivel de agua, utilizándose el aire comprimido para la colocación de las pilas. Para la colocación del hormigón se decidió utilizar un equipo portátil de mezcla y distribución. Con este objeto se tendió una vía de ancho normal de 1,67 metros a un lado de la proyectada obra y en toda su longitud. Como puede verse en los grabados todo el equipo de hormigonera, torre y canalones se montó sobre una plataforma de 4,40 metros de largo y de 2,20 metros de ancho. La torre, que es de madera, fué construída con posterioridad sobre el terreno, levantándose después íntegramente so-

bre la plataforma por medio de cables fijados a un armazón y trípodes que se construyeron al efecto.



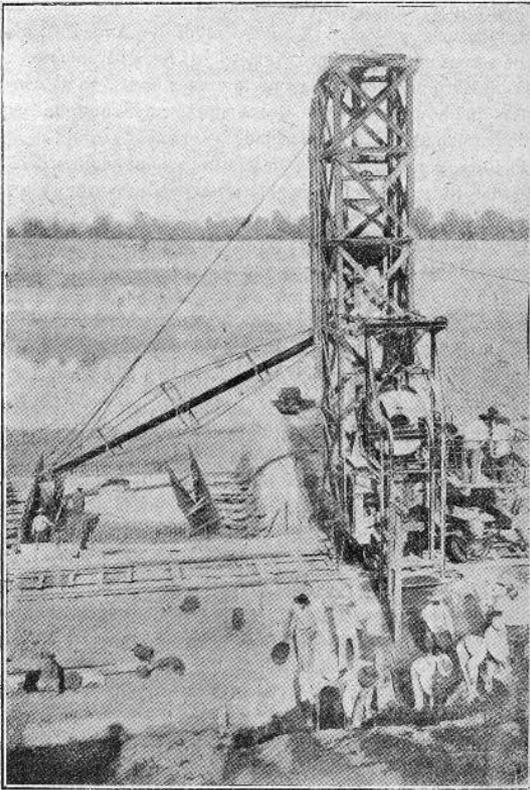
La hormigonera es del sistema de tambor, giratoria de un rendimiento de 400 litros por mezcla, efectuándose la mezcla en un minuto, aproximadamente. La carga se efectúa por un lado por medio de un cargador mecánico que por medio de unas guías llega hasta el nivel del suelo. La descarga se efectúa por el lado opuesto al de la carga, estando la hormigonera situada a una altura suficiente para poder verter el hormigón a la cubeta situada al pie y dentro de la torre. El tanque para el agua está situado encima del tambor y es de acción enteramente automática, suministrando para cada mezcla la cantidad exactamente necesaria. La hormigonera está provista de un motor eléctrico de 10 HP. que sirve para el movimiento del tambor y la operación del cargador lateral.

La elevación de la cubeta de la torre se efectúa por medio de un cabestrante eléctrico con motor de 15 HP. de velocidad variable, pudiendo, por lo tanto, darle velocidades de elevación a la cubeta de 8 a 30 metros por minuto.

La torre en su forma presente tiene una altura de 10,75 metros sobre el nivel de la plataforma y el punto de arranque de los canalones está a 4,40 metros. De momento se está trabajando en la construcción de las pilas y sólo se usa una sección de canalización de 12,20 metros. Más tarde para la construcción de las bóvedas se elevará la torre para usar dos secciones de canalones en una longitud total de 24,40 metros.

La fuerza eléctrica empleada es trifásica y la toma de corriente se efectúa por medio de un trole extendido a un lado de la plataforma alimentado por tres cables que descansan sobre postes a todo lo largo de la vía. Para el movimiento de la plataforma se utiliza la polea lateral del cabestrante y un cable fijado

a la vía moviéndose así todo el equipo fácilmente en cualquier dirección. Debido a la altura de la torre, ésta tenía la tendencia



de desnivelarse con el peso de la canal cuando se quitaban los vientos. Para remediar esto se colocó una vía Decauville sobre la vía normal y por medio de una pequeña plataforma sobre la que descansa el extremo de dicha canal, todo el equipo puede moverse con toda seguridad soltando los vientos completamente.

La alimentación de material para la hormigonera se efectúa por medio de los trenes que llegan a la obra por el plano superior a orillas del corte del canal. Aquí vacían la carga de arena y grava que desciende por el plano inclinado a un lado de la hormigonera. De aquí el material se carga a mano al cargador lateral.

Las fotografías del equipo son de la instalación original al comenzar los trabajos en el mes de agosto de 1919. Posteriormente se ha modificado la disposición del cargador lateral, sustituyéndose las guías verticales por otras inclinadas que llegan directamente al pie del talud. De esta manera la operación de carga se ha hecho mucho más eficaz, y en lugar de 20 hombres con espaldas, hoy sólo se emplean cinco hombres que cargan directamente con palas. En total se emplean ahora 11 hombres para la operación de todo el equipo, distribuidos de la manera siguiente: tres para la operación de la hormigonera y del cabrestante; cinco para la carga de arena y grava; uno para la carga de cemento, y dos para atender a la canal. Ninguno de los obreros que se emplean tenían práctica previa en esta clase de trabajos y, no obstante, a los pocos días de la operación del equipo ya obtenían una mezcla por cada dos minutos. Ahora se trabaja de manera intermitente en la construcción de las diversas pilas, colocándose, aproximadamente, 150 metros cúbicos de hormigón por día.

El proyecto y construcción de toda la obra están bajo la dirección inmediata de su ingeniero-director, nuestro distinguido compañero, D. José Delgado Brackembury. La maquinaria descrita para la colocación del hormigón fué suministrada por la Allied Machinery Company (S. A. E.), de Barcelona.

“Base aérea de Sevilla”

Vicente Machimbarrena Gogorza

*Revista de Obras Públicas* vol. 71, tomo I,  
nº 2.382, año 1923, p. 44



## Base aérea de Sevilla.



Vista general de la base aérea de Sevilla.

A orillas del Guadalquivir, y a corta distancia (4 kilómetros) del centro de Sevilla, se ha establecido una base aérea militar de importancia extraordinaria, de la que dan idea las cifras que a continuación se consignan y las fotografías que ilustran esta nota informativa.

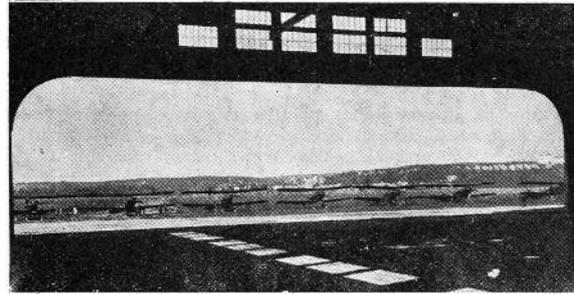
|                                    |                         |
|------------------------------------|-------------------------|
| Superficie del campo de vuelo..... | 539.200 m. <sup>2</sup> |
| Superficie total cercada.....      | 121.191 "               |



Cobertizo para aeroplanos de combate.

En este último recinto se han construido 33 edificios, cuya superficie total es de 20.800 m.<sup>2</sup>, sin contar las rampas, que ocupan 7.300 m.<sup>2</sup> La superficie adoquinada en calles es de 18.200 m.<sup>2</sup>, y la de urbanización y jardines, de 41.300 m.<sup>2</sup> El frente de cobertizos (*hangares*) es de 810 metros; su superficie, de 8.200 m.<sup>2</sup>; la de talleres, 3.000 m.<sup>2</sup>; la de Parques, 2.800 m.<sup>2</sup>, y la de *garages*, 1.300 m.<sup>2</sup> Luz máxima de tinglados, 32 metros.

En los edificios construidos hay acuartelamiento para tres unidades; enfermería para 18 camas; estación radiotelegráfica y telefónica 1/2 kw.; observatorio meteorológico; red telefónica automática para 100 núme-

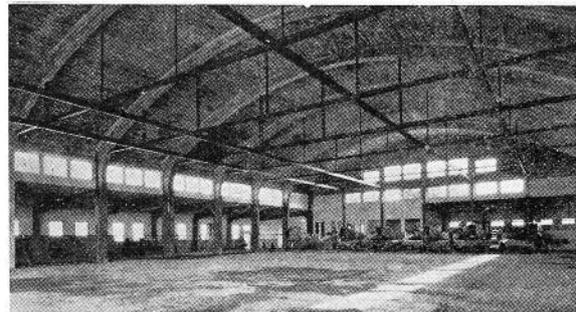


Entrada del cobertizo de los aeroplanos de combate, vista desde el interior.

ros; barrio obrero para 12 familias, y en proyecto, para 12 familias más.

El abastecimiento de agua para riego y limpieza es de 50 m.<sup>3</sup> por hora, con red separada para agua potable. Se ha construido también una red de alcantarillado.

La capacidad de la base aérea es de seis escuadrillas de reconocimiento, una de grandes aparatos de bombardeo y dos de reserva para Africa. Total: 9 escuadrillas.



Interior de un cobertizo.

El número de aparatos que caben entre cobertizos, talleres y parque es de 100.

Las obras se comenzaron el mes de septiembre de 1921 y avanzan con extraordinaria rapidez, gracias a la inteligente dirección del autor del proyecto, el capitán de Ingenieros D. Antonio Rodríguez-Martín, entusiasta admirador del inolvidable y malogrado Zafra, en cuyas obras ha estudiado los métodos de cálculo, que ha seguido en la redacción del proyecto.

V. M.

“Escuela de Caminos: clase de puertos y señales marítimas. Viaje de prácticas de los alumnos”

Anónimo

*Revista de Obras Públicas* vol. 73, tomo I,  
nº 2.430, año 1925, pp. 240-245

vol. 73, tomo I, nº 2.431, año 1925, pp. 274-279



# Escuela de Caminos: Clase de Puertos y Señales marítimas

## Viaje de prácticas de los alumnos

No con el propósito de proporcionar alguna enseñanza, sino con el de dar a conocer la forma y utilidad de las expediciones de prácticas de los alumnos de nuestra Escuela y proporcionar a éstos una satisfacción y un estímulo, es por lo que insertamos la siguiente reseña de una visita a los puertos marítimos de Andalucía; y tanto por tratarse en esta REVISTA pocos asuntos de obras marítimas, como por dar, aunque muy especialmente, algo importante de nuestros puertos, que tal vez los lectores no especializados en estos trabajos no conozcan o no recuerden, es por lo que suponemos sean estas notas algo interesantes.

Se podrían insertar más datos entre los muchos que en notas y de palabra han tenido la atención de proporcionarnos, y fotografías de los trabajos, publicadas en las Memorias de las Juntas; pero se ha creído más oportuno, por la índole y circunstancias de este trabajo, dar la preferencia, aunque francamente inmerecida, a los obtenidos por los propios alumnos, redactores de este artículo, teniendo el profesor que los ha acompañado la satisfacción de apreciar el interés y atención mostrado en las visitas y el respeto, cordialidad y afecto habido en todo momento y el provecho y utilidad conseguidos, a lo cual principalmente han contribuido todas las entidades, personas ajenas a nuestro Cuerpo, y nuestros compañeros facilitando esas visitas, acompañándonos y colmando-nos de atenciones nunca bastante agradecidas.

Se proponía en la expedición ver puertos sin marea y otros en que la carrera de esa marea fuese apreciable; puertos en costa libre, en ría, en bahía y estuario. Unos en los que fácilmente se apreciase el trazado de diques y muelles, alguno en construcción; otros en los que hubiese algunas obras complementarias importantes, como, por ejemplo, diques secos, y otros en que se realizasen importantes dragados, viendo a la vez lo posible de señales marítimas. Con estos propósitos se han visitado los puertos de Málaga, Algeciras, Gibraltar, Cádiz, Sevilla y Huelva, de los cuales se hace a continuación una ligera reseña.

### PUERTO DE MÁLAGA

Resultó de gran interés la visita a este puerto. Pudimos apreciar perfectamente el conjunto de un puerto bien acondicionado, con sus diques y muelles, sepa-



Fig. 1.ª.—Vista aérea del puerto de Málaga.

rando la parte de antepuerto, y puerto propiamente dicho, disposición característica de los del Mediterráneo.

Está defendido de los temporales de Levante por un espigón de sección, constituida por un espaldón con

su banquetta correspondiente, cimentado sobre escollera natural clasificada. Fué reconstruido después de una avería de importancia, producida por un gran temporal.

El dique Oeste difiere poco en sección del anterior, y en total dan una longitud de 1 760 m, abrigando

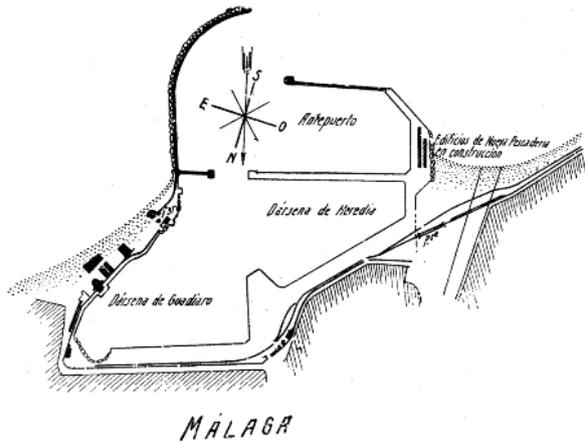


Fig. 2.ª.—Plano del puerto de Málaga.

una superficie (puerto y antepuerto) de unas 67 Ha. El calado mínimo en la boca de acceso es de 10 m, y en los muelles 7,50 m.

La sección de estos muros de muelles está constituida por cuatro hiladas de bloque sobre cimiento de escollera, cimentación que tiene el inconveniente de la dificultad de poder aumentar el calado para el atraque en caso necesario, y desde luego posible, dado el aumento creciente en las dimensiones de los buques. La solución estudiada para resolver el problema consiste en construir una nueva línea de muelles de hormigón

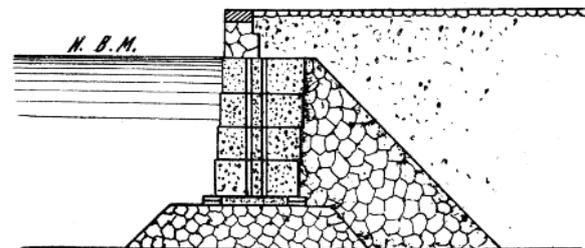


Fig. 3.ª.—Puerto de Málaga. Sección del muelle.

armado cimentados sobre pilotes, adosada al actual muro de muelle.

La superestructura de éstos es de mampostería coronada con sillería.

La longitud de la línea de atraque es de 1 896 m, encerrando dársenas, cuya disposición se aprecia en el plano y fotografía de conjunto, con una superficie de 37 Ha, y disponiéndose de una zona de muelles de 11 Ha.

Actualmente están en ejecución, y casi terminados, los edificios de pescaderías, cuya construcción constituye un verdadero acierto para la Junta. Su coste realmente ha sido pequeño, 254 236 pesetas, y eran nece-

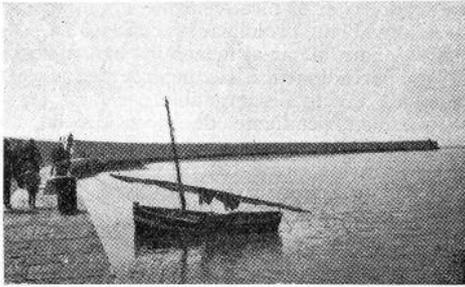


Fig. 4.ª.—Puerto de Málaga. Dique del Este.

sarios, pues solamente existían unos barracones en malas condiciones. Son de construcción sencilla, sin alardes arquitectónicos, acusando únicamente al exterior los elementos resistentes, y desde luego perfectamente estudiados los servicios inherentes a la industria pesquera.

Su situación, que se aprecia también en el plano de conjunto, es inmediata a un colector, sobre el que pensaron edificarse, desistiendo de ello por orden de la Superioridad. Con esto se aumentó algo la distancia a la línea de atraque, restando alguna facilidad para el cargue.

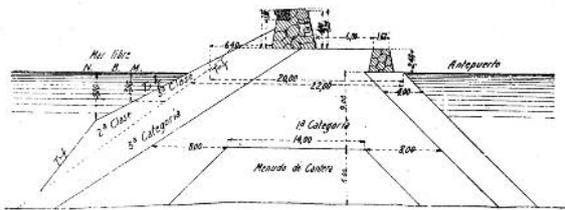


Fig. 4.ª bis.—Puerto de Málaga. Sección del dique Este.

Serán dotados de agua potable y del mar. La primera procedente del suministro general del puerto, que será el de la población, una vez hecha la ampliación del abastecimiento.

El pozo de toma para el suministro del agua del mar no puede emplazarse cerca del edificio, como lógicamente convendría, por la proximidad del desagüe del alcantarillado. Parece conveniente que éste hubiera



Fig. 5.ª.—Málaga. El faro.

sido desviado, o si el inconveniente era la canalización del Guadalmedina, prolongarlo cubierto a distancia conveniente, para alejar al menos los malos olores, que, aunque no perjudiquen a las pescaderías, su proximidad es de un efecto desagradable.

Está también pendiente de ejecución un almacén cerrado para mercancías y una verja de cerramiento.

Respecto de los elementos de carga de mercancías, observamos la carencia casi absoluta de grúas de muelle, viendo únicamente dos cabrias flotantes. Según los datos facilitados, existen cuatro aparatos elevadores, cuya potencia total es de 33,5 t, por ahora suficiente, según se nos indicó, dada la cantidad y carácter de las mercancías cargadas.

Finalmente, aun cuando no tenga el puerto una característica de un gran tráfico general o especializado, es un puerto de un conjunto y condiciones muy aceptables, a la apreciación de las cuales contribuyeron las grandes atenciones y obsequios que nos dispensaron los amables ingenieros de la Junta.

ALGECIRAS-GIBRALTAR

El día que estén terminadas todas las obras que se proyectan, tanto las que están ya en construcción (rompeolas de Isla Verde y muelle de Alfonso XIII), como

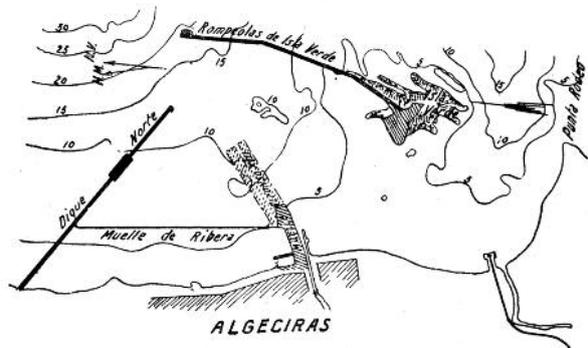


Fig. 6.ª.—Plano del puerto de Algeciras.

las que todavía están en estudio (dique Norte y muelle de ribera), dispondrá el puerto de Algeciras de un antepuerto, de 188 840 m<sup>2</sup> de superficie y de dos dársenas, una de 357 170 m<sup>2</sup> y otra de 620 775 m<sup>2</sup>. Para la entrada en el puerto quedará una boca entre el rompeolas de Isla Verde y el dique Norte, de 390 m, única que pueden utilizar las embarcaciones cuyo calado sea superior a 2 m, pues entre la ensenada del Saladillo y el puerto existe una zona cuyos mayores calados no llegan a 3 m, siendo por esta zona de pequeños calados por donde se prolongará el ferrocarril de las canteras de los Guijos hasta Isla Verde, y quizá convenga el cerramiento completo de esta abertura para abrigar el interior del puerto de las marejadas del Sur.

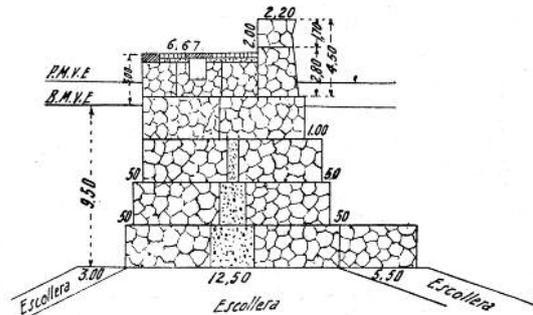


Fig. 7.ª.—Algeciras. Sección del dique,

Las obras actualmente en construcción son, como ya hemos indicado, el rompeolas de Isla Verde y el muelle de Alfonso XIII. En nuestra visita al mencionado puerto recorrimos la parte construida del rompeolas de Isla Verde, cuya longitud total es de 1 260,8 m,

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

dividida en dos trozos, el primero de 824 m y el segundo de 436,8 m; las alineaciones de estos dos trozos forman un pequeño ángulo, estando enlazadas por una parte curva. En el primer trozo el rompeolas es del tipo de bloques concertados; los bloques son de mampostería, y los mayores tienen  $5 \times 2,5 \times 2,5$  m, siendo su peso aproximadamente de 70 tons; los antedichos bloques se asientan sobre una solera de hormigón, que se enrasa a una profundidad de 9,5 m en bajamar viva equinoccial, y cuyo objeto es igualar la superficie del

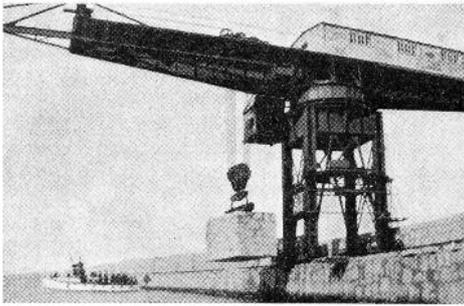


Fig. 8.ª.—Grúa Titán, del puerto de Algeciras.

fondo; el rompeolas sobresale 3 m, y el espaldón 5 m sobre las más bajamares. En el segundo trozo, la parte superior del rompeolas es análoga al perfil del primero, solamente que al aumentar los calados se constituye con escollera clasificada la plataforma, enrasada a — 9,5 m, en la cual se asientan los bloques. En nuestra visita al mencionado rompeolas vimos el taller de bloques, el carro transportador de los mismos y la titán; tanto estos dos últimos como la Goliath del taller de bloques son de maniobra eléctrica; la fuerza de elevación de la titán es variable con el vuelo de la carga, y llega a ser de 100 tons para 8 m de brazo de palanca.

Recorrimos también en Isla Verde un pequeño taller para la reparación de los elementos auxiliares, que comprende una sierra de cinta para madera, un taller de ajuste y otro de fundición; vimos también una pequeña dinamo, movida por un motor de explosión de 50 HP, que produce la energía necesaria para todos los servicios que anteriormente hemos mencionado; existe también en Isla Verde un varadero en construcción.



Fig. 9.ª.—El Peñón de Gibraltar.

Visitamos también las canteras, existiendo para el transporte de la piedra un ferrocarril de vía de 60 cm, el que, como ya hemos indicado anteriormente, se trata de prolongar hasta Isla Verde, pero en la actualidad termina en un embarcadero, en donde las vagonetas

cargadas se embarcan en pontones que se remolcan hasta Isla Verde, a fin de que el embarque y desembarque pueda efectuarse en cualquier situación de marea; existen, tanto en este último punto como en el embarcadero, unas estructuras metálicas en voladizo y basculantes, a las cuales atracan los pontones.

En el puerto visitamos el muelle de Alfonso XIII (en construcción), el cual está constituido por dos muros de muelle cimentados sobre bloques asentados en soleras de hormigón; detrás de estos muros se forma un pedraplén para disminuir los empujes sobre los mismos, y la zanja central se rellena con terraplén; la anchura del muelle es de 110 m, y en su extremo se dejará una escotadura, constituyendo una pequeña dársena de 20 m de anchura para *ferry-boats*. Para conseguir 10 m de calado en baja mar en la parte extrema de este muelle, será necesario dragar una zona en su parte izquierda.

Durante nuestra visita a este muelle pudimos ver las averías causadas en él por los temporales del año actual, los cuales socavaron parte del fondo, dislocando la parte extrema del muro derecho del muelle. En el rompeolas de Isla Verde el temporal arrojó también al mar parte de la vía de la titán, y algunos de sus restos los vimos extraer mediante el empleo de un buzo.

Hemos de expresar nuestro agradecimiento al Director y Subdirector de la Junta de Obras del Puerto, como igualmente al contratista de las obras, por su grata compañía, las grandes atenciones que con nosotros tuvieron y las molestias que les ocasionamos.

En Gibraltar visitamos el Arsenal, viendo la dársena, los varaderos, los diques secos, la instalación de bombas necesarias para el achique de estos últimos y la central eléctrica. Los diques secos, en número de cuatro, tienen longitudes de 76, 137, 168 y 259 m, estando cimentados con bloques de forma especial, que se entrelazan unos con otros; para el cierre de estos diques se emplean puertas flotantes, cuya forma difiere bastante de la que ordinariamente tienen los barcos-puertas, pues la manga se conserva próximamente constante en toda la longitud de la puerta, sin disminuir en las proximidades de los codastes. Las bombas para el achique de los diques secos están reunidas en una sola instalación, siendo accionadas por máquinas de vapor, el cual se produce en una batería de calderas destinadas exclusivamente al servicio de las bombas.

Para satisfacer las diversas necesidades del Arsenal existe una central eléctrica generadora, con varias dinamos, unas movidas por máquinas de vapor, verticales, de movimiento alternativo, y otras accionadas por turbinas de vapor. Vimos también, como elemento auxiliar, una campana de buzo, dispuesta en una embarcación, y que se utiliza principalmente para la situación de muertos de boyas. Hubieran sido interesantes algunas fotografías, principalmente de la instalación de la campana de buzo y de los barcos-puertas de los diques secos, pero la prohibición que para ello existe en el Arsenal nos impidió el obtenerlas.

En toda esta visita nos acompañó un marino, encargado por el Almirante Director del Arsenal, el cual, al ser presentados por nuestro amable Vicecónsul, nos acogió con grandes pruebas de afecto, por todo lo cual quedamos altamente reconocidos.

#### PUERTO DE CÁDIZ

*Condiciones generales del puerto.*—La ciudad de Cádiz está unida a tierra por un cordón litoral orientado en la dirección SE.-NO., de modo que la bahía se encuentra abrigada por dicho cordón de los temporales del SO. Al puerto de Cádiz le sucede otro tanto por estar situado al E. de la ciudad; pero para evitar quede abierto a las marejadas del NO., se ha cons-

truído, normal a esta dirección, el dique de San Felipe. Este dique arranca según la dirección EO., comenzando por una alineación curva, continuada por una dirección recta SO.-NE. tangente a ella. Su longitud es 500 m.

en otra de 250 V, que es la tensión a que se utiliza, en la que todos los interruptores y aparatos tienen delante plataformas de vidrio, aisladas de tierra, para que desde ellas se manejen, criterio de precaución justa y consonante con la tomada para el cable; y además de esto

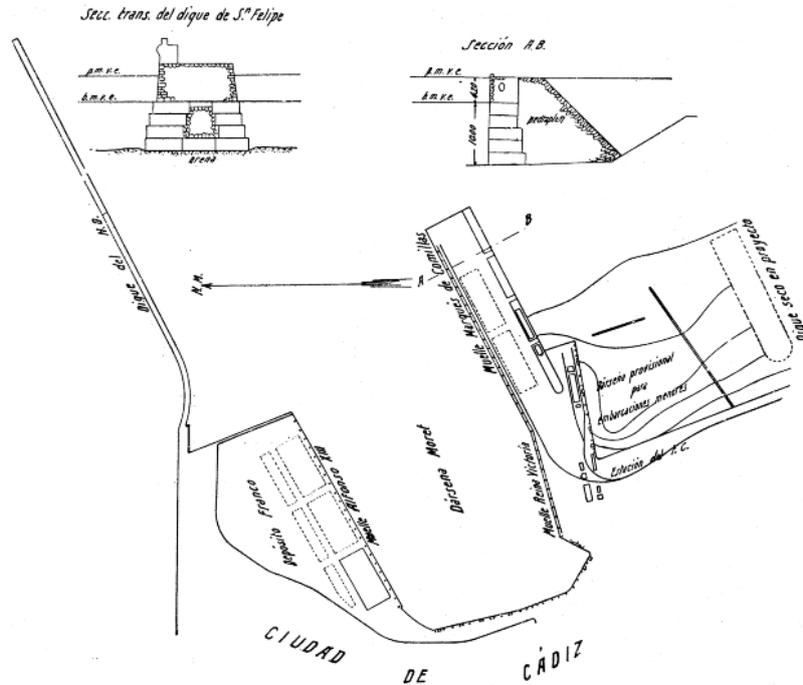


Fig. 10 —Plano del puerto de Cádiz.

El puerto tiene tres muelles, que en planta forman una C: el de Alfonso XIII, según la dirección SO.-NE.; otro, antiguo, sin nombre determinado, normal a él, y los de Reina Victoria y Marqués de Comillas, cuyas orientaciones varían poco, estando uno a continuación de otro y siendo su dirección general paralela a la del de Alfonso XIII. La longitud del muelle Alfonso XIII es 450 m; la del segundo citado, 350 m, y la de los dos últimos, 600 m.

La dársena que forman, llamada de Moret, tiene próximamente 26 Ha, y su calado en b. m. v. e., al pie de los muelles, es 10 m.

**Estructura de diques y muelles.**—El dique de San Felipe está constituido por bloques concertados, hasta la altura de la línea de b. m. v. e., y sobre ella por un macizo de mampostería coronado por un espaldón.

Los muelles son de paramento vertical; hasta 10 m por bajo de la línea b. m. v. e. están formados por bloques, y desde esa línea de b. m. v. e., hasta 0,5 m por encima de la p. m. v. e., se hallan construídos con mampostería, que reposa sobre los bloques citados. La máxima carrera de marea es 4,20 m.

**Elementos de explotación.**—El muelle de Alfonso XIII y próximamente la mitad del normal a él pertenecen al depósito franco, el cual está separado de la población por una doble verja, habiéndose aprovechado el espacio entre ambas verjas para enterrar el cable de corriente trifásica a 3 500 V, que da energía al puerto.

Para la explotación del muelle Alfonso XIII hay actualmente tres grúas de vapor de 3 t, y se piensan colocar ocho análogas, pero accionadas por corriente trifásica. En el terraplén situado detrás del muelle se encuentra: una báscula para pesar vehículos; la caseta de transformación de la corriente trifásica a 3 500 V,

hay espacio suficiente para la construcción de tres almacenes de 110 m de longitud por 50 m de ancho; ahora sólo está construído el primero, que tiene cubierta de uralita, interrumpida por una línea de vidriera y sostenida por pilares que llevan enchufes de corriente trifásica a 250 V, para accionar elevadores de mercancías de 1,5 a 2 CV.

En el muelle transversal no hay elementos de explotación; sirve para el atraque de barcos pesqueros, y para que en él se sitúen varios artefactos.

Los muelles Reina Victoria y Marqués de Comillas tienen situados en sus terraplenes una caseta de transformación de la corriente trifásica a 3 500 V, en continua a 500 V, mediante grupos de motor dinamo que pueden producir potencias de 70 ó 100 CV, según se necesite. Esta corriente mueve un compresor de gas para las boyas, terminando la tubería de conducción en el paramento del muelle.

Otro fin de la corriente continua es maniobrar las grúas de pórtico de 3 t que sirven este muelle. Además del movimiento de elevación de la carga y la traslación de todo el aparato sobre los carriles pueden variar la inclinación de la pluma y girar ésta alrededor de un eje vertical. Se le piensa dotar con doce grúas de iguales características, con el fin de que haya dos grúas por cada 100 m de longitud de muelle. Las nuevas serán movidas por corriente alterna, por la mayor economía que esto supone.

En el terraplén situado detrás del muelle Marqués de Comillas se ha construído un almacén cuya planta es 60 m de longitud por 20 de ancho, dispuesto para ser ampliado duplicando cada una de estas dimensiones. Está cimentado en pilotes de hormigón armado, para hincar los cuales se utilizó una machina cuya maza pesa 1 500 kg, y que se encontraba en el terraplén.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

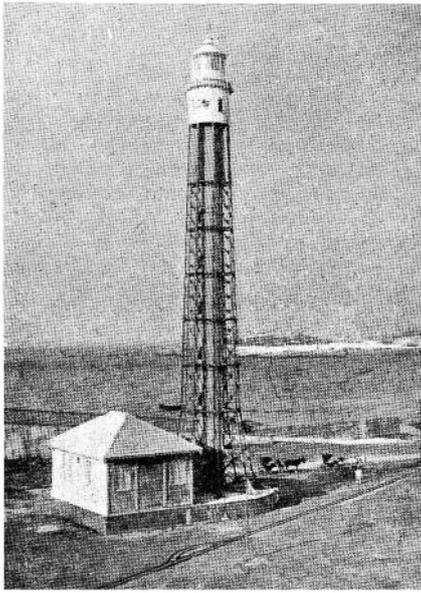


Fig. 11.—Faro eléctrico de Cádiz. Apariencia: grupo de dos destellos relámpagos blancos cada 10 segundos. Altura del plano focal sobre el nivel del mar, 40,44 m. Alcance aproximado, 32 millas.

También en él hay una cadena de gruesos eslabones destinada a unir el flotador de una boya con el muerto, y con 271 t de carga de rotura.

Completan estos elementos las vías que van junto a los muelles y un almacén con múltiples utensilios, relativos sobre todo a señales.

*Proyectos.*—Es importante el proyecto de construcción de un dique seco capaz de que pueda penetrar en él en bajamar correspondiente a una carrera de marea de 3,20 m un buque de las siguientes características:

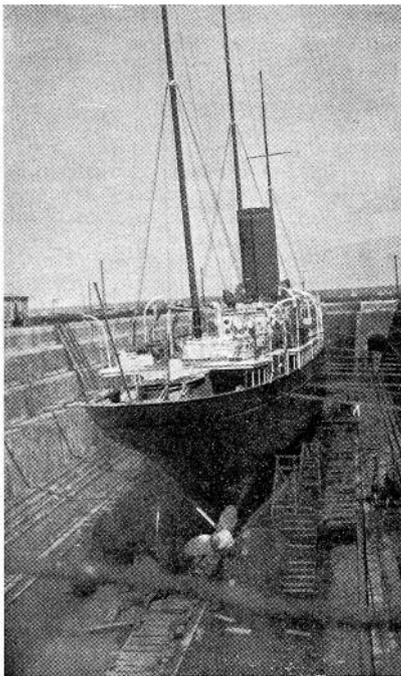


Fig. 12.—Arsenal de La Carraca. El *Giralda* en dique.

eslora, 235 m; manga, 32; calado, 9,30. La ubicación de dicha obra está marcada de puntos en el plano.

Adosada a la dársena de Moret hay otra para embarcaciones menores, con carácter provisional, pues para atender al incremento de la pesca se proyecta construir una dársena con un calado de 15 pies ingleses = 4,5 m, que es suficiente para esta clase de embarcaciones, y capaz de contener 600.

*Faro.*—Objeto de la visita fué también el faro eléctrico de Cádiz. Está situado al O. de la ciudad y unido a ella por un paseo desde el que se ven las murallas gaditanas. Su alcance es 32 millas, teniendo el plano focal a 40 m de altura sobre el nivel del mar, y su apariencia es un grupo de dos destellos blancos cada

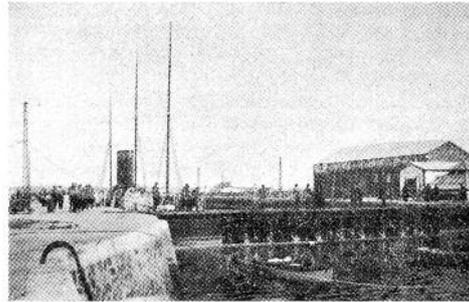


Fig. 13.—La Carraca. Barco-puerta del dique.

diez segundos. La cámara donde se encuentran los aparatos de proyección se halla sostenida por una torre metálica, que se muestra en la fotografía.

\* \* \*

A toda esta visita fuimos acompañados por D. Ignacio Morello, subdirector del puerto, y D. José Estévez, que nos explicaron todo con una amabilidad de la que conservamos gratísimo recuerdo. Igualmente D. Francisco García de Sola nos mostró el funcionamiento del faro con gran detalle, quedando nosotros muy agradecidos por las atenciones de que hemos sido objeto.

## ARSENAL DE LA CARRACA

En el viaje por la bahía, desde el puerto de Cádiz al Arsenal de la Carraca, vimos el muelle de Puntales.

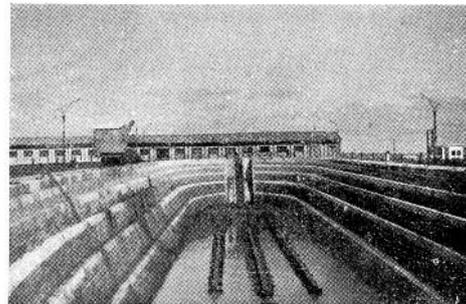


Fig. 14.—La Carraca. Dique seco.

de pilotes metálicos, y otro que se ofrecían al paso; y al llegar al embarcadero nos esperaban en él jefes y oficiales del Arsenal, que nos enseñaron con gran detalle los talleres destinados a efectos de artillería que

allí tiene la S. E. C. N. Del mismo modo también visitamos los diversos talleres de reparaciones navales anejos al Arsenal, los depósitos de minas submarinas, cuyo funcionamiento se nos explicó con gran claridad, lo

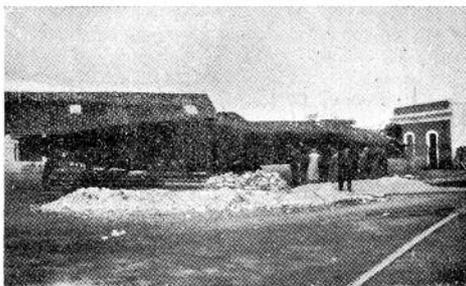


Fig. 15.—Arsenal de La Carraca. El submarino Peral.

mismo que el de los torpedos, observando su ingenioso y complejo mecanismo.

De lo relativo más de cerca a nuestra carrera vimos los cuatro diques secos, de los cuales los dos menores están cerrados por puertas curvas de busco, y los otros dos por barcos-puertas. En el mayor de dichos diques se encontraba el *Giralda*, hoy buque planero, en reparación, según se ve en una de las fotografías. Otras dos presentan el barco-puerta de este dique seco y el interior de otro. También, y como anejo a esta parte, nos fué enseñada la instalación de bombas para el achique de estos diques, siendo todo observado minuciosamente.

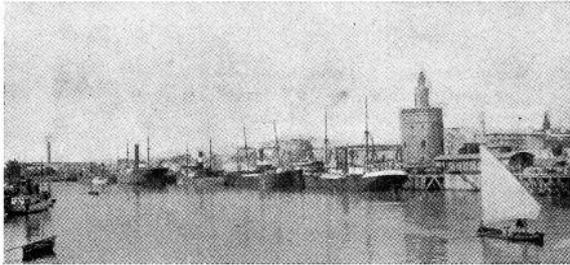
Como curiosidad que llamó nuestra atención, está el famoso submarino *Isaac Peral*. La visita fué, como de esto se deduce, muy variada y, a la vez, sumamente agradable, por la cordial acogida que recibimos y las atenciones que con nosotros tuvieron y que sincerísimamente agradecemos.

## Escuela de Caminos: Clase de Puertos y Señales marítimas

### Viaje de prácticas de los alumnos (1)

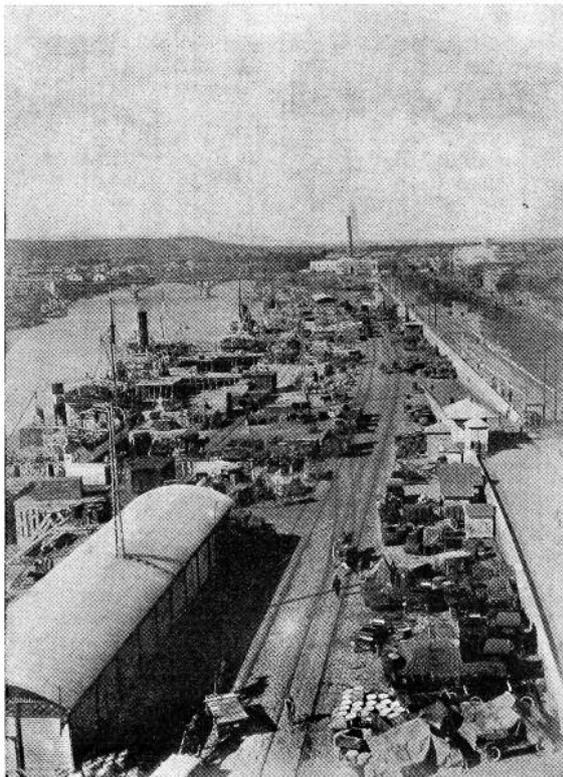
#### PUERTO DE SEVILLA

Continuando en la ligera reseña de los puertos vistos en nuestro viaje de prácticas, nos ocuparemos del impor-



Sevilla. La Torre del Oro y el puerto.

tante de Sevilla. En él se facilita nuestro trabajo, con la entrega del ejemplar de una nota a cada alumno, con una descripción del puerto y de la forma en que la visita



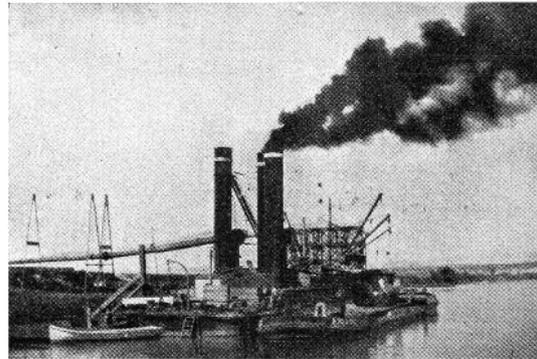
Puerto de Sevilla. El muelle.

se iba a desarrollar; nota ilustrada con planos y fotografías y de la cual entresacamos lo más interesante de

(1) Véase el núm. 2 430, pág. 240, de la REVISTA.

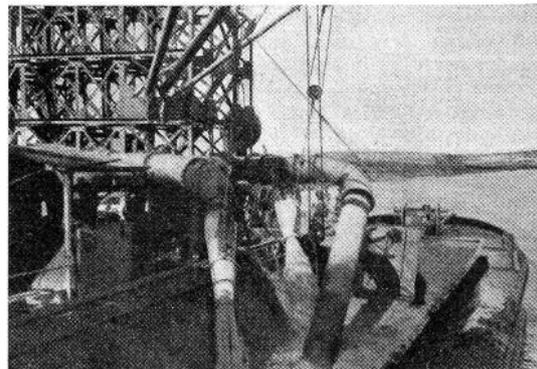
lo que sigue, lamentando que apremios de espacio nos impidan transcribirla íntegra. Y reciban nuevamente desde este lugar, tanto por tan acertada idea, como por las muchas atenciones que en el transcurso de la visita recibimos, nuestro sincero agradecimiento los ingenieros de Caminos Sres. Delgado y Casso, Director y Subdirector de las Obras del Puerto.

Conocidas son las características generales del puerto de Sevilla. En la ría del Guadalquivir, a 100 km de la



Puerto de Sevilla. Elevador «Papendrecht».

desembocadura y sirviendo los intereses de rica región, en desarrollo creciente, es uno de los más importantes de la Península, aproximándose su tráfico, que aumenta principalmente en mercancías generales, compensando la



Tubería de aspiración del elevador «Papendrecht».

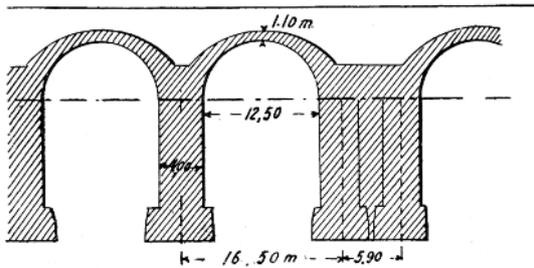
disminución en mineral, a la cifra del millón y medio de toneladas.

Está en la actualidad ultimándose la importante obra de la corta de Tablada (Canal de Alfonso XIII), de 6 km de longitud, entre la vuelta de los Remedios y la Punta del Verde, con 80 m de ancho en el fondo y calado de 6,50 m en bajamar, que se eleva a 8 m en la zona de los muelles. El volumen de tierras movido para la obra alcanza a unos 7 millones de m<sup>3</sup>. La excavación se ha realizado con cuatro excavadoras de rosario de tipo corriente, variando únicamente en ellas la disposición de la cadena de cangilones excavadores, libre

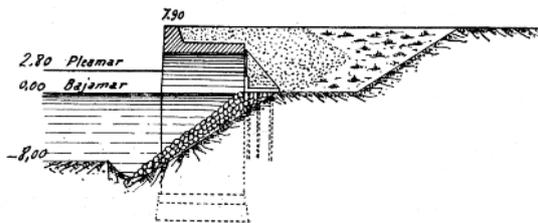
y, por tanto, en forma curva, para excavación en terrenos descubiertos, y con poca longitud de escala y sujeta en puntos intermedios, para mantenerla rígida y con menos longitud de rosario, para excavaciones debajo del agua y con fuertes longitudes de escala.

Las obras actualmente en realización en el canal, son,

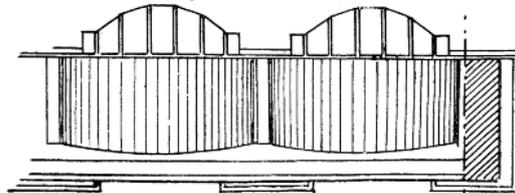
*Sección longitudinal*



*Sección transversal*



*Proyección horizontal*



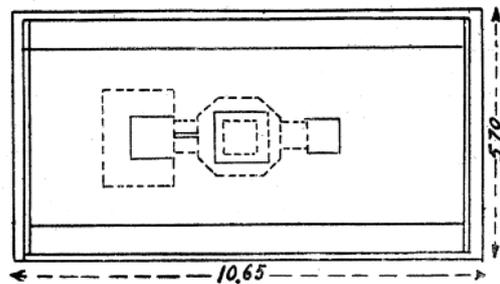
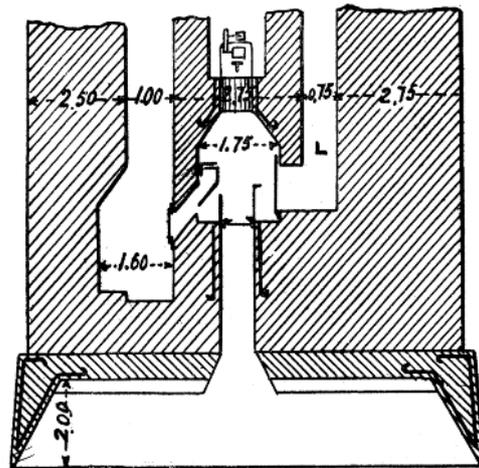
Puerto de Sevilla. Secciones y planta del muelle Alfonso XIII.

en la parte primera, correspondiente al emplazamiento de los muelles de Alfonso XIII, a que más adelante nos referiremos, ensanchamiento de la sección, por la orilla opuesta, hasta obtener un ancho en el fondo de 125 m, y dragados en la segunda sección, ya en comunicación con la ría, por la casa holandesa Bos, empleándose en ellos una potente draga de rosario "Suez" y la de la misma clase "Sevilla", perteneciente al material de la Junta. Los productos dragados se transportan por medio de gánguiles al elevador "Papendrecht", que los vierte en la Punta del Verde, en un recinto formado por un dique de tierra, con los necesarios desagües para la decantación de los productos. Este elevador es del tipo de succión, con una potencia total de más de 1300 C V, impulsando los productos hasta una altura de 12 m y una distancia de 2 km. Su rendimiento horario es de unos 500 m<sup>3</sup>, con lo que, por jornada diaria de doce horas, da unos 6000 m<sup>3</sup>, o sea veinte gánguiles de 300. Y como una característica más del elevador, si bien poco técnica, y procedente de nuestra observación personal, podemos citar la de servirse en él un espléndido lunch, con que nos obsequió el representante general de la contrata, Sr. Molini, durante nuestra visita.

En la orilla izquierda del canal y respondiendo a una de las necesidades que satisfacía éste, cual era la de poder aumentar la línea de muelles, como demandaba el tráfico creciente del puerto, se ha construido el muelle de Alfonso XIII, de 800 m de longitud. Está formado por bóvedas de medio punto de hormigón en masa (de 800 l de grava del río, por 300 l de arena de la misma procedencia, por 200 kg de cemento), apoyadas en pilas del mismo material (bajando a 150 kg la proporción de cemento), hincadas por aire comprimido, con cajones de hormigón armado, hasta una profundidad media de 13 m, de un espesor de 4 m y distantes entre ejes 16,50 m. Intercalando entre estas pilas cuatro pilas-estribos, formados por dos iguales a las anteriores, construídas con una separación entre ejes de 5,90 m y rellena la parte intermedia.

En la hinca de una de estas pilas se hizo una experiencia encaminada a ensayar la sustitución de la esclusa metálica por una cámara dispuesta en el mismo núcleo de la pila, según se representa en la figura, y que demostró la posibilidad de obtener un satisfactorio resultado, siempre que se proceda en la construcción con las debidas precauciones.

Para la contención del terraplén, sobre uno de la conveniente altura, para que el pie del talud no estor-



Exclusa en el macizo de la pila, empleada para cimentar una de las del muelle Alfonso XIII.

base la aproximación de los buques y con su talud protegido por escollera, se construyó sobre pilotes de hormigón armado una pantalla del mismo material.

El coste por metro lineal de muelle se elevó a pesetas 5729.

Para la fabricación y vertido del hormigón, necesario en una importante cantidad (60000 m<sup>3</sup>), se montó sobre un vagón-plataforma corriente, de vía normal,

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

de 10 tns, una instalación compuesta de una hormigonera, con un rendimiento horario de 15 m<sup>3</sup>, y una torre distribuidora de 12 m de altura. Los distribuidores de la torre, junto con el desplazamiento a lo largo del muelle en construcción, del conjunto de la instalación permitían llevar a cabo la distribución del hormigón perfectamente y con rapidez. Las cimbras de las bóvedas eran metálicas, transportándose enteras de unos a otros vanos, apoyadas sobre un flotador, formado por dos barcazas.

En la zona de servicio del muelle hay que efectuar las instalaciones de alcantarillado, alumbrado, fuerza y pavimentación; se establecerán ocho grúas eléctricas de pórtico y tres toneladas de potencia, y se construirán tinglados y almacenes comerciales.

Al final de la línea de muelles del puerto actual está el llamado de Nueva York, de estructura de hormigón



Parte posterior del muelle Alfonso XIII, en construcción.

armado sobre pilotes del mismo material, que hubo que construir recientemente, en sustitución del antiguo entramado metálico sobre pilotes de rosca, a consecuencia de la pérdida de estabilidad de éste, por movimientos generales en el terreno fangoso, sobre el que estaba cimentado.

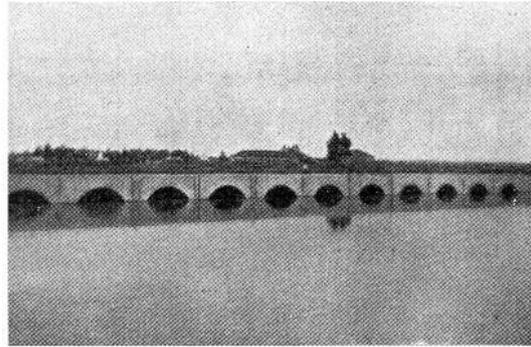
Este muelle, a poco de ser construído, fué sometido a una verdadera prueba de resistencia, por la carga de un buque apoyado en él por la popa, con la que se comprobaron sus perfectas condiciones de proyecto y construcción.

Y a su continuación, sirviendo de enlace entre esta línea de muelles y el de Alfonso XIII, está proyectada la construcción del llamado de las Delicias, también de hormigón armado.

Para mantener la comunicación entre la margen izquierda y el islote de Tablada, se proyectó la construcción de un puente metálico oblicuo, de tramo central móvil, cuya terminación está próxima. Tiene un tramo central basculante, sistema "Scherzer", de 56 m de luz, dos laterales de 36,71 m y otros dos de avenidas de 20 m. La anchura total es de 11 m. Los estribos son

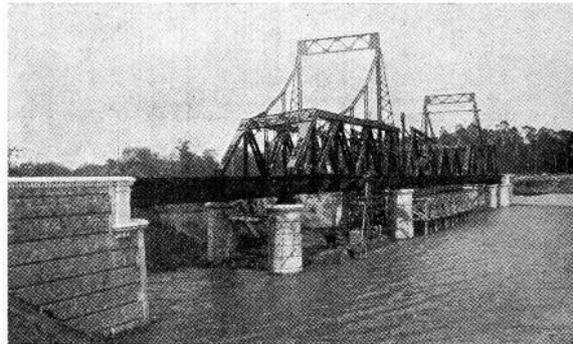
de hormigón en masa, cimentados por aire comprimido, con cajones de hormigón armado. Los apoyos intermedios están formados por dos pilas tubulares hasta la línea de bajamar y cuadradas en los cimientos, hechos también por aire comprimido, con cajones de hormigón armado. El peso de la estructura metálica es de 1 042 tns, ascendiendo el presupuesto total de las obras a unos 2 800 000 pesetas.

En las proximidades de los talleres de reparación de la Junta está el futuro emplazamiento del



Puerto de Sevilla. El muelle de Alfonso XIII.

puente de San Telmo, perteneciente a la carretera de unión de ambas márgenes del Guadalquivir. Estará formado por un tramo central basculante, del mismo sistema "Scherzer", de 48 m de luz libre, dos vanos laterales de 45 m de luz entre paramentos, salvados por arcos de hormigón armado, y finalmente, sobre los muelles en ambas márgenes, cuatro tramos, también de hormigón armado, de 15 m de luz cada uno. Las cuatro pilas-estribos se cimentarán por aire comprimido, con cajones de hormigón armado, siendo



Puerto de Sevilla. El puente de Tablada.

en especial de importancia la de las dos centrales, al tener que resistir éstas los empujes de los arcos laterales. El ancho de la calzada será de unos 15 m.

Durante nuestra visita, además de las obras ya reseñadas, visitamos los talleres de calderería, fundición, forja, ajuste y carpintería, que la Junta posee para la reparación de su material terrestre y flotante, los almacenes anejos y la instalación para la compresión del gas de alumbrado de las boyas; la línea de muelles de la izquierda, en la margen derecha del embarcadero y muelle de madera de los vapores Sevilla-Sanlúcar; el muelle del mismo material de la Sociedad Petrolífera Española, y en la excursión hecha en el remolcador *M. Pastor y Landero*, que con los *Giralda*, *Tarifa* y *Tablada*, dos dragas de rosario de capacidad horaria de 300 m<sup>3</sup>, una

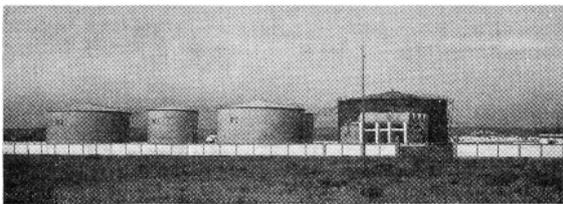
Priestman, dos de succión, *Guadaira* y *Guadianar*, de la misma capacidad de las primeras, ocho gánguiles, cuatro de 150 m<sup>3</sup> y cuatro de 90 m<sup>3</sup>, un vapor con acumuladores de gas para el balizamiento y gran número de embarcaciones menores forman el material flotante de la Junta, los embarcaderos de hormigón armado de las minas de Aznalcóllar y de Cala, debidos a nuestro insigne Zafra, y el del mismo material de la fábrica de productos químicos Cros, sobre el que corre un aparato de descarga provisto de una cuchara de mandíbulas, aparato de un peso total de 80 tns. Y observamos en las márgenes el tipo de espigones de encauzamiento, formados por tres filas de rollizos y ramaje de pino.

#### AEROPUERTO DE TABLADA

Por su íntima relación con nuestra carrera hicimos una detallada visita a la base aérea de Tablada, pues uno de los principales fines de aquélla lo constituye el estudio de las vías de comunicación, lo cual hace que desde este punto de vista caiga plenamente la aviación dentro de sus actividades, siendo en este sistema de comunicación o transporte de capital importancia el estudio y preparación de los campos de aterrizaje y bases aéreas, o como muy bien pueden llamarse aeropuertos, muy semejantes, en cuanto a sus fines, a los puertos marítimos de que nos ocupamos, el de las señales para facilitar esta clase de navegación y el estudio de las rutas. Durante la visita, cordialísimamente atendidos por todos los señores Jefes y Oficiales a ella afectos, recorrimos y examinamos detenidamente todas sus dependencias, que hacen sea seguramente de las mejores del mundo. Y precisamente, confirmando lo que decíamos antes, está actualmente tramitándose, para obtener una ampliación del campo de aterrizaje, el llevar a cabo el movimiento de tierras para ellos necesario con medios análogos a los empleados en las obras del puerto, con elevadores de succión, prefiriendo este método a los demás corrientemente empleados en obras terrestres por la mayor rapidez con él obtenida. Nada indicamos sobre las principales características de la base, pues ya aparecieron en una sucinta nota en esta REVISTA en 1.º de junio de 1923.

#### INSTALACIONES DE LA SOCIEDAD PETROLÍFERA ESPAÑOLA

Visitamos también las instalaciones de esta Sociedad, situadas en los terrenos de Tablada y dedicadas al depósito y distribución de productos petrolíferos (petróleo, gasolina, gasolina especial para aviación, aceites pesados). Con una capacidad total de quince millones de litros y un tráfico actual, sólo de gasolina, de cinco



Sevilla. Instalaciones de la Sociedad Petrolífera Española. Depósitos.

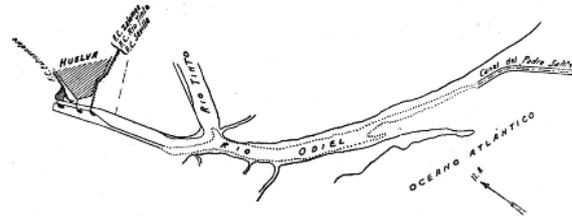
millones de litros mensuales, consisten en varios depósitos metálicos, cimentados sobre una capa de arena de 30 cm de espesor, contenida por un bordillo de hormigón, y situados dentro de un recinto formado por un muro de contención de hormigón armado, capaz de contener los líquidos inflamables caso de rotura de todos los depósitos, una instalación de bombas para su

trasiego, una de calderas para proporcionar vapor a las bombas de los buques amarrados al muelle ya citado, que cuando se abra la corta se sustituirá por uno de hormigón armado en su orilla derecha, en espera de la construcción de una dársena especial para buques petroleros, y varios edificios. La nave de llene, de 65 m por 12 m, de hormigón armado, con cerchas en pórtico poligonal; el almacén de depósito de bidones, de 80 m por 15 m, del mismo material, con cerchas en pórtico con dintel parabólico, con voladizos de 3,50 m; otro edificio para garaje y almacén, de 35 m por 20 m, con cerchas en pórtico doble de 10 m de luz cada uno, y otros destinados a instalaciones auxiliares, de aseo, oficina y casa-habitación. Rodeando toda la instalación se ha construido un muro de hormigón armado y ladrillo, de resistencia suficiente para aislarla, caso de inundación.

Y en ellas, una merienda, amablemente ofrecida por el alto personal que nos acompañó en nuestra visita, terminó nuestra excursión de prácticas, para el primero de los días, que nos parecieron muy pocos, que pasamos en Sevilla.

#### PUERTO DE HUELVA

Dos características definen este puerto y justifican el especial interés de nuestra visita: es la primera la de tratarse de un puerto de ría, en el estuario del Odiel afectado por las mareas del Atlántico, con una carrera máxima en su parte superior de 4,10 metros; es la segunda la de la especial naturaleza del terreno de su fondo, que ha impuesto un determinado tipo de cimentaciones, recientemente modificado en consonancia con



Croquis del estuario de Huelva

la experiencia adquirida en los puertos de Trieste, Imuiden, Rotterdam, Copenhague y otros de circunstancias análogas.

La zona navegable de la ría se extiende hasta el muelle de la Compañía de Tharsis, con una longitud de unos 21 kilómetros y un área total de zona de fondeadero, comprendida la correspondiente al río Tinto, de 610 hectáreas; de los 21 kilómetros, 11 corresponden aproximadamente a dicha zona.

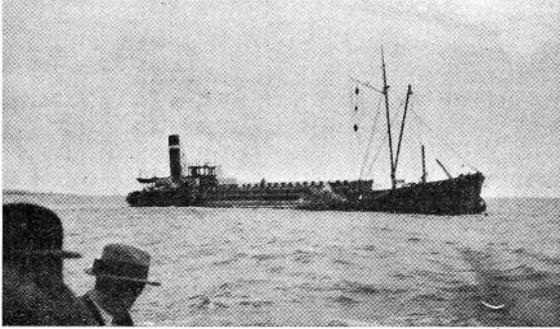
En la entrada, desde el mar, se encuentra primeramente el canal del Padre Santo, formado en la barra en una anchura de 250 metros, con un desarrollo de 4 kilómetros, y cuyas profundidades en bajamar de equinoccio se hallan comprendidas entre las isobatas de 6 y 7 metros. Pasada la confluencia con el río Tinto, se penetra en otra canal de 2 kilómetros de longitud y 100 metros de ancho; esta canal va a desembocar en la zona de muelles. El eje de entrada de la primera está determinado por dos luces de enfilación en la costa, y se halla balizada en su desarrollo por cinco boyas luminosas, que se reducen a cuatro en la canal interior.

El fondo está constituido por arena fina en la barra y fangos en el interior de la ría. Según sondeos practicados, estos fangos se extienden a profundidades variables, pero que pasan de 20 metros, encontrándose solamente interrumpidos por una capa de arena.

El dragado se está efectuando con el doble objeto de aumentar calados y preparar los cimientos para el

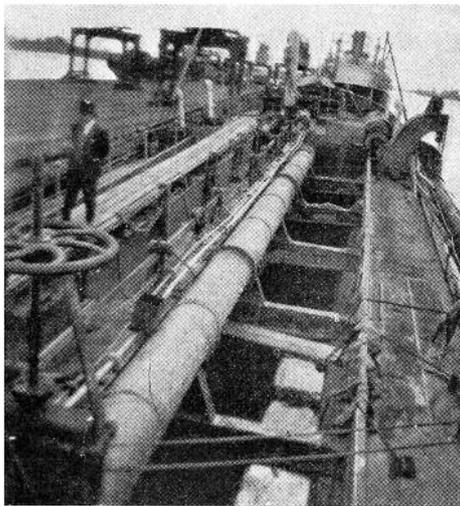
## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

asiento del nuevo muelle. A este fin, existe una draga de rosario "Cinta", de 200 metros cúbicos de capacidad, de excavación por hora, otra draga de succión "Huelva", un elevador "Tinto", tres gánguiles de 120 metros cúbicos de capacidad y un remolcador, que constituyen el tren de dragado de la Junta. Esta ha contratado con la Casa Bos el dragado de cimientos del nuevo muelle y la formación del terraplén compresor de arena, a cuyo fin dispone de la draga de succión "Huelva",



Draga de succión «Cosmopolita»

ya citada, y de la de su propiedad, "Cosmopolita", de una capacidad de unos 600 metros cúbicos. Estas dragas realizan su carga con la arena fina del fondo de la canal de entrada, que vierten en la zanja de cimientos, siendo susceptibles de realizar un volumen diario de 6 000 metros cúbicos; las dragas tienen además un dispositivo para verter a tierra. El tubo de aspiración de la "Cosmopolita" presenta una disposi-



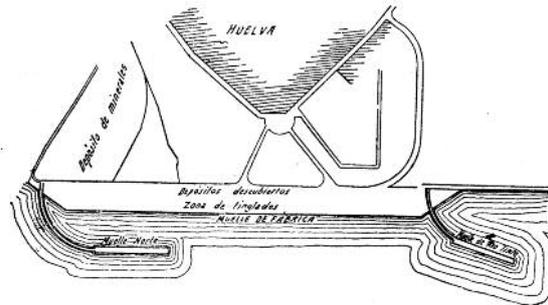
Detalle de la draga «Cosmopolita»

ción característica de la casa constructora "Smith Sons", que consiste en suspenderle de dos roldanas referidas a pescantes, que por movimientos de rotación y translación permiten elevar dicho tubo una vez efectuado el trabajo, para subirlo a descansar sobre el borde de la embarcación; en el codo próximo al enchufe lleva un manguito de cuero armado con aros metálicos.

Algunos de los vertidos se efectúan en el mar, y el capitán de la draga dispone de una sencilla instalación de telegrafía alada, para transmitir a tierra los partes de las operaciones realizadas.

Los muelles más importantes que prestan su servicio en el puerto son: los muelles Norte y Sur, que pertenecen a la Junta de Obras, y tienen un desarrollo de 250 y 155 metros, respectivamente, a los que afluyen mercancías por los ferrocarriles de Extremadura y de Sevilla, así como del núcleo de la población, y los de las Compañías mineras de Ríotinto y de Tharsis, de 579 y 105 metros de desarrollo, respectivamente. El primero se proyectó con la idea de verificar la descarga automática de los vagones en los buques por medio de tolvas, que ha sido preciso sustituirlas por transportadores de cinta, al haber rebasado la altura de servicio los barcos actuales. Todos estos muelles están unidos a tierra por medio de viaductos de madera o metálicos.

La poca consistencia que ofrece el terreno de fondo, pues en algunos sitios, como en los llamados Ojos de Lama, "un hombre colocado sobre su superficie se hundiría completamente", así como los resultados deducidos de ciertas experiencias realizadas, indujeron a los ingenieros a, construir la infraestructura de los muelles por medio de palizadas de columnas metálicas calzadas con hélices, para facilitar su hinca; así, en el muelle Sur, las columnas de 0,30 metros de diámetro están colocadas en filas transversales a 6 metros de distancia y separadas 3 metros las de la misma fila; la rosca tiene un diámetro de 1,30 metros; la profundidad de hinca es de 11 metros en bajamar de equinoccio, lo que impide en absoluto el aumento de calado hasta la cota de 8 metros que se había señalado; este muelle fué proyectado en el año 1881 y modificado posteriormente hasta darle la amplitud definitiva con 27,60 metros de anchura. En el muelle Norte, en explotación, desde el año 1908, se fijó la profundidad de hinca en "6 metros por debajo de un fondo de 12 metros de calado en pleamar", que viene a resultar con 3 metros más de profundidad que el anterior; al mismo tiempo se elevaba el diámetro de la rosca a 1,60 metros, para facilitar la hinca. Los aparatos empleados para realizar ésta han ido variando, desde el primitivo con cabrestantes acciona-



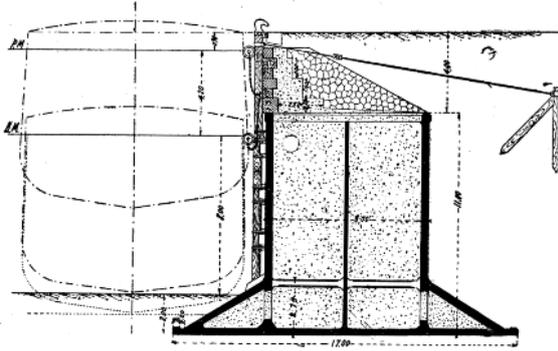
Huelva. Zona de muelles

dos con tornos movidos a brazo, hasta el actual, que permite verificar la hinca con gran rapidez, y que se le ha bautizado con el nombre de "aeroplano", pasando por la desaparición de la sobrecarga, cuyo efecto se conseguía por reacción en el mismo andamio, sin los inconvenientes que tenía aquélla, al tener que quitarla cada vez que había que empalmar un nuevo tubo de los que forman las columnas. Constituyen este muelle 502 columnas, dispuestas en filas de a ocho, y formadas con seis tubos de 3 metros de longitud cada una; el viaducto es también metálico, con tres columnas en cada fila transversal. Sobre esta palizada de columnas de fundición, convenientemente arriostradas, descansa un tablero metálico formado de vigas y viguetas, sobre las que insisten los carriles y demás elementos del piso.

Estos muelles se hallan servidos por grúas, y el

transporte de minerales se realiza en el del Norte por medio de vagones-plataformas, cada uno de los cuales puede llevar tres cajas de 1,80 metros cúbicos.

El muelle de fábrica, cuya cimentación está preparándose, consiste en una estructura formada por cajones de hormigón armado de paramentos verticales, con zapata simétrica inferior, divididos en compartimientos y convenientemente arriostrados; a las paredes se les da un espesor constante y muy sobrado en la



Huelva. Sección del muelle en construcción

parte superior para resistir a la carga de la fábrica hasta la coronación y a las sobrecargas; el interior de los compartimientos se llena de arena.

Estos cajones, enlazados por salientes en forma de cordones y sus correspondientes entrantes en los testeros, descansan en un macizo incompresible de arena, que reparte además la presión. Se empieza por formar un terraplén, que sirve de carga de seguridad, y se eleva hasta 4 metros por encima de la línea de coronación; este terraplén se vierte en una zanja de sección trapecial que arranca próxima a la base del empedrado de la orilla, con un talud de un 20 por 100, y cuyos vértices quedan definidos por enfilaciones longitudinales, determinadas con señales colocadas en los muelles existentes. La parte interior del terraplén es de ejecución menos cuidadosa, pues se hace desaparecer cuando se haya logrado la compresión del terreno, cambiando el estado de equilibrio, por virtud del cual se "engendra un nuevo sistema elástico con una constitución molecular distinta del anterior y con mayor resistencia". Este muelle se extenderá desde el muelle Norte hasta el de la Compañía de Riotinto, haciendo desaparecer el muelle Sur para alcanzar una línea de atraque de 1 200 m de longitud, y servirá a los ferrocarriles antes indicados, al depósito de minerales, que ahora utiliza exclusivamente el del Norte, y se hallará además en fácil comunicación con distintos puntos de la capital por vías radiales y periféricas. La zona del muelle se dividirá en dos fajas longitudinales, correspondientes a depósitos descubiertos y a tinglados.

El depósito de minerales consiste en una serie de fajas paralelas de terreno entablonado, separadas por otras destinadas a vías en comunicación con las del ferrocarril, servidas todas con grúas eléctricas de 5 toneladas de potencia y un radio de acción de 11 metros, grúas que se transbordan de unas a otras gracias a una vía transversal en dirección oblicua a las anteriores. Para facilitar esta operación van montadas las grúas sobre cuatro carretones, y cada uno de ellos viene a corresponderse con un carril de la vía transversal oblicua.

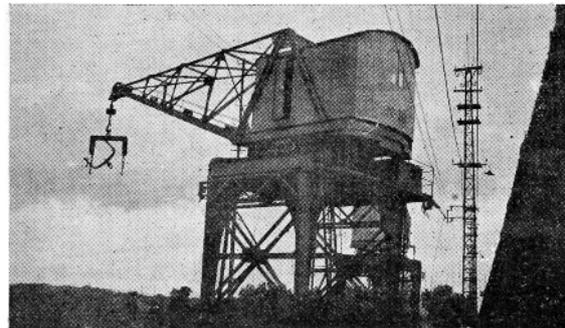
De este tipo de grúas existen otras ocho en el muelle Norte, y se hallan alimentadas con corriente continua a 440 voltios.

La extensión de los depósitos es de 125 000 metros cuadrados; se hallan divididos en treinta y seis secciones, y su capacidad total asciende a 400 000 toneladas aproximadamente, fijándose por una señal la cota máxima que puede alcanzar el mineral allí depositado en consonancia con la carga de seguridad del terreno; esta cota se ha rebajado en las proximidades de la ría mientras duren las operaciones de cimientos del muelle.

La Junta dispone de un cocherón de locomotoras, que consiste en un edificio rectangular de 36 metros de longitud por 24 de ancho, y está cerrado por un muro formado con pilares huecos de hormigón armado, enlazados con vigas del mismo material y arcos y aristones de hormigón hidráulico sin armadura; el relleno de los tímpanos se ha efectuado con ladrillos prensados a media asta. El abastecimiento de agua se consigue por medio de dos pozos artesianos de unos 90 metros de profundidad, a una distancia de 300 metros, que aseguran un caudal de agua de 8 metros cúbicos por hora en condiciones de calidad y economía muy superiores a las del abastecimiento público. Este caudal es susceptible de ser aumentado, gracias a la disposición para extraer el agua, que consiste en inyectar aire comprimido en los pozos por medio de una conducción a unos 65 metros de profundidad, la cual no sólo arrastra el agua, sino que realiza la limpia automática del pozo, extrayendo sus arenas.

Por último, dispone la Junta del almacén general de las obras, cuya parte constructiva es muy semejante a la indicada del cocherón, que cierra una planta rectangular de 44 metros de largo por 16 de ancho.

Digno remate de esta visita y de nuestro viaje de prácticas de puertos fué el rato ameno pasado en las orillas de la confluencia del Tinto y del Odiel, frente a la Rábida. ¿Quién en tal ocasión y en sitio tan evocador, después de haberse asomado por varias de sus puertas a la inmensidad del Océano, no había de traer a su memoria la imagen del navegante ilustre, que hubo de pedir limosna en aquel convento, y que en alas de su genio, animado por un impulso divino, surcó los mares y abrió el cauce por donde habría de fluir la civilización a un nuevo mundo? Mas, desvanecido el recuerdo, empren-



Grúas eléctricas del muelle Norte

damos veloz marcha a navegar entre clases, libros y proyectos, que es corto el tiempo de que disponemos, aunque bastante para expresar nuestro agradecimiento al ingeniero director, Sr. Montenegro, y subdirector, Sr. Belda, así como al ingeniero Sr. Bravo por las muchas atenciones que de ellos recibimos.

Aquí terminan estas notas, indudablemente llenas de defectos que habrán de disculparse al ver la firma de este deficiente artículo, en el cual, si es pequeño el factor de los conocimientos y técnica de redacción, es, en cambio, muy grande el de un sincero y buen deseo.

Los Alumnos de 5.º año de la Escuela de Caminos.

“El dique de carena de Cádiz”

José Eugenio Ribera Dutaste

*Revista de Obras Públicas* vol. 74, n° 2.456,  
julio de 1926, pp. 313-317



# El dique de carena de Cádiz

Por Real decreto de 4 de junio se ha resuelto el reñido Concurso celebrado para los proyectos y construcción del mayor dique seco de carena que habrá en España, pues tendrá capacidad para buques de 235 m de eslora, 32 m de manga y 9,30 de calado.

Se construirá en el puerto de Cádiz y se ha adjudicado al Banco de Bilbao, en representación de las Sociedades Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles y Sociedad General de Obras y Construcciones, con arreglo a los proyectos suscritos por los ingenieros D. J. Eugenio Ribera y D. Vicente Morales, presidente y director-gerente, respectivamente, de cada una de aquellas Sociedades.

Las obras se realizarán a riesgo y ventura por los presupuestos de cada una de las tres soluciones presentadas: de 8 712 778 pesetas para el caso de subpresión nula, de 15 183 886 para el caso de subpresión media y de 19 291 291 pesetas para el caso de subpresión total.

Estas cifras difieren en ocho millones, en algunos casos, de los presupuestos presentados por otros constructores de mundial reputación; no es, pues, extraño que tan considerables diferencias hayan dado lugar a comentarios que me impulsan, como coautor del proyecto elegido, a justificarlas ante mis habituales lectores de la REVISTA.

Así evito las continuas explicaciones que de mí so-

licitan, a la par que evidencio que los ingenieros españoles que hemos colaborado en ese trabajo no apelamos a fantásticos atrevimientos constructivos, sino a un concienzudo estudio técnico contrastado por nuestra propia experiencia, que nos condujo a soluciones racionales y seguras, las que, al suprimir los riesgos, consienten modestas utilidades.

Suele la gente, y aun muchas personas ilustradas, dejarse alucinar por las firmas extranjeras, cuya autoridad y juicios se consideran dogmáticos, en cuanto se atribuyen a un *Monsieur* de ultra Pirineo y más quizá a un *Herr Doctor* de ultra Rhin.

Y por lo mismo que soy el primero en rendir pleitesía y en enaltecer cumplidamente a las grandes figuras de la ciencia extranjera, como lo estoy demostrando constantemente en mis artículos y en mis libros, seáme permitido demostrar, una vez más, que en España también discurrimos, y a veces con acierto, con sinceridad y sin excesivas codicias.

Para ello preciso apuntar algunos antecedentes.

Se acordó por la Superioridad situar el nuevo dique en un terreno (fig. 1.<sup>a</sup>) compuesto por una capa de fango, sobre otra de marga caliza.

Los numerosos sondeos practicados por la Junta de Obras del puerto atestiguan la suficiente dureza de aquella roca, capaz de resistir presiones muy superiores a las que el dique pueda producirle; pero aun

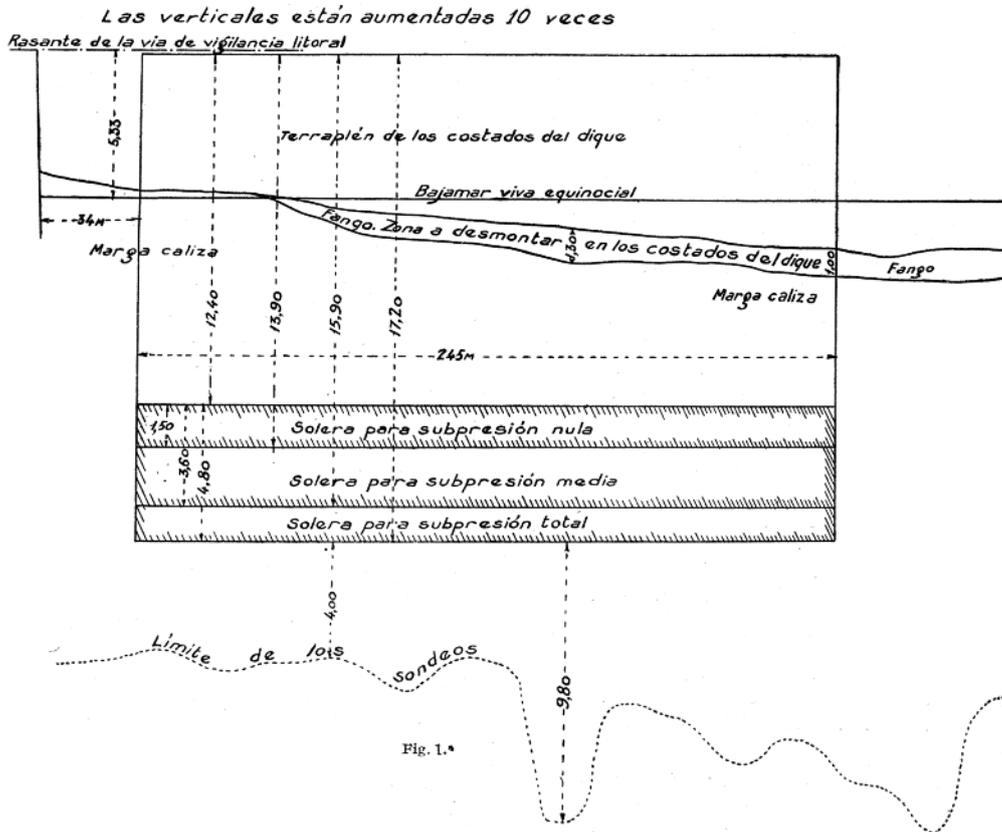


Fig. 1.<sup>a</sup>

hoy día, se desconoce *la permeabilidad de aquel suelo*, y, por ende, *la subpresión* que ha de actuar en la solera, *que, a mi juicio, es la clave del problema*.

En las primeras bases del Concurso nada se prescribía ni aconsejaba sobre este punto fundamental, lo que obligó a los concursantes a fijar arbitrariamente las hipótesis del cálculo, que tanto influyen en un dique, sobre todo en el espesor y resistencia de la solera.

Se presentaron cinco proyectos: cuatro de ellos *suspusieron* que aquel terreno podía ser impermeable y que procedía el sistema de agotamiento, y admitieron sus autores que la subpresión no debía ser considerable, por lo que bastaba dar a la solera del dique espesores comprendidos entre 0,80 m y 5 m, uno de ellos de hormigón armado.

En cambio, mi distinguido colega el ingeniero de Minas, D. Vicente Morales, director de la Sociedad General de Obras y Construcciones, especializada en obras de puertos, entre los que ha construido los de Cádiz y Lisboa, con cuya entidad se asoció para esta obra la Compañía de Construcciones Hidráulicas y Cíviles que presido, coincidió conmigo en que, si bien parecía a primera vista que la solución de agotamientos, mediante ataguías con tablestacas metálicas, era la más indicada, debíamos antes de decidirnos por este procedimiento clásico de agotamientos, *siempre aleatorio*, estudiar muy detenidamente lo ocurrido en los demás diques del mundo.

No queríamos exponer a nuestras Sociedades a una aventura de varios millones.

La razón de esta supuesta timidez que se nos achacó como poco justificada, es, sin embargo, fundamental.

Ambas Compañías están en España establecidas; en un contrato de esta clase, que desde el primer momento consideramos que debía ser *a riesgo y ventura*, no sólo íbamos a responder con una fianza de un millón de pesetas, sino con todo el capital de nuestras dos Sociedades, que suman ocho millones (según prescribe el art. 65 del Pliego de Condiciones generales), y lo que vale aun más, con nuestro crédito profesional y económico vinculado en España y adquirido en treinta años de incesante lucha.

Las casas extranjeras, en cambio, por muy respetables que sean, sólo respondían con la fianza, cuyo importe podían recuperar fácilmente en las ataguías y agotamiento, y aunque fracasaran, lo peor que podía ocurrirles es perder aquella, ya amortizada con los beneficios, pues su alejamiento de nuestro país, por la rescisión consiguiente al fracaso constructivo, no implicaba para ellas ni la ruina, ni siquiera perjuicio sensible.

Esta desigualdad evidente *a favor de las casas extranjeras*, merece tenerse muy en cuenta en futuros Concursos, en los que, por un concepto demasiado caballeresco de nuestros Gobiernos, se abre la puerta a los constructores y fabricantes de todos los países, que vienen a ofrecer sus trabajos, sin más garantía que su fianza, siendo así que las casas españolas ofrecen siempre las garantías *supletorias* de todo su capital y de su crédito. Es notoriamente injusta tal desigualdad, que nos obliga a los españoles a un prudente comedimiento en nuestras proposiciones, por correr mayores riesgos.

Las anteriores digresiones justifican en gran parte nuestro primer proyecto.

El estudio de los ruidosos accidentes ocurridos en

diques de carena análogos, por no haber dado la importancia debida a las posibles subpresiones de la solera; la visita que hice a ese efecto a los grandes diques en construcción en Francia e Inglaterra (1) confirmaron mi natural preocupación a aquel respecto, que vino a robustecer el resultado de los experimentos de permeabilidad que efectuamos en los Laboratorios de la Constructora Naval en Cádiz y en el de nuestra Escuela de Madrid, con los testigos de la roca obtenidos en los sondeos.

Ante el peligro de las contingencias de un agotamiento casi gigantesco, por la extensión del vaso, de 15 000 m<sup>2</sup>, que podía arrastrar nuestra ruina y descuido; ante la obligación legal, que creemos obligatoria e ineludible, de presentar una solución sincera a riesgo y ventura, y sin el temor de un fracaso, que hubiese alcanzado a toda la técnica española, preferimos suprimir el espinoso y arriesgado problema de los agotamientos.

Para ello, disponemos de un poderoso material de dragado: draga chupadora para arenas, fuerte draga de rosario para fangos y rocas blandas, romperrocas para rocas duras, campana neumática para cimientos delicados. Con este material, que ha trabajado ya en el puerto de Cádiz, escavaremos el vaso, preparándolo para recibir unos *cajones con fondo, flotables y de hormigón armado* (fig. 2.<sup>a</sup>).

El dique estará formado por 8 cajones de este tipo, que tienen la forma en U de todos los diques y aligerados interiormente por un sistema de 7 células rectangulares que pasan de muro a muro a través de la solera, y quedan, por tanto, reducidos a dos paramentos, interior y exterior del macizo que ha de formar el dique; estas células se arriostran por 8 tabiques de arriostramiento a 4 m, que se unen a las losas o paredes por medio de robustos cartabones, suficientes para conseguir la completa rigidez de la estructura.

En sus partes laterales llevan los cajones, en toda su longitud, 2 zarpas de 4 m que sirven para soportar el terraplén que sobre ellos actúa y equilibrar con su peso y el peso propio del dique el empuje de la subpresión.

Para reducir el peso de la estructura de estos cajones, y, por tanto, obtener su menor calado de flotación, que a su vez permita un más fácil lanzamiento, se propone para su estructura el empleo de cementos de alta resistencia o fundidos; no sólo obtendremos así un más rápido endurecimiento, sino que podemos someter el hormigón a un trabajo de 100 kilogramos por centímetro cuadrado, para la dosificación de 300 kg con la composición granulométrica de arena y gravilla más favorable.

Pareciéndonos imposible determinar *a priori* la importancia de las subpresiones, que entendemos hay que suprimir o resistir, hemos proyectado la solera para la *subpresión total*, con lo que el dique quedará garantido contra toda flexión y agrietamiento de su solera (2).

Los cajones se construirán en un varadero a media

(1) En la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 15 de diciembre de 1944 dediqué un artículo al nuevo dique del Havre, uno de los mayores y más costosos del mundo.

(2) Todos los cálculos de este dique han sido hechos por el ingeniero de la Compañía de Construcciones Hidráulicas y Cíviles, D. Eduardo Torroja, al que he rogado que dé cuenta de ellos a los lectores de esta REVISTA, como lo hará en breve.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

marea, utilizando la gran carrera de marea de 4,20 metros que hay en Cádiz, y flotarán con sólo agotar el agua del interior de las células, bastando luego, para el fondeo, llenar con agua cuatro de las 7 células que forman cada cajón.

La estabilidad de los cajones durante toda la maniobra está comprobada por los métodos de la arquitectura naval para barcos con flotaciones internas.

Una vez fondeados los cajones se agotarán, macizándose las células sucesivamente con hormigón basto ciclópeo, con lo que quedará así terminado el dique.

El buen asiento de los cajones se asegura igualando previamente el fondo con nuestra campana neumática, por medio de sacos de arena, que pueden luego consolidarse con inyecciones de cemento a través de la solera; las juntas entre un cajón y otro se rellenarán de hormigón en los dos tercios de su altura, con lo que puede agotarse el dique y rellenarse el último

tercio de las juntas con capas de hormigón muy rico, alternadas con otras de tela asfáltica, operación que podrá facilitarse, si fuera necesario, con la citada campana neumática y con inyecciones de cemento.

Podría haberse proyectado el dique, como se hizo en el del Havre, con un solo cajón que comprendiera toda su área; pero esta solución, aparte de sus dificultades de ejecución y fondeo, no presenta ventajas especiales, ya que las juntas en sentido transversal pueden ser perfectamente estancas, como ya se ha comprobado en otros diques y en los cajones para túneles bajo los ríos.

Con estos cajones *suprimimos el problema tan aleatorio de los agotamientos*, que habría que mantener, no sólo para la ejecución de la solera y cimientos de los muros de recinto y exclusiva, sino para la total construcción del dique.

Pero además su estructura de hormigón armado,

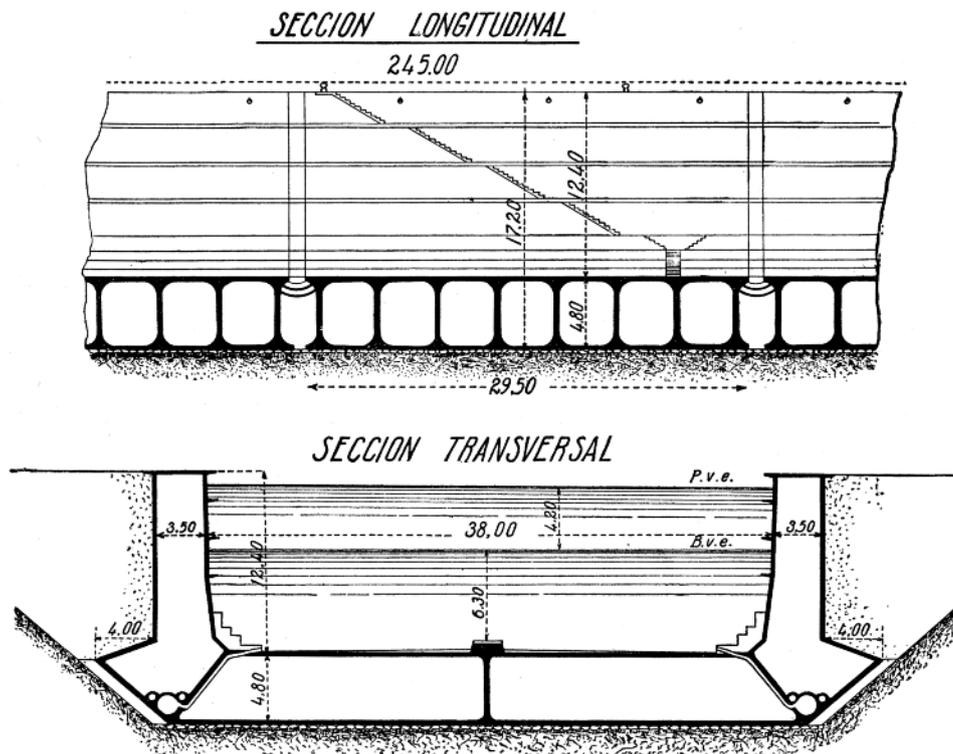


Fig. 2.ª

con cementos fundidos o de alta resistencia, consigue otra ventaja: la de que no sólo no ofrece peligro de ser rápidamente destruída por el agua del mar, sino que, por el contrario, dicha estructura acoraza, por decirlo así, todo el monolito que constituye el dique, defendiéndolo contra la posible descomposición del cemento, que tanto preocupa hoy día a los ingenieros de puertos.

Con los precios corrientes, esta solución de dique, a riesgo y ventura, con seguridad de éxito para el Estado y para el constructor, pues que se calculó su resistencia para aguantar la subpresión total, como si el vaso llegara a ser completamente permeable, tenía un presupuesto de contrata de 23 766 656 pesetas.

Los otros cuatro proyectos presentados, todos ellos a base de construcción por agotamientos, ofrecían presupuestos comprendidos entre 21,5 y 25 millones, pero en ninguno de estos proyectos se comprometían sus autores a ejecutar el dique a riesgo y ventura, y, según nos han dicho, tampoco sus soleras estaban calculadas para resistir la subpresión total.

En todo caso, la comparación entre sus presupuestos no podía ser exacta, por cuanto las hipótesis de subpresión admitida eran diferentes.

Es como si se compararan puentes de iguales luces, pero calculados, unos para una sobrecarga de peatones, y otros para locomotoras de 100 toneladas.

En el dique de Cádiz, las diferencias pueden ser

aun más sensibles, pues obsérvese que se trata de soleras planas de 37 m de luz, que pueden estar sometidas a una subpresión de diez y seis toneladas por metro cuadrado, si la subpresión fuese total, por efecto de la permeabilidad del subsuelo.

¿Quién es capaz de fijar ese coeficiente de permeabilidad, y, sobre todo, de arrostrar la responsabilidad de sus consecuencias?

Para mí no caben hipótesis intermedias. La subpresión es nula o debe admitirse que puede ser total, pues no hay quien asegure que una filtración localizada no pueda aumentar y extenderse bajo toda la solera.

Las diferencias de coste son colosales.

Entre una solera de enrase de 0,80 m de hormigón, como suponía uno de los proyectos, que puede costar unas 800 000 pesetas, y la solera de 4,80 m de altura de cemento fundido, que necesitaba para soportar la flexión 7 500 toneladas de acero, y cuyo coste ascendía a unos diez millones de pesetas, fluctuaban todas las demás soleras proyectadas.

El estudio comparativo de esos proyectos resultó laborioso y difícilísimo, ocasionando, como era obligado, disparidades manifiestas de criterio y apreciación, que dieron lugar a discusiones apasionadas, a pesar de la altura y capacidad de los ilustres ingenieros que hubieron de intervenir.

Pero no pudo menos de resaltar la deficiencia de las primeras bases del Concurso, causante de la heterogeneidad de las soluciones, ya que cada concursante tenía derecho a admitir hipótesis diferentes y arbitrarias.

Así es que el ministro de Fomento, utilizando las facultades que le conceden esta clase de Concursos, resolvió invitar a los cinco proponentes a un nuevo Concurso, sometiendo todos los proyectos a tres hipótesis fijas: subpresión total, media y nula, y con la condición de que habían de hacerse las proposiciones a riesgo y ventura.

Uno de los concursantes, la casa Schneider, renunció a esta segunda prueba. Los demás presentaron los siguientes presupuestos:

|                       | PRESUPUESTOS DE CONTRATA PARA SUBPRESIONES: |            |            |
|-----------------------|---|------------|------------|
|                       | Completa                                    | Media      | Nula       |
| Banco de Bilbao.....  | 19.291.291                                  | 12.993.315 | 8.712.778  |
| Sager Woerner.....    | 21.691.801                                  | 18.547.450 | 16.611.191 |
| Don Pío Ezcurra.....  | 22.107.349                                  | 20.209.236 | 16.777.853 |
| Siemens Bauunion..... | 24.664.458                                  | 19.898.431 | 17.852.151 |

A nadie puede extrañar que, ante diferencias de coste tan considerables, se adjudicara la obra a la proposición del Banco de Bilbao, con el proyecto que suscribí en unión del ingeniero D. Vicente Morales.

Y ahora réstame explicar por qué no son disparatadas las economías de presupuestos que hemos conseguido.

Como hemos dicho, en previsión del fracaso de los agotamientos, preferimos utilizar nuestro material de dragado para excavar previamente el vaso. Estos dragados resultan relativamente baratos, pues incluyendo los del canal de acceso, sólo costarán 2 500 000 pesetas.

Con la piedra, y, sobre todo, con el fango proce-

dente de esos dragados, construiremos el terraplén que circundará el dique, defendiendo su perímetro exterior con un recinto de tablestacas de hormigón armado y su contorno interior con la escollera procedente de las excavaciones, o por un segundo tablestacado metálico.

Si el terreno fuera impermeable, es evidente que la ataguía constituida por dicho malecón de fango de treinta metros de anchura, contenido sobre la roca por aquel doble recinto, es la más impermeable de las ataguías.

Recuérdese, que en el viaducto de Scorff, citado por Debaue (*Exécution des travaux*, pág. 100) y por Gaztelu, dieron excelente resultado ataguías de fango con 25 cm de grueso, comprimido entre dos tablestacados de madera.

Pero este malecón-ataguía constituye precisamente el terraplén de servicio del dique, que es una obra necesaria y utilizable para cualquier solución. El gasto que ocasionará, que es de 1 100 000 pesetas, queda, pues, en su casi totalidad, a favor de obra, pues únicamente se perderá la pequeña zona de la ataguía correspondiente a la boca de entrada, que habrá que dragar posteriormente.

En cuanto esté cerrado el malecón-ataguía, si el vaso dragado fuera realmente impermeable, no aparecerán subpresiones, y entonces será fácil y rápido vaciarlo con el tren de bombas, previamente instaladas al efecto.

Una vez agotado dicho vaso, lo que pudiera obtenerse en pocas horas, se podrá comprobar exactamente su permeabilidad; pero sólo entonces será posible, y sin arbitrariedad, fijar el verdadero coeficiente de subpresión a que podrá estar sometida la solera.

¿Que aquélla es nula? Miel sobre hojuelas, pues bastará revestir el vaso con una ligera camisa de hormigón sobre la roca y las paredes del fondo.

Será entonces más que suficiente una solera de un metro y unas delgadas paredes adosadas al terreno, con un coste que sólo asciende a 2,5 millones.

Pero, en cambio, y aquí considero que está el acierto de nuestro proyecto, si como suponemos se presentaran filtraciones y fuera preciso entonces preparar el dique, sobre todo, en su solera, para resistir a subpresiones que pudieran ser totales, tampoco se pierde nada de lo hecho.

Dragada la ataguía en la entrada del dique se completará el dragado de su fondo hasta la profundidad necesaria, para que la solera tenga el espesor que la subpresión exija.

Mientras tanto, en un varadero, construimos los 8 cajones de hormigón armado, que, lanzados al agua y transportados a su sitio, se fondearán en la forma que antes explicamos.

Si en lugar de rellenar las paredes de estos cajones con hormigón lo hacemos con arena, como ha sido aceptado en el muelle de Huelva, obtenemos una sensible economía, con lo que estos cajones completos y rejuntados, que constituirán el dique, propiamente dicho, sólo costarán once millones de pesetas.

Añadiendo a las cifras anteriores el gasto del barco-puerta, de las bombas y su edificio, los tinos y demás accesorios, que son también factores comunes de todas las soluciones, se comprende ahora por qué nuestra solución no es fantástica, ni siquiera atrevida.

Es racional y constructiva; compatible con todas las hipótesis de permeabilidad y de subpresión, suprimiendo a la vez todo riesgo al constructor y al Estado.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

*Por esto mismo, es por lo que también resulta la más económica.*

Conste, por último, que en este proyecto yo no he sido más que director de una orquesta en la que, como ocurre generalmente, el mérito principal corresponde a los solistas: Vicente Morales, que aunque ingeniero de Minas lleva muchos años dirigiendo obras muy importantes, especialmente marítimas; mi joven discípulo Eduardo Torroja, que ha colaborado con

excepcional entusiasmo e inteligencia en todo el trabajo, sin olvidar a los ingenieros Juan Botín, Noreña, Herrero y Serra-Andreu, que en los proyectos de barco-puerta, bombas y en los últimos cálculos, han contribuido a perfeccionar nuestra proposición.

A ellos, pues, transmito, muy efusiva y sinceramente, el aplauso que merece este éxito de la técnica española.

J. EUGENIO RIBERA



“Puerto de Sevilla. El canal de Alfonso XIII y sus muelles”

José Delgado Brackenbury

*Revista de Obras Públicas* vol. 74, nº 2.458,  
agosto de 1926, pp. 353-356

vol. 74, nº 2.459, agosto de 1926, pp. 373-377



# PUERTO DE SEVILLA

## El Canal de Alfonso XIII y sus muelles

La inauguración del Canal de Alfonso XIII y de sus muelles, solemnemente efectuada por S. M. el Rey, a bordo del crucero argentino *Buenos Aires*, el día 6 del pasado mes de abril, constituye un episodio del mayor interés en la historia del puerto de Sevilla, que, a partir de este momento, sale de las modalidades en que lo trazara D. Manuel Pastor y Landero, cuando lo construyó en los comienzos de la segunda mitad del siglo pasado. Es cierto que de entonces acá el puerto se ha venido adaptando en lo posible a las necesidades sucesivas del tráfico, pero siempre ha conservado su misma estructura y sus mismas características, que sólo ahora sufren una radical transformación con las obras del Canal de Alfonso XIII, iniciadoras de un nuevo período en la vida del puerto, cuyo desenvolvimiento es un reflejo del progreso de Sevilla, que abandona también sus antiguos moldes y rápidamente tiende a convertirse en una gran ciudad moderna.

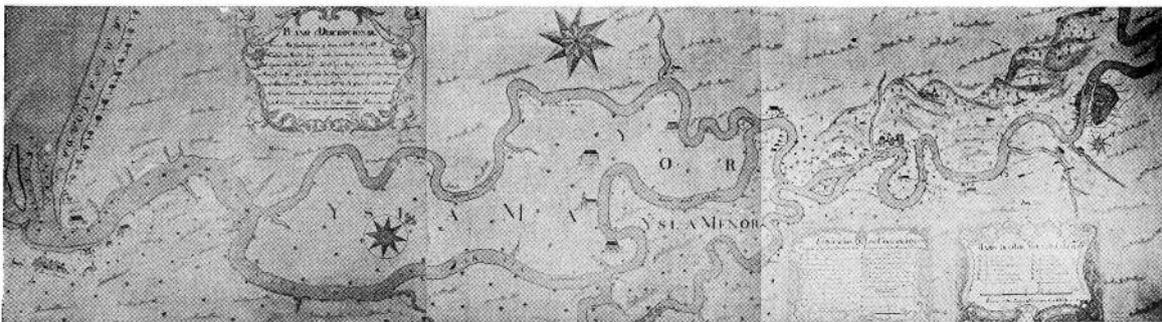
La importancia de las obras del Canal es, pues, grandísima, no sólo por ellas en sí mismas, sino por lo que significan para el porvenir; y en atención a esta gran importancia, la Dirección de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, siempre atenta a divulgar cuanto sea un progreso para el país, dentro de las materias de su especial competencia, ha solicitado del que suscribe una monografía referente a aquéllas, que, para ser completa, debe comenzar con una sucinta mención de cuál era la situación del puerto antes de que comenzaran a efectuarse en él obras de importancia, y cuáles han sido las que sucesivamente se han ido ejecutando hasta llegar a su estado actual, bien entendido que bajo la denominación de puerto se quiere comprender también la ría navegable, de cerca de 100 km, desde Sevilla hasta el mar.

Es indudable que la vida de Sevilla ha estado siempre ligada a la del puerto, al que debe su preponderancia, y la historia así lo confirma en todos los tiem-

pos. Después del descubrimiento de América, cuando el comercio con las colonias estaba limitado a determinados puertos de la península, el de Sevilla adquirió una extraordinaria importancia y los buques llegaban hasta él con facilidad, encontrando un gran mercado para el cambio de productos entre las colonias y la metrópoli; y aunque este estado de cosas duró largo tiempo, ayudado por los privilegios con que Sevilla contaba, en el transcurso de los años la navegación fué decayendo y las condiciones de la ría dejaron de responder a las necesidades de esa navegación, bien fuera por el mayor calado de los buques o porque el río, abandonado a sí mismo y sometido a un régimen violento de avenidas, hubiera perdido en sus condiciones de navegabilidad. Sea de ello lo que quiera, es lo cierto que hacia el año 1794 el Real Consulado de la Ciudad, comprendiendo los enormes perjuicios que se seguían al comercio, solicitó y obtuvo del Gobierno autorización y auxilios para emprender algunas obras; de entonces data la Corta de Merlina, de 600 m de longitud, que evitó un torno de gran extensión y algunos bajos, que constituían entonces el obstáculo mayor para llegar hasta Sevilla.

De cómo estaba el río antes de ejecutarse estas obras da idea la fotografía que se acompaña de un plano del año 1720, que existe en la Dirección de las Obras del Puerto de Sevilla; y cuál era el calado entonces disponible, lo dicen los pilotos y prácticos del río en un informe emitido a petición del Real Consulado, según el cual este calado no llegaba en algunos sitios a cuatro cuartas (0,84 m), en las bajas mareas, y a diez (2,10 m), en las pleamares ordinarias.

Por Real cédula de 8 de agosto de 1815 se constituyó la Compañía del Guadalquivir, con la misión de mejorar las condiciones de navegación de la ría y con privilegios tales como ninguna otra los ha tenido jamás; pero más atenta esta Compañía a disfru-



«Plano y Descripción del Famoso Río Guadalquivir, que baña a la M. N. y M. L. Ciudad de Sevilla, la que se halla distante del Mar Occéano 15 leguas en la Lat.<sup>d</sup> de 37°30' N. y en longitud al C. del Meridiano de Tenerife de 10°40'. Es copia del Original sacado por Orn. Superior en el año de 1720. Y en el pres.<sup>o</sup> de 1775 lo ofrese al S.<sup>r</sup> D.<sup>n</sup> Fran.<sup>co</sup> Anton.<sup>o</sup> Dome-sain, Contador principal de los 4 Reynos de Andalucía, su Servidor D.<sup>n</sup> Fran.<sup>co</sup> Anton.<sup>o</sup> Pisarro.

tar de sus privilegios que a cumplir con los deberes a que su constitución le obligaba, sólo ejecutó, durante el largo período de su actuación, una obra importante: la Corta de Borrego o Fernandina, de 1 600 m de longitud, que, por de pronto, evitó el torno de Borrego, y que, con el transcurso del tiempo, ha motivado el paulatino cegamiento de los brazos del Este y del Noroeste y el consiguiente encauzamiento del río por el brazo del medio.

También tiene en su escaso haber la Compañía del Guadalquivir la construcción en España del primer buque de vapor, que, con otros, utilizaba para viajes entre Sevilla y Cádiz.

Ante la negligencia con que procedía esta Compañía y las constantes reclamaciones del comercio, fueron varias las empresas que quisieron constituirse para sustituirla; entre otras, la titulada de la Provincia Bética, que en 1839 se comprometía a mantener siete pies (1,95 m) de agua en bajamar; proyecto que entonces se consideró importantísimo y colosal, a pesar de lo cual la Compañía del Guadalquivir continuó subsistiendo sin ejecutar trabajo alguno. En 1852, ante las constantes reclamaciones de Sevilla entera, la Administración decidió hacerse cargo de las obras, encargando al ingeniero D. Canuto Corroza de la redacción de un proyecto general de mejora de la ría, y autorizándolo para ejecutar, mientras tanto, las más urgentes; y es de interés señalar que en el proyecto que redactó ya se propone la ejecución de las Cortas de los Jerónimos y de Tablada.

Tales decisiones del Gobierno levantaron el espíritu público hasta el punto de que el comercio y las Corporaciones ofrecieron espontáneamente contribuir con la mitad del coste de las obras, ofrecimiento que inmediatamente fué aceptado, y comenzaron los trabajos, que, en los primeros años, no fueron lo eficaces que se esperaba.

Así llegamos a enero de 1863, en que D. Manuel Pastor y Landero se hizo cargo de la dirección de las obras, y aquí comienza verdaderamente el puerto de Sevilla.

El trabajo que Pastor realizó en los cinco años, de 1863 a 1868, en que estuvo al frente de las obras del puerto, es verdaderamente formidable. Con sus condiciones características de energía y de independencia, acometió de lleno la resolución total del problema del puerto de Sevilla; efectuó obras intensísimas de encauzamiento en toda la región de la ría hasta La Horcada; empezó los dragados de la Corta de Los Jerónimos, y efectuó en la ría cuantos dragados le permitieron los escasos medios de que disponía; cerró cauces y brazos secundarios y, sobre todo esto, construyó 1 376 m de muelle de fábrica, con su zona de servicio, que adosó en la mitad de su longitud, y estableció en ellos tres tinglados para mercancías y tres grúas fijas. También instaló los Talleres de las obras del puerto.

Las sumas gastadas en estos cinco años pasaron algo de once millones de pesetas, y los resultados obtenidos fueron tales y tan rápidos, que a la terminación de este lustro se había logrado una navegación efectiva de más de 17 pies ingleses (5,18 m).

No es extraño que en los años sucesivos se hiciera poco en el puerto: de una parte contribuyeron a ello los desórdenes políticos y la consiguiente falta de recursos, y de otra, hay que considerar que Pastor y Landero dejó el puerto tan adelantado y amplio con relación a su época, que fué suficiente, durante mu-

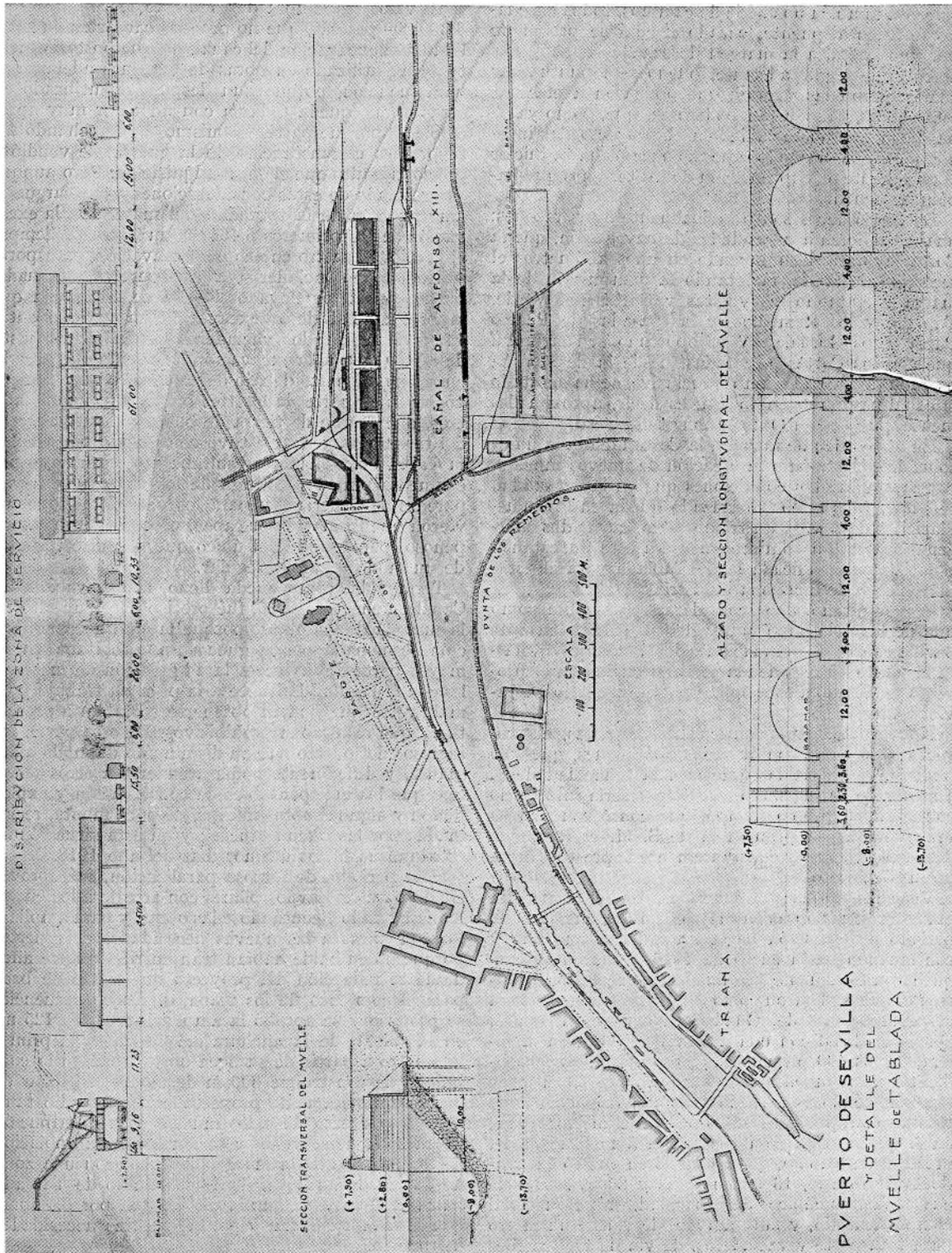
chos años, para satisfacer a las necesidades de Sevilla.

En 1870 se constituyó la Junta de Obras del Puerto. En la primera etapa de su actuación encontró dotado el puerto de una amplia línea de muelle, que mejoró, completando las instalaciones de su zona de servicio, estableciendo vías férreas, adquiriendo locomotoras y grúas, y estableciendo, en fin, el utillaje del puerto, de acuerdo con sus necesidades y con los elementos de que en la época se disponía; también instaló una línea telefónica para uso de la navegación y del comercio entre Sevilla y la desembocadura. En la ría se atendió a la conservación y ampliación de las obras de encauzamiento y se abrió la Corta de los Jerónimos. El final de esta primera etapa de actuación de la Junta, que termina casi con el siglo, se caracteriza por la aparición en el tráfico del puerto de buques con dimensiones muy superiores a las que hasta entonces eran usuales, de los que fueron precursores los dedicados al tráfico del mineral, que por aquel tiempo se inició, y que por sus condiciones especiales exigía los transportes por cargamentos completos, y, por tanto, la navegación de los buques con su máximo calado.

Estas circunstancias reclamaron, como primera medida, la renovación del deficientísimo material de dragado con que contaba la Junta, que adquirió dos dragas de succión y una de rosario con su material auxiliar, las que, unidas a otra de rosario adquirida posteriormente, han sido, durante veinticinco años, el factor más eficiente para la conservación y mejora de la canal navegable de la ría y de la barra, que hoy día puede admitir en mareas vivas, buques de 22 pies de calado (6,70 m). Las mismas razones que motivaron la adquisición del material de dragado exigieron también el balizamiento de la barra y de la ría, que se compone de 42 boyas luminosas y de 25 luces de enfilación en tierra.

Pero no podía esperarse, con el empleo de estos medios, la resolución total del problema del puerto de Sevilla; los muelles de Pastor, a pesar de que se habían ampliado y mejorado en lo posible, resultaban insuficientes y más aún su zona de servicio, donde las mercancías se amontonaban del modo más heterogéneo y en condiciones tales, que imposibilitaban las operaciones del tráfico de un modo regular y económico. En cuanto a la ría, aunque se había mejorado mucho por lo que a calado se refiere, no se había llegado a lo necesario, y, sobre todo, quedaban curvas violentas, especialmente desde la punta del Verde a Sevilla, que limitaban considerablemente la eslorra de los buques.

Era entonces director de las Obras del puerto don Luis Molini, digno sucesor de Pastor y Landero, cuyos méritos no puede encomiar quien ha servido muchos años a sus órdenes y ha continuado la ejecución de las obras por él iniciadas. Ya en los primeros años de su actuación, a partir de 1896, a más de haber efectuado obras de encauzamiento, había proyectado la adquisición del material de dragado de que se acaba de hacer mención, y en 1902 redactó un proyecto general de obras para la mejora del puerto, desde Sevilla hasta la desembocadura, en el que se proponía, como muy importantes y de urgente realización, las de la Corta de Tablada, comprendiéndose en ellas la apertura de la Corta, la construcción de un muelle de entramado de hormigón armado, de 400 m de longitud, y un puente giratorio para servicio de la



isla que había de quedar entre el río y la nueva canal.

El trazado de la Corta arranca del final del tramo de ría en que están situados los antiguos muelles del puerto, y va a terminar con la curva de entrada, en

el torno de la punta del Verde; tiene una longitud de poco menos de 6 000 m, de los cuales, 4 250 constituyen una alineación recta, y el resto, una curva parabólica; cruza el río Guadaira, que se desvía, para acoderarlo tangencialmente a la nueva canal, que in-

tercepta también una serie de caminos, todos los cuales se traen al puente, pasado el cual se prolongan por uno lateral a la margen derecha.

Antes de seguir adelante, bueno será puntualizar cuáles fueron las razones que obligaron a efectuar estas obras, tales y tan poderosas, que, como ya se ha dicho, fueron incluidas en el proyecto del ingeniero Corroza, llegándose por su sucesor hasta iniciar el expediente de expropiación de los terrenos que habían de ocupar.

De tres órdenes son principalmente estas razones: unas se refieren a necesidades de navegación, que la Corta favorece disminuyendo en unos kilómetros el recorrido de la ría, facilitando la transmisión de la marea y evitando las vueltas violentas del Verde, Tablada y los Remedios, y las pasadas de Puerto Parra y los Gordales. Y es oportuno señalar aquí que con las Cortas ejecutadas, desde la de Merlina hasta la de Tablada, ambas inclusive, se ha acortado el canal navegable en 45 km, es decir, aproximadamente un 50 por 100 de su longitud actual.

En otro orden de razones, la Corta facilita la única solución posible para la creación de nuevos muelles, con la amplitud y condiciones que en la actualidad se exige, ya que por su trazado queda en las inmediaciones de Sevilla un tramo recto, cuyas dos márgenes se prestan admirablemente a este fin, estando especialmente indicada la de Tablada para el establecimiento de una zona industrial.

Y por último, debe considerarse esta obra como una de las más importantes del plan de defensa de Sevilla contra las inundaciones del Guadalquivir, hasta el punto de recomendarse su ejecución en el proyecto redactado a este objeto por el ingeniero D. Javier Sanz.

No obstante estas indiscutibles ventajas, el proyecto tuvo que afrontar serias oposiciones, que sólo pudieron ser vencidas gracias a la tenacidad de la Junta y de su ingeniero director; y sería injusto no consignar, al propio tiempo, que contó con ayudas muy valiosas, la primera la de S. M. el Rey, que desde el principio y constantemente le prestó el apoyo más caluroso.

Vencidas aquellas dificultades, pudieron por fin inaugurarse las obras en marzo de 1909, entrando en período de ejecución hacia fines del mismo año y continuando hasta enero de 1916, fecha en la cual quedaron totalmente terminadas, a excepción de los trozos que se dejaron como diques de defensa contra las inundaciones del Guadalquivir y del Guadaira. Quedó el Canal con una anchura de 80 m en la solera, en los 400 primeros de su longitud, correspondientes a los muelles proyectados, y de 68 m en el resto, habiéndose excavado en total 6 646 000 m<sup>3</sup>, que resultaron al precio de 1,035 pesetas el metro cúbico, en el que no está comprendida la amortización del material de trabajo, que consistió en cuatro excavadoras de rosario, 13 locomotoras y 200 vagones de cuatro metros cúbicos de capacidad, más el material complementario, y muy amplio, de vía de un metro para transporte y vaciaderos, de vía de tres carriles de 50 kg para las excavadoras y potentes bombas eléctricas de agotamiento, que durante todo el curso de los trabajos mantuvieron las aguas de filtración al nivel exigido por las necesidades de las excavaciones.

El valor en compra de todo este material fué de 3 300 000 pesetas, que no procede cargar en su totalidad a la excavación del canal, porque posteriormente se ha utilizado en obras de que más adelante se hará mención, porque aun después de utilizado en estas obras, queda todavía con un valor muy apreciable, y porque parte del mismo, aprovechando las favorables circunstancias de la guerra, se vendió a precio más alto que el de su adquisición. Pero aunque se prescindiera de estas consideraciones y se cargue la amortización de la totalidad del material a la excavación de los primeros 6 464 000 m<sup>3</sup>, resulta siempre el precio del metro cúbico por excavación, transporte y depósito en vaciaderos, a 1,53 pesetas, que nadie puede considerar elevado si se tiene en cuenta que la profundidad de la excavación ha variado entre 14 y 16 m, que los vaciaderos tienen altura hasta de 8 y 10 m, que la excavación ha habido que hacerla en su mayor parte debajo del agua y con agotamientos, y que aparte de los tres o cuatro primeros metros, que fueron de tierra de buena calidad, el resto del terreno a excavar estuvo constituido por arcillas mojadas, cuyo manejo resultaba muy penoso, especialmente para la descarga de los vagones, a cuyas paredes se adherían, y para los vaciaderos, que tuvieron que formarse por capas, procedimiento caro y penoso, pero que fué el único que permitió trabajar de un modo seguro y regular.

Terminada, como queda dicho, la excavación del Canal en enero de 1916, fué preciso hacer un alto en la marcha de las obras, porque la enorme perturbación ocasionada por la guerra imposibilitaba en la mayor parte de las veces la adquisición de materiales con la regularidad necesaria para un trabajo normal, y los que podían obtenerse costaban a precios tales, que resultaban prohibitivos. De otra parte, los ingresos del puerto habían disminuído de modo alarmante, y difícilmente podía atenderse a otros servicios que los indispensables de conservación y explotación y algunas obras nuevas, de poca monta, reclamadas por las circunstancias; y en esta situación se continuó hasta los últimos días del año 1918.

Este período, de forzosa paralización, fué aprovechado para revisar los planes con arreglo a los cuales habían venido ejecutándose las obras, y para ampliarlos con miras a las nuevas necesidades del puerto; porque no en balde habían transcurrido quince años desde la redacción del proyecto que sirvió de base para el comienzo de los trabajos. En consecuencia, se propuso y se aprobó la ampliación, hasta 125 m, en la solera, de la anchura del Canal, en el primer kilómetro a partir de su boca norte, zona en la cual habían de construirse 800 m de muelle, en lugar de los 400 primeramente proyectados. Se estudió también el proyecto de estos muelles y la distribución de su zona de servicio, y se amplió la expropiación de los terrenos de la margen derecha, con una zona de 120 m de anchura, desde el camino de Tablada hasta el Guadaira, ampliación exigida por las obras que se iban a ejecutar y por las futuras necesidades del puerto.

En otro artículo describiremos la ejecución de este proyecto.

JOSÉ DELGADO  
Ingeniero director de las obras  
del puerto de Sevilla.

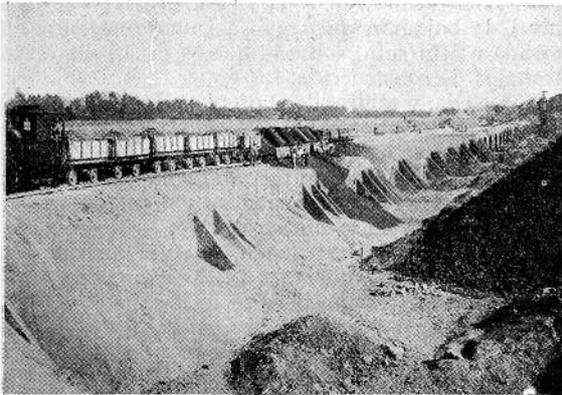
# PUERTO DE SEVILLA <sup>(1)</sup>

## El Canal de Alfonso XIII y sus muelles

### II

En diciembre de 1918 se reanudaron los trabajos, comenzándose el ensanchamiento del Canal, que se ejecutó primeramente sobre la margen izquierda, y en combinación con las obras del muelle, que dieron comienzo, a su vez, a mediados de 1919.

Al redactarse el proyecto de ejecución de esta última obra se consideró indispensable abandonar el tipo de palizada de hormigón armado del proyecto pri-



Muelle de Tablada.—Terraplenado de arena.

mitivo, que, en realidad, no estaba definitivamente estudiado, y que no correspondía a la importancia del muelle que se iba a construir ni a la de los buques que habían de utilizarlo.



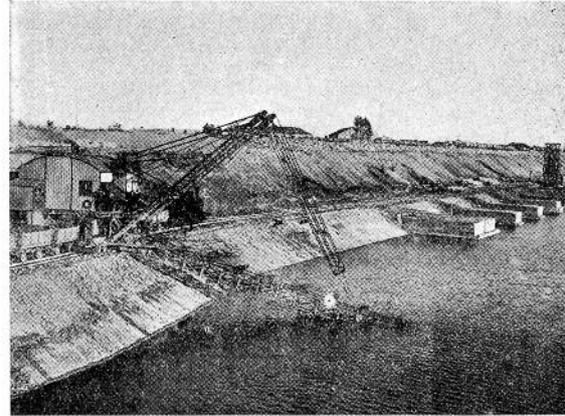
Construcción del muelle de Tablada.  
Hinca de pilotes.

base por 1 de altura, defendido con un revestimiento de piedra en seco, que arranca de la cota (— 9), es

(1) Véase REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, núm. 2 458, página 353.

decir, un metro por debajo del fondo previsto para el Canal.

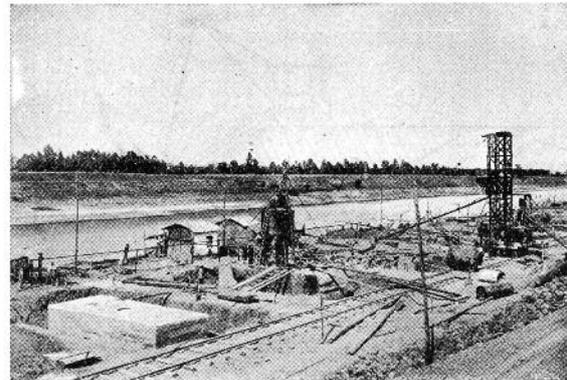
Para contener el terraplén se ha construido detrás de cada bóveda una pantalla de hormigón armado,



Construcción del muelle de Tablada.—Excavaciones.

descansando sobre pilotes del mismo material, que cierran el espacio comprendido entre la coronación del talud de escollera y el perfil del intradós de la bóveda.

La longitud de 800 m del muelle queda dividida en cuatro secciones, con la construcción de cinco estribos, constituidos por la yuxtaposición de dos pilas



Ejecución de las pilas del muelle de Tablada.

ordinarias. Todos los apoyos se han hincado por aire comprimido, haciéndoles penetrar, por lo menos, un metro en la masa de arcilla compacta, que constituye el terreno de cimentación, y siempre, como mínimo, hasta 4 m bajo la solera del Canal.

Para toda la construcción del muelle no se ha empleado otro material que el hormigón armado en las pantallas y pilotes y en los cajones de trabajo, para

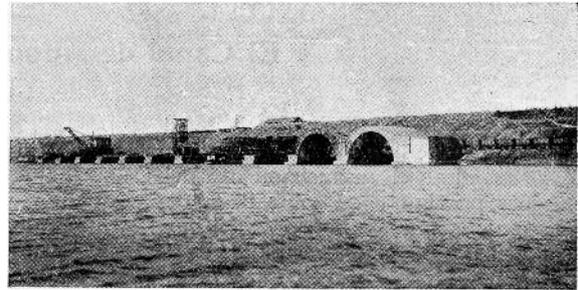
la hinca por aire comprimido, y en masa, para las bóvedas, el frente de atraque y los apoyos. En todos estos hormigones se han empleado gravas y arenas del río, en las proporciones respectivas de 800 y 400 litros para el metro cúbico de hormigón, y con dosis de cemento, variables en las distintas partes de la obra. Todo el hormigón armado se ha dosificado a 350 kg de cemento, las bóvedas a 200, los apoyos a 175 y el muro de frente a 150.

Se comenzó por montar potentes bombas eléctricas, que permitieron rebajar el nivel de las aguas del Canal hasta el punto conveniente, y con la excavadora se dragó el ensanchamiento correspondiente a la



Transporte a flote de una cimbra.

La construcción del muelle se llevó en combinación con las excavaciones para el ensanchamiento del Canal y aprovechando la favorable circunstancia de que la sección del Canal, entre el Guadalquivir y el Guadaira, donde debían ejecutarse estas obras, se encontraba aislada de ambos ríos y defendida por fuertes malecones, incluso de las máximas avenidas.

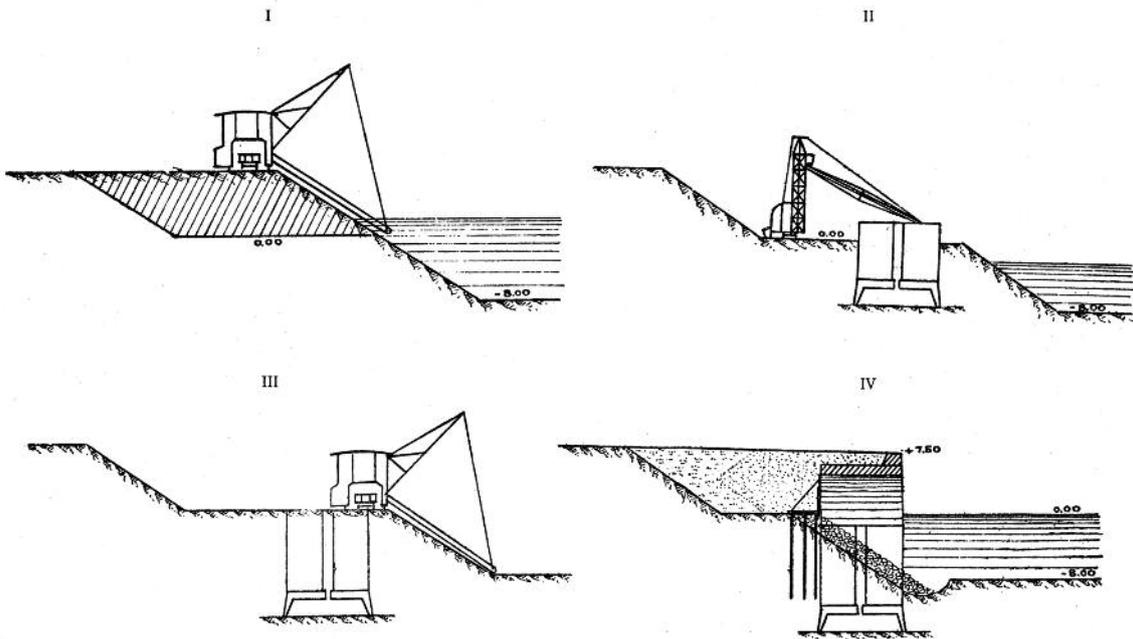


El muelle de Tablada en construcción.

margen izquierda, en toda su extensión y hasta el nivel de bajamar, quedando así una explanada ensanada a esta cota, sobre la que se desarrollaron los trabajos de construcción.

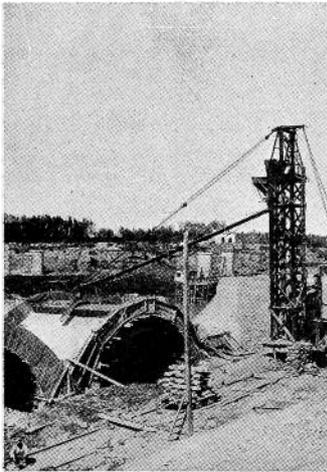
Sobre ella, y utilizando el propio terreno como molde interior para los cajones de hinca, se construyeron éstos y se fueron hundiendo, con excavaciones a cielo abierto primero, y con aire comprimido al encontrarse el agua, recreciéndose los cuerpos de las pilas a medida de la hinca.

Sobre la misma explanada, una vez hincadas las pilas, volvía a pasarse la excavadora, que dragó primero todo el terreno delante de los frentes de las pilas, y al llegar a éstas y entre cada dos de ellas, labraba el talud de  $1,50 \times 1$ , hecho lo cual, y terminada la misión del excavador, quedaba el tajo dispuesto para continuar la obra. Los adjuntos croquis números I al IV dan idea de las distintas fases del trabajo que queda reseñado.



Ensanchamiento del canal y construcción del muelle de Tablada.—Fases de la construcción.

Se han empleado en la obra unos 60 000 m<sup>3</sup> de hormigón, y para su amasado y distribución se utilizó una instalación compuesta de una hormigonera



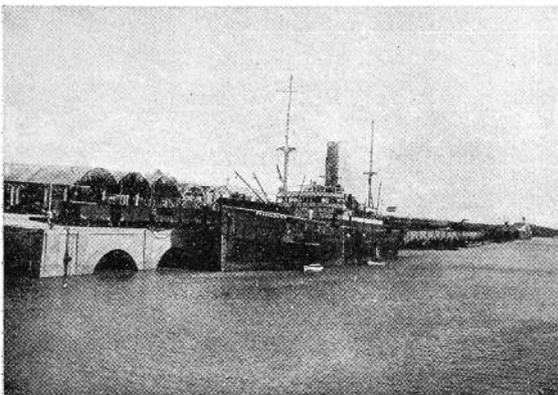
Hormigonado de las bóvedas.

de traslación del vagón a todo lo largo del trabajo y merced a la longitud y articulaciones de la canaleta, se podía colocar el hormigón en cualquier lugar donde fuera necesario.

La instalación, aunque pesada y voluminosa, tenía una gran movilidad que permitía transportarla fácil y rápidamente, hasta dos y tres veces por día, de un lugar a otro del trabajo. Todas las operaciones, tanto de transporte como de manipulación de hormigón, se efectuaban con energía eléctrica.

El trasdós de las bóvedas quedó revestido con una chapa de mortero de cemento, colocado con cañón, aparato que sirvió también para los enlucidos del frente.

El conjunto de la obra, a más de la ejecución de los 60 000 m<sup>3</sup> de hormigón que quedan reseñados,



El muelle de Tablada en servicio.

ha significado la hinca por aire comprimido de 54 apoyos con 750 m de longitud total y la de 6 850 m lineales de pilotes. Las excavaciones para el ensanchamiento del Canal en la zona de muelles significan un volumen de 365 047 m<sup>3</sup>; en la margen izquierda se efectuaron todas con excavadoras, y en la dere-

cha, parte con excavadora terrestre y parte con draga marina.

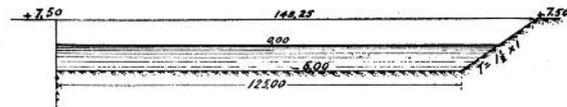
Los trabajos de apertura del Canal fueron complementados también con dragados de draga marina, cuyos productos se vaciaron por elevación sobre las márgenes, en su mayor parte, siempre que la calidad del material lo permitió, y cuando esto no pudo ser, por compuertas, en lugares apropiados de la ría. El volumen total de estos dragados ascendió a 2 235 731 metros cúbicos.

Aguas abajo del muelle ha quedado un ensanchamiento, que se utiliza como zona de virada para los buques de gran eslora, y en ella ha revirado sin dificultad el crucero *Blas de Lezo*, de más de 142 m. Actualmente se estudia un proyecto para mejorarla de manera que pueda ser utilizada por buques hasta de más de 150 m.

El resto del Canal queda con las secciones que ya se han indicado y que se dibujan en los siguientes croquis.



Sección normal del canal.



Sección del canal en la zona del muelle.

Al extremo norte del Canal, y para restablecer la comunicación con la isleta circundada por éste y por la ría, se ha construido un puente metálico, con tramo central móvil, que permite la navegación, incluso de grandes buques; es oblicuo, por necesidades del trazado de vías férreas, y consta de cinco tramos: uno central, el móvil, de 56 m de luz; dos laterales, fijos, de 36,70, que soportan las hojas móviles, y dos de avenidas, de 22 m; la anchura es de 11 m, correspondiendo tres a dos aceras voladas y ocho a la calzada, que lleva también una vía férrea de ancho normal.

Como quiera que el ingeniero Sr. Cornet, subdirector de la Maquinista Terrestre y Marítima de Barcelona, Sociedad constructora de la estructura metálica del puente, tiene ofrecido a la REVISTA un artículo referente al mismo, no es cosa de entrar en detalles describiendo esta obra, ya que lo va hacer persona tan competente en la materia.

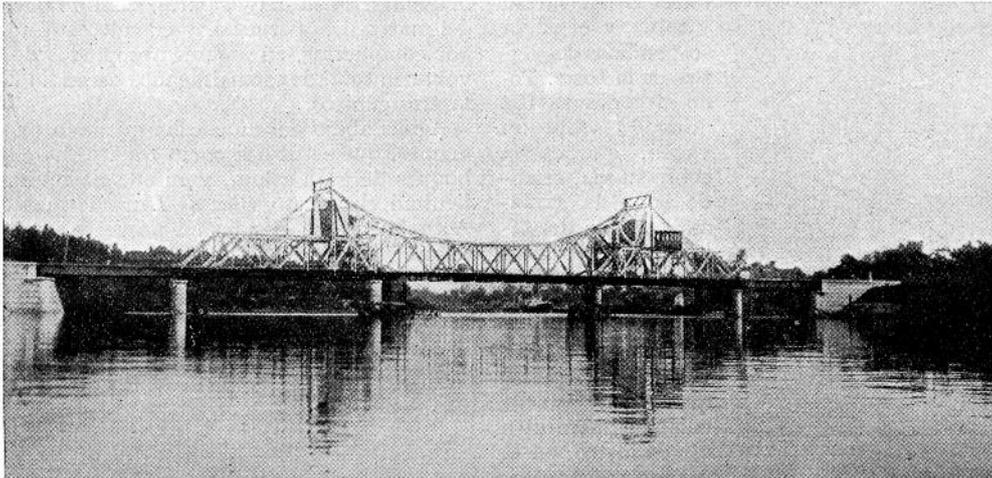
El coste total de las obras que quedan reseñadas ha sido de 24 800 000 pesetas, distribuidas, en números redondos, del modo siguiente:

|  | Pesetas           |
|--|-------------------|
| Expropiaciones .....                     | 2 800 000         |
| Adquisición de material de trabajo ..... | 3 300 000         |
| Excavaciones y dragados .....            | 9 600 000         |
| Construcción del muelle .....            | 5 900 000         |
| Construcción del puente .....            | 3 200 000         |
| <b>TOTAL</b> .....                       | <b>24 800 000</b> |

Actualmente se ocupa la Junta en habilitar el muelle de Tablada, y, al efecto, tiene ya montadas la mayor parte de las vías férreas de servicio y ha comen-

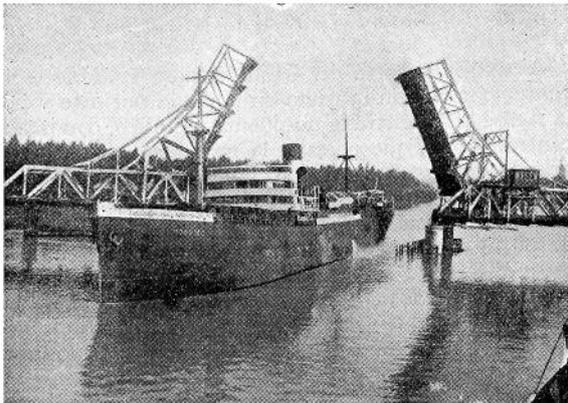
zado la construcción de tinglados de hormigón armado, pavimentos de adoquinados y hormigón, caminos de servicio, etc., etc., y tiene contratadas, con la Sociedad Española de Construcciones Babcock Wilcox,

Las mercancías que no reunan estas circunstancias y que deban estar almacenadas tiempo más o menos largo, dependiente de contingencias comerciales o de cualquier otra índole, tendrán su lugar adecuado en



Vista general del puente metálico con tramo central móvil sobre el canal de Alfonso XIII.

un primer lote de ocho grúas eléctricas sobre pórtico para doble vía, con 18 m de radio y 3,5 toneladas de potencia al alcance máximo, las que, una vez instaladas, dominarán fácilmente, no sólo cualquier bar-

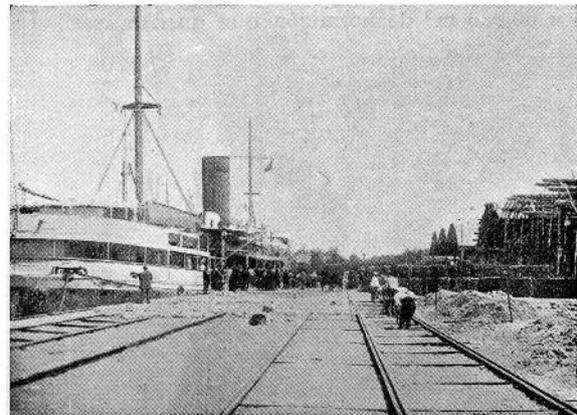


Un vapor de 5 000 toneladas de registro pasando el puente.

co de las dimensiones máximas que puedan atracar, sino también una profundidad sobre la zona de servicio hasta de 26 m, a partir de la arista del muelle. De conformidad con esta disposición se ha distribuído dicha zona de servicio dejando un amplio andén de 28 m, a partir de la arista del muelle, todo él dominado por las grúas; después, y sin solución de continuidad, la zona cubierta de 49 m de profundidad, y detrás de ella, tres vías de ferrocarril, un espacio reservado para tranvía y, por último, el camino de circulación general del puerto. Este conjunto constituye lo que pudiéramos llamar zona de tránsito, es decir, la reservada a aquellas mercancías que sólo deben permanecer sobre el muelle el breve espacio de tiempo indispensable para esperar el buque que haya de conducir las, o para su transporte al interior.

la zona para depósito, constituida por una serie de almacenes comerciales, situados detrás de la primera zona antes indicada, correspondiendo con toda la longitud del muelle. Estos almacenes serán cinco y cada uno de ellos tendrá, aproximadamente, 6 900 metros cuadrados de planta, estando todos servidos por vía férrea y caminos ordinarios.

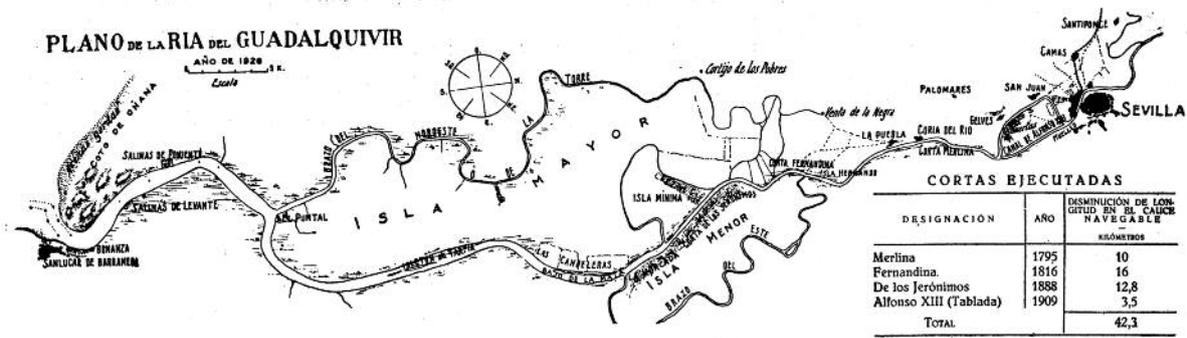
Se completará la instalación de esta zona de servicio con el establecimiento de vías de clasificación, factorías para las Compañías de ferrocarriles y con la construcción de edificios para los servicios generales del puerto y de la Junta.



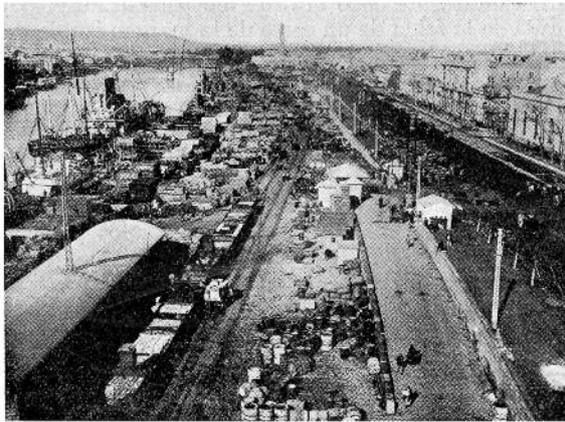
Habilitación de la zona de servicio del muelle de Tablada.—El trasatlántico "Manuel Arnús" atracado al muelle.

Todas estas obras de Tablada, aunque indiscutiblemente importantes, no constituyen la totalidad del problema del puerto de Sevilla y ni siquiera su parte principal. Por lo que toca a muelles, hay que construir el de enlace entre los de Tablada y los antiguos, y aun éstos hay que mejorarlos para sacar de ellos el máximo partido posible; y sobre todas las

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.



cosas, hay que dragar: trabajo oscuro e ingrato, pero en el que radica la eficacia del puerto de Sevilla; y como hay que luchar con agentes naturales de carácter permanente, que tienden a aterrar la ca-



Muelles del puerto antiguo.

nal navegable, es preciso contar, con carácter también permanente, con un numeroso y potente material de dragado. El que hay ahora, aunque presta valiosos servicios, resulta ya escaso para las necesida-

des de la navegación y para la pujanza que va adquiriendo el puerto. Sin duda, este sistema es caro, pero el puerto de Sevilla lo será siempre de conservación, porque no en balde se encuentra al extremo de una vía navegable de más de 100 km, sometida al régimen torrencial del Guadalquivir; pero no hay que exagerar esta circunstancia, porque si bien en Sevilla es preciso dedicar permanentemente sumas de cuantía para gastos de conservación, éstas, quizás, no sean mayores que las que corresponden a las anualidades de intereses de las cantidades invertidas en algunos grandes puertos exteriores para sus obras de abrigo.

Además, el puerto de Sevilla puede soportar estos gastos, porque ya hoy, con más de 1 700 000 toneladas de buques entrados, recauda de ingresos propios, excluidas subvenciones, cerca de tres millones de pesetas, y estos ingresos vienen de algún tiempo a esta parte incrementándose anualmente en el 10 por 100, cifra ésta que seguramente se excederá, y quizás se doble, en el año actual.

El total de lo gastado en el puerto desde la creación de la Junta, en el año 1871, hasta el actual, asciende, en números redondos, a 106 000 000 de pesetas, de las que el Estado ha aportado, en subvenciones, 37 000 000. Fijense en esto aquellas personas, de Sevilla inclusive, que como artículo de fe creen que el puerto es un parásito, que vive del favor oficial.

**José DELGADO**  
Ingeniero director de las obras del puerto de Sevilla

“Puerto de Cádiz. Boya de amarre para  
buques hasta de 35.000 toneladas”

Ignacio Merello Llasera

*Revista de Obras Públicas* vol. 75, nº 2.480,  
julio de 1927, pp. 255-257



PUERTO DE CADIZ

# Boya de amarre para buques hasta de 35 000 toneladas

En 31 del pasado diciembre quedó instalada en la bahía de Cádiz la boya para el amarre de buques hasta de 35 000 toneladas.

Está fondeada por medio de una cadena que con un grillete especial se une a tres ramales de cadenas y éstos a los muertos.

Las dimensiones de la primera cadena son: su lon-

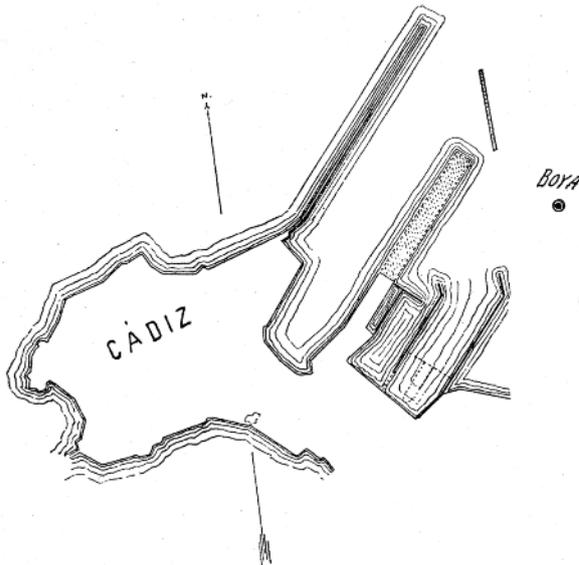


Fig. 1.ª Puerto de Cádiz. Situación de la boya para grandes transatlánticos.

Las características principales de la misma son las siguientes:

Diámetro exterior, 3,014 m; altura, 1,619 m; peso de la misma, 4 150 kg.

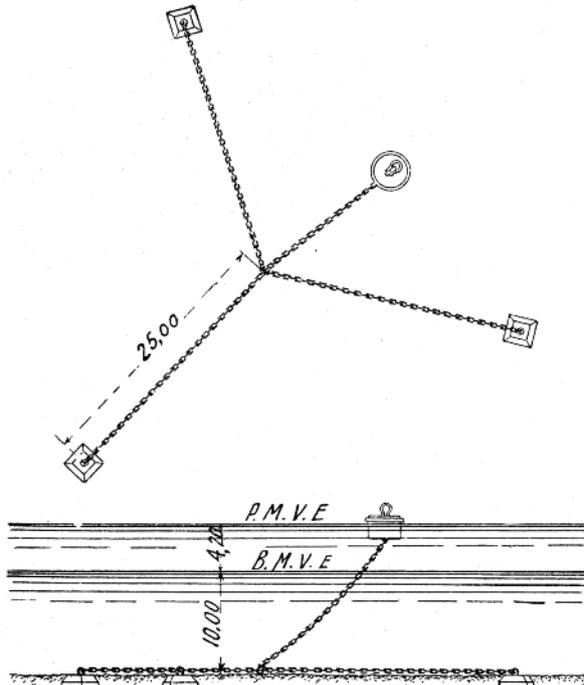


Fig. 2.ª Sondeo de la boya.

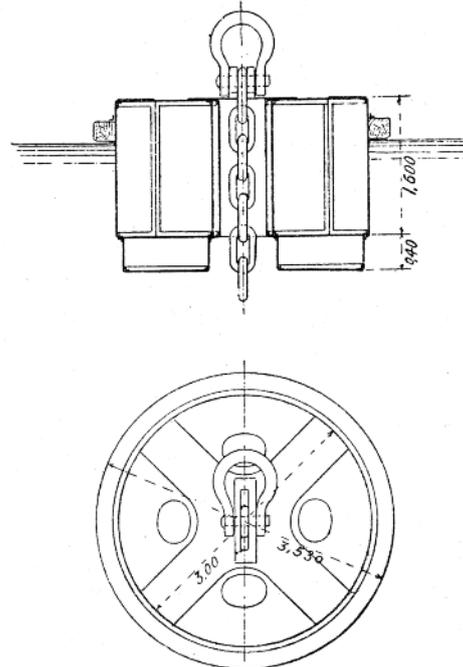


Fig. 3.ª Corte vertical y planta de la boya.

gitud, 18,4 m, siendo el peso de la misma 294 kg por metro lineal, y en total 5 410 kg; sus eslabones tienen 560 mm de longitud y 340 mm de ancho, formados con cabilla de acero de 93 mm de diámetro con concretos, siendo la carga de rotura 231 000 kilogramos y la tensión práctica de servicio 95 000 kg.

Esta cadena, por medio de un grillete especial, cuyo dibujo es adjunto, se une con los tres ramales de cadenas iguales, cuyas dimensiones son como sigue: longitud de cada ramal, 22,90 m, con un peso por metro lineal de 215 kg, y cada ramal 4916,70 y las tres 14 750 kg; los eslabones están formados por cabi-

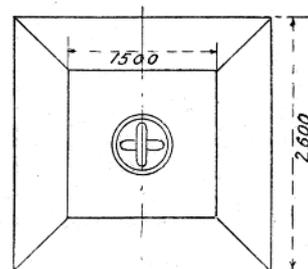
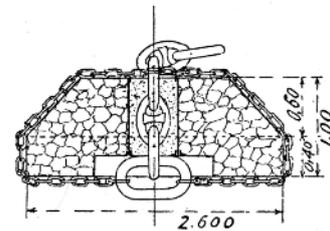


Fig. 4.ª Corte y planta de un muerto.

llas de 90 mm de diámetro, teniendo 540 mm de longitud y 330 mm de ancho llevando contretes, siendo la carga de rotura de 216 000 kg y la tensión de servicio de 89 000 kg.

Estas tres cadenas van unidas a muertos de mampostería con mortero de cemento rápido «Corta», peso

centro del canal, se le ha colocado una luz fija blanca alimentada con gas acetileno disuelto en acetona, pudiendo funcionar sin alimentarse algo más de dos meses; los acumuladores van en dos compartimientos estancos de los cuatro que tiene la boya, habiéndosele colocado cuatro suplementos para mayor faci-

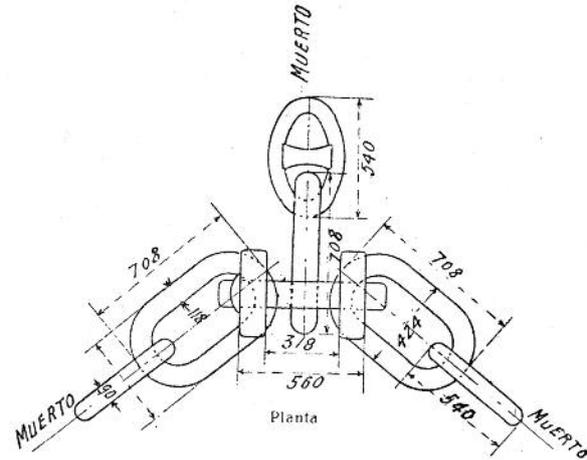
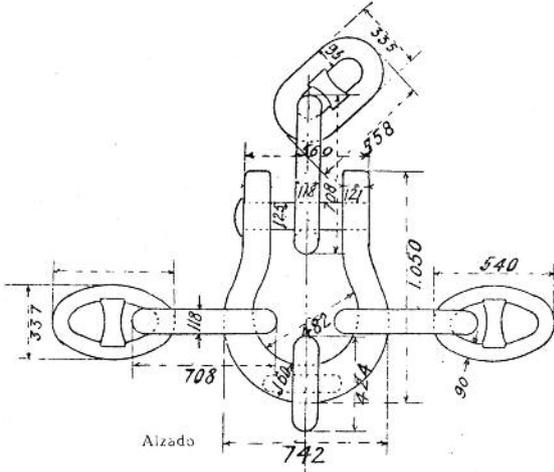


Fig. 5.ª Detalle del amarre.

de 10 000 kg cada uno y las dimensiones acotadas en el dibujo que se acompaña; la unión se detalla en el mismo.

Estos muertos van enterrados enrasados con el fondo del terreno, que viene a tener como mínimo 10 m en b. m. v. e.

Con el fin de fijar la boya durante la noche para facilitar la navegación, a causa de encontrarse en el

lidad y aumento de su estabilidad; esta luz se quita cuando amarran los barcos, volviendo a ponerse

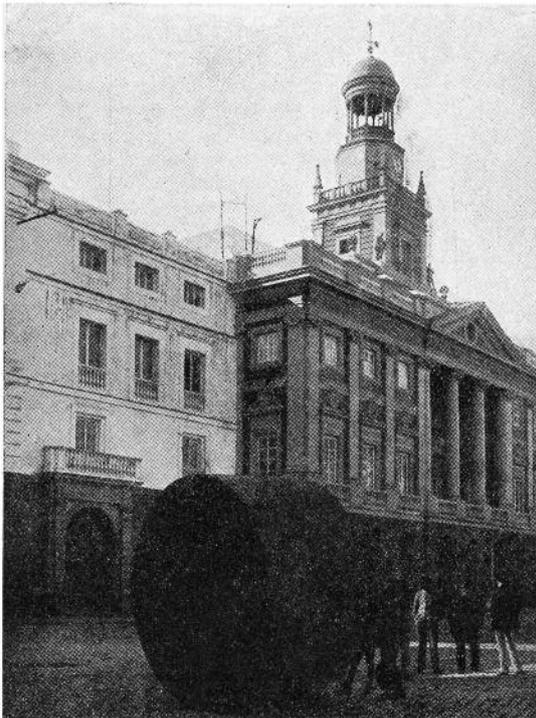


Fig. 6.ª La boya en la plaza de Isabel II, frente al Ayuntamiento de Cádiz.

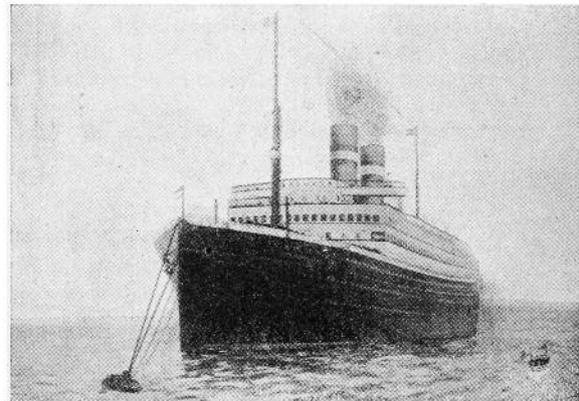


Fig. 7.ª El vapor inglés Roterdan, de 37.000 tene-ladas, amarrado el 13 de Febrero de 1927.

cuando queda libre la boya, estando dispuesta para hacer esta operación rápidamente.

Ha sido debido el fondeo de esta boya a la afluencia en este puerto de grandes barcos trasatlánticos con turistas, cuyas dimensiones en eslora oscilan alrededor de 200 m, llegando algunos hasta 225 m y teniendo calados hasta de 10 m, aunque raras veces esto último; y como la canal frente al emplazamiento de los muelles con el calado referido sólo tiene en algunos puntos de 500 a 600 m de ancho, era preciso, para que pudieran fondear dichos buques, que lo hicieran a dos anclas, a fin de que su radio de giro fuese el mínimo, con el consiguiente retraso en las maniobras, para buques que tenían que hacer sus movimientos casi al minuto, por cuya razón tenían que fondear a la gira fuera del puerto, con gran

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

perjuicio para el pasaje y para este puerto en general.

Al quedar ya instalada la boya, de los siete barcos con turistas arribados a este puerto hasta el 8 de marzo, uno, el *Homeric*, fondeó fuera, pues su tonelaje es muy superior al límite admisible para la boya, siendo su desplazamiento de unas 50 000 toneladas; otro quedó fondeado en las proximidades de la boya, por no haberse aun organizado este ser-

vicio, y de los otros cinco, cuatro amarraron a la boya y el otro atracó al muelle.

El buque sueco *Gripsholm*, fué el primero que amarró a la boya, el 6 del pasado febrero, habiéndolo efectuado después el *Transilvania*, el *Roterdam* y el *Empress of France*.

El coste total de la boya, con los muertos, cadenas, etc., ya instalada, ha sido de 86 654,41 pesetas.

Ignacio MERELLO  
Ingeniero de Caminos

“Una visita a los puertos de Algeciras, Ceuta  
y Gibraltar”

Manuel Mascarós Barba, Fernando Serrano  
Suñer

*Revista de Obras Públicas* vol. 77, nº 2.525,  
mayo de 1929, pp. 189-191



# Una visita a los puertos de Algeciras, Ceuta y Gibraltar

(Notas de un viaje de prácticas de los alumnos de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos)

## Puerto de Algeciras.

De este puerto casi nada indicaremos, por haber sido ya descrito en el artículo publicado por los alumnos que, en viaje de prácticas, lo visitaron hace dos años. Solamente diremos que se están llevando a cabo las obras de construcción del rompeolas de Isla Verde, y las de prolongación y ensanche del muelle de Alfonso XIII.

Como no se ha comenzado todavía el muelle de ribera, se ha unido el paramento norte del muelle ensanchado al actual con unas hiladas de bloques para formar así un muro de contención del pedraplén. Los muros del muelle se construyen con bloques de mampostería.

El último y ya tristemente célebre temporal desbarató gran parte de la obra ejecutada, arrastrando en un corto espacio de tiempo más de 3 000 m<sup>3</sup> del pedraplén de relleno por la zona donde previamente se llevó los bloques que formaban el muro provisional. Cuando lo visitamos, aun cuando ya se habían reanudado las obras, todavía pudimos apreciar perfectamente los efectos de este temporal, que, por su rapidez y violencia y por las dimensiones de la ola presentada, inducen a creer fuese producido por un fenómeno sísmico.

En el rompeolas de la Isla Verde, los destrozos afectaron, más que a la obra, a los medios auxiliares de ejecución.

Los bloques se llevan al lugar de su empleo por vía terrestre desde el taller de construcción, situado en la propia Isla; una grúa de pórtico, tipo "Titán", es la encargada de colocarlos en obra; el temporal removió todas las vías del dique, arrastrando también dos bloques que tenía elevados la grúa, quedando ésta junto al borde mismo del muro, como se ve en la fotografía número 1; en cambio, las olas respetaron el castillete de la luz situado en el extremo de la obra.



Fot. 1.ª Disposición en que quedó la "Titán" después del temporal.

También visitamos los talleres de reparación y de bloques, y el varadero, situados en la Isla Verde, recorriendo después el paso constituido por una serie de tramos rectos de hormigón armado sobre pilas de fábrica, que une la Isla con la península.

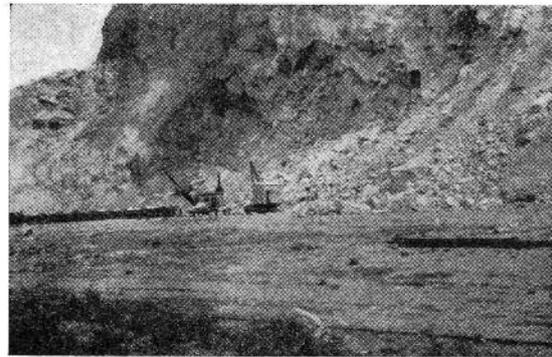
## Puerto de Ceuta.

Después de una feliz y agradable travesía llegamos a este puerto, dedicando aquella tarde a visitar las magníficas y características canteras de escollera calizoarenosa, llamadas de Benzú; su frente actual, muy extenso, se une al primitivo, situado a nivel inferior, por un plano inclinado, con transportador de carretón, sobre el que descienden las plataformas cargadas de escollera. Los medios para la carga son grúas y palas de

vapor, y el transporte se hace por ferrocarril (foto. número 2).

De las canteras ya salen todos los materiales clasificados.

Intercalados en el trayecto de la cantera al puerto existen unos talleres de reparación del material, que,



Fot. 2.ª Canteras de Benzú.

por el aislamiento de la zona de protectorado con los grandes centros industriales, en los frecuentes casos de temporal, tienen mayor importancia que de ordinario, y han prestado, en ocasiones, meritisimos servicios. También se encuentra en el mismo recorrido una central térmica de electricidad para las distintas necesidades del puerto.

El puerto, representado en la figura 1, lo forman dos diques de abrigo del tipo de escollera natural clasificada, siendo a la vez diques-muelles, cuyo muro de muelle lo constituyen bloques concertados de hormigón (figs. 2 y 3). Divide el verdadero puerto del antepuerto el muelle Alfonso XIII (fig. 4).

Todas estas obras están en período de ejecución y bastante adelantadas, exceptuando las del muelle "de ribera", que no se han comenzado todavía.

Las del dique-muelle de Poniente permiten observar todas las fases de su construcción; la colocación de la escollera de segunda categoría para la banqueta que ha de servir de cimienta a los bloques se hace, en la actualidad, por gabarras de vuelco por inundación (foto, número 3); los bloques son transportados desde la rampa-varadero del taller de bloques al lugar de su empleo por un flotador; la escollera del revestimiento del rompeolas se transporta por tierra hasta una grúa "Titán", que, suspendiendo la plataforma cargada, la vuelca, dejando caer la piedra, como se ve en la fotografía número 4.

Sobre la última hilada de bloques que se proyectó se coloca otra para que sirva de sobrecarga, y una vez comprobado que el muro no hace más asiento se quitan y se construye el murete de mampostería, a lo largo del cual, y en su interior, se deja la galería de servicio y canalizaciones.

En este dique-muelle vimos los almacenes, en construcción, para mercancías y la instalación de la cam-

pana que se utiliza, con buen éxito, como señal sonora en los días de niebla.

El taller de bloques ya terminó su misión constructiva, pero aún pudimos ver un simulacro de su marcha

2.<sup>a</sup> En la vía honda: sobre el carretón de esta vía, que es normal a la anterior, se mueve el conjunto de la "Goliat" y el bloque suspendido.

3.<sup>a</sup> Desde la vía honda a la rampa-varadero: por la vía honda, en el anterior movimiento, llega el conjunto a otra vía normal a ella, por la que rueda la "Goliat", y el bloque sigue suspendido de ella hasta llegar al carretón de la rampa-varadero, sobre el que lo deja.

4.<sup>a</sup> Por la rampa-varadero: lo hace sobre el carretón retenido por el cable de un cabrestante; el bloque es sumergido hasta la profundidad necesaria para que pueda suspenderlo inferiormente el flotador transportador.

Toda la maquinaria del taller, grúas, carretones, etcétera, es eléctrica.

Las obras del muelle de Alfonso XIII tocan ya a su fin, pues estaban terminando la coronación de los muros y el relleno, así como la colocación de los bolardos, cuyo anclaje pudimos ver en uno de ellos.

Aneja al puerto se encuentra una importante instalación de aceite combustible para el aprovisionamiento de los barcos. De la comunicación del director de las obras del puerto al Congreso de Navegación celebrado en El Cairo tomamos los siguientes datos (1):

"Funciona desde 1922; está situada en el origen del dique de Poniente, a 9,8 m sobre el nivel del dique; consta de tres tanques de acero, que puede contener cada uno 8200 t, separados por muros y trincheras para aislar y localizar los posibles incendios; los tan-

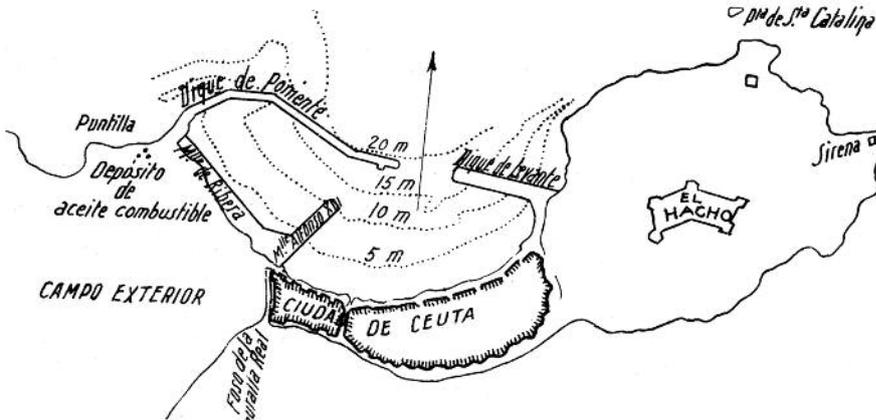


Fig. 1.ª Plano del puerto de Ceuta.

en la caseta de fabricación del hormigón: los materiales llegan al piso superior, y de él van clasificados al

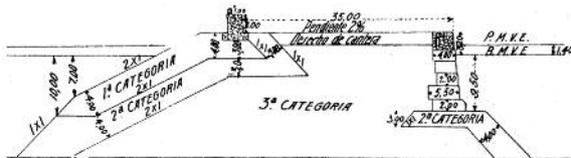


Fig. 2.ª Dique de Poniente.

de las hormigoneras, de las cuales el hormigón cae a unas vagonetas que, por vía elevada, y con ligera pen-

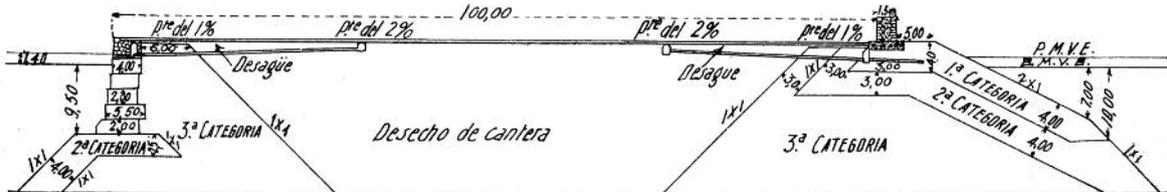


Fig. 3.ª Dique de Levante.

diente, lo transportan al lugar de empleo, es decir, al molde.

Las cajas que se dejan en los bloques para su enganche son rectangulares hasta cierta profundidad, en que se hacen cuadradas; el macho es, por tanto, en forma de martillo.

En el movimiento del bloque dentro del taller, o sea

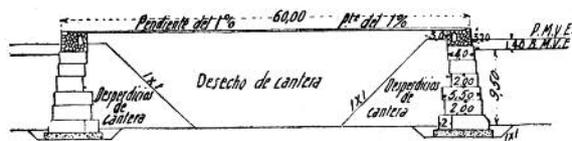
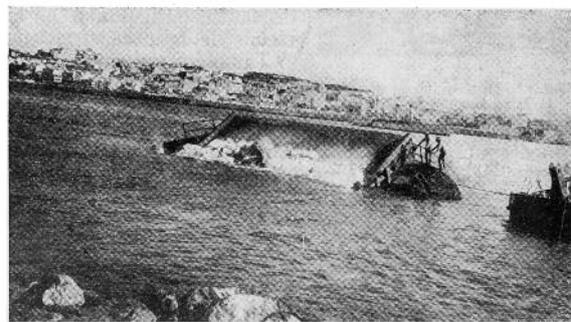


Fig. 4.ª Muelle de Alfonso XIII.

hasta su suspensión por el flotador que lo transporta al lugar de su empleo, pueden distinguirse cuatro fases:

1.<sup>a</sup> Desde el lugar de su fabricación hasta la "vía honda": mediante una "Goliat" que se mueve en una vía paralela a la costa y entra en el carretón de la "honda".

ques y la casa de máquinas están unidos entre sí por tuberías; todos los tanques están provistos, a pesar



Fot. 3.ª Lanzamiento de escollera en el muelle.

del clima tan benigno de serpentines de calefacción por vapor, así como de los accesorios corrientes, como ex-

(1) XIV.º Congrès International de Navigation. Le Caire 1926: 2.º section: Navigation maritime. 2.º Communication. Rapport 64 par J. E. Rosende.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

tintores de incendio, pararrayos, etc.; existen también cuatro tanques de acero de 200 t para el gasto directo y para aforar, así como uno de 15 t para las necesidades de la instalación.

En la casa de máquinas se han instalado dos bombas capaces de proporcionar cada una un rendimiento de 150 t por hora. También existe una central de electricidad para el alumbrado del conjunto de la instalación.



Fot. 4.\* Lanzamiento de escollera en el dique rompeolas.

Las tuberías de conducción del aceite, en la actualidad dos, se han dispuesto en la galería de los muelles (foto núm. 5).

*Tetuán.*— Distinto carácter que las visitas a las anteriores obras e instalaciones tuvo la que hicimos a la capital del Protectorado, que nos permitió, en unas horas, desgraciadamente pocas, ver de cerca la vida en la población indígena, sus zocos y calles, palacios, mezquitas y casas de campo, residencias veraniegas, en una de las cuales pudimos gustar su música y manjares.

En un tren especial fuimos a Tetuán, la "ciudad misteriosa", la de las callejuelas emparradas, la de las plazuelas pintorescas, la de las mujeres veladas...

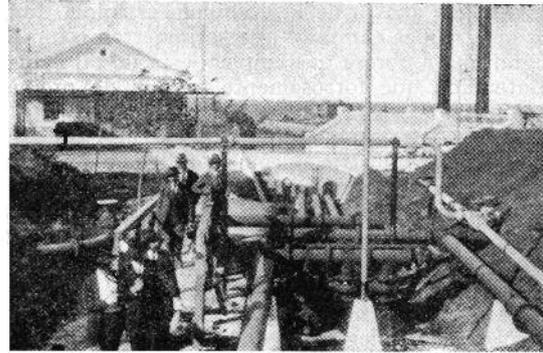
Después de tomar el clásico té con hierbabuena, nos dedicamos a recorrer las tiendecillas—las típicas tiendecillas morunas—, comprando mil chucherías y baratijas. Visitamos también la casa del notable Benmuna, en la que admiramos el refinamiento que en todos los detalles de la vida pone esta raza indolente y exquisita.

Y, por último, fuimos obsequiados con una espléndida comida moruna, a base de "kefta", "kuskús" y no sabemos cuántas "cosas raras" más. Todo comido con los dedos, por supuesto, y "cómodamente" sentados en unas alfombras, mientras una orquesta indígena entonaba una melopea monorrítmica y somnolienta...

Al atardecer regresamos a Ceuta, encantados de este día vivido en pleno ambiente moruno. ¡Muchos compañeros volvieron con fez y chilaba!...

*Puerto de Gibraltar.*

*Arsenal.*—La visita a este puerto tuvo un aspecto completamente distinto. Se trataba de una obra ya ter-



Fot. 5.\* Tuberías de distribución del combustible líquido.

minada y que, por razones de seguridad naval, sólo podía verse en parte. Lo más notable que recordamos es el grupo de sus tres famosos diques secos (el mayor, de 900 pies de eslora), demasiado conocidos e importantes para ser descritos ahora por nosotros.

\* \* \*

Cumplida nuestra labor informativa con estos recuerdos de un agradable viaje de prácticas, nos queda otro deber que cumplir.

Deliberadamente no hemos aludido a los múltiples agasajos, atenciones y pruebas de simpatía con que nos han honrado cuantas personas intervienen en esas obras y cuantas, sin intervenir, influyeron en hacer tan feliz nuestra excursión, pues si lo hubiéramos hecho en cuantas ocasiones tuvimos para ello y en la medida que requería nuestro agradecimiento, este artículo hubiese adquirido dimensiones fantásticas.

A todos reiteramos nuestra gratitud, y desde estas columnas enviamos respetuoso y cordial saludo.

Por los ex alumnos:

**Mannuel MASCARÓS BARBA y FERNANDO SERRANO SUÑER**

“Faro aero-marítimo en Punta de Calaburras  
(Málaga)”

José Herbella

*Revista de Obras Públicas* vol. 77, nº 2.532,  
septiembre de 1929, pp. 344-346



## Faro Aero-Marítimo en Punta de Calaburras (Málaga)

En el mes de mayo último se ha inaugurado en el faro de Punta de Calaburras el primer aparato aero-marítimo de las costas españolas. Este faro es el más importante de la provincia de Málaga, por estar situado en la punta más saliente de la costa de la misma, y es el que busca toda la navegación que viene del Mediterráneo para embocar el Estrecho de Gibraltar.

El aparato existente tenía la apariencia de luz blanca, variada por destellos cada tres minutos. En el plan de reforma de los faros de la provincia de Málaga se había fijado para el de Calaburras la apariencia de relámpagos equidistantes blancos, con un alcance en tiempo medio de 28 millas.

El que suscribe redactó, con fecha 31 de diciembre de 1923, un proyecto de aparato y linterna para dar a este faro la apariencia y alcance aprobados. Como en el faro existente la altura del foco luminoso sobre el nivel del mar era sólo de 35 metros, lo que permite un alcance geométrico de 17,4 millas para un observador colocado a seis metros sobre el nivel del mar, o sea muy in-

ferior al que se precisaba de 28 millas, hubo que pensar en elevar la altura del foco luminoso para aproximar en lo posible el alcance geométrico al óptico. La torre antigua se hallaba en muy mal estado, pues la piedra que se empleó en su construcción era de muy mala calidad y estaba tan descompuesta que hubo que desistir de la idea de elevar su altura, habiéndose proyectado y construido una nueva torre en la parte opuesta del edificio, con una altura sobre el terreno de 23,40 metros, con lo que se ha obtenido una altura del foco luminoso sobre el nivel del mar de 45,90 metros.

En vista de la importancia, cada vez mayor, que va adquiriendo la navegación aérea, y teniendo en cuenta la circunstancia de que los aviones Latecoère, de la línea Toulouse-Casablanca, pasan por las proximidades del faro de Calaburras, y también con mucha frecuencia los aviones militares que van de la base de Tablada a la zona de Melilla y Alhucemas, se pensó en la conveniencia de sustituir el aparato aprobado por otro que sirviera a un

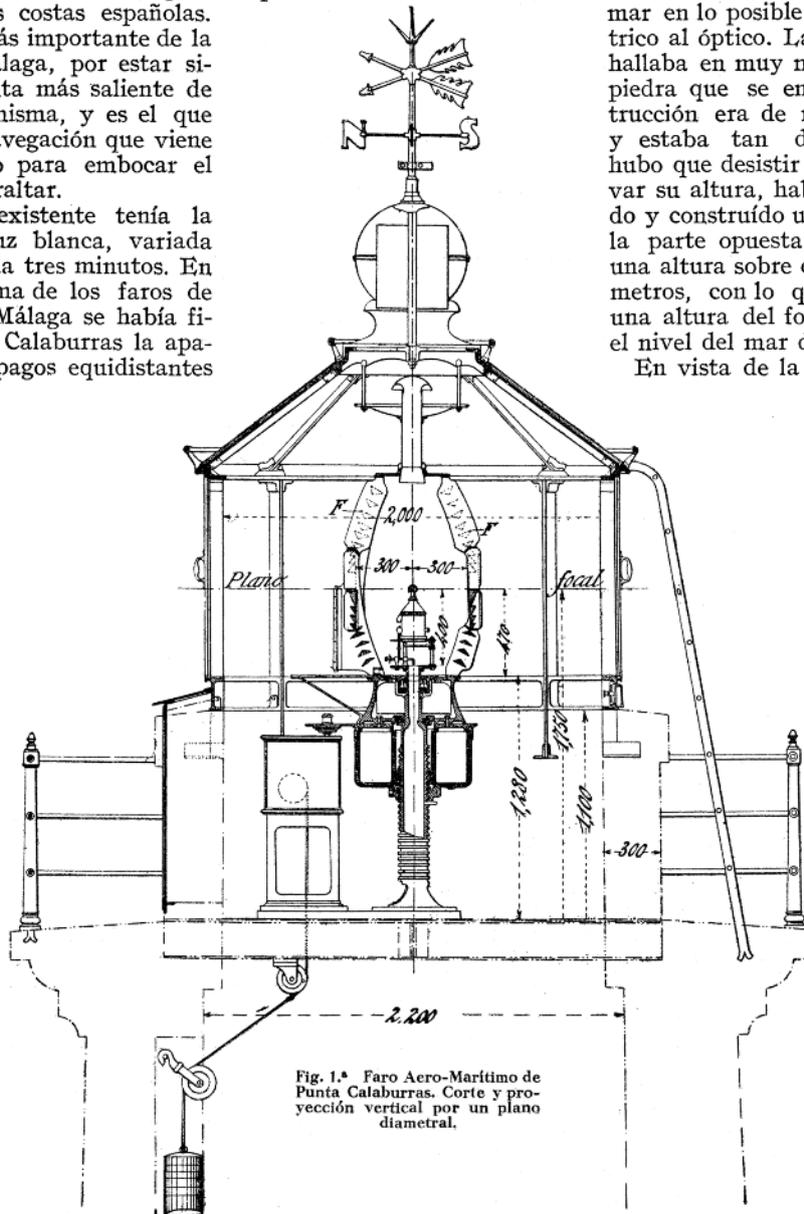


Fig. 1.ª Faro Aero-Marítimo de Punta Calaburras. Corte y proyección vertical por un plano diametral.

tiempo para la navegación marítima y la aérea, a cuyo efecto se presentó en 30 de diciembre de 1927 un proyecto para la construcción de un faro aero-marítimo. Aprobado éste por la Superioridad se procedió inmediatamente a la ejecución del aparato y linterna, los cuales fueron construídos por la casa «Anciens Etablissements Barbier, Bénard et Turenne», de París.

El aparato óptico está dispuesto para producir la apariencia de relámpagos equidistantes blancos cada cinco segundos. Consta de tres paneles catadióptricos de treinta centímetros de distancia focal, abarcando cada uno un sector, en un plano horizontal, de 120 grados sexagesimales. Cada panel está constituido por una zona central formada por cuatro elementos dióptricos y cuatro prismas reflectores, una zona catadióptrica superior formada por seis prismas reflectores y otra zona, también catadióptrica, inferior, que consta de cuatro prismas reflectores.

La disposición para producir los haces luminosos que ha de utilizar la navegación aérea no puede ser más sencilla. Cada panel presenta en su parte central una hendidura vertical, que va desde el plano focal hasta la corona superior de la óptica, por la cual puede verse directamente el foco luminoso, que está constituido por una lámpara de incandescencia por vapor de petróleo comprimido, del sistema Chance, con capillo flexible de 35 milímetros de diámetro. La anchura de esta hendidura está

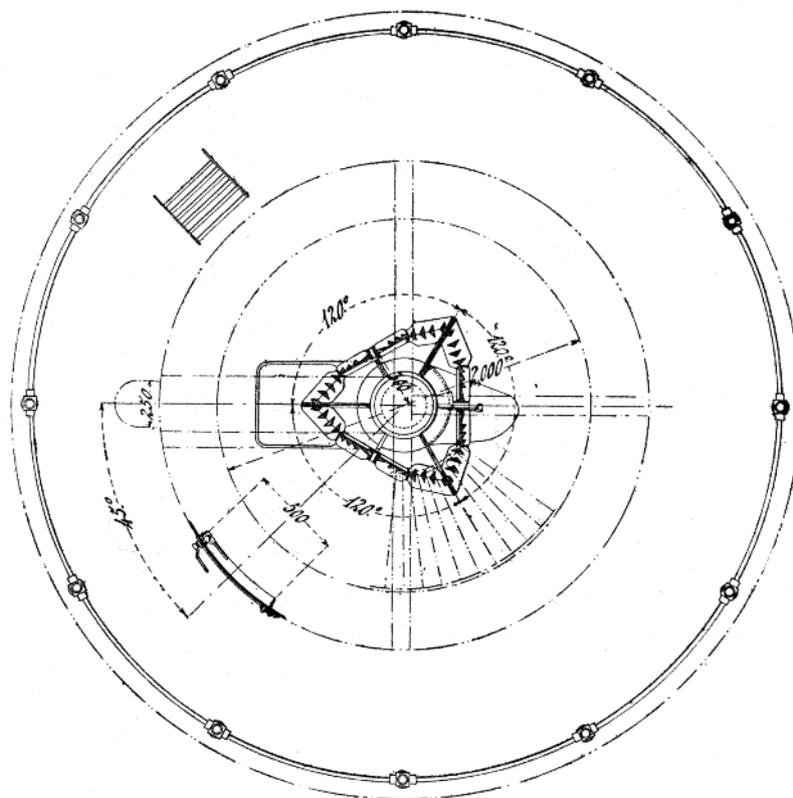


Fig. 2.ª Proyección y corte horizontal por el plano focal

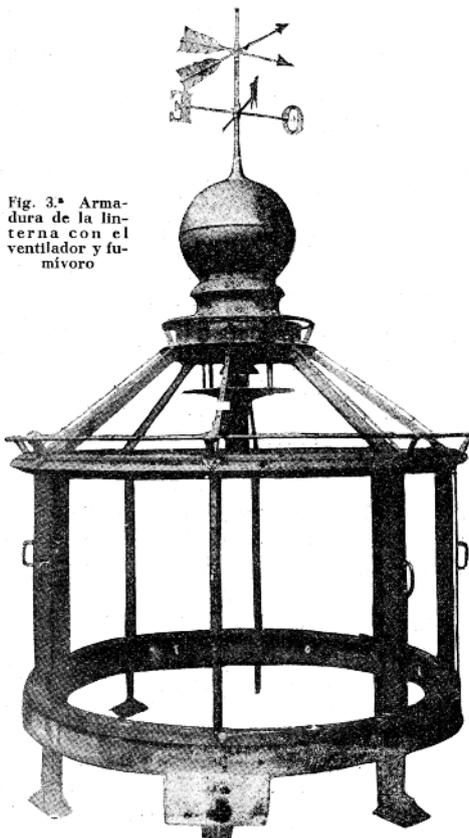


Fig. 3.ª Armadura de la linterna con el ventilador y fumivoro

calculada de manera que el haz luminoso que sale por ella tiene la misma divergencia que el producido por el aparato lenticular, con el fin de que la duración de los relámpagos que se ven por visión directa sea la misma que la de los producidos por el aparato óptico.

El aparato está contenido dentro de una linterna cilíndrica, con montantes verticales, de dos metros de diámetro entre las caras interiores de los montantes. Se dife-

rencia esencialmente de las de uso corriente en que la cubierta, en vez de ser chapada de cobre, está formada por una superficie cónica, de vidrio, de ocho milímetros de grueso, dividida en ocho trozos que se apoyan sobre otros tantos montantes inclinados, unidos en su parte superior por una corona de fundición que soporta el ventilador, que es del tipo de bola.

El alcance luminoso de la luz en la parte marítima es de 31 millas en tiempo medio. Este alcance se mantiene en un sector vertical, hasta un ángulo de dos grados y cuarenta minutos, sobre la horizontal que pasa por el foco luminoso.

A partir de este ángulo hasta el ángulo de 72 grados sobre la referida horizontal, o sea en la zona en que se ve la luz por visión directa, el alcance en tiempo medio es de catorce millas, desapareciendo por completo la luz únicamente en un ángulo de 18 grados alrededor de la vertical que pasa por el centro del aparato, debido a la ocultación produci-

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

da por el ventilador.

El importe de todo el material que constituye el aparato, linterna y accesorios de este faro, ha sido de 40 940 pesetas, franco a bordo en el puerto de Málaga, precio excepcionalmente económico, tratándose de un aparato con el que se obtiene un alcance de 31 millas.

En vista del buen resultado obtenido, estamos redactando el proyecto de un aparato de tipo semejante, aunque con distinta apariencia, para el faro de Cabo Quilates, en la Zo-

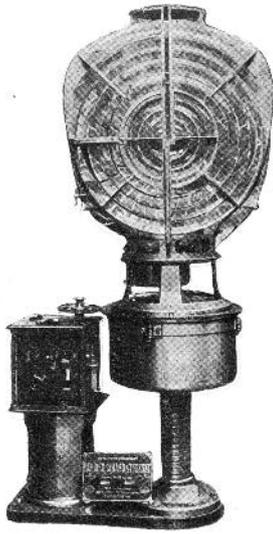


Fig. 5.ª - Vista del aparato frente a la arista de unión de dos paneles.

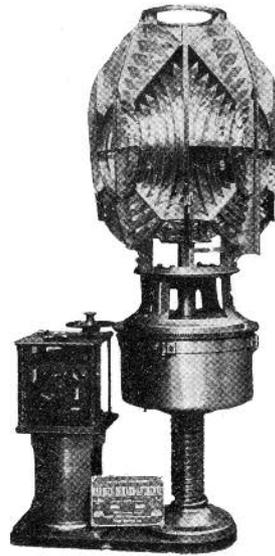


Fig. 4.ª - Vista de uno de los paneles. En la parte central se ve la hendidura por donde sale la luz para la navegación aérea.

na de Protectorado español en Marruecos, y creemos que en lo sucesivo, cuando se trate de instalar un faro nuevo, o reformar uno de los existentes, debe procurarse, siempre que las circunstancias lo permitan, que los nuevos aparatos sirvan indistintamente para la navegación marítima y la aérea, ya que esto puede realizarse casi sin aumento de coste en el precio del material o con un aumento insignificante, en relación con las ventajas que se obtienen.

José HERBELLA  
Ingeniero, segundo Jefe del Servicio Central  
de Señales Marítimas

“La construcción del dique seco de Cádiz”

José Entrecanales Ibarra

*Revista de Obras Públicas* vol. 78, nº 2.561,  
noviembre de 1930, pp. 497-503

vol. 78, nº 2.562, diciembre de 1930, pp. 517-530

vol. 78, nº 2.563, diciembre de 1930, pp. 537-547



## La construcción del dique seco de Cádiz

La situación estratégica de la Bahía de Cádiz respecto a las rutas del Estrecho de Gibraltar y a las de Suramérica y Centroamérica, aconsejó al Gobierno español el año 1925 la apertura de un concurso internacional para el proyecto y la ejecución en dicho puerto de un dique seco de carena para buques de hasta 30 000 toneladas de registro, al que concurren varias Casas nacionales y extranjeras, adjudicándose la obra al Banco de Bilbao en nombre de dos Sociedades, la General de Obras y Construcciones, ejecutora de los dragados y terraplenes, y la Compañía de Construcciones Hidráulicas y Cíviles, que construye, secundada por D. Manuel Távora y el firmante de este artículo, la parte de hormigones y hormigones armados.

Tratan estas notas de describir ligeramente el proyecto, el procedimiento de construcción seguido y las consecuencias que hasta la fecha se deducen del mismo, dividiéndose, como consecuencia, en tres partes, que podrían titularse: Lo que se pensaba hacer, Lo que se ha hecho hasta la fecha y Lo que se piensa hacer ahora.

### Descripción del proyecto <sup>1</sup>

Como no se podía conocer perfectamente la posibilidad de agotar el cuenco y las condiciones de impermeabilidad del terreno, que evidentemente influían sobre las dimensiones y forma de la sección transversal del dique, los concursantes hubieron de presentar proyectos para los casos límites de que al achicar el dique se ejerciese sobre su solera una subpresión nula o la subpresión total, debiendo comenzarse la construcción acometiendo la solución de subpresión nula y deduciendo la conveniencia de otras soluciones en vista de los resultados del intento de agotar el cuenco ataguado, o de lo observado en los productos procedentes del dragado.

Se comenzó de esta forma la construcción de las obras, y al cabo de algún tiempo se demostró claramente, por los productos obtenidos de la excavación, según informe emitido por una Comisión oficial nombrada al objeto y constituida por los Sres. D. Enrique Martínez, D. Bernardo Calvet y D. Alfonso Peña, que la subpresión había de existir prácticamente en todo el valor de la carga de agua, y que a estas condiciones era necesario acomodar el proyecto que había de construirse, que presupone, en esencia, la construcción de la estructura general del dique de carena por cajones de hormigón armado en forma de U, resultantes de cortar el dique por secciones normales a su eje longitudinal, contruidos en seco, fondeados en el cuenco previamente dragado, rellenos de hormigón ciclópeo en la parte de la solera del dique y de arena en la parte de los cajeros, y soldados entre sí

para conseguir la necesaria impermeabilidad. Alrededor de los cajones va previsto un relleno general de productos de dragado, a consecuencia de que el dique ha de construirse en terrenos ganados al mar, y en el último cajón se prevé el umbral del barco-puerta, situándose la instalación de agotamiento en un cajón especial de hormigón armado, separado del dique y comunicado con él por un tubo-acueducto.

Las dimensiones generales de la obra (fig. 1.<sup>a</sup>), son:

|  |       |   |
|--|-------|---|
| Longitud total . . . . .                     | 245   | m |
| Anchura útil . . . . .                       | 38    | m |
| Calado sobre tinos en pleamar viva . . . . . | 10,50 | m |

estando prevista en el proyecto la construcción de este dique por ocho cajones de aproximadamente 30 m de anchura, medida en el sentido longitudinal.

La forma de la sección transversal del dique seco, como se observa en las figuras, presenta dos zarpas exteriores bajo los muros cajeros, sobre las que carga el terraplén de relleno que rodea al dique, para sumar su peso al del conjunto de las fábricas, permitiendo así reducir la masa de las mismas, que, de no estar envueltas por terraplenes, flotarían un día de pleamar equinoccial al achicar el dique después de cerrarlo con el barco-puerta. Ello determina que el ancho total de dicha sección transversal sea de 53 m, habiéndose adoptado para espesor total de la solera el de 4,80 m.

Este espesor, relativamente débil, dadas las características del dique y la necesidad de resistir la subpresión total, obligó a proyectar una solera fuertemente armada, y, por otra parte, el fondeo de los cajones, su transporte y su ulterior relleno en seco, exigió la construcción de mamparos estancos para poder achicar parcialmente uno o varios de los compartimientos, con el fin de realizar el relleno, también parcialmente, una vez fondeados los cajones en su emplazamiento definitivo. Los cajones previstos son, pues, en realidad, cajones de doble fondo con mamparos transversales al eje del dique, que constituyen las cuadernas de los cajones y que son las almas de las vigas de la solera (fig. 1.<sup>a</sup>), cuyas cabezas están precisamente formadas por los dos forjados, inferior y superior, de dicha solera.

Independientemente de estos tabiques existe uno general bajo los tinos, que divide los compartimientos determinados por las cuadernas en dos partes iguales.

Los ataques de los hormigones por la descomposición del cemento portland en las aguas de la bahía de Cádiz, observados en obras anteriormente construidas en dicho puerto, aconsejaron en este caso construir los cajones de hormigón de cemento fundido, de 300 kg/m<sup>3</sup>, y como consecuencia del empleo de dicho cemento, para aprovechar su alto coeficiente de resistencia y para conseguir un pequeño calado de los cajones en el momento de su flotación, se adoptaron secciones de poco espesor, muy armadas, de aproximadamente 400 kilogramos de hierro por metro cúbico y con cargas en el hormigón de hasta 90 kg/cm<sup>2</sup> a la compresión en el momento del fondeo, cuando las presiones del agua actuasen sobre los forjados

<sup>1</sup> Véase el artículo publicado en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 1.º de julio de 1926, por D. Eugenio Ribera, autor del proyecto en unión de los ingenieros Sres. D. Vicente Morales, D. Juan Botín, D. Andrés Herrero, D. Juan Noreña, D. Guillermo Serra-Andréu y D. Eduardo Torroja, éste especialmente de la parte de los cálculos justificativos de los cajones de hormigón armado.

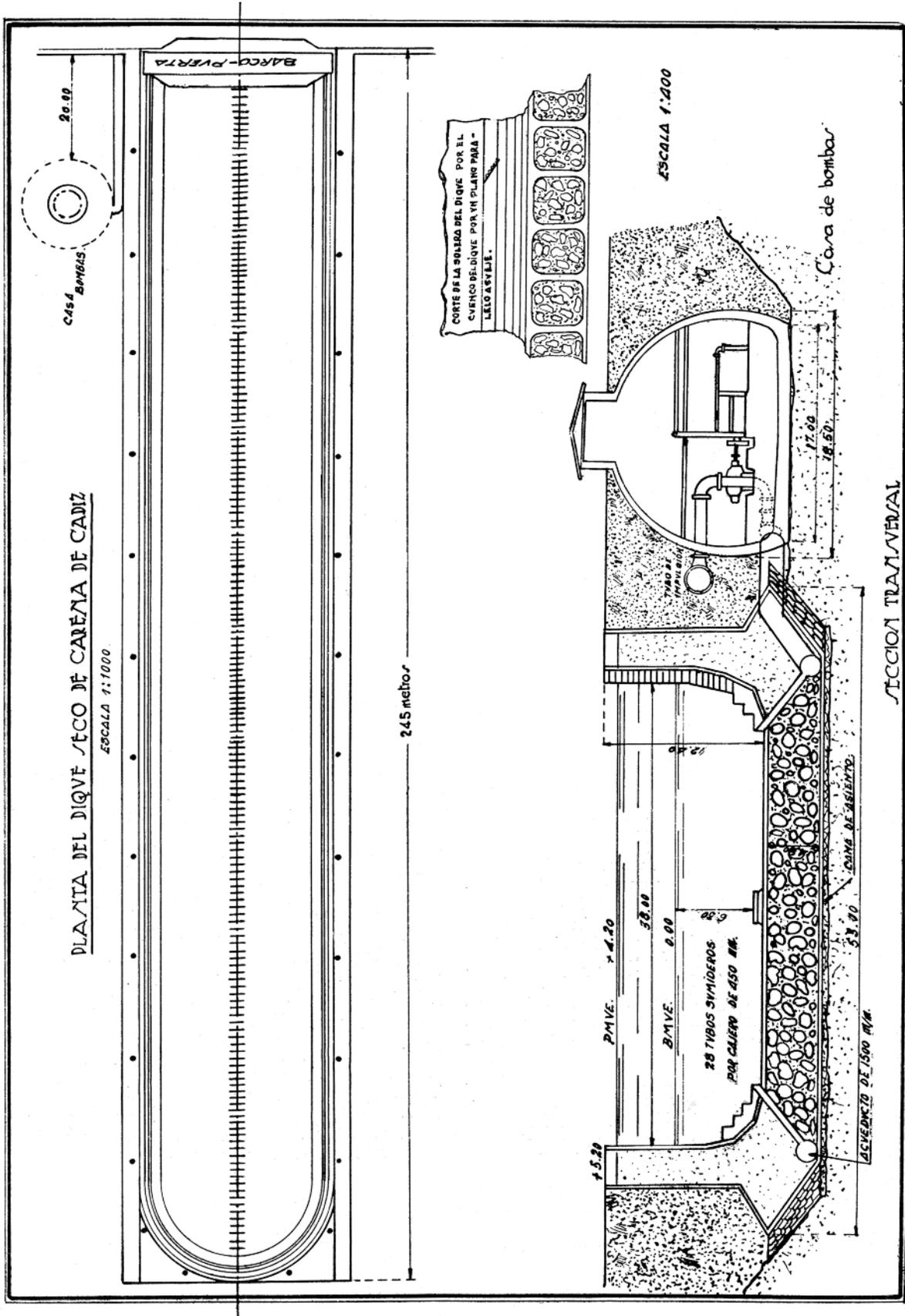


Fig. 1.

superior e inferior y las paredes del compartimiento agotado para proceder a su relleno.

Según se deduce de las cargas obtenidas en los ensayos verificados, parece posible aceptar sin inconveniente esta elevada carga de trabajo, que existe tan

que produce, evidentemente, una reducción muy grande de las cargas de compresión previstas con arreglo al cálculo ordinario de que el hormigón no resiste a tracción.

El relleno de los cajones se preveía con hormigón ciclópeo de cemento portland, visto que este cemento no había de estar en contacto con el agua del mar, por hacerse dicho relleno en seco, y actuando en los cálculos de la solera únicamente por su peso para aliviar las flexiones hacia arriba producidas por la subpresión cuando se achique el dique.

La sección transversal del dique se calculó obteniendo su curva de presiones, y en los dos casos extremos de solera infinitamente rígida, con las siguientes hipótesis:

- 1.<sup>a</sup> Dique lleno, sin empuje de tierras sobre los muros cajeros.
- 2.<sup>a</sup> Dique lleno, con empuje de tierras sobre los muros cajeros.
- 3.<sup>a</sup> Dique vacío, sin empuje de tierras sobre los muros cajeros.
- 4.<sup>a</sup> Dique vacío, con empuje de tierras sobre los muros cajeros.

5.<sup>a</sup> Dique vacío, con buque sobre tres líneas de picaderos (quilla y pantoques) y empuje de tierras sobre los muros.

Y estudiando también el caso de una deformabili-

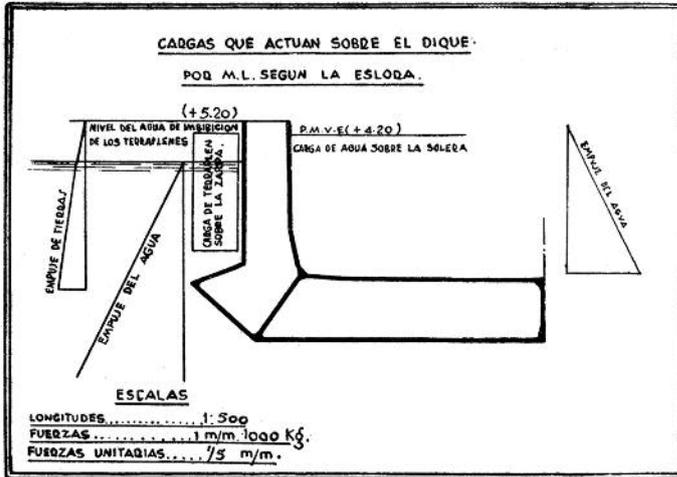


Fig. 2.<sup>a</sup>

sólo en el momento del fondeo de los cajones, y más si se tiene en cuenta que los forjados planos trabajan con un elevado coeficiente de seguridad al calcularse con los métodos comunes, y además el cemento fun-

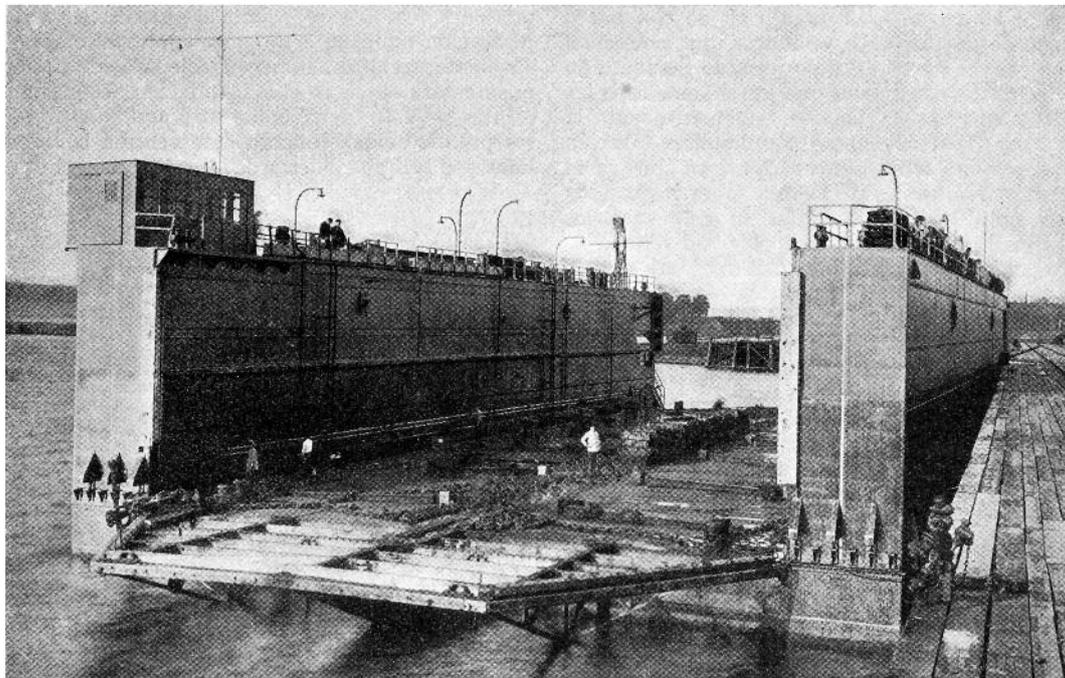


Fig. 3.<sup>a</sup> El dique flotante antes de ser preparado para la construcción de los cajones, desembarazándole de cadenas, bitas, tinos, cuñas de pantoques, etc., y antes de montar sobre los cajeros la grúa y el pórtico que se han empleado en las obras

dido presenta una constancia del coeficiente de elasticidad que durante una extensión muy considerable de la curva de cargas determina que los hormigones de cemento fundido resistan bien a tracción en la parte extendida y con coeficientes muy elevados, lo

dad del terreno únicamente en los casos límites de coeficientes de balasto de 10 kg/cm<sup>2</sup> y de 100 kg/cm<sup>2</sup>, para abordar entre estos casos extremos todas las condiciones que el cuenco dragado pudiera presentar, y en las hipótesis siguientes:

- 1.<sup>a</sup> Dique vacío, sin empuje de tierras sobre los muros cajeros. Coeficiente de balasto: 10 kg/cm<sup>2</sup>.
- 2.<sup>a</sup> Dique con buque sobre tres líneas de picaderos sin empuje de tierras sobre los muros cajeros. Coeficiente de balasto: 10 kg/cm<sup>2</sup>.
- 3.<sup>a</sup> Dique vacío sin empuje de tierras sobre los muros cajeros. Coeficiente de balasto: 100 kg/cm<sup>2</sup>.
- 4.<sup>a</sup> Dique con barco sobre tres picaderos. Coeficiente de balasto: 100 kg/cm<sup>2</sup>.

Las cinco primeras hipótesis abarcan todas las que pueden presentarse prácticamente con el supuesto

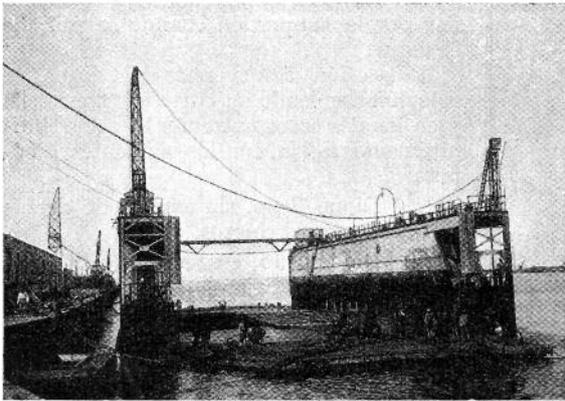


Fig. 4.<sup>a</sup> Prueba del dique flotante atracado al muelle del Depósito Franco de Cádiz, después de preparado para la construcción de cajones

de solera infinitamente rígida, es decir, con repartición uniforme de presiones sobre el terreno, pues faltan únicamente las correspondientes a dique con barco sin presión de tierras sobre los muros, que no se han tenido en cuenta porque disminuyen las flexiones en la parte central de la solera, que son en este caso las máximas; y en cuanto a las que tienen en cuenta la deformabilidad del conjunto, comprenden también todas las posibles más desfavorables, ya que en el caso de existir empujes de tierras sobre los cajeros se alivian notablemente también en este caso los esfuerzos en la zona central del plan del dique.

Las excavaciones practicadas con draga de rosario han confirmado lo aproximado a la realidad de dichas hipótesis, puesto que el aspecto general de las mismas es el de lajas calizas, porosas y permeables, de pequeña potencia, que se presentan buzando hacia el mar y que dejan entre sí grandes espesores de arena, a veces con un pequeño légame arcilloso, siendo, por tanto, muy diferente la manera de reaccionar y, por consiguiente, el coeficiente de balasto del terreno ante las cargas que el dique ha de ejercer sobre él en los diferentes puntos de la planta de apoyo de la solera.

En los diferentes casos ha sido comprobada la sección con el método de la curva de presiones, aplicado a los diques secos por Brenecke, y siguiendo el desarrollo del estudio de Zafra sobre la viga directamente flotante, cuando se ha tenido en cuenta la deformabilidad de la solera y el coeficiente de balasto de las tierras.

La suposición de considerar el relleno de los cajones únicamente actuando por su peso, es, evidentemente, más desfavorable que la realidad, ya que puede contarse con alguna trabazón entre dicho relleno y los cajones; pero es, sin embargo, muy prudente, puesto que dicha soldadura no puede resultar nunca

muy perfecta, dada la diferente edad de los dos hormigones y la tan diferente calidad del hormigón armado rico de cemento fundido y del hormigón ciclópeo de relleno.

Los cajones llevan cada uno en ambos lados un trozo de acueducto que constituyen por soldadura los dos acueductos generales del dique, que a su vez se comunican con el cuenco por los sumideros y entre sí, cerca de la cabeza de entrada, por un acueducto transversal que lo comunica con la Casa de Bombas, cajón, como antes se dice, exterior al dique y sumergido en los terraplenes de relleno que lo rodean.

El cajón del fondo del dique, es decir, el más próximo a tierra, lleva también unida su bóveda de cierre, de hormigón de cemento fundido, que contiene los terraplenes resistiendo como una presa en arco empotrada en los muros cajeros, y el de la cabeza de entrada, el quicio del barco-puerta, que ha de construirse por la Factoría de Matagorda de la Sociedad Española de Construcción Naval, según el proyecto presentado por esta entidad dentro del general que sirvió de base a la adjudicación.

### Consecuencias de la ejecución

La ejecución de este proyecto planteó desde un principio la necesidad de construir los cajones, de dimensiones verdaderamente extraordinarias, que era necesario emplear, y antes que los demás el destinado a albergar la instalación de agotamiento, que, aunque menor que los otros, presentaba por su forma esférica dificultades de ejecución de bastante importancia. El tener que construir ese cajón antes que los otros era debido a que, como el procedimiento de adjudicación obligaba a intentar agotar el cuenco previamente, resultaba indispensable la construcción del mismo para alojar en él la instalación de agotamiento e intentar éste; pero, como más arriba se ha dicho, los productos del dragado demostraron la imposibilidad y el peligro evidente de intentar ese agotamiento,

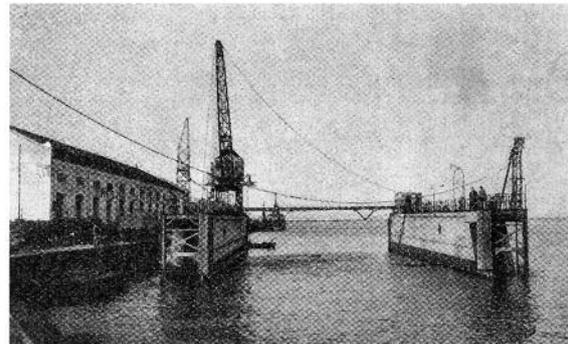


Fig. 5.<sup>a</sup> El dique flotante sumergiéndose

y por ello, después de haberse construido dicho cajón, se pasó desde luego a la adopción de la hipótesis de subpresión total y a la construcción, por tanto, de los grandes cajones, con las consiguientes dificultades, determinadas principalmente por su tamaño.

Para simplificar en lo posible la construcción de los cajones y hacerlos en el momento de su botadura más fácilmente manejables y más equilibrados, adopté desde un principio la idea de construir únicamente los fondos, es decir, la solera del dique defini-

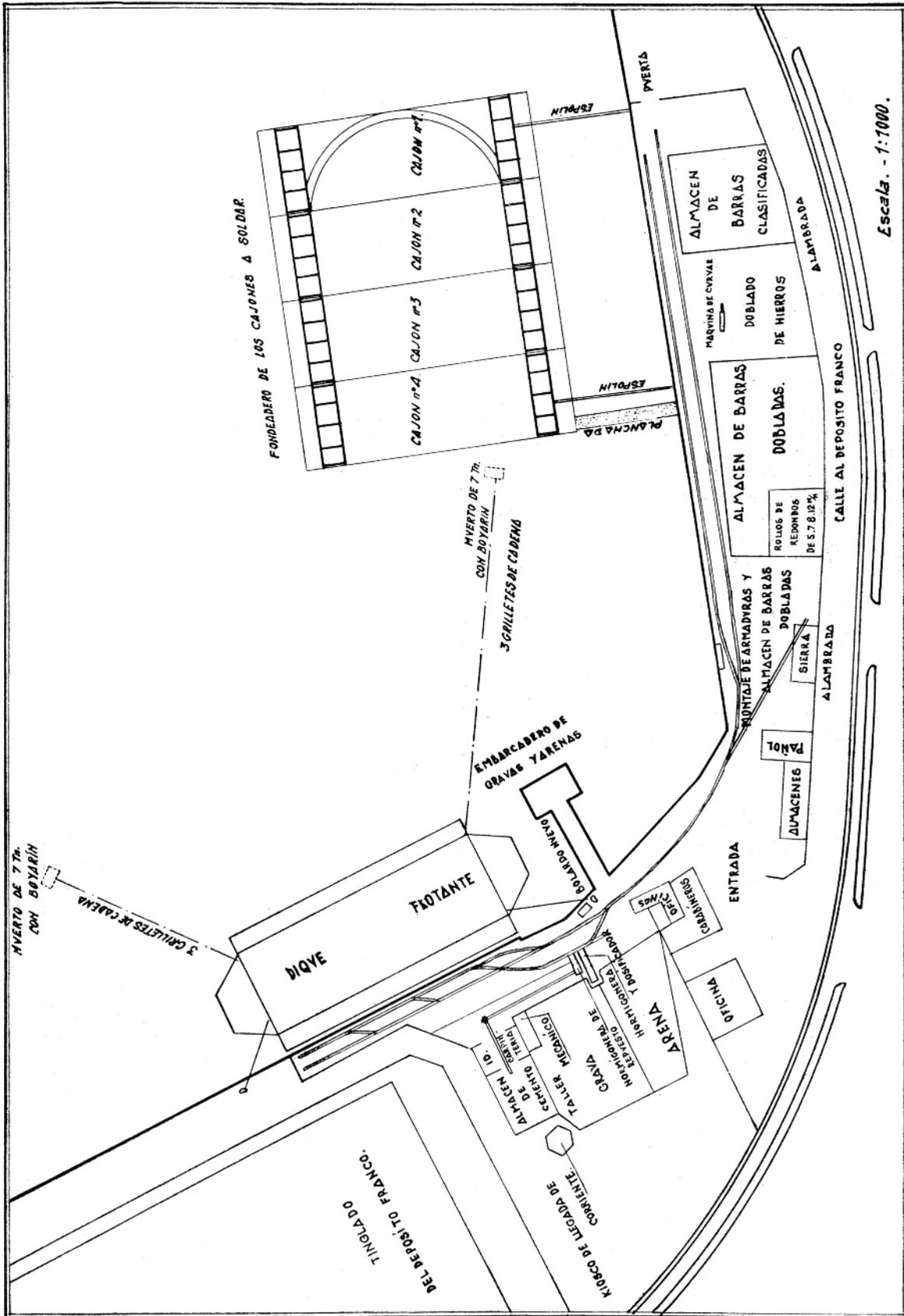


Fig. 6.ª Plano general de las instalaciones en tierra para la construcción de los cajones de hormigón armado

tivo, para recrecerlos construyendo los cajeros a flote, solución posible a causa de que, como antes se dice, los cajones son de doble fondo por todo su contorno.

En vista de ello, comparé los procedimientos más comúnmente utilizables para la construcción de los ocho cajones previstos en el proyecto, estudiando el empleo de un cuenco dragado en las orillas de la bahía de Cádiz, según sistema primeramente adoptado para la construcción de los cajones de los muelles holandeses, y estudiando también la ejecución de los cajones en un varadero, viéndome obligado a desear el primer procedimiento por la imposibilidad de mantener sin unos grandes gastos de agotamiento un cuenco impermeable en la bahía de Cádiz, por el carácter de los fangos, muy flúidos, que constituyen sus orillas; y en cuanto al procedimiento de utilizar un varadero, tuve también que abandonarlo por su gran coste, determinado por la mala calidad del cemento antes indicada, y además por la posibilidad de asentos de las diferentes anguilas en que habría de sustentarse el cajón, dada la superficie de planta, que determinarían en él esfuerzos considerabilísimos muy difíciles de estudiar y de contrarrestar, a causa del relativo poco puntal de la eslora ante las dimensiones de la planta del cajón y como consecuencia del relativo pequeño momento de inercia de estos cajones en relación con sus dimensiones exteriores, si se les compara con otros cajones de muelles o de diques de

des que habría de presentar dicha operación, siempre algo delicada en todos los casos, y más con estructuras como la que nos ocupa, de peso por metro lineal mucho mayor que el de los cascos de embarcaciones.

Por otra parte, la necesidad de botar el cajón en el sentido de su eslora, que es la manga exterior del dique definitivo, para disminuir los esfuerzos que en él pudiesen producir los asentos de las diferentes anguilas, llevaba consigo que el cajón tuviese que llevar bastante recrecidas sus paredes del lado del mar, puesto que por la pendiente de la grada habría en la botadura de embarcar agua por la borda de fuera, de no poner un alza provisional de bastante altura, desequilibrando, por tanto, el cajón si se recrecía sólo un cajero, o cargando la solera con momentos flectores importantes en la parte central de la misma, si para evitar ese desequilibrio se recrecían ambos cajeros, con el consiguiente aumento de las dificultades de la botadura por el del tonelaje del cajón en el momento de la misma. Este inconveniente de embarcar agua en las botaduras habría podido evitarse también con el empleo de una cama triangular o cuña de botadura, análoga a la empleada, por ejemplo, para los cajones del dique del Musel; pero en cambio de que esto permite botar el cajón en posición horizontal, se precisa que en el extremo o cantil de la grada exista en el momento de la operación un calado igual al del cajón más la altura de

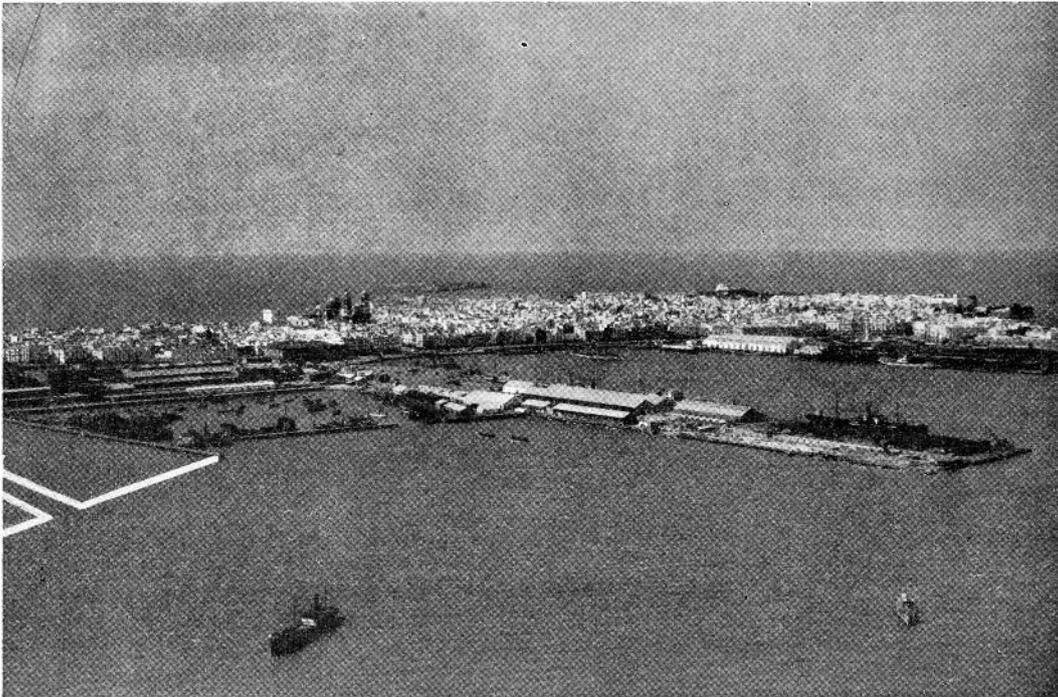


Fig. 7.ª Vista general de Cádiz, desde avión. Se indica a la izquierda, en primer término, la posición que ha de ocupar el dique seco, en construcción. En una de las entradas a la dársena de embarcaciones menores se ve el cajón semiesférico de la Casa de Bombas del dique, y al fondo, la dársena de Moret, con las instalaciones para la construcción de cajones de hormigón armado

abrigo, como los empleados, por ejemplo, en Rotterdam, Cherburgo, Huelva, Gijón, Barcelona, etc.

El tonelaje del cajón, que con las dimensiones primeramente previstas en el proyecto habría de ser, botando únicamente la solera, de aproximadamente 6 000 toneladas en botadura, da idea de las dificultades

lado vertical de la cama triangular, o sea, para una pendiente de grada de 10 por 100, que nunca debería sobrepasarse, una profundidad total de  $4 + 53 \times 10$  por 100 = 9,30, que aun realizando las botaduras en el repunte de las menores pleamares vivas, de 3,06 m de carrera y de 3,60 m de cota sobre la bajamar viva

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

equinoccial, exigía, por tanto, el cimentar el cantil a un calado mínimo de  $9,30 - 3,60 = 5,70$  m bajo bajor, con un coste elevado de construcción del varadero, ya que no existe en la bahía de Cádiz ninguna grada de las características necesarias que pudiera utilizarse.

Este dique flotante está desde mayo de 1929 atracado al extremo Sur del muelle del Depósito Franco y amarrado sencillamente con cabos y cadenas a tierra y a muertos previamente situados en la dársena, y para el servicio del armado, encofrado y hormigonado de cajones que en él se realiza, ocupan las ins-

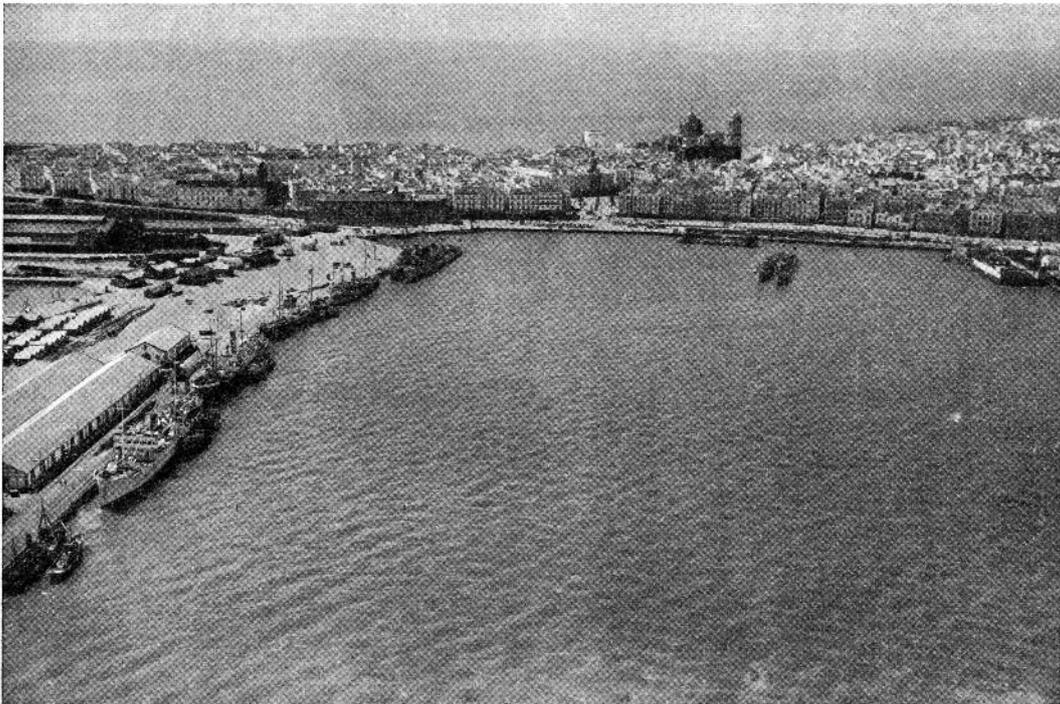


Fig. 8.<sup>a</sup> Vista de la dársena de Moret. A la derecha, en el extremo Sur del muelle del Depósito Franco, el dique flotante y las instalaciones para la construcción de cajones de hormigón armado, y abarloado al muelle, frente a la Catedral y detrás de los dos destructores amarrados a la boya, uno de los cajones, a flote

En vista de ello, adopté el procedimiento de construcción de los cajones en dique flotante; pero ante la imposibilidad de encontrar un medio auxiliar de esta índole que permitiese botar cajones de la planta de  $30 \times 53$  m prevista en el proyecto, ya que no podría hallarse una manga tan grande para una eslora tan corta en un dique flotante normal construído para carenar barcos, reduje el ancho de los cajones en el sentido del eje del dique a 17 m, aumentando, por tanto, el número de cajones primeramente previsto, de 8 a 14, y con ello el de juntas o soldaduras de los diferentes cajones entre sí.

Después de una rebusca bastante trabajosa se adquirió por la Compañía de Construcciones Hidráulicas y Cíviles un semidique de 50 m de eslora de pontón, 65 m de eslora total entre extremos de las plataformas voladas y 18 m de manga útil interior entre cajeros (fig. 3.<sup>a</sup>), que ha sido el utilizado, hasta la fecha con éxito, para la construcción de los cajones, que en el momento de su botadura tienen, aproximadamente, 3 000 toneladas de desplazamiento y dimensiones, como más arriba se ha dicho, de  $53 \times 17$  metros de planta y 6,50 m de puntal en el momento de flotar.

talaciones accesorias que se indican en la figura 6.<sup>a</sup> una superficie de 5 650 m<sup>2</sup>, realmente insuficiente si se tiene en cuenta que al comienzo de la construcción de cada cajón se vienen colocando en una semana, es decir, seis días de trabajo, y en un tajo de obra de tan reducida extensión, más de 250 toneladas de armaduras en redondos de 30 mm de diámetro máximo, con arreglo a más de 100 tipos de barras diferentes, lo que exige tener bien organizado e inventariado el almacén de barras dobladas, que ocupa una gran parte del terreno preciso, que, por otra parte, está muy disminuído por el área imprescindible para los acopios, tanto de gravas y arenas como por la correspondiente al almacén de cemento.

La fotografía de la figura 3.<sup>a</sup> muestra al dique flotante preparado para carenar embarcaciones, con tinos, cuñas de pantoques, instalación de aire a presión, etc., y las 4.<sup>a</sup> y 5.<sup>a</sup>, una vez suprimidos esos accesorios, preparado ya para el hormigonado de cajones y realizando las pruebas verificadas en Cádiz en mayo de 1929, antes de comenzar su utilización.

En próximos artículos se hablará de lo realizado hasta la fecha y de las consecuencias que de ello se deducen.

José ENTRECANALES IBARRA  
Ingeniero de Caminos

# La construcción del dique seco de Cádiz<sup>1</sup>

## 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.<sup>a</sup> 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

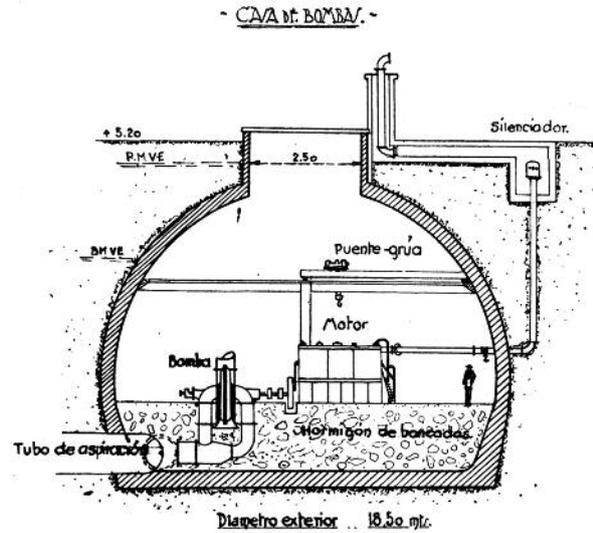


Fig. 1.<sup>a</sup>

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:

<sup>1</sup> Véase el número anterior, página 417.

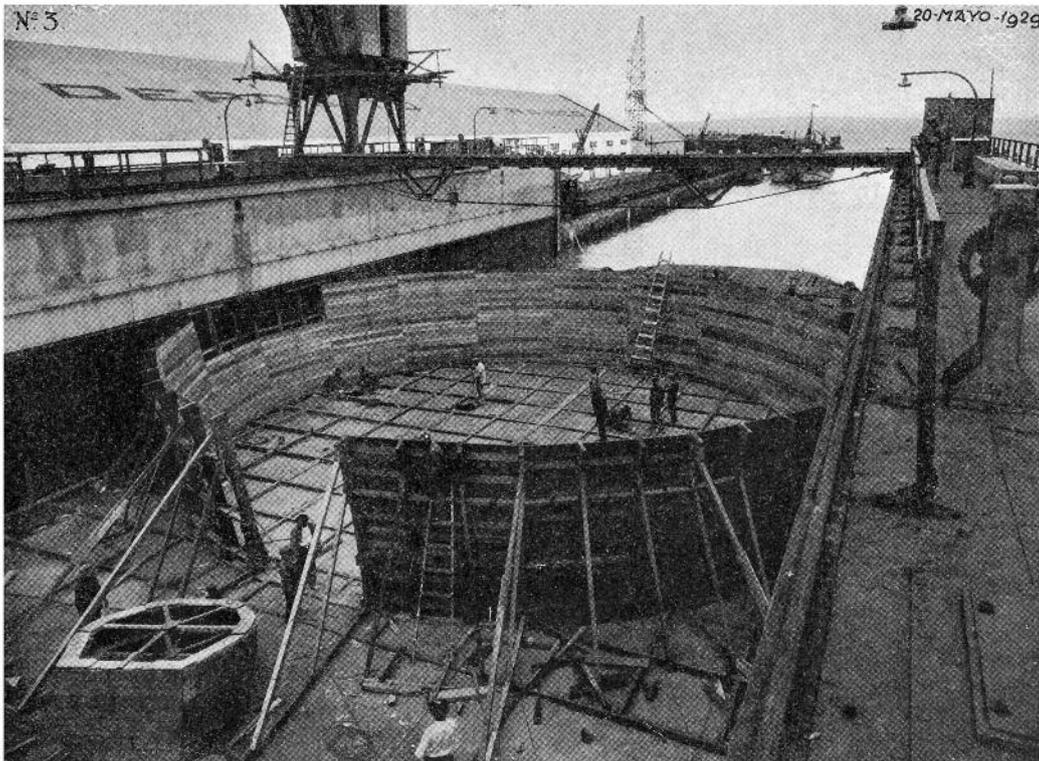


Fig. 2.<sup>a</sup> El encofrado de la Casa de Bombas, visto desde uno de los cajeros del dique flotante. En primer término, el molde interior del tubo de aspiración

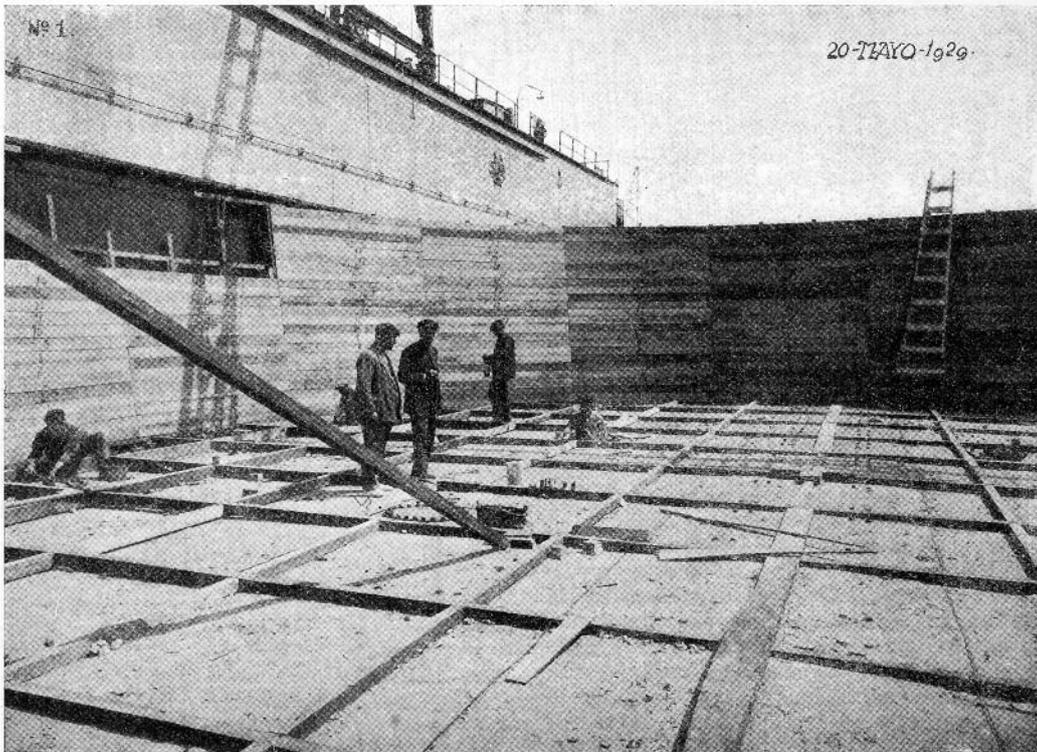


Fig. 3.ª Preparación de la cuadrícula de rastreles sobre el plan del dique flotante para el encofrado de la Casa de Bombas

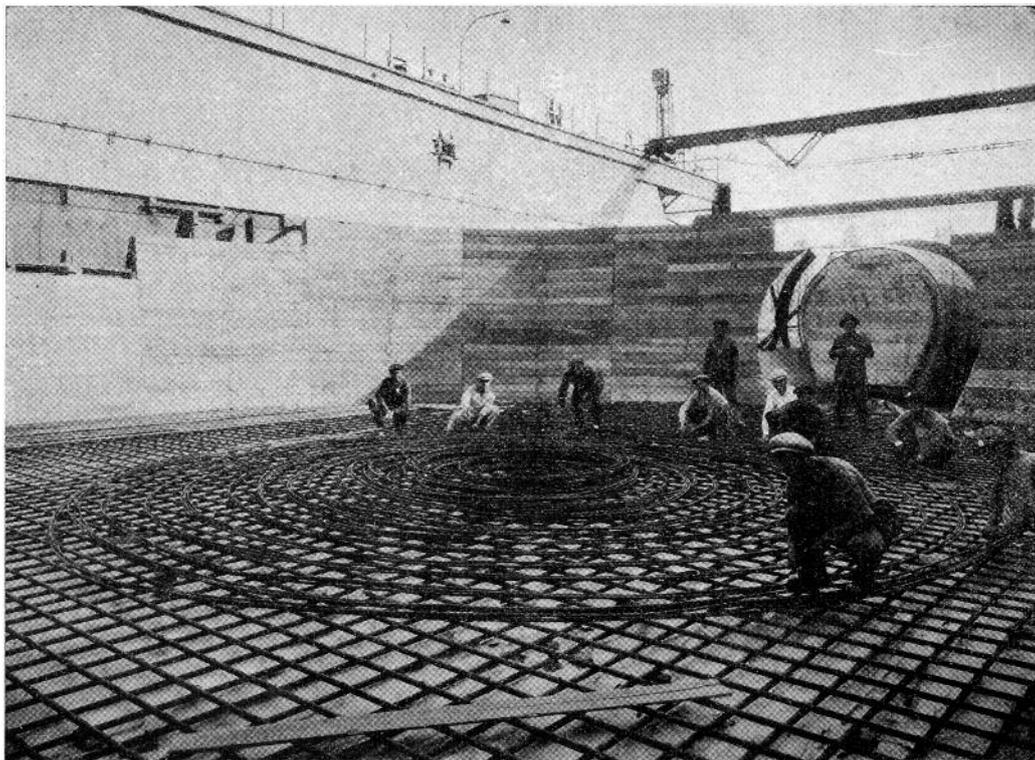


Fig. 4.ª Montaje de la armadura inferior del fondo del cajón de la Casa de Bombas

Cuatro bombas centrífugas «Levant», patente Herro-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-

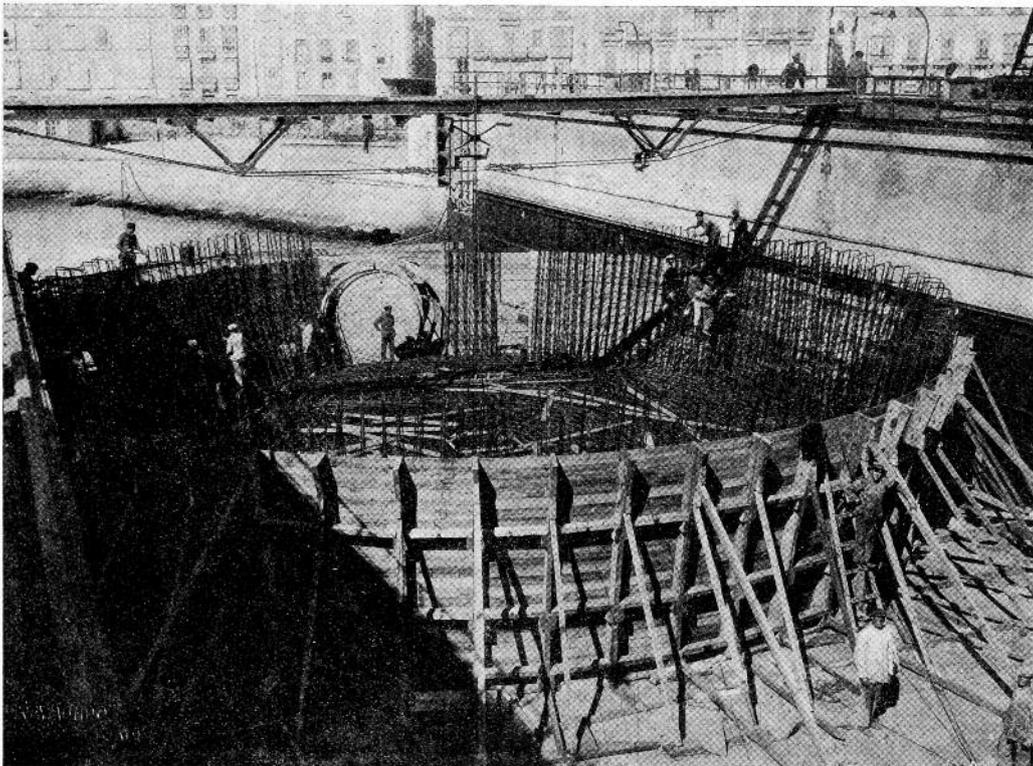


Fig. 5.ª Terminación del montaje de la armadura del cajón de la Casa de Bombas

El tubo de aspiración, de 2,20 m de diámetro útil, desaguará en las bombas un caudal de 10,5 m<sup>3</sup>/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 bajamares, 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 garantiza 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.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

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

cular de 17 m de diámetro, sometida a la subpresión de 14,5 t/m<sup>2</sup> producida por la carga del agua de imbibición de los terraplenes que han de rodear al dique

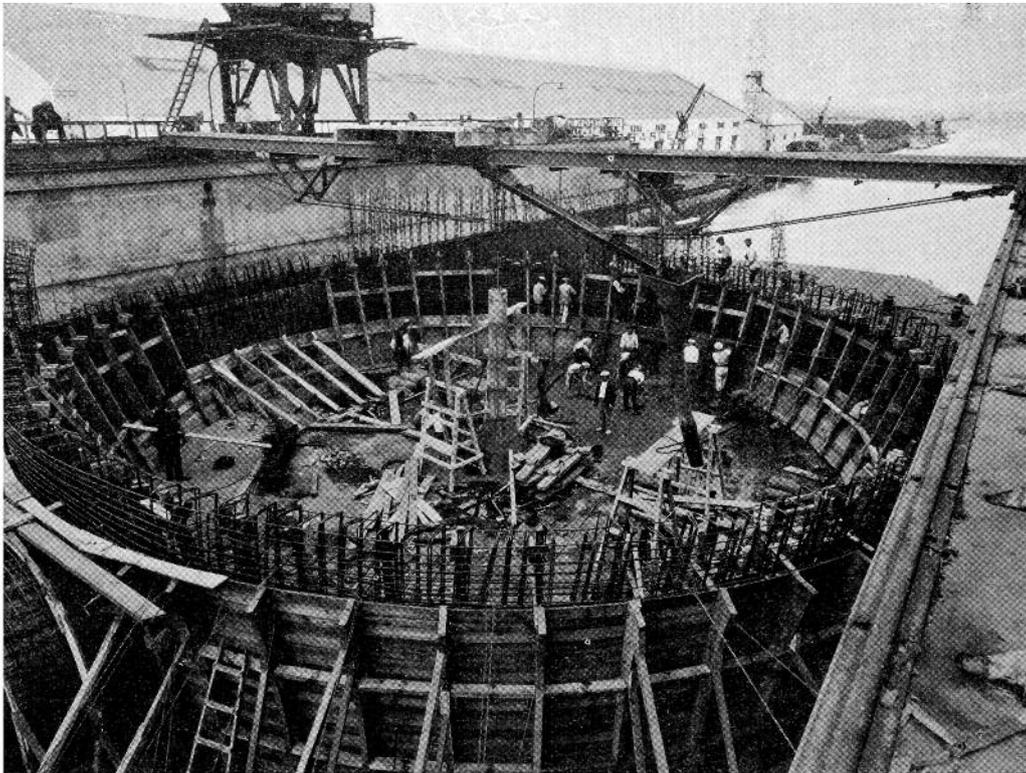


Fig. 6.<sup>a</sup> Hormigonado de la Casa de Bombas. En el centro, la columna de apoyo del puente-grúa de servicio de la instalación de agotamiento

del piso igualado y permeable de arena enrasada sobre cuadrícula de rastreles, revestida con mortero, encima del plan del dique flotante; 2.<sup>a</sup>, 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.

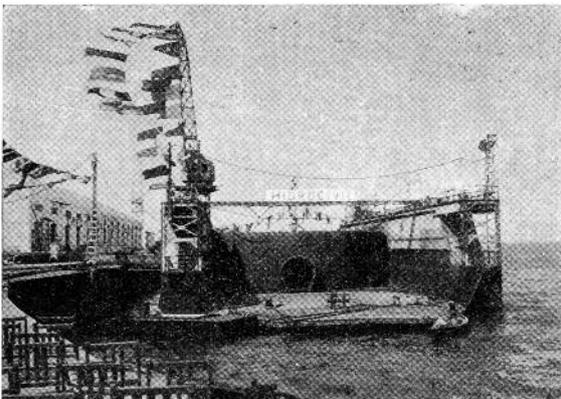


Fig. 7.<sup>a</sup> El cajón de la Casa de Bombas preparado para botarse

cofrado y construcción del cajón hasta el puntal de 6 m, y 3.<sup>a</sup>, botadura, remolque y recreado 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-

En las fotografías de las figuras 5.<sup>a</sup> y 6.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup>

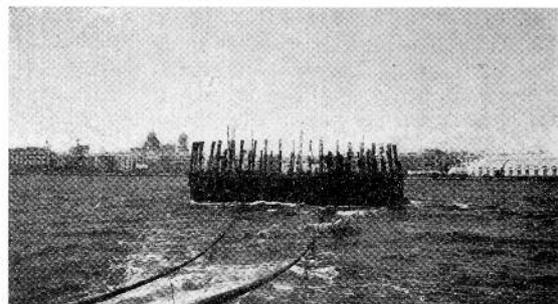


Fig. 8.<sup>a</sup> Transporte del cajón después de su botadura

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

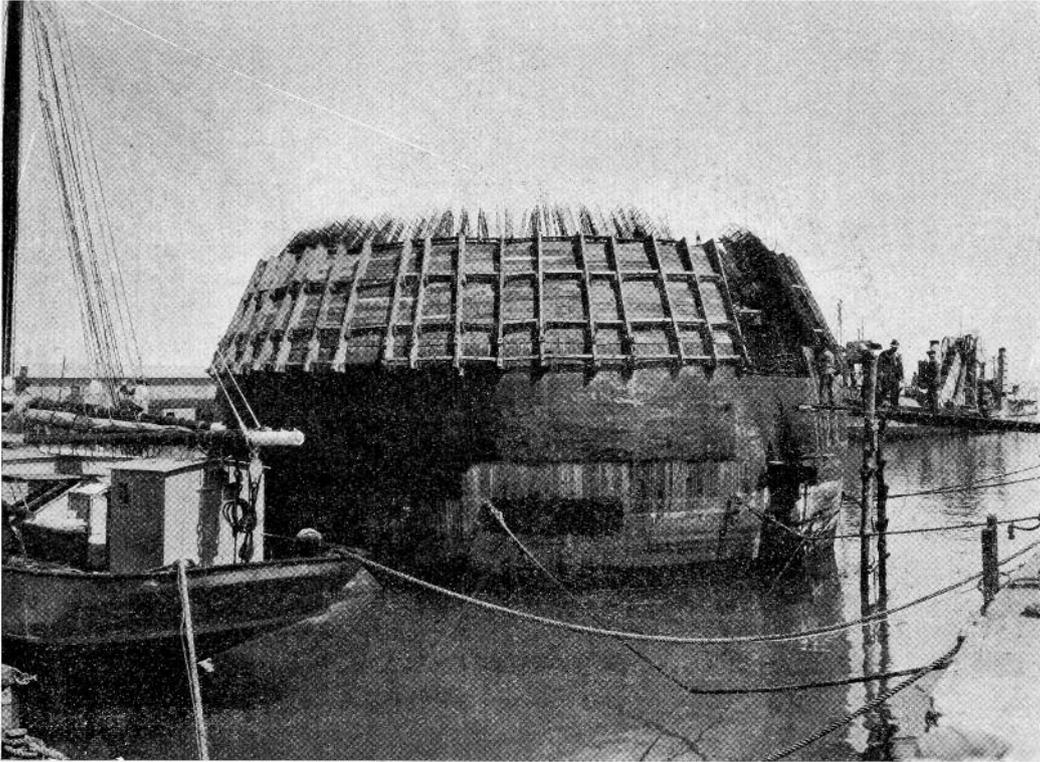


Fig. 9. Prosección del recrecido de la Casa de Bombas a flote

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

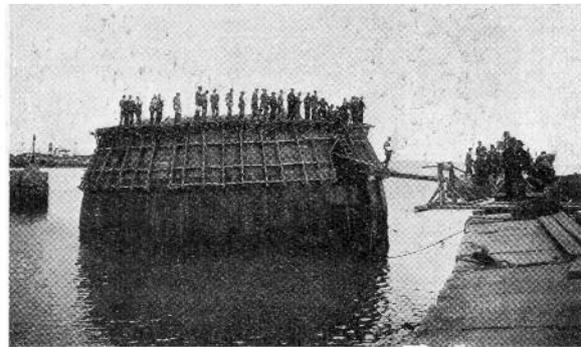


Fig. 10. Visita de los alumnos de la Escuela de Caminos, en viaje de prácticas, realizado en diciembre de 1929

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

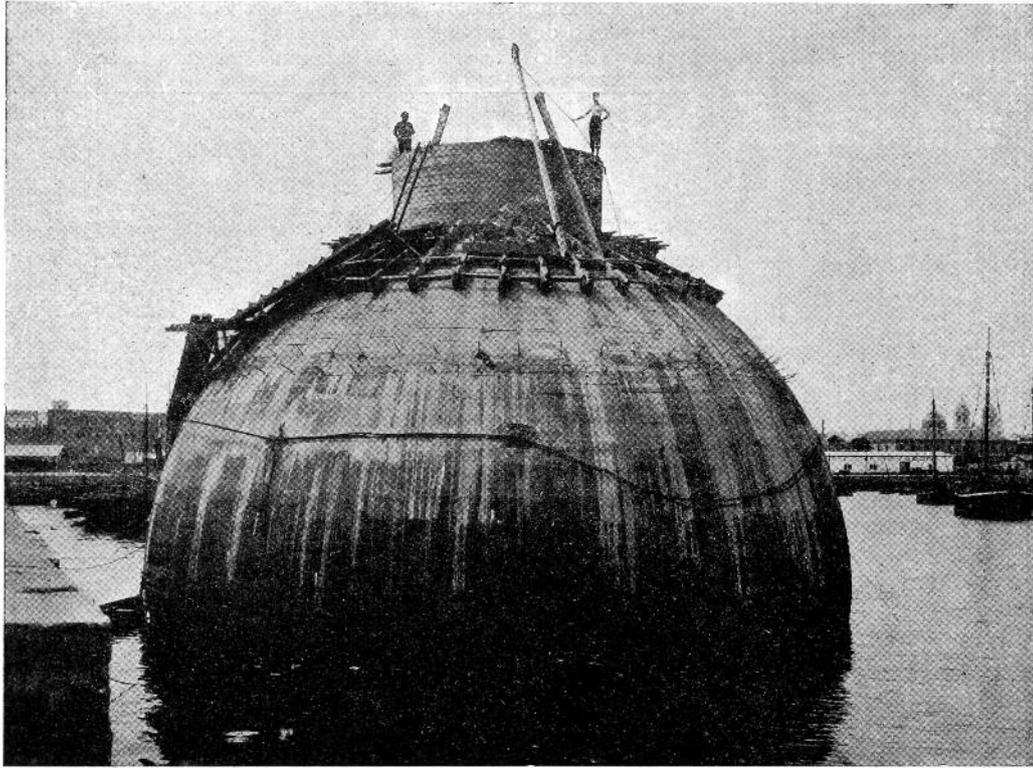


Fig. 11. El cajón de la Casa de Bombas, terminado y a flote, en la dársena de embarcaciones menores

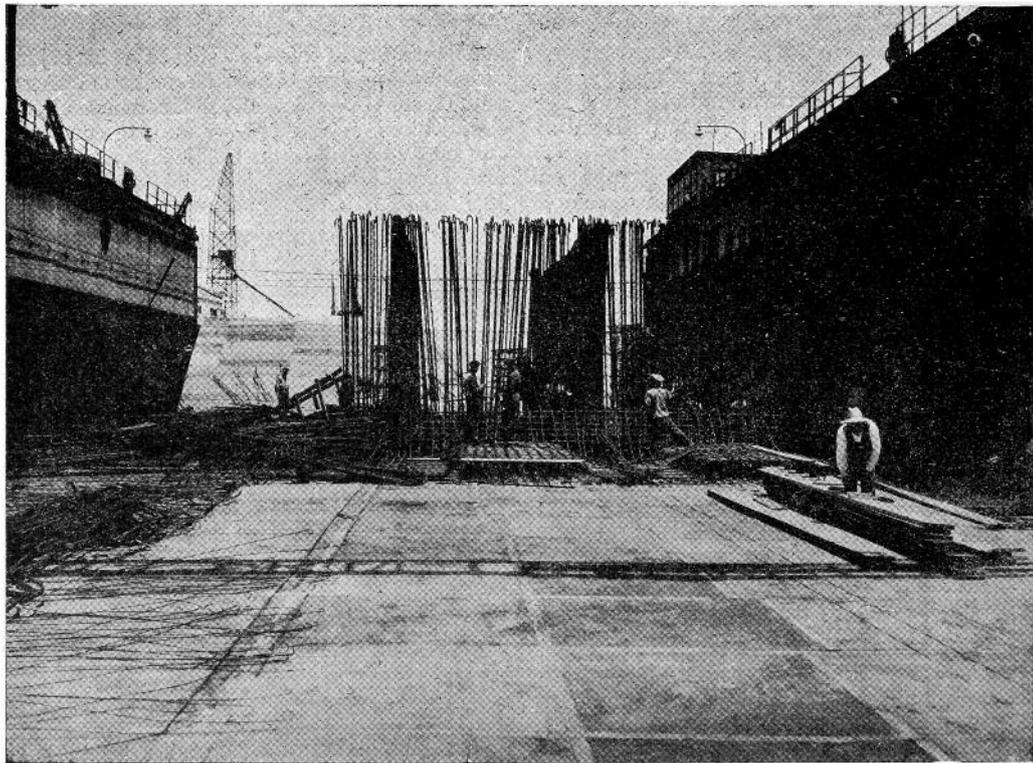


Fig. 12. Montaje de la armadura de uno de los grandes cajones sobre el plan del dique flotante ya preparado para el encofrado del fondo

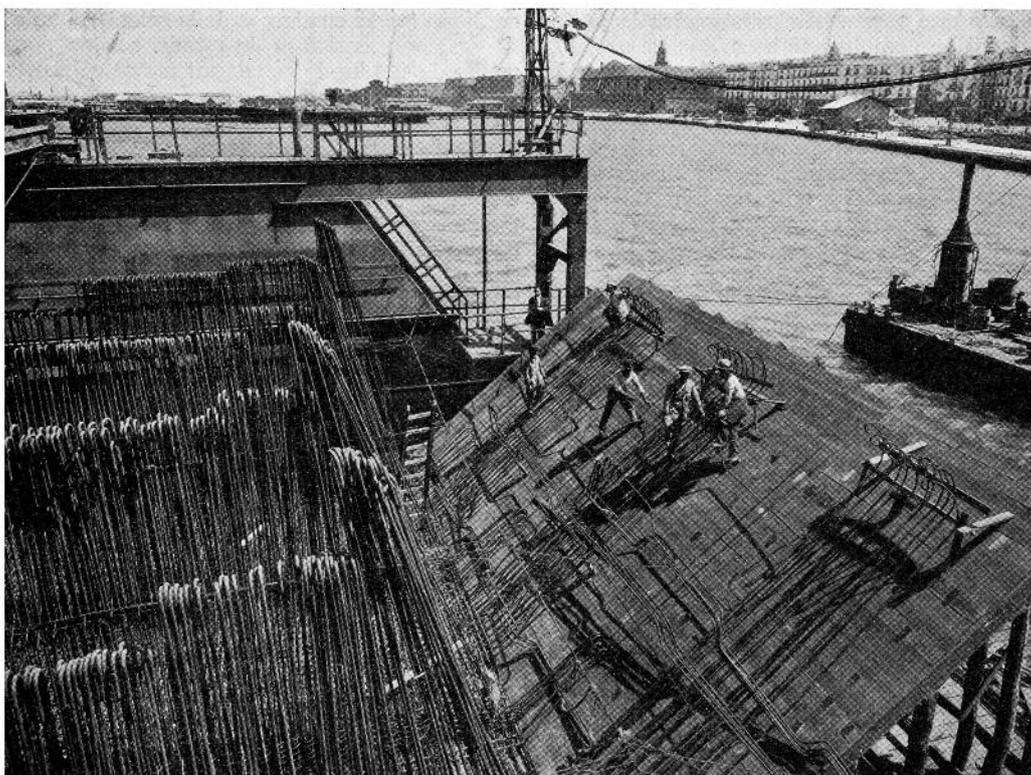


Fig. 13. Armadura de la zarpa interior del cajón por el lado de tierra

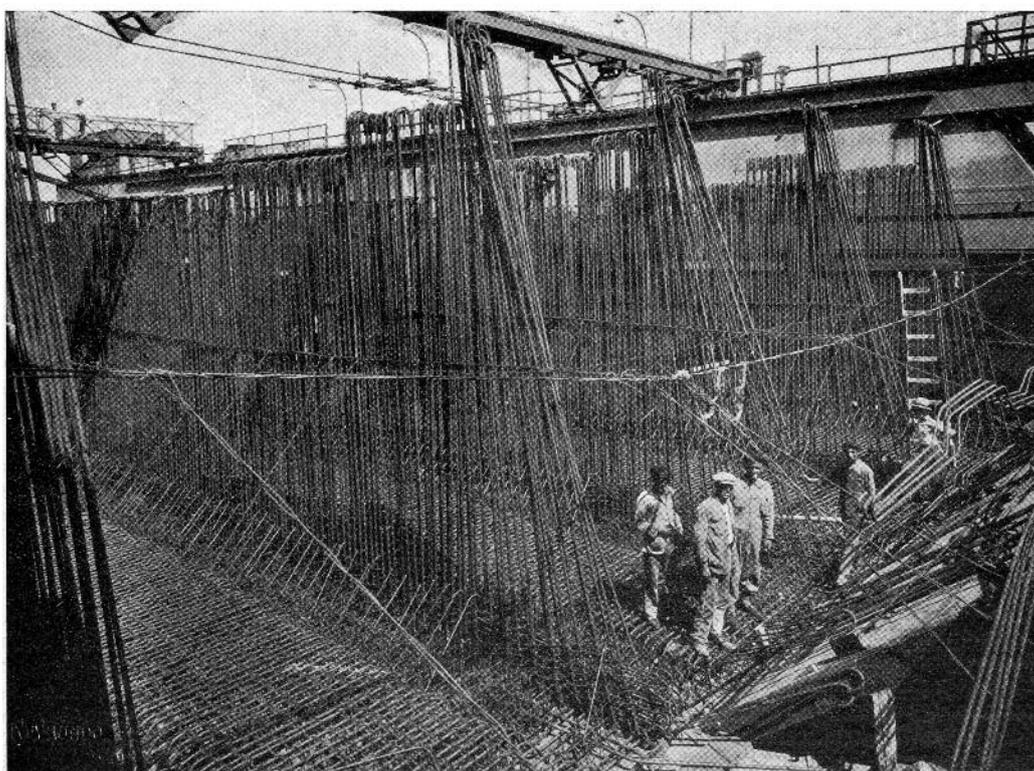


Fig. 14. Armaduras de los mamparos del cajón, que son vigas cuadernas de la solera del dique, para su trabajo definitivo

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

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 ataguiado.

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) construídos 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-

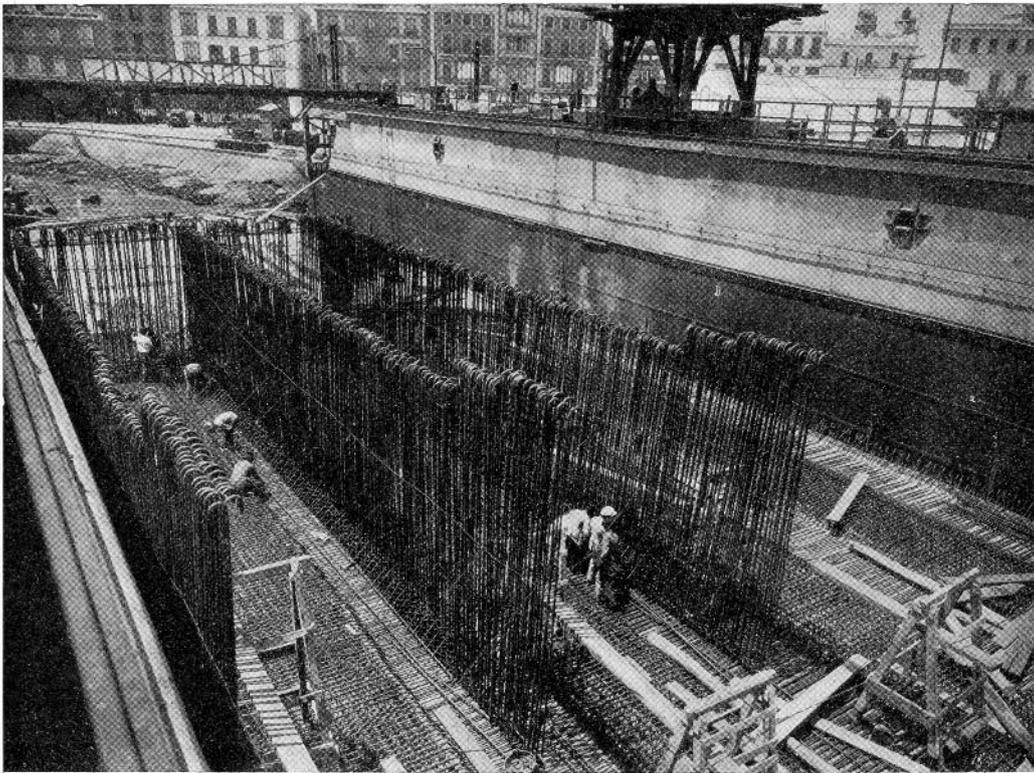


Fig. 15. Armaduras de los mamparos del cajón. En dirección transversal se ve la armadura del tabique bajo los tinos del dique definitivo

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.),

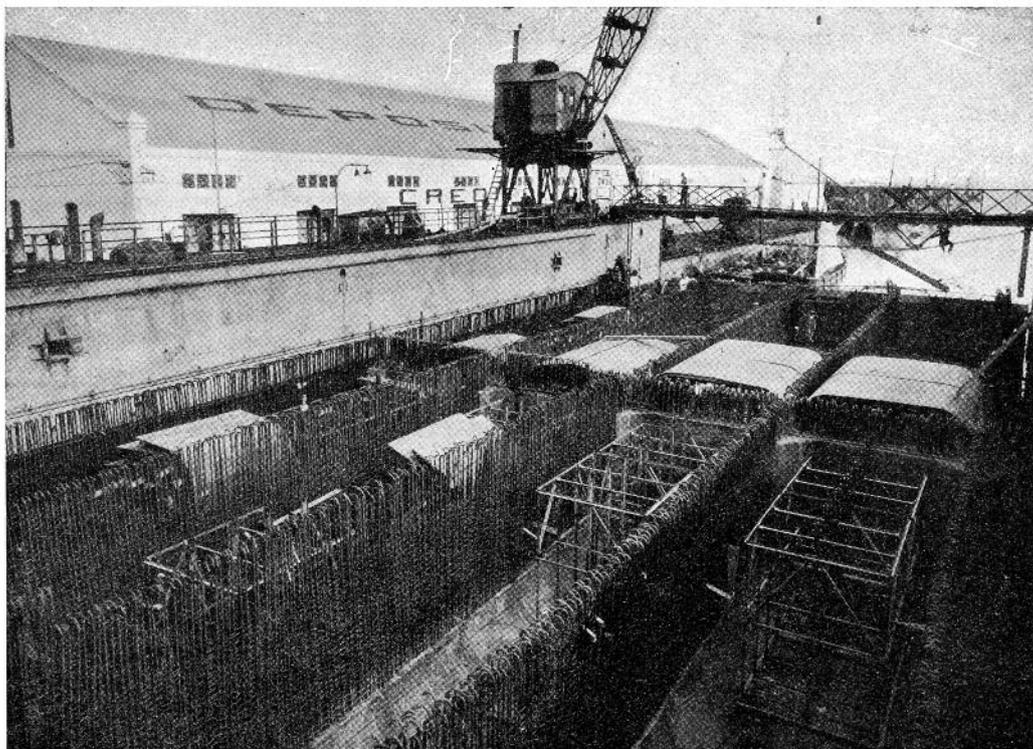


Fig. 16. Principio del encofrado del techo del cajón núm. 1

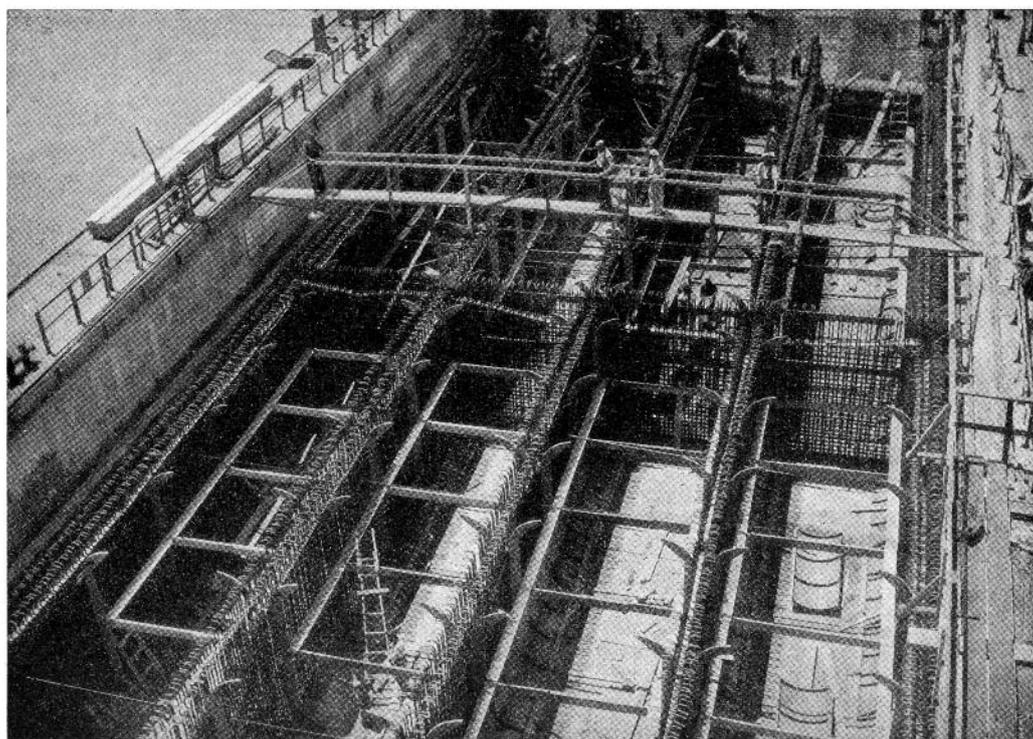


Fig. 17. Vista del cajón núm. 4 desde la grúa montada sobre los cajeros del dique flotante. Al fondo, uno de los dos trozos de tubo-acueducto del dique, que lleva cada cajón

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

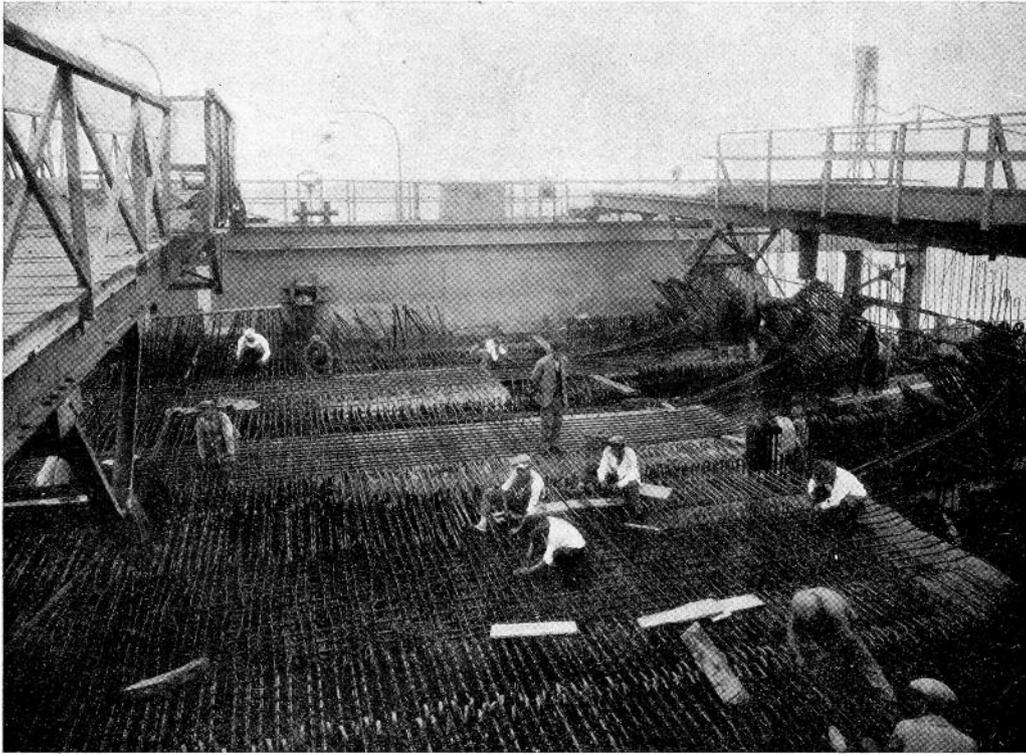


Fig. 18. Colocación de la armadura para el techo del cajón

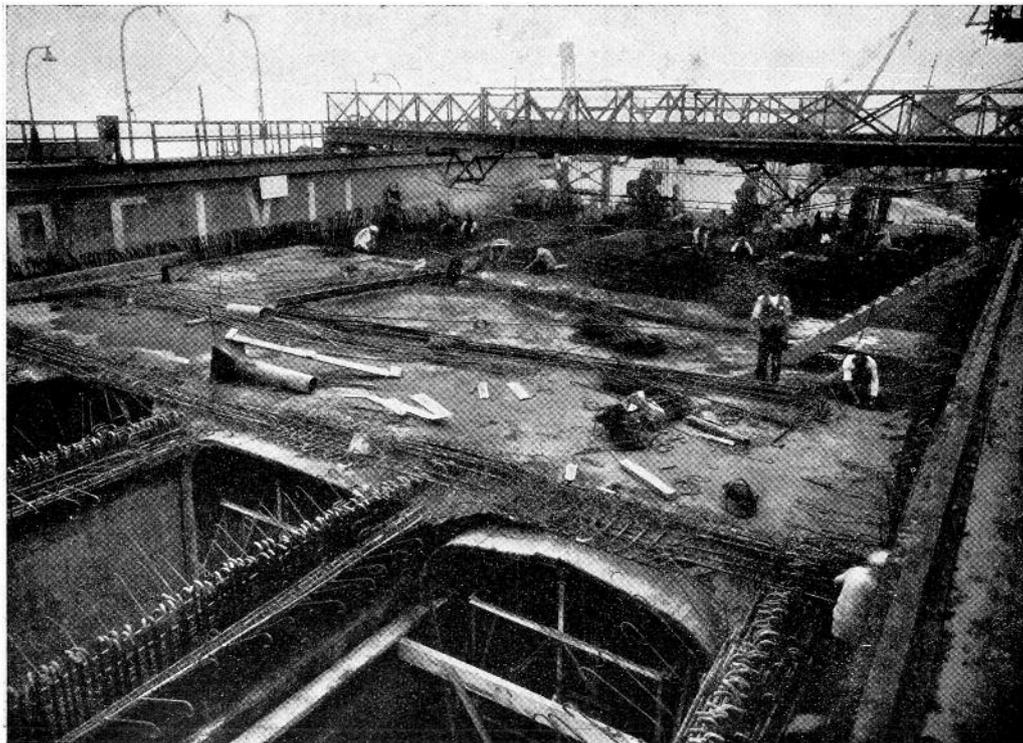


Fig. 19. Armado y hormigonado del techo del cajón



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

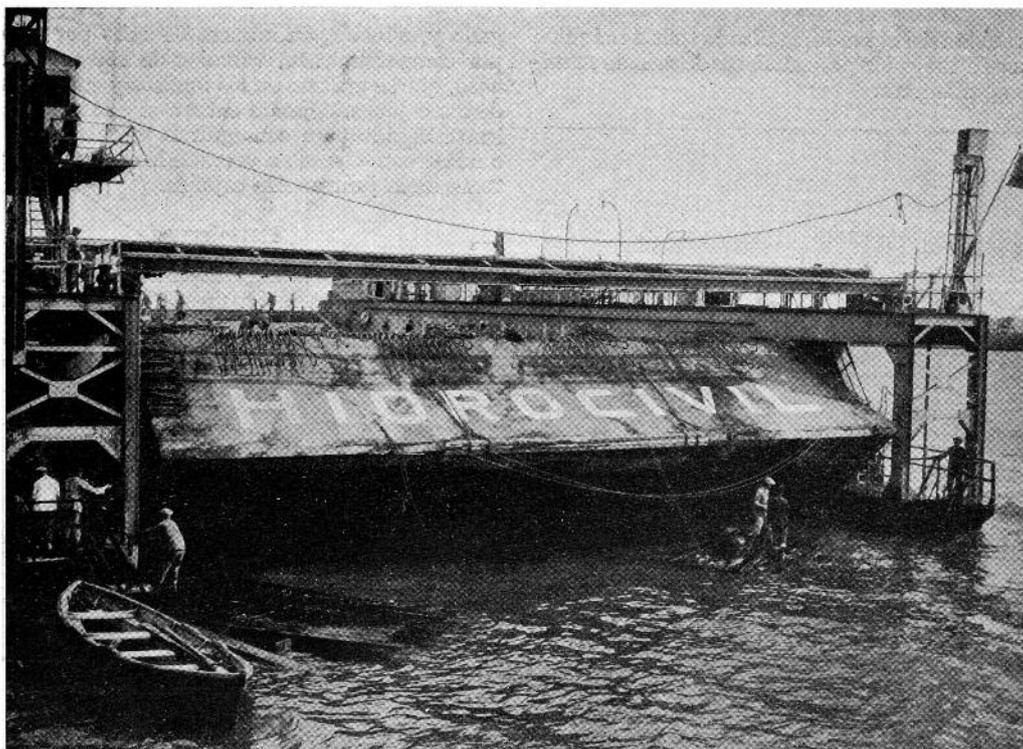


Fig. 21. El cajón terminado y próximo a botarse

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

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-

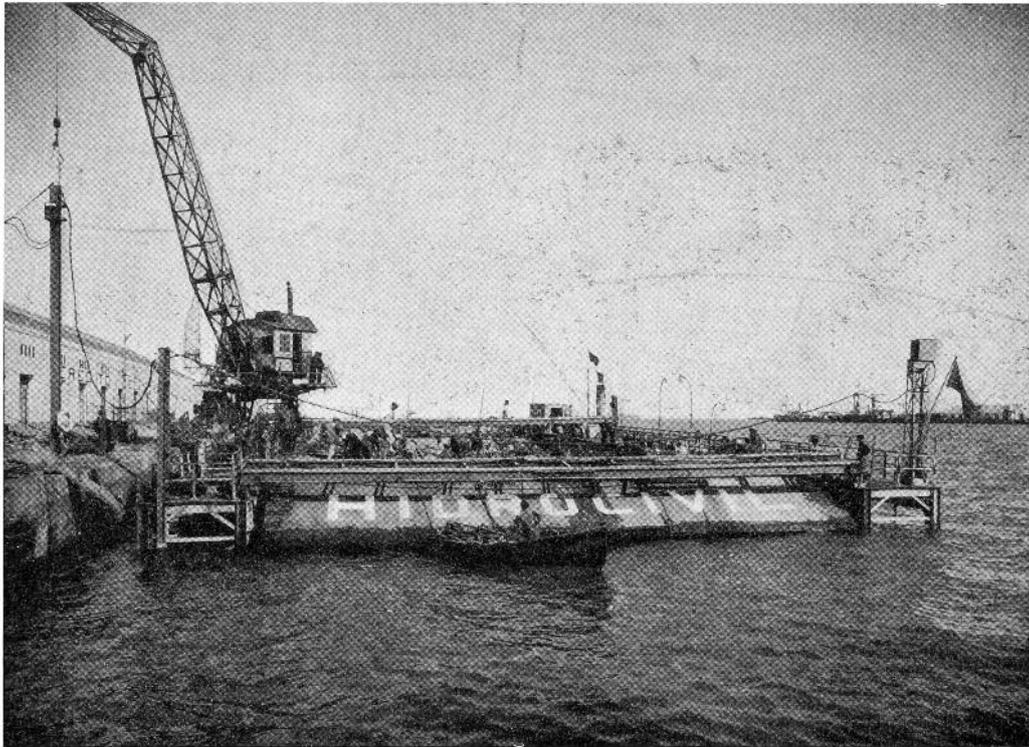


Fig. 22. El cajón a flote, separado ya del dique flotante, al iniciar el remolque para sacarlo del mismo

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

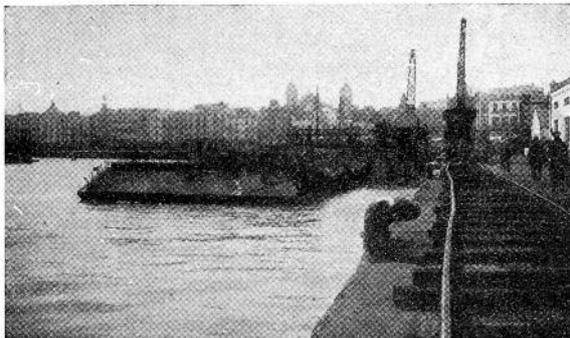


Fig. 23. El cajón núm. 3 saliendo del dique flotante

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-

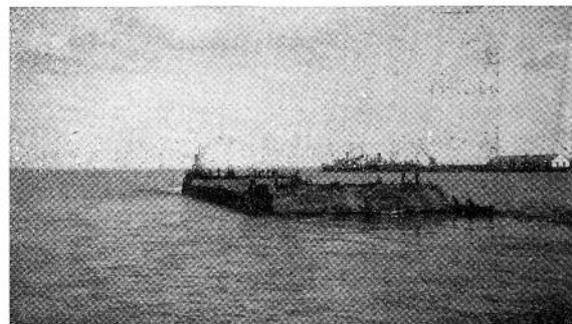


Fig. 24. El cajón núm. 3 fuera del dique flotante

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

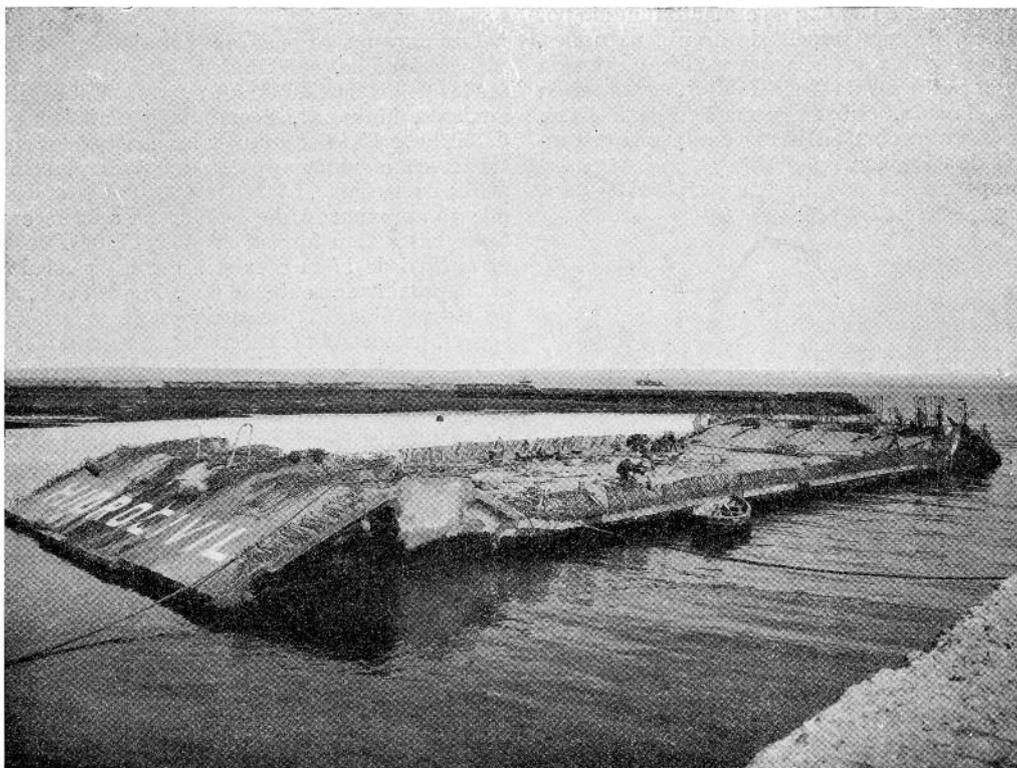


Fig. 25. El cajón núm. 1, a flote, en la dársena del Astillero gaditano. Obsérvense las armaduras salientes por todos los costados, que luego se han de utilizar para la soldadura de cajones

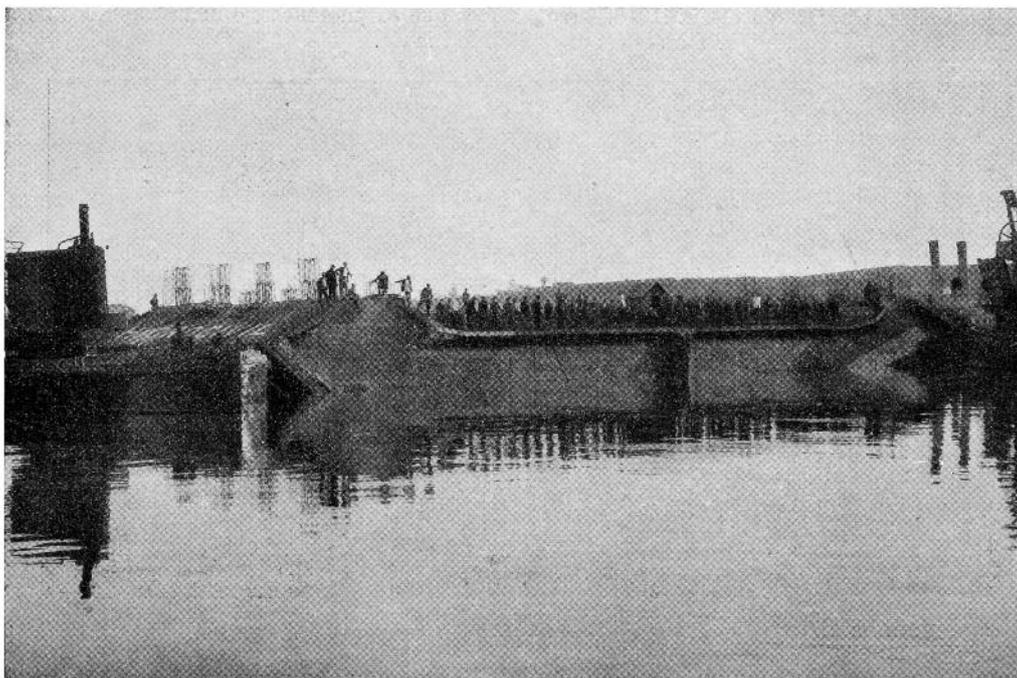


Fig. 26. Vista del cajón núm. 1, varado en la dársena de embarcaciones menores, que permite observar la estructura del dique, casi sumergidos los tubos-acueductos y la viga central bajo los tinos

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

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 excluído 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

# La construcción del dique seco de Cádiz<sup>1</sup>

## III

### Jointas de los cajones

En el proyecto que sirvió de base a la adjudicación, se preveía el fondeo y relleno de los cajones en el fondo del cuenco dragado, soldándolos luego entre sí por medio de hormigón en sacos colocados en la junta de la solera y por una parte de hormigón sumergido, de dosificación rica, en la parte superior de

hormigones, que con un vertido desde bastante altura, a causa del considerable calado, podrían presentarse en un trabajo que solamente podría ser ejecutado y vigilado por buzos, y que en algunos diques secos de solera toda ella de hormigón sumergido, han producido desagradables consecuencias. En vista de estas circunstancias decidí intentar el soldar los cajones a flote.

Con vistas a la posibilidad de esa soldadura, se habían prolongado por fuera de los cajones las ar-

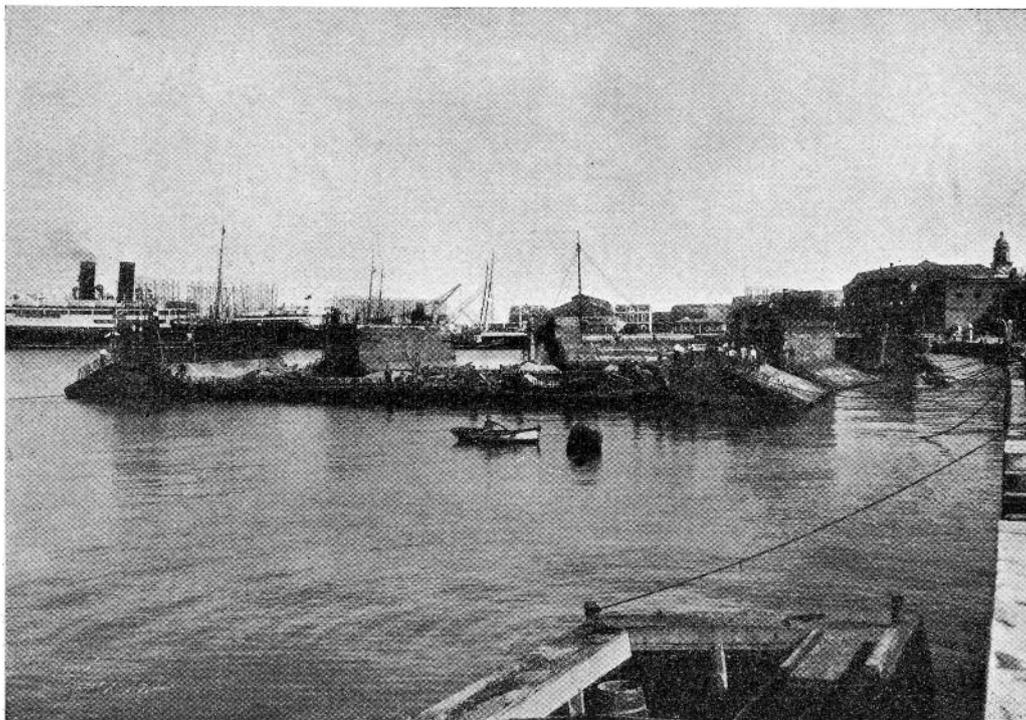


Fig. 1.<sup>a</sup> Los tres primeros cajones, a flote, preparados para su soldadura

la misma, para conseguir con dicha soldadura la solidaridad entre los cajones y el monolitismo de la obra, que habrían de ser imprescindibles para la estanqueidad del dique futuro.

Desde el comienzo de las obras, y tratando de evitar el inconveniente del aumento del número de juntas producido por la reducción del tamaño de los cajones, en relación con los proyectados, pensé en las ventajas que habría de reportar para el buen éxito de las mismas y para el buen servicio del dique en construcción la soldadura de los cajones antes de su fondeo, reduciendo así el número de juntas tomadas bajo el agua, cuyo resultado, siempre menos claro y cierto que el de una soldadura visible y visitable, quedaría, además, sin ser conocido hasta que se llegara a la terminación del dique y al primer achique del mismo. Con ello se evitarían los fenómenos de deslavado de

maduras de los mismos, terminando en ganchos sus extremos salientes, para poder ejecutar la junta hormigonando dichas armaduras de los cajones a soldar; pero era preciso, además, solidarizarlos previamente de manera completamente rígida para poder envolver en hormigón las armaduras salientes de ambos cajones y las suplementarias que fuesen necesarias para resistir los esfuerzos actuantes sobre la soldadura, ya que si dicha unión no era bastante rígida, el movimiento a flote de los cajones que tratasen de soldarse habría de impedir el fraguado y el endurecimiento del hormigón de la pegadura, destruyéndolo antes de darle tiempo de adquirir resistencia.

Estudiado el problema, se observó que en la parte de la carena de los cajones que corresponde a la solera del futuro dique el desplazamiento medio por centímetro de calado es, aproximadamente, de 8 tn, y además los cajones proa a la mar frente al muelle en el emplazamiento que se ve en la

<sup>1</sup> Véase el número anterior, página 517.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

fotografía de las figuras 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>, se vió que, por la poca altura de las ondulaciones que entran dentro de la dársena de Moret, y asimismo por la poca longitud de onda ante la eslora total del cajón (53 m), que es la anchura exterior total de la sección transversal del dique definitivo, las diferencias de alteada entre dos cajones contiguos no eran mayores de 20 ó 30 centímetros, producidos cuando el movimiento hacia arriba de uno era simultáneo de un descenso del otro; es decir, que ello llevaba consigo que la fuerza de un cajón tenía que transmitir al otro era, por tanto, del orden de  $8 \times 30 = 240$  tn, aproximadamente.

La transmisión de dicho esfuerzo se ha encomendado a lo que llamaremos *vigas de alteada*, constituidas por cinco dobles tes de 300 mm de altura, repartidas a lo ancho de la solera, atravesadas sobre

*vigas de alteada* y esa fijación superior un par lo bastante fuerte para sujetar provisionalmente los cajones hasta el hormigonado de la junta.

El emplazamiento elegido para la soldadura ha presentado el inconveniente de que los cajones han varado en todas las mareas, originándose con ello, a la vez que algunas ventajas por el poco calado para el reconocimiento por buzos de las partes sumergidas, un formidable trabajo de las juntas en cada varadura y en cada flotación, que ha sido para ellas una verdadera prueba que asegura que al fondear el cajón múltiple en su ubicación definitiva, la junta ha de resistir satisfactoriamente, ya que para un trabajo muy análogo habrá de tener una rigidez mayor, a causa del recrecido de las paredes, todavía incipientes al realizarse la soldadura, pero que terminadas han de constituir a lo largo de los cajones sol-

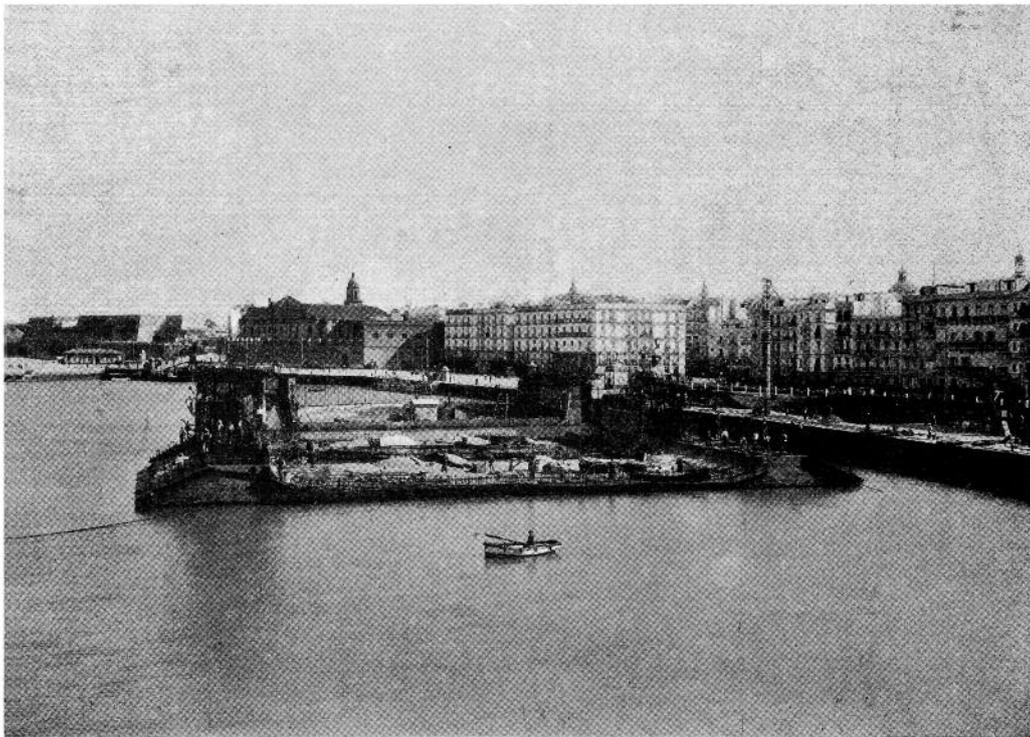


Fig. 2.<sup>a</sup> Otra vista de los tres primeros cajones antes de su soldadura

la junta de los dos cajones y sujetas a las cubiertas de ellos por anillas de redondos embebidas en el hormigón, que se ven claramente en la fotografía de la figura 9.<sup>a</sup>.

Independientemente de este movimiento podían producirse escoras de los cajones, que determinarían una variación del ángulo de los dos frentes de las dos soleras de los mismos, aun manteniéndose su cubierta o forjado superior al mismo nivel por el efecto de las vigas de alteada, poco eficaces, en cambio, para evitar la variación de ese ángulo.

El preciso suplemento de la unión provisional se consiguió sujetando por tensores y soldando con soldadura autógena los hierros salientes de la armadura de los cajones en la parte correspondiente a las paredes de ambos, que luego han de constituir los cajeros del dique, pues por obrar dichas sujeciones a bastante altura sobre la solera, se originó entre las

dados como grandes vigas-cajeros longitudinales de un dique flotante autocarenable de pontón seccionado.

La circunstancia del poco calado, y por tanto de las varaduras en las bajamares mensuales, después de una preparación por dragado y enrase de lo que podríamos llamar la *era de soldar*, ha obligado a corregir el peso y calado de cada cajón, dejando entrar en ellos lastre líquido con los grifos de sondeo que llevan todos los compartimientos de los monolitos, para conseguir por compresión del fondo en cada varadura un nivel idéntico en todos los cajones, para después de obtenido volver, por maniobra de las mismas llaves de paso, a la igualdad de calado de los mismos, consiguiéndose así, por el apisonado del fondo realizado con dichos cajones, y por la ulterior igualdad de calado, el emparejar los cajones, tanto en las posiciones de varadura como en la de flotación.

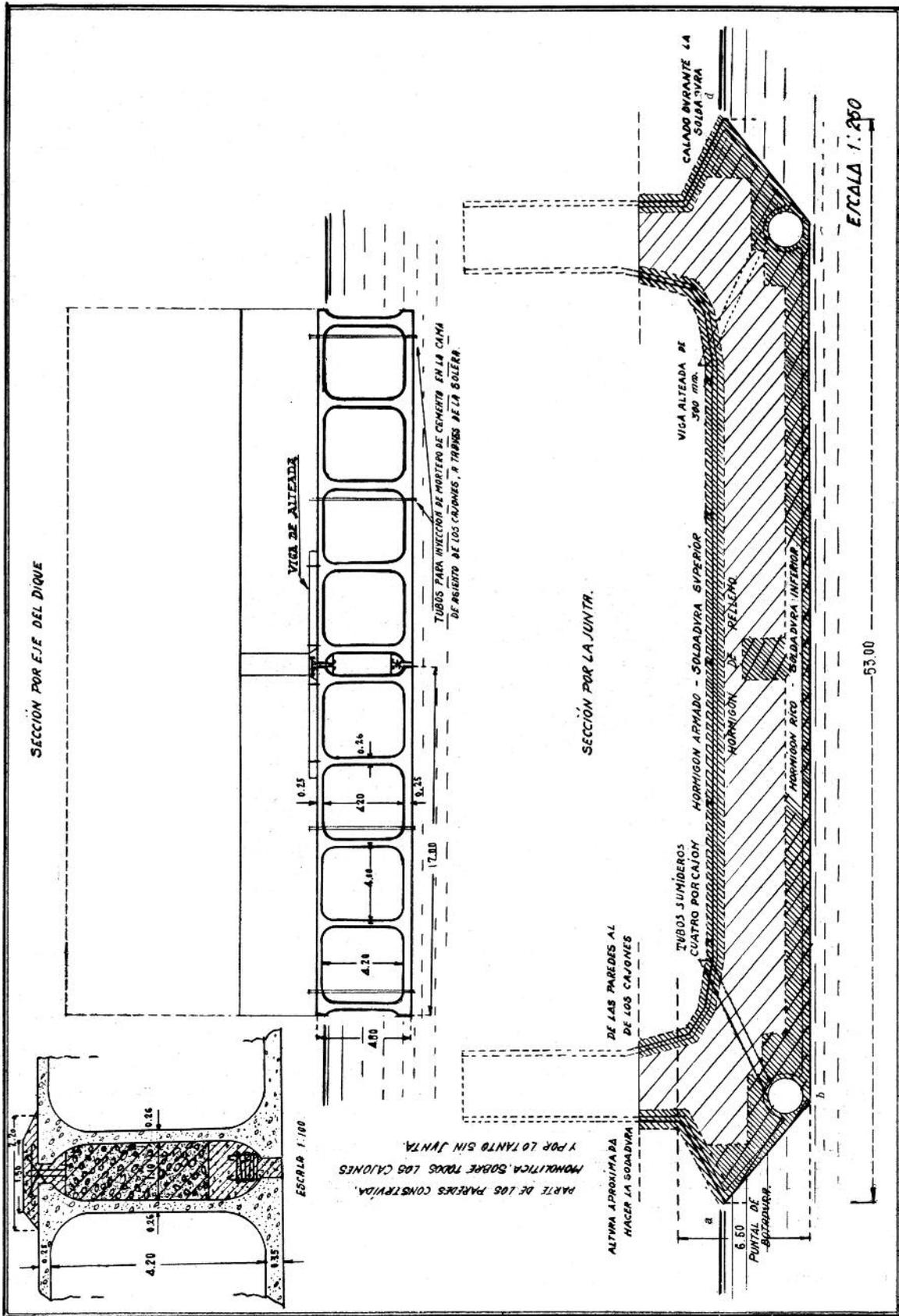


Fig. 3. Detalles de la junta

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

La primera junta realizada fué la de los cajones 2 y 3, y después de conseguirse en ellos esta igualación, de unir por tensores y soldadura de hierros los de los dos cajones, se introdujeron las vigas de alzada en las anillas de la cubierta de ambos, estando varados ambos cajones, calzando con cuñas y hormigonado dichas vigas antes de que ambos cajones flotasen.

Se tenía, como antes se ha dicho, sujetos ambos cajones entre esas vigas y los puntos de sujeción superior sobre las paredes de los cajeros, y era necesario únicamente hormigonar la junta, puesto que dicha unión, aunque bastante rígida, no lo era por completo, como nos demostraron las primeras zonas hormigonadas.

Como antes se ha indicado, la estructura de los

del hormigón en el estrechamiento existente entre las dos cubiertas.

Se han unido también las armaduras inferiores colocando por medio de buzos anillas de redondos de 10 mm en forma de zunchos, trabando cada barra de un cajón con la correspondiente del otro, y colgando de ellas estribos delgados para trabar con el conjunto del hormigón situado entre los dos forjados inferiores.

Este cordón inferior de soldadura ha sido hormigonado con hormigón rico sumergido, vertiéndolo en sacos pequeños, de unos 40 litros de cubida, que el buzo abre sobre los mismos hierros para evitar todo deslavado y la formación de lechadas, habiéndose elegido este procedimiento de vertido entre los varios que se ensayaron—tubos, tolvas, cajas sin fondo,

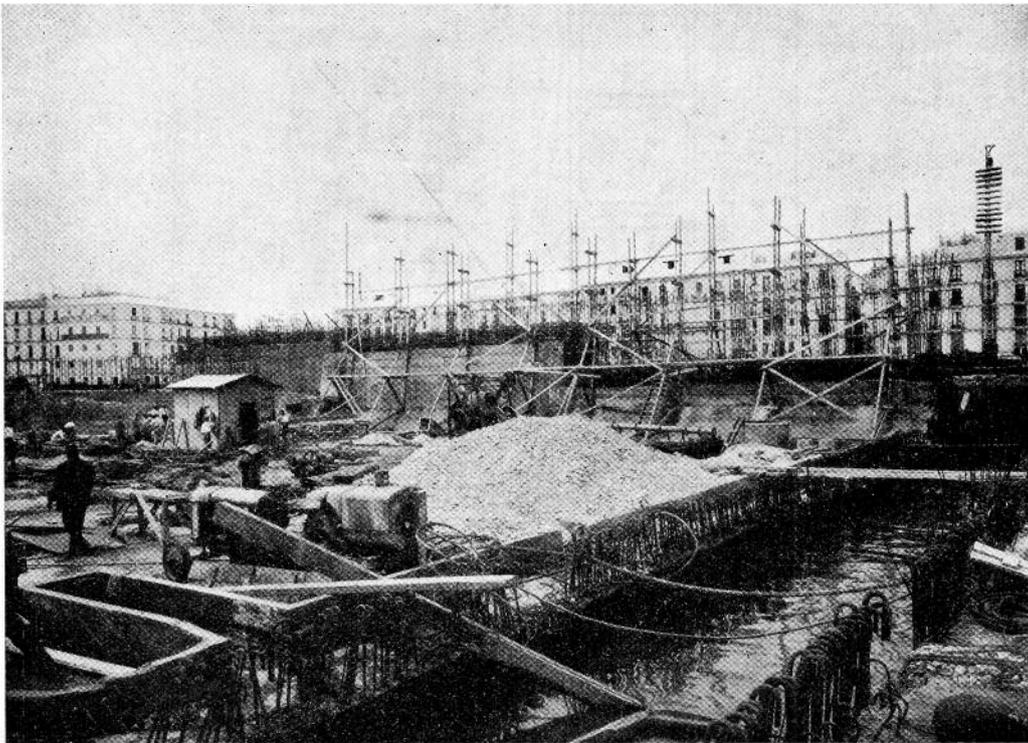


Fig. 4.ª Vista de los tres primeros cajones, ya soldados. En el ángulo inferior derecho asoma la cubierta del cuarto cajón, preparado ya, con igual calado que los anteriores, para ser soldado a ellos. En el tercero se ven la borda provisional, con el entrante correspondiente a la viga de alzada, y las anillas que para su sujeción lleva la cubierta

cajones es tal, que la solera y paredes son de doble fondo y por todo su contorno salen los extremos de la armadura. Las armaduras de los dos forjados, superior e inferior, salen del dique flotante dobladas hacia arriba en la forma que claramente se aprecia en las figuras 1.ª y 2.ª, para la armadura superior.

Las armaduras han quedado solidarizadas de la manera siguiente:

La superior, por el cordón de soldadura superior construido de hormigón rico de cemento fundido colocado en seco que envuelve las armaduras rectificadas de los forjados superiores que se cruzan sobre la junta (fig. 3.ª) y robusteciendo la unión con barras horizontales terminadas en gancho, designadas por el personal de la obra con el apropiado nombre de «lañas», y con estribos para trabar el cordón superior con el relleno de la junta, imposibilitando toda grieta

etcétera—vertiendo hormigón desde la cubierta del cajón y sobre cubos colgados del mismo a diferentes profundidades, para, después de extraídos, estudiar y elegir el mejor sistema.

Este cordón inferior de soldadura se hormigonó hasta alcanzar una altura de 1,30 m, aproximadamente, extendiéndolo a toda la parte *a, b, c, d* de la figura 3.ª, uniendo después los tubos-acueductos de los cajones soldados para constituir el general del dique y aislar además así la junta del exterior.

Una vez soldado todo el contorno de la junta y utilizando como fondo de la misma el cordón inferior de soldadura, se procedió al achique, con bombas, del hueco de la misma, terminando en seco su relleno, por los pozos dejados en el cordón superior y cuyos brocales se ven en la figura 9.ª.

La figura 3.ª da clara idea de la junta, con la dis-

tribución del hueco de la misma, en la parte de la solera del dique, con las tres clases de hormigones: hormigón armado superior, colocado en seco; hormigón inferior, colocado con buzos, y hormigón de relleno, vertido en la junta después de su achique.

En la parte de las paredes de los cajeros de los cajones la unión es más sencilla y resistente, porque las paredes tienen doble armadura, que se puede cruzar exterior e interiormente, y además, al estar las paredes fuera del agua, los dos cordones, exterior e interior, son dobles, hormigonados en seco y con forma de doble T, que desde un principio solidarizan los cajones. El cálculo y la realidad han demostrado la necesidad de armar estos tacos o cordones con «lañas» paralelas a las paredes exteriores e in-

la dureza del hormigón y la longitud del cordón de soldadura, siguiendo ya sin interrupción el hormigonado de todos los cordones de soldadura con arreglo a lo antes indicado.

Se ha fijado el grueso de todos los cordones de soldadura, así como el canto de las vigas de alzada, de manera que puedan quedar embebidos en el revestimiento interior general que ha de hacerse en todo el dique al terminarse éste.

Las últimas juntas han sido más sencillas de ejecutar porque se han dejado embebidos en los cajones, a la altura de los dos forjados superior e inferior de la solera, una serie de ganchos de tracción de ferrocarril que han permitido, con las ordinarias manijas de enganche empleadas en los vagones y manejando

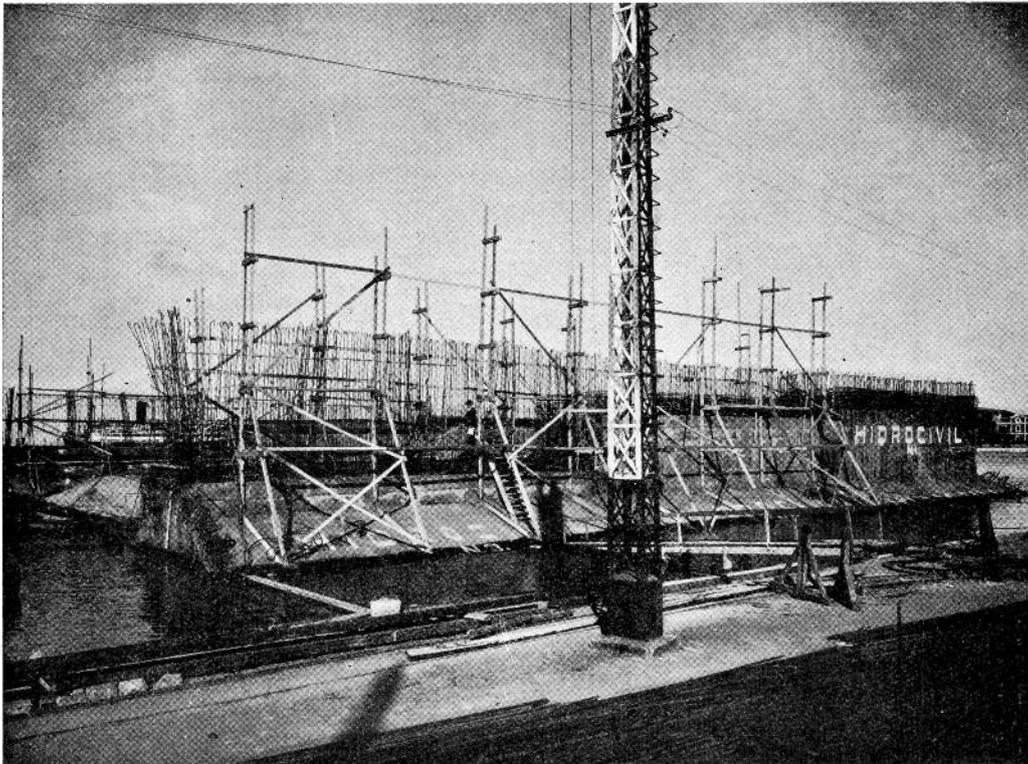


Fig. 5.ª Vista exterior de los tres primeros cajones después de soldados. En construcción las paredes de los cajeros; más adelantada en el 1 que en el 2 y comenzándose en el 3, que se ve en primer término

teriores y con «lañas» transversales que cruzan el estrechamiento de los tacos.

La operación se ha realizado en detalle del modo siguiente: Varados los cajones, presentación y acuña de las vigas de alzada, envolviéndolas y calzándolas con hormigón fino y muy seco, para acelerar su endurecimiento y pasar sin obstáculo la primera pleamar, con la flotación consiguiente de los cajones.

A flote ya, hormigonado de dos pequeñas zonas de 3 m lineales cada una, de los cuatro cordones de soldadura de las paredes y del cordón inferior de la solera. En la varadura siguiente y en las dos zonas de 3 m de la solera, hormigonado de todo el hueco de la junta de la solera, uniendo cordón inferior y superior para robustecer el par de solera y paredes, cuyo momento resistente ha aumentado al aumentar

por buzos las de la hilera inferior, el conseguir, con mayor sencillez que en las primeras juntas, una robusta unión provisional de los cajones antes de comenzar el hormigonado de la junta.

Para realizar mejor la unión entre las juntas, y asimismo para evitar las interrupciones que a veces produce el descebado de las bombas utilizadas para el achique de la junta, se va a intentar el hormigonar las próximas por medio del aire comprimido, colocando las esclusas, como se indica en la figura 4.ª, sobre la solera superior de los cajones y haciendo funcionar el hueco de la junta como cajón sin fondo, macizando, para conseguir la continuidad del techo del mismo, el pequeño espacio comprendido entre los dos cajones en la parte de los cajeros y ejecutando todo el hormigón situado bajo el nivel del agua, completamente en seco.

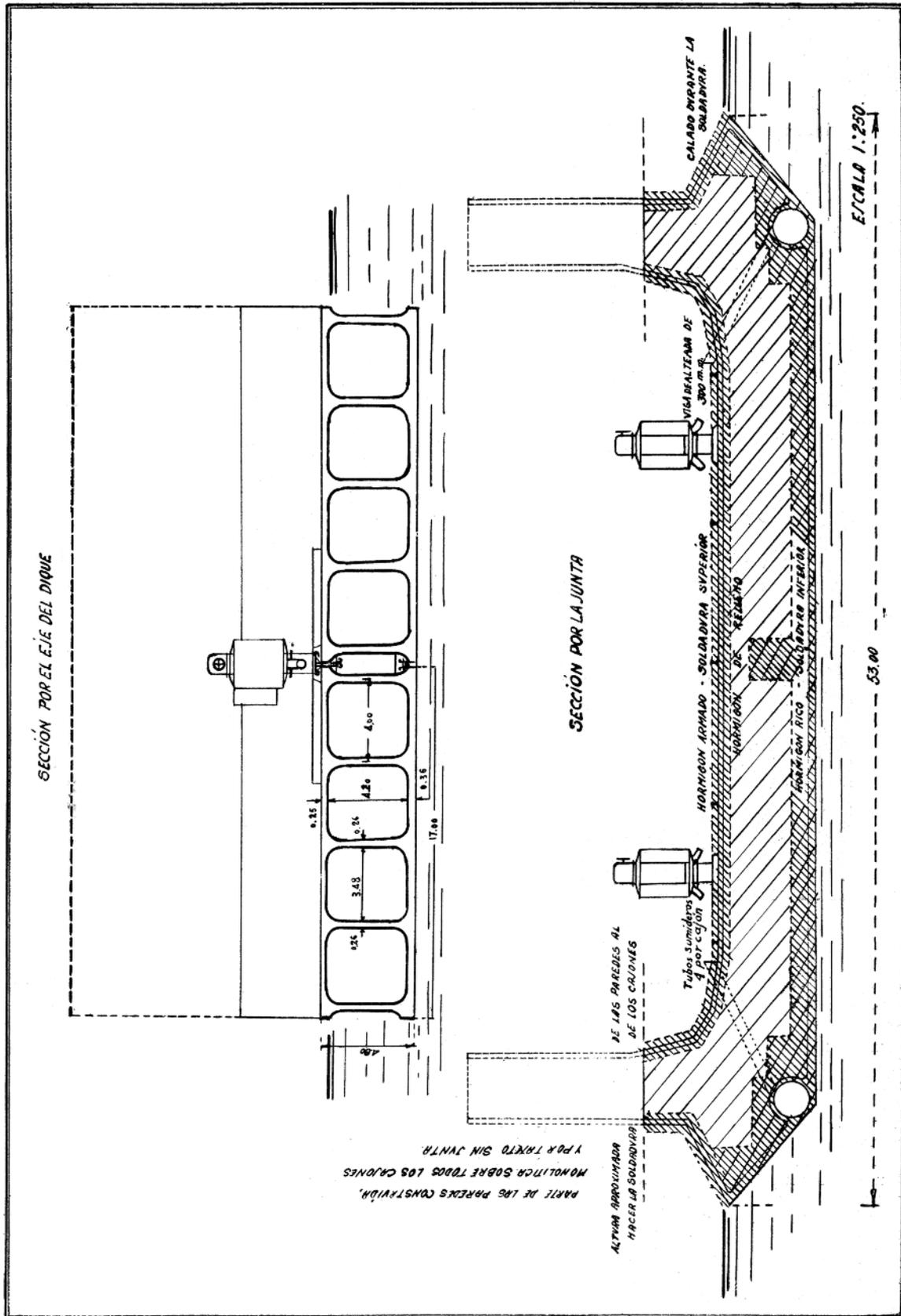


Fig. 6.

### Uniones de acueductos

Cada cajón sale del dique flotante con dos trozos de los dos acueductos generales, que van uno debajo de cada cajero del dique definitivo, y para que puedan prestar servicio es, por tanto, necesario soldar estos acueductos entre sí; pero, además, la necesidad de achicar el hueco de la junta entre la solera de los dos cajones, para su relleno ulterior, lleva consigo la previa soldadura de los acueductos, puesto que de otra forma, por penetrar el agua por ellos hasta la junta, se imposibilita su achique.

Para achicar el dique definitivo comunica el tubo-

cer después la continuidad de los acueductos penetrando en los mismos por los tubos sumideros que los comunican con el cuenco del dique definitivo, demoliendo por dentro de ellos los taponés de los acueductos en la parte de la junta, pero dejando siempre los extremos cerrados de manera a tener completamente en seco el conjunto del acueducto del bloque monolítico de los cajones a flote, lo que permite visitarlo, achicarlo por los sumideros si el acueducto tiene alguna filtración, o hasta hacer en él una gran reparación *a flote*, si fuese necesaria, tapando los sumideros y colocando en alguno de ellos una esclusa de aire comprimido.



Fig. 7.<sup>a</sup> Vista de los cuatro primeros cajones, ya soldados los tres primeros y el cuarto rigidamente unido con ellos y preparado para hormigonar la soldadura. En los frentes del cuarto cajón se ven las bordas provisionales para asegurar la estabilidad, y la situación de las vigas de alteada

acueducto con el cuenco del mismo por una serie de sumideros, tubos de 45 cm de diámetro y en número de 28 bajo cada cajero, y, por lo tanto, correspondiendo 4 sumideros a cada cajón, que salen con el cajón del dique flotante y están constituidos por 4 tubos de uralita que actúan sólo como moldes del sumidero al envolverlos el hormigón del relleno del cajón, y que desde el tubo-acueducto desembocan sobre la solera superior del cajón bajo el arranque de los muros cajeros del dique definitivo.

Para soldar los acueductos principales salen del dique flotante las secciones de los mismos que lleva cada cajón con sus extremos tapados por dos cúpulas de doble tablero de rasilla, y realizada la unión entre los cajones, después del fraguado del hormigón armado de la soldadura superior empleado en la misma y colocado fuera del nivel del agua, y antes de rellenar la junta, se cubre la unión entre los dos acueductos con una pequeña capa de hormigón sumergido, pudiendo ya achicar la junta para rellenarla y restable-

### Estado actual y consecuencias finales

El 15 del pasado septiembre ha sido transportado el bloque de los cuatro primeros cajones ya soldados, con un peso de 15 700 toneladas, desde la dársena de Moret hasta su emplazamiento definitivo, con un recorrido aproximado de una milla, habiéndose utilizado tres remolcadores; y aunque al principio dudamos si realizar la operación por medio de tiros desde embarcaciones previamente ancladas en la bahía y utilizando retenidas como se usaron para el transporte del cajón del dique seco de El Havre, dentro del recinto ataguado que allí se empleó, la realidad ha demostrado que se puede prescindir de todas esas precauciones, y que las dificultades originadas para el transporte, por las corrientes de marea y las revesas que siempre existen en una bahía, y que fueron las que aconsejaron en El Havre el empleo del recinto aislante de escollera, se convierten en ventajas cuando, como en este caso, se pueden utilizar ade-

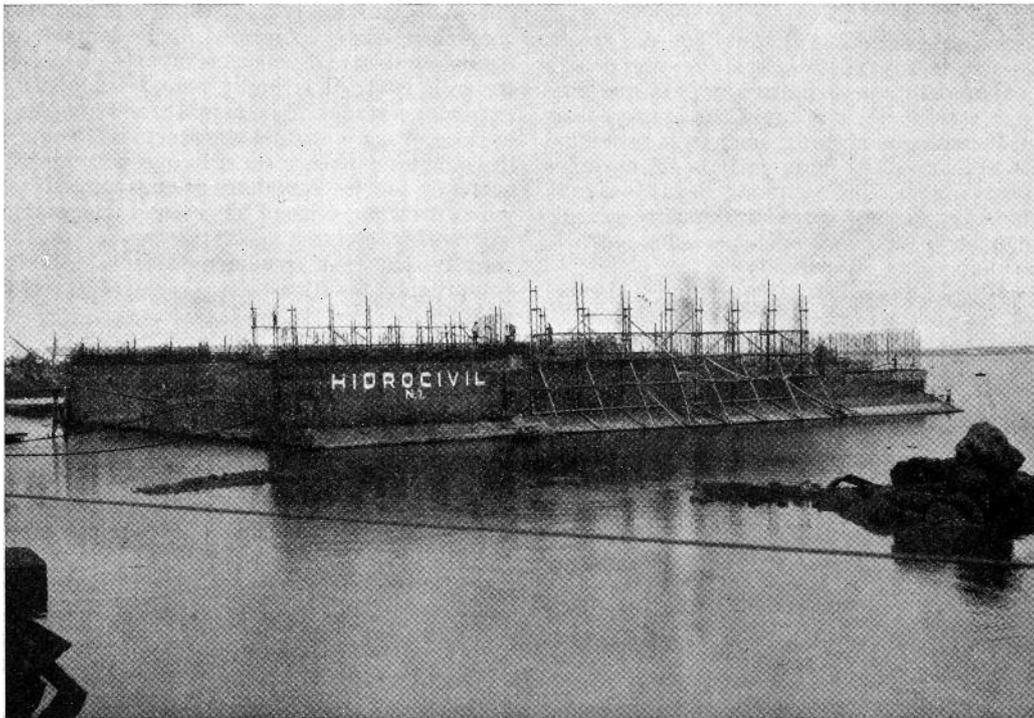


Fig. 8.ª Bloque monolítico de los cuatro primeros cajones, con 16 000 toneladas de desplazamiento en el momento de la fotografía, fondeado sobre su emplazamiento definitivo en el cuenco dragado para el Dique Seco

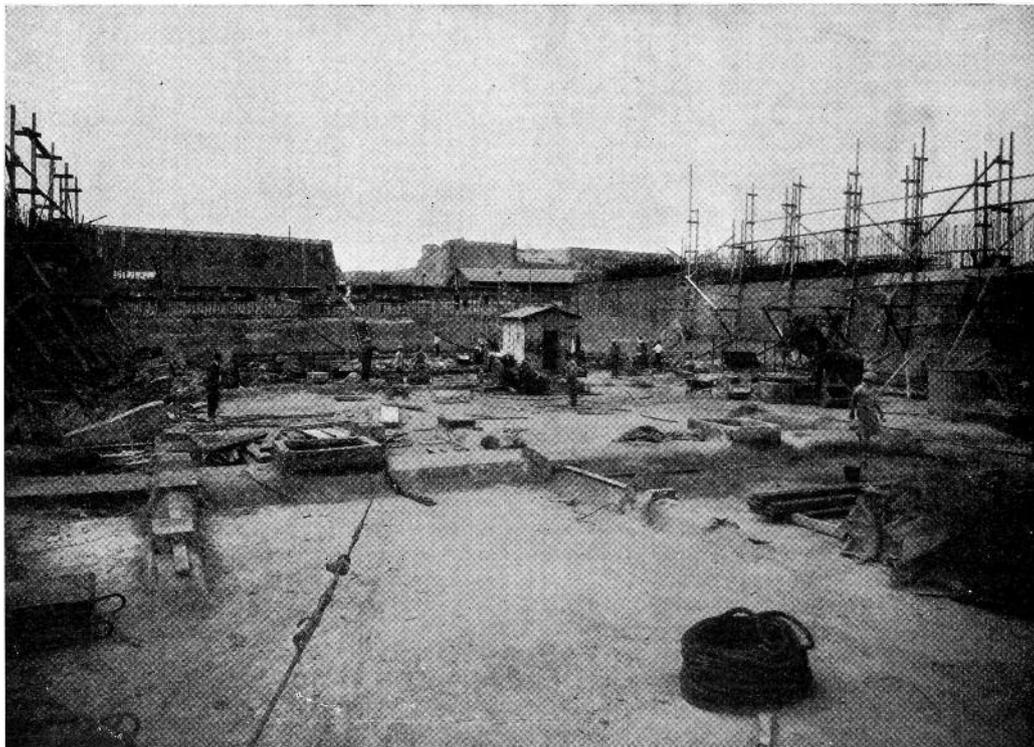


Fig. 9.ª Vista interior del bloque de los cuatro cajones. En primer término una de las juntas, visible por el saliente del cordón superior de soldadura, con las vigas de altilada y los brocales de los pozos de relleno del hueco de la junta entre las soleras de los cajones. Al fondo la bóveda de cierre del dique y, en último término, las murallas de Cádiz.

cuadramente esas circunstancias para beneficiarse de ellas utilizando las corrientes de marea en el transporte del bloque.

Dentro del mes de enero próximo se soldarán al bloque de los cuatro primeros cajones el quinto y sexto en el mismo emplazamiento del dique seco, y si los ensayos de enrase del fondo dan completo resultado y puede conseguirse igualarlo bien, se podrá sumergir el dique, soldando previamente a flote todos los cajones, suprimiendo toda junta bajo el agua.

Para ello se podrá construir sobre el cajón único, en el lado del barco-puerta, una presa-bóveda provisional, que con los muros cajeros y la bóveda del fondo del dique cerrará por completo el cajón, que flotará ya por su carena exterior, pudiendo de esta manera trabajar con la seguridad del cajón único, y

además de dicha presión, la reacción del suelo, quedan así muy disminuídas al modificarse el régimen de flexiones previsto por el proyecto en la célula elemental.

Dicha repartición de momentos, representada en la figura 10, obtenida partiendo de las flexiones ejercidas por el agua y de una reacción del terreno doble de la correspondiente a la repartición uniforme de las cargas que resiste, se modifica al aliviar las flexiones del forjado inferior el peso del hormigón de relleno, contrarrestando así casi por completo la subpresión a medida del aumento del calado, por el poco peso del cajón ante el del relleno y por la forma aproximadamente paralelepípedica de la carena externa del cajón total, lo que hace casi constante e igual a la razón de densidades la relación de la altura de relleno al aumento de calado.

Por otra parte, el macizado suprime las flexiones de las paredes laterales de la célula, y al no entrar el agua sobre la cubierta hasta casi el relleno total del fondo, se puede reducir también la flexión de la misma, apeándola, si es preciso, con un taco corrido de hormigón de poca altura, ejecutado en cada célula sobre el relleno interior.

Únicamente se podrán presentar esas flexiones si una grieta del conjunto u otra contrariedad análoga hiciese entrar el agua en el cajón, dentro del cuenco del futuro dique, es decir, entre los cajeros; pero como existe por todo el contorno un doble fondo, la avería en la carena ahora restante quedaría localizada al compartimiento afectado, y el conjunto seguiría con flotación propia, siendo entonces necesario tomar una junta bajo el agua en la parte afectada, o si el calado era aún pequeño, por haberse ejecutado todavía poca cantidad de relleno, podría destruirse lo afectado, soldar a flote las dos partes resultantes y suplementar al conjunto por la parte del mar un cajón de una o dos células, según la extensión de la parte dañada.

La circunstancia de flotar el cajón permitirá, además, vigilar perfectamente el reparto del hormigón de relleno para suprimir toda flexión y toda escora, y en el momento que se considere oportuno se podrá hacer entrar el agua en el cajón estando varado en una bajamar, para que no flote en la pleamar siguiente, con lo que se añadirá a la carga uniforme que exista de hormigón la sobrecarga también repartida que ejerza el agua, evitando así asientos desiguales, que, por otra parte, pueden ser resistidos por la sección transversal del dique, de gran momento de inercia para las flexiones longitudinales.

Una vez comprimido sucesiva y progresivamente el fondo por las varaduras del cajón en las bajamares, y después de terminado el relleno de la solera, se abrirán, pues, las llaves de que van provistos los cajones, para dejarlo fondeado definitivamente, procediendo ya al relleno de paredes o muros cajeros, que por su poca importancia dentro del peso total no podrán producir una desigualdad de asientos, aun en el caso de que se produzca alguna en los rellenos, que, por otra parte, se han de ejecutar con las precauciones ordinarias en estos casos, de nivelaciones frecuentes, partes diarios de relleno, etc., etc.

Para el mejor asiento sobre el terreno, los cajones salen del dique flotante con una serie de tubos de 10 cm de diámetro que atraviesan completamente la solera, para inyectar mortero de cemento a través de ella después del bordeo, comprimiendo el terreno subyacente y principalmente la cama de asiento, como

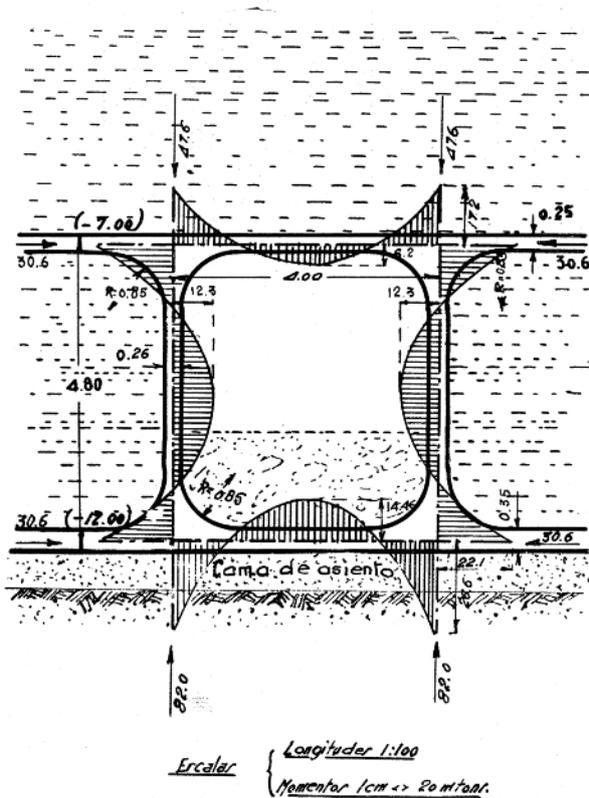


Fig. 10

rellenar además la solera por las escotillas dejadas en su cubierta, manteniendo el cajón total a flote.

Además de mejorar el hormigonado, se conseguirá comprimir así el fondo del cuenco, previamente preparado con una cama de arena enrasada sobre maestras de carriles, ya que al flotar el cajón único en las pleamars vivas mensuales casi hasta su relleno total, por estar cerrado por el lado del mar, asentará sobre el terreno en todas las bajamares, comprimiéndolo progresivamente al aumentar el relleno.

Las grandes compresiones de más de 90 kg/cm² producidas, como antes se indicó<sup>1</sup>, en los hormigones al achicar para rellenarlo un compartimiento de la solera de un cajón ya echado a pique y obrar sobre su lecho y paredes la presión del agua y sobre su fondo,

<sup>1</sup> Número del 15 de noviembre, pagina 497.

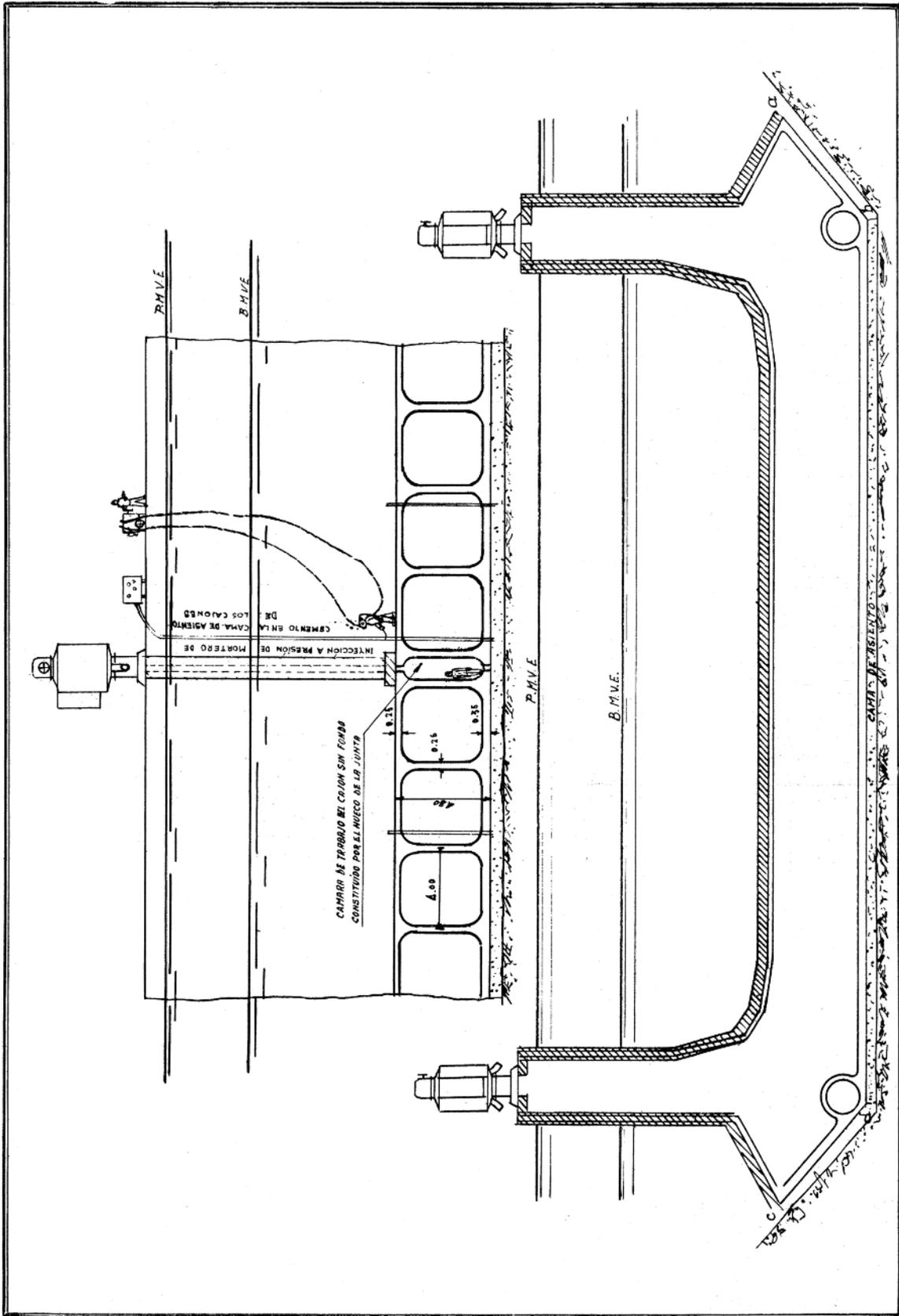


Fig. 11

se indica en el croquis de la figura 7.<sup>a</sup>, pues aunque la carga del cimientó es pequeña y no son de presumir por ello movimientos apreciables del fondo, conviene, para evitarlos o disminuirlos, la inyección de mortero de cemento en la cama de arena a través de la solera, después del relleno de la misma, y por medio de los indicados tubos de inyección.

Si los ensayos del terreno que se están practicando aconsejan no fondear un cajón de tan gran longitud (245 metros) como el cajón total, se hundirá en dos mitades de siete cajones elementales cada una—la primera ya casi terminada, pues están a flote seis cajones—, tomando la junta bajo el agua con hormigón sumergido, y si es preciso con aire comprimido, colocando esclusas sobre los cajeros, como indica la figura 11, y soldando los dos semidiques con hormigón sumergido, según las zonas rayadas en la figura, para proseguir como en la construcción de pozos

lidades que el gran tamaño—peligroso siempre en las botaduras—da para el fondeo y para la seguridad durante la flotación o el relleno.

La soldadura de monolitos a flote puede, pues, realizarse hoy fácilmente, puesto que en España se fabrican ya varios supercementos, y español es el cemento fundido Electroland empleado en el dique de Cádiz, cuyas características, iguales a las del que antes era necesario importar del extranjero, han hecho posible la toma de juntas.

Para lo hecho hasta ahora han resultado muy valiosos, aparte de las sugerencias recibidas de las personas que intervinieron en el proyecto <sup>1</sup>, los consejos siempre acertados de ingenieros experimentados, como los Sres. Murúa y Romero Carrasco; la ayuda de otros, como los Sres. Diamante y Noreña, y especialmente la colaboración de mi compañero el Sr. Ruiz Martínez, ingeniero encargado de la obra de hormi-

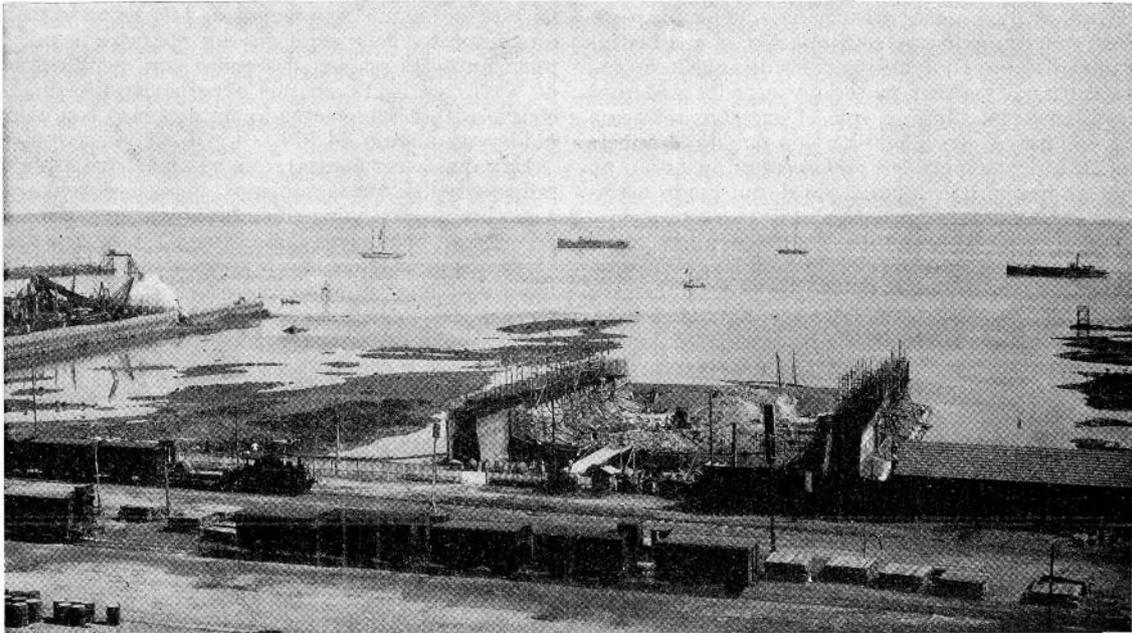


Fig. 12. Vista del cajón cuádruple desde las murallas de Cádiz. Por el lado del mar se ve la borda de madera que como botaolas le defiende de la marejada del Norte. Entre las zonas que descubre la baja mar se ve el cuenco dragado, y a la izquierda, fondeado a la entrada de la dársena, el cajón de la Casa de Bombas.

de alumbramiento de aguas, abiertos con aire comprimido a través de rocas permeables, la soldadura de las partes *a-b* y *c-d* y utilizar después el conjunto como una campana de buzo o un cajón sin fondo para macizar la junta con todas las garantías de una ejecución esmerada, trabajando el personal con auxilio del aire comprimido dentro del hueco de la junta.

Uno u otro procedimiento creo han de tener el éxito de que algunos desconfiaban, dudando de la posibilidad de ejecutar las juntas del dique de Cádiz, y ello, ya demostrado hoy, y por haberse ejecutado, además, las juntas a flote, tiene la importancia ingenieril de que resulta posible construir por soldadura de cajones pequeños y con medios auxiliares modestos, y desde luego con cementos de endurecimiento rápido para la soldadura—supercemento o fundido—, grandes monolitos para cajones de diques de abrigo o de muelles de atraque, con todas las ventajas que la continuidad produce para la duración y las faci-

lidades por parte de la Contrata hasta enero de 1930, que ha hecho muchas veces posible lo imaginado, empleando todos los recursos, iniciativas y hasta presencia de ánimo que obras marítimas de esta índole exigen a los que intervienen en ellas, venciendo las primeras dificultades, mayores por ser las primeras, hasta poner la obra en marcha normal.

Serán objeto de otros artículos en nuestra REVISTA las enseñanzas que la obra del dique nos vaya proporcionando; pero, por de pronto, ante preguntas de compañeros sobre particularidades de la misma, tengo interés en ofrecerme para cualquier aclaración, sea sobre la obra ya construída, o sobre lo que acerca de ella pueda preverse en la actualidad.

José ENTRECANALES IBARRA  
Ingeniero de Caminos

<sup>1</sup> Véase la nota del artículo publicado en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 15 de noviembre de 1930, página 497.

“Otra solución propuesta para el dique de  
Cádiz”

Eduardo Torroja Miret

*Revista de Obras Públicas* vol. 79, nº 2.567,  
febrero de 1931, pp. 76-78



## Otra solución propuesta para el dique de Cádiz

Habiendo renovado la pluma del Sr. Entrecanales el interés por la obra del dique de Cádiz, con las variaciones introducidas en su construcción y con los éxitos obtenidos, creo interesante dar una breve noticia sobre otra solución de cajones propuesta en el proyecto y que, por no haberse llevado a la práctica, ha quedado encerrada entre carpetas, conocida solamente por el reducido número de técnicos que intervinimos en el asunto.

La diferencia esencial entre la solución adoptada y la propuesta consiste en hacer las células abiertas, economizando así en material y en mano de obra.

«Cada cajón está dividido en once células, quedando la solera formada por una losa inferior de 20 cm de espesor y doce contrafuertes de 3,50 m de altura, espaciados 3 m entre ejes.

«El espacio comprendido entre estos contrafuertes ha de rellenarse de arena, después del fondeo, y recubrirse con una nueva losa de hormigón armado, obteniendo así el peso, la rigidez e impermeabilidad, que son las propiedades que ha de tener esta solera.

«Los muros están formados, análogamente, por una pared interior vertical de 20 cm de espesor, arriostada por contrafuertes espaciados 3 m.

«El mismo terraplén al que sirve de contención esta pared apoya sobre las zarpas del muro y ayuda así a su estabilidad.

a las cámaras estancas que quedan en los extremos.

«Al terminar este primer período, la estabilidad de forma es grande y estará asegurada por estas cámaras estancas extremas.

«El segundo período de inmersión se obtiene dando entrada al agua en la mitad de las cámaras bajas del muro, con lo cual la estabilidad de forma es todavía suficiente.

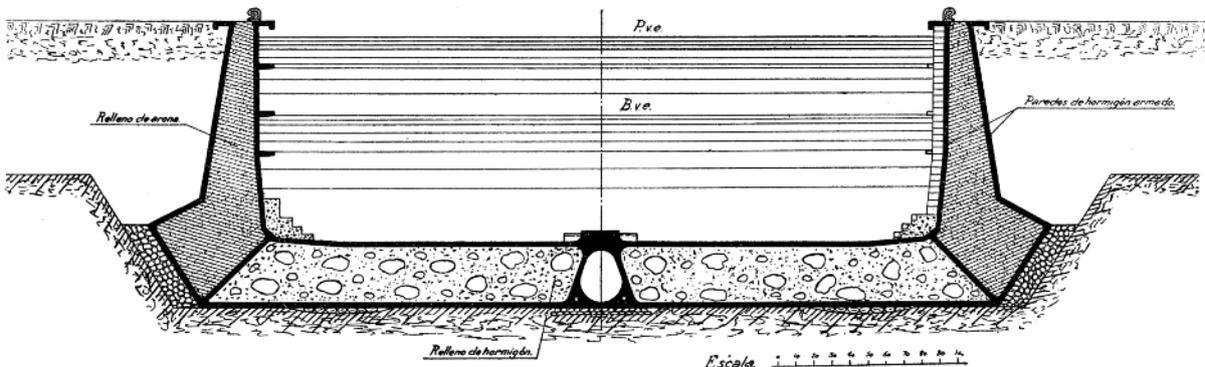
«Cuando el agua alcance 5 m de altura en las cámaras y el calado total del cajón es de 9 m, se obtiene ya estabilidad de peso.

«No hay, por tanto, inconveniente en dar entrada al agua en la otra mitad de las células, pues el cajón sigue siendo estable y con una estabilidad absoluta en cualquier posición escorada que pueda tomar.

«El fondeo se verifica con toda la lentitud que se quiera, regulando la entrada del agua en estas cámaras, y si el asiento sobre el fondo no fuere en el lugar exacto de su emplazamiento, bastaría cerrar estas aberturas y agotar ligeramente las cámaras para ponerle de nuevo a flote.

«Una vez fondeado, el forro de madera se quita con suma facilidad.

«La estructura, como se ve en el cálculo, necesita muchos menos espesores y menores cuantías de hierro, puesto que las cargas que soportan las losas y tabique son mucho menores, ya que las células de la solera se rellenan todas simultáneamente y con una



Sección transversal del cajón de doble pared

«Parece, a primera vista, que estos cajones han de tener difíciles condiciones de flotación y de estabilidad naval durante la maniobra marítima; sin embargo, esto no es así, porque este fondeo se puede realizar con la misma seguridad que los de pared doble, en la forma siguiente:

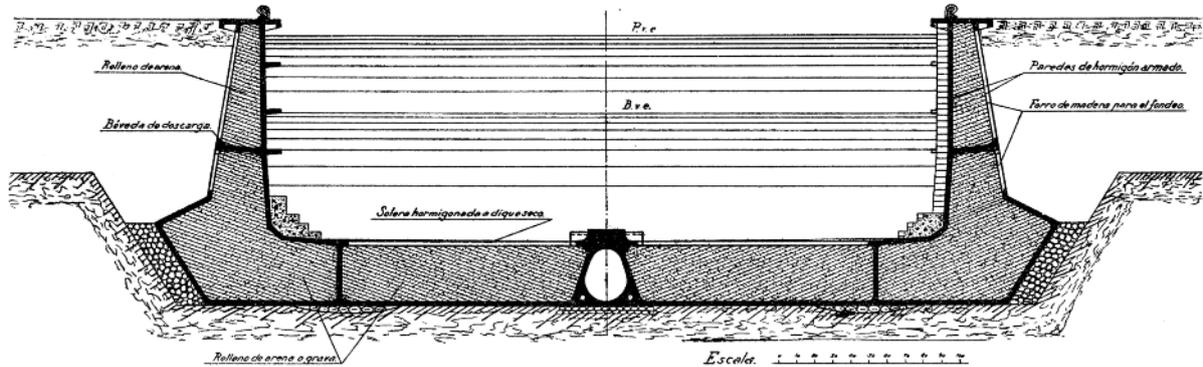
«Una vez terminado el cajón, flota con dos metros de calado solamente y con una estabilidad muy grande, por ser el área de flotación enorme y no tener flotaciones internas. En este momento se colocan forros de madera calafateada en las paredes verticales, apoyando en los bordes exteriores de los contrafuertes, y con esto se obtienen dos cámaras de flotación formadas por los dos muros del cajón.

«Después de esto, puede darse entrada por el fondo al agua en la solera, y cuando el calado alcanza sensiblemente los 3,50 m de altura de esta solera, estará ya completamente llena y el cajón flotará gracias

diferencia de carga de agua, a un lado y a otro, pequeña, y las células de los muros sufren también desigualdades de carga mucho menores que en el caso de mantener agotadas las células después del fondeo, con objeto de hacer su relleno. Además, este relleno es mucho más barato, primeramente, porque el material es exclusivamente arena, y segundo, porque el vertido de esta arena puede hacerse directamente con gánguiles, sin necesidad de agotar el cuenco.

«Una vez terminado el relleno de los cajones y cogidas las juntas con hormigón sumergido, puede colocarse el barco-puerta, agotarse completamente el dique y hacer entonces el refino de las superficies interiores y el tendido de la losa de hormigón de la solera.»

La economía que representa esta solución hace bajar el presupuesto de ejecución de la estructura en la solución B de 8 000 000 de pesetas, a 5 500 000, y



Sección transversal del cajón de pared sencilla

es debida, principalmente, a las siguientes causas:

- 1.<sup>a</sup> Supresión de una parte de las paredes de células.
- 2.<sup>a</sup> Sustitución del relleno de hormigón por otro de arena, grava o tierra.
- 3.<sup>a</sup> Disminución de la presión hidrostática que ha de soportar la solera desde 16 toneladas por metro cuadrado a 3,5 toneladas por metro cuadrado.
- 4.<sup>a</sup> Supresión de las flexiones en los contrafuertes producidos cuando una célula está vacía y las laterales llenas de agua.
- 5.<sup>a</sup> Disminución de las armaduras de tensión de los contrafuertes de los muros, debida al momento estabilizante de las tierras que insisten sobre las bóvedas.
- 6.<sup>a</sup> Facilidad de ejecutar los rellenos con gánguiles.
- 7.<sup>a</sup> Posible economía en los medios auxiliares por disminuir el peso y el calado inicial del cajón.

Como contrapartida de estas ventajas, se acusa a la vista una disminución de los elementos resistentes con relación a la solución adoptada, debido a la falta de las paredes exteriores y de los rellenos de hormigón. Sin embargo, no puede considerarse como desventaja la supresión de la pared exterior de los muros, pues su presencia no altera la carga hidrostática que ha de soportar la interior, ni la posible acción destructora de las aguas; y en cuanto a los rellenos de hormigón, si se suprimen en los muros hasta su parte inferior, no debe haber tampoco inconveniente para prescindirse de ellos en la solera.

Razones no técnicas hicieron que se prescindiera de esta solución en la hipótesis de subpresión completa, a la cual es igualmente aplicable, y ha quedado, por consiguiente, sin utilización en Cádiz; pero puede, a nuestro juicio, encontrar aplicación útil en otros diques, como la ha encontrado ya en varias esclusas.

Eduardo TORROJA  
Ingeniero de Caminos

“Aeropuertos”

José Luis Escario Núñez del Pino

*Revista de Obras Públicas* vol. 83, tomo I,  
nº 2.666, año 1935, pp. 127-134

vol. 83, tomo I, nº 2.667, año 1935, pp. 145-150

vol. 83, tomo I, nº 2.668, año 1935, pp. 169-175

vol. 83, tomo I, nº 2.669, año 1935, pp. 185-191

vol. 83, tomo I, nº 2.670, año 1935, pp. 205-214

vol. 83, tomo I, nº 2.671, año 1935, pp. 229-232



# Aeropuertos

Empezamos hoy la publicación de una serie de artículos resumen de las conferencias dadas a los alumnos de quinto año de la Escuela por los profesores señores Castro y Escario, sobre el proyecto y construcción de aeropuertos y rutas aéreas. La Escuela, que desde hace años dedica la atención debida a las cuestiones de aviación, perfectamente atendidas por nuestro compañero señor Laffon, ha creído conveniente completar la formación de los alumnos con el estudio

detenido de los problemas de aeropuertos y rutas aéreas, imprescindibles dado el desarrollo de la aviación comercial, para un ingeniero de transportes como lo es muy principalmente el ingeniero de Caminos.

**Importancia de la navegación aérea.** — El crecimiento de la aviación en los últimos veinte años ha sido rapidísimo; la guerra mundial trajo, por el desarrollo de la aviación de combate, un perfeccionamiento

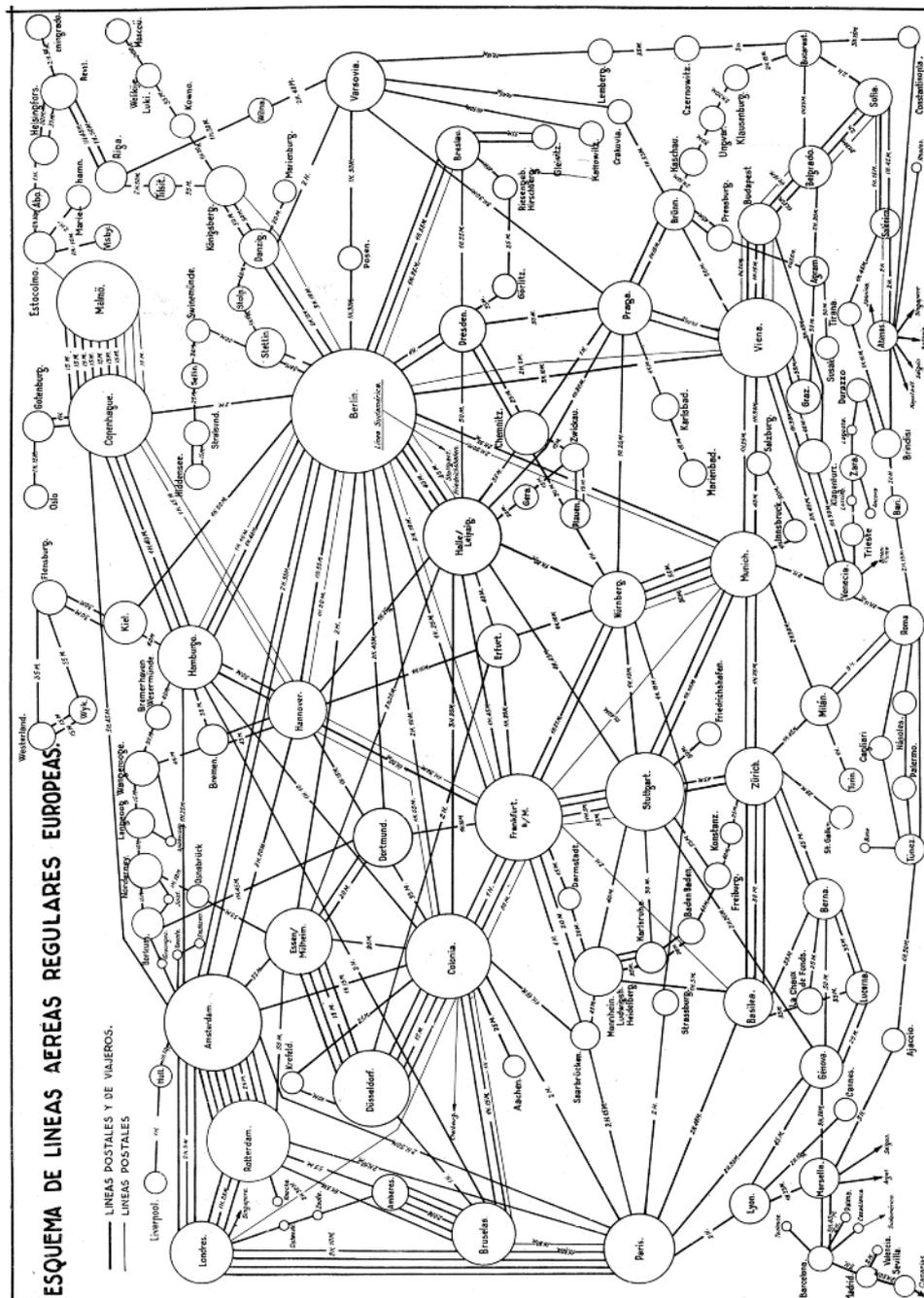


Figura 1.ª

to grande en la mecánica de los aparatos y la formación de un gran número de pilotos que, al cesar las hostilidades, buscaron sus medios de vida en la aviación civil. En Europa y en América se establecieron numerosas líneas de servicio regular para el transporte de viajeros y mercancías, correspondencia especialmente. En Estados Unidos, por ejemplo, en 1.º de

América del Sur), 19.400; Alemania, 17.900; Holanda, 12.620; Italia, 7.350, y U. S. S. R., 14.000.

Las líneas postales mixtas (con vapores en combinación) a Suramérica, hacen un servicio regular, y actualmente se trabaja para el establecimiento de una línea regular con Estados Unidos, partiendo del Ferrol o Lisboa, estableciendo en el intermedio de su

## MAPA DE AEROPUERTOS DE ESPAÑA.



Figura 2.<sup>a</sup>

junio de 1934, existían 17.315 millas de rutas aéreas, iluminadas para viajes nocturnos; 256 millas sin iluminar, para viajes de día, y 1.499 millas para viajes de día, pero señaladas con iluminación, o sea, en total 19.070 millas de rutas aéreas regulares; si se tiene en cuenta las líneas fuera del territorio de los Estados Unidos, el total de líneas americanas asciende a 49.000 millas. Gran Bretaña (incluyendo las rutas en las Indias y África del Sur a Inglaterra) cuenta con 12.370 millas; Francia (incluyendo las líneas de

recorrido varios aeropuertos flotantes. Hoy el servicio entre Dakar y Natal se hace con el auxilio de un buque-tanque para el abastecimiento de los hidros, que empiezan a efectuarlo como ensayo para hacerlo regular, habiéndose logrado llegar con cinco fechas a Barcelona una carta de Santiago de Chile. El maravilloso record de Londres a Melbourne, en 60 h. 59' de vuelo y 70 h. 59' en total, es otra prueba del magnífico campo de posibilidades que ante nosotros tenemos, haciendo verosímil el sueño de una línea regular de trans-

porte de correspondencia entre Inglaterra y Australia.

La aviación se pone al alcance de todos, no sólo como medio rápido y seguro de transporte en líneas regulares, sino también como medio de transporte particular; una avioneta cuesta menos que algunos coches y su reducido tamaño y fácil manejo, hacen de ella un medio corriente de transporte, principalmente en Estados Unidos y Gran Bretaña.

Así como el desarrollo del automovilismo necesita como condición previa, una buena red de carreteras, asimismo el desarrollo de la aviación hace necesario el acondicionamiento de rutas del aire, con aeropuer-

tables de seguridad. Por esta causa, pasada la guerra, se ha ido, en los países beligerantes, abandonando un buen número de aeropuertos, utilizados para las necesidades militares, y se han sustituido por otros definitivos con las debidas condiciones, por su emplazamiento, clase de terreno, etc. . .

¿Cuál es la situación actual en España? Realmente no existen más que los aeropuertos militares; el aeropuerto de Madrid (Barajas) de condiciones muy discutibles, está prácticamente sin terminar, falto de elementos esenciales y la organización de nuestra aviación civil, es muy reducida. Las líneas de Madrid a

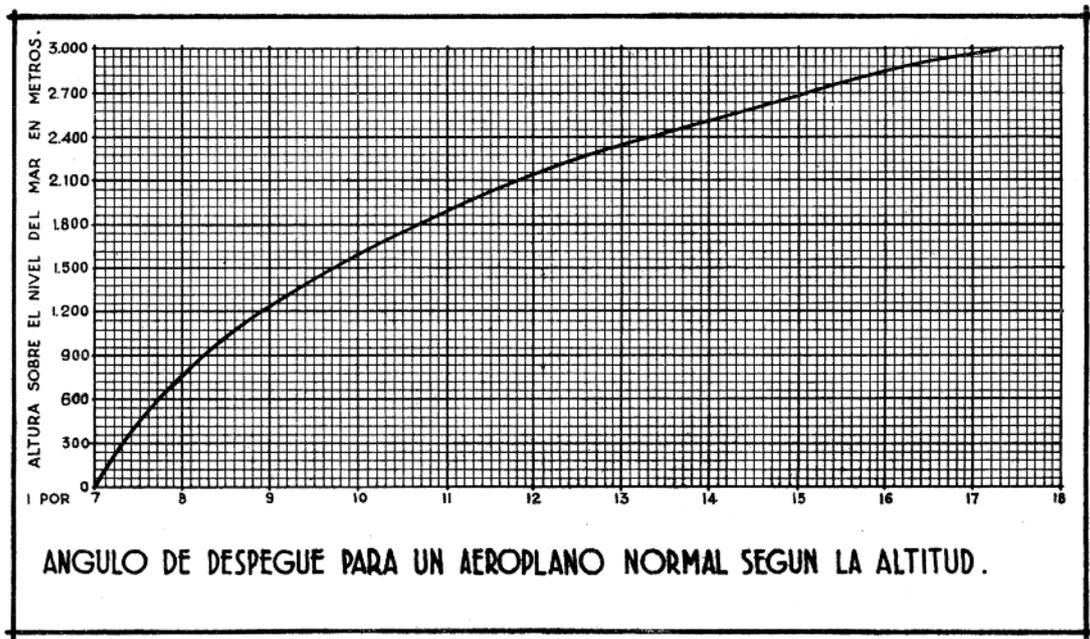


Figura 3.ª

tos de socorro y aprovisionamiento y aeropuertos terminales, debidamente acondicionados, para recibir una gran densidad de tráfico. Berlín, por ejemplo, recibe en Tempelhof 34 líneas regulares y Hamburgo 14, con un total de cerca de 100 aparatos al día el primero y 40 el segundo. La construcción de aeropuertos acondicionados para el servicio de los grandes aparatos de transporte, de peso elevado, que en gran número llegan a un aeropuerto principal, presenta al ingeniero problemas técnicos de importancia; un avión puede aterrizar en un momento dado en un campo que cumpla la única condición de no presentar obstáculo en la longitud indispensable; igualmente en él pueda elevarse, siempre y cuando suceda lo propio, aunque la carrera o longitud precisa para el despegue sea mayor que la necesaria en un terreno apropiado; pero si las operaciones se repiten un gran número de veces al día, como sucede en los aeropuertos importantes y el terreno no reúne las condiciones precisas (por ejemplo: la debida consistencia, situación, etc. . .), habrá días en que el servicio podrá resultar peligroso; al cabo de poco tiempo el terreno se estropeará y prácticamente será imposible su utilización en condiciones acep-

Barcelona, Valencia y Sevilla y Canarias y Barcelona-Palma son todo nuestro servicio comercial, que funciona de un modo regular.

Prácticamente se carece, para la aviación civil, de aeropuertos intermedios que jalonen nuestras rutas principales. Hay que tener en cuenta que los servicios no han de ser únicamente para el interior de España, sino que deben extenderse al exterior, sirviendo de enlace con las principales líneas europeas y africanas y por nuestra parte de un modo directo nuestras posesiones del Norte de Africa y Guinea; hay el proyecto de C. L. A. S. A., concesionaria de las líneas españolas, para fecha próxima, de líneas directas, entre Madrid-París y Madrid-Copenhague.

Es preciso acondicionar nuestro país para el tráfico aéreo, disponiendo las cosas en forma que cada población de relativa importancia cuente con su aeropuerto; los aeropuertos hoy son, en realidad, un servicio municipal y así se consideran especialmente en Alemania y en Norte América.

La comunicación aérea no es sólo un problema nacional, sino internacional, puesto que para ser efectiva tienen las comunicaciones de los distintos países

que estar coordinadas, y en muchas ocasiones, los aviones regulares de una nación volar grandes recorridos sobre territorio extranjero, como en España sucede con los correos de la Compañía francesa Air France, que siguen toda nuestra costa de Levante. Existe por ello en Europa una Comisión Internacional de Aviación Civil «Para determinar, de común acuerdo, ciertas reglas uniformes, en relación con la navegación aérea internacional».

En todos los países el establecimiento de los aeropuertos tiene que estar autorizado por la Dirección de Aviación Civil, dependiente, en unos casos, como en Inglaterra, del Ministerio del Aire, y en otros, como en los Estados Unidos, del Ministerio de Comercio; el departamento encargado de la inspección está a cargo de los ingenieros Civiles, profesión, en aquel país, análoga a los ingenieros de Caminos.

**Principios generales.**— El vuelo se divide en tres partes principales:

Despegue.

Vuelo propiamente dicho.

Aterrizaje.

Las operaciones de despegue y aterrizaje son las que principalmente interesan, desde el punto de vista del aeropuerto. Un aparato necesita adquirir, para el despegue, una cierta velocidad con relación al aire, que se denomina «velocidad de vuelo»; esta velocidad, característica del aparato, tarda en lograrse un cierto tiempo, dependiente, como es lógico, del coeficiente de rozamiento del aparato con el terreno; como los motores están calculados para trabajar a máxima potencia en el momento del despegue, si el terreno es malo y el aparato está muy cargado, la longitud necesaria para el despegue será muy grande e incluso puede suceder que la velocidad de vuelo no se logre y el aparato no pueda despegar; en cambio puede disminuirse la longitud de despegue mejorando las condiciones del terreno por la construcción de pistas. Cuando ha alcanzado la «velocidad de vuelo», maniobrando los timones de profundidad se hace que el aparato «despegue», elevándose con una cierta inclinación dependiente de sus características. Una vez en el aire, el piloto, para orientarse, puede seguir tres sistemas: orientación por el terreno, siguiendo marcas señaladas en él o bien puntos de identificación en él existentes; por medio de aparatos corrientes de orientación (la brújula), que es preciso utilizarla cuando el piloto, por nubes o niebla, no pueda distinguir el terreno y, por último, por medio de la radio, por cuyo sistema, con fundamento análogo al de la navegación marítima, orienta al aparato por radio faros colocados en ruta.

Para aterrizar, el piloto corta gases y «planea», desliza en el aire con un ángulo conveniente, hasta que «toca tierra» a velocidad variable entre 60 y 75 kilómetros por hora; cuando esta velocidad se ha reduci-

do y el aparato está a punto de detenerse, el piloto acelera nuevamente sus motores y por sus propios medios, rodando, va el avión hasta el punto de parada.

El ángulo para el despegue o descenso de un avión varía de 1 por 7 a 1 por 14, manteniéndose constante durante él; este ángulo se comprende tiene una excepcional importancia para el proyecto de aeropuerto, puesto que, un obstáculo en el recorrido de toma de altura o descenso puede ser fatal. Varía este ángulo según la altitud, de acuerdo con la figura.

Las condiciones de aterrizaje y despegue del autogiro son mucho más ventajosas que las de los aparatos corrientes. El autogiro puede despegar y tomar tierra en aeropuertos mucho más reducidos. El porvenir que este aparato presenta es grande; no obstante, creemos será difícil llegue a sustituir por completo a los aparatos corrientes para grandes velocidades y capacidad importante de transporte; si el autogiro llegara a desplazarlos por completo, la aviación habría alcanzado tal desarrollo, que seguramente los aeropuertos actuales serían incapaces; no parece lógico construir los aeropuertos de pequeñas dimensiones, pensando en la menor superficie que el autogiro necesita.

#### **Aeropuertos. Elección del emplazamiento.**—

La elección del emplazamiento depende de un modo principal del carácter del aeropuerto; sus fines pueden ser: servir a una ciudad o grupo de ciudades situadas en una línea principal; ser aeropuerto principal o de término de una gran capital; o ser aeropuerto de aprovisionamiento o socorro de una línea principal. En los casos primero y segundo las condiciones urbanísticas, digámoslo así, nos delimitarán las zonas de terrenos posibles, reduciéndose mucho las posibilidades de emplazamiento; en el tercer caso, la indeterminación es mayor, puesto que como única condición esencial, se debe tener en cuenta la proximidad a la línea principal, que debe ser, para aprovechar una de las ventajas principales de la aviación, lo más recta posible.

Las condiciones a tener en cuenta para el empla-

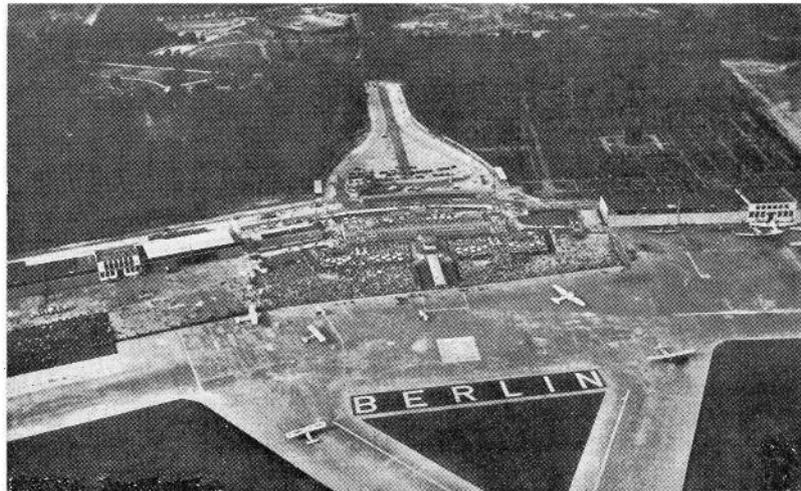


Fig. 4.<sup>a</sup>— Aeropuerto de Berlín. Vista, desde 450 m. de altura, de los edificios principales y pistas de llegada.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

zamiento de un aeropuerto son: topográficas, meteorológicas, económicas y estratégicas.

**Condiciones topográficas.** — La primera condición que hay que examinar es la posición del aeropuerto con relación a las rutas aéreas. Si se trata de rutas de gran distancia, según antes decimos, no importa que el aeropuerto no pueda emplazarse en la proximidad de una ciudad importante; se trata, principalmente de servir la línea aérea y por ello lo que debe buscarse es no desviar su recorrido, aumentando su distancia total; es más, en algunos casos puede ser solución, para servir una ciudad importante que coja bastante separada de la línea principal, en vez de desviar ésta, el establecimiento de una línea secundaria, que sirva para unir al aeropuerto de ruta, con la ciudad. En el caso de líneas de unión de ciudades, el emplazamiento del aeropuerto próximo a los centros de ella es, como veremos, esencial.

**Marcas.** — Uno de los sistemas de orientación de un piloto en vuelo es la utilización de las marcas de identificación del terreno; el aeropuerto debe identificarse fácilmente desde el aire; para ello, particularidades del emplazamiento son inapreciables: una torre, un montículo característico, un edificio, son utilísimos al piloto como orientación; debe cuidarse de que estas cuestiones, nimias al parecer, pero importantes en la práctica, se tengan, a ser posible, en cuenta al elegir el emplazamiento.

**Emplazamiento con relación a la ciudad.** — Tiene una importancia grande; primeramente debemos tener en cuenta su distancia al centro de la población; si la distancia del vuelo y el tiempo empleado, por tanto, es grande, la distancia a la parte central de la ciudad puede ser mayor; pero si el tiempo del vuelo es corto, el aeropuerto está muy distante del centro y los medios de comunicación no son muy buenos, puede darse el caso de que sea muy grande el tiempo del recorrido en tierra, con relación al empleado en el aire; corrientemente se admite debe emplazarse el

aeropuerto a distancia no mayor de 10 km. del centro. La distancia en kilómetros al centro de la ciudad de los principales aeropuertos es la siguiente:

| CIUDAD                       | Distancia en Km. |
|------------------------------|------------------|
| Amsterdam . . . . .          | 9,00             |
| Berlín-Tempelhof . . . . .   | 3,50             |
| Budapest. . . . .            | 10,00            |
| Búfalo . . . . .             | 8,00             |
| Cleveland . . . . .          | 13,00            |
| Dresden-Heller. . . . .      | 4,00             |
| Frankfurt-Rebstock . . . . . | 3,50             |
| Hamburgo . . . . .           | 8,80             |
| Colonia . . . . .            | 6,00             |
| Halle-Leipzig . . . . .      | 14,20            |
| Londres-Croydon . . . . .    | 14,00            |
| Munich . . . . .             | 5,30             |
| París-Le Bourget . . . . .   | 12,00            |
| Filadelfia. . . . .          | 8,00             |
| Praga. . . . .               | 8,00             |
| Stuttgart. . . . .           | 16,00            |
| Viena. . . . .               | 10,00            |
| Madrid-Barajas . . . . .     | 15,00            |

La cifra absoluta de distancia no indica claramente la buena o mala posición del aeropuerto con relación a la ciudad; lo esencial es que desde el aeropuerto a la ciudad se invierta poco tiempo, utilizando medios corrientes de transporte; disponiendo el aeropuerto de medios rápidos de comunicación con el centro de la población, es posible que la cifra absoluta de distancia en kilómetros sea mayor; se considera que un aeropuerto está bien situado si el tiempo máximo que se invierte desde el aeropuerto al centro de la población no excede de quince minutos. Tempelhof, en Berlín, es un modelo de aeropuerto bien situado; su distancia al centro de Berlín, Unter der Linden, es de diez minutos; tiene un buen acceso para automóviles y además metropolitano y tranvía. El aeropuerto de Madrid-Barajas está situado a 15 kilómetros de la Puerta del Sol y además sus servicios de comunicaciones son malos; no tiene más acceso que la carretera, sin línea regular ni de autobuses; por otra parte su carretera, por ser general y pasar, a su entrada en Madrid, por la zona de las Ventas, es incapaz del tráfico intenso que debe soportar los días de las grandes aglomeraciones.

Que el aeropuerto disponga de un acceso adecuado, es fundamental; si el terreno elegido no lo tiene, habrá que proyectar, como gasto anejo al aeropuerto, la construcción de una vía de las características adecuadas, no sólo para el tráfico rápido diario, sino también con vistas a las grandes aglomeraciones de los días de fiestas aéreas; si la vía se construye especialmente para el servicio

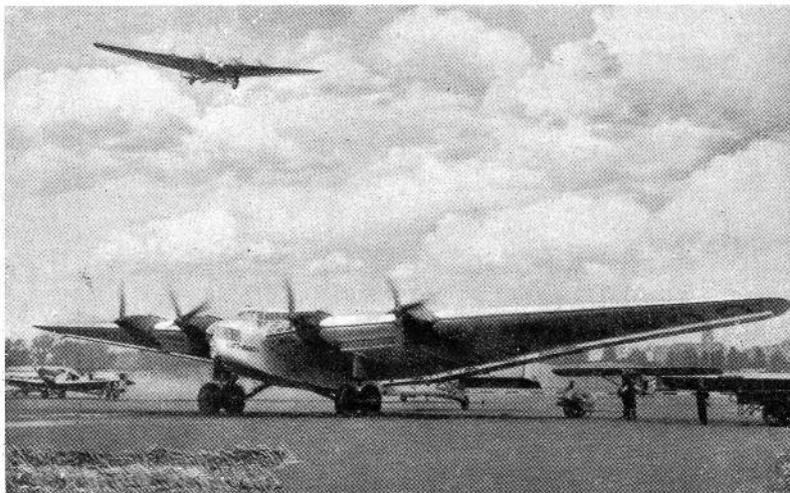
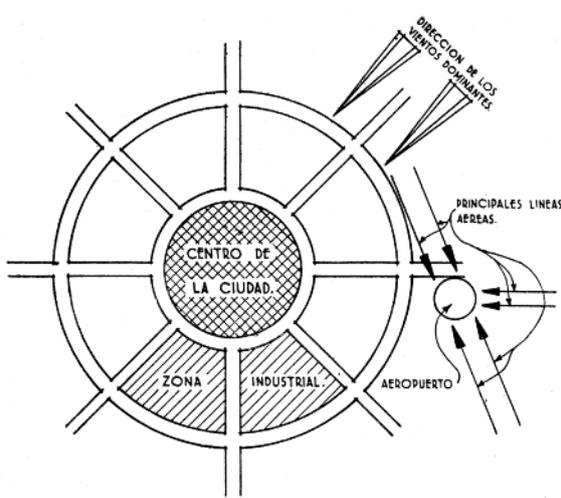


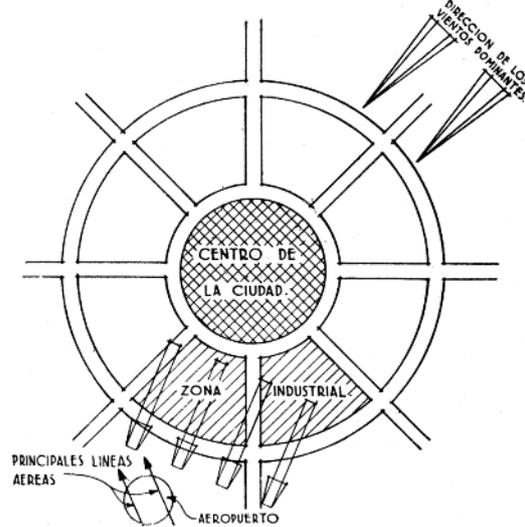
Fig. 5.<sup>a</sup> — Un avión de línea regular alemana para grandes recorridos con servicio de restaurante.

del aeropuerto, será conveniente reúna las características de vía parque, con supresión de cruces frecuentes a nivel con otras calles y con una ordenanza de edificación para sus zonas laterales, que evite obstáculos a la circulación y dé a la vía un carácter atractivo.

¿Debe situarse el aeropuerto en la proximidad de una estación de ferrocarril?; tiene, el que lo esté, las ventajas de la facilidad de transbordo y aprovisionamiento; tiene el inconveniente de que el humo que en las proximidades de la estación se produce, pueda res-



1- AEROPUERTO BIEN SITUADO - LAS PRINCIPALES LINEAS DE TRAFICO NO CRUZAN EL CENTRO DE LA POBLACION - LOS VIENTOS DOMINANTES ARRASTRAN LEJOS DEL AEROPUERTO LOS HUMOS DE LA ZONA INDUSTRIAL



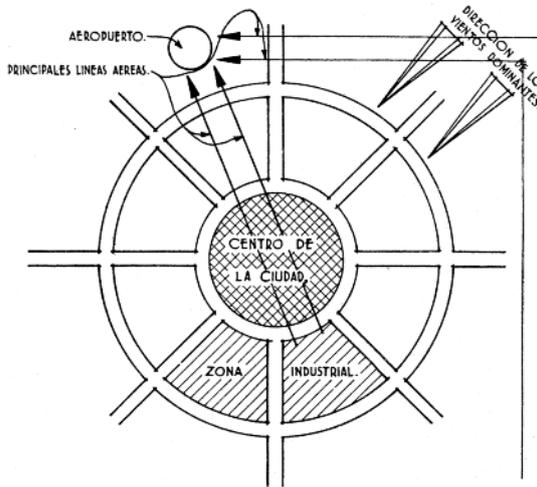
2- MALA POSICION DEL AEROPUERTO.- LOS VIENTOS DOMINANTES ARRASTRAN SOBRE EL AEROPUERTO LOS HUMOS DE LA ZONA INDUSTRIAL

Fig. 6.<sup>a</sup> — Posición relativa del aeropuerto y la ciudad.

Es fundamental que el emplazamiento elegido tenga un buen abastecimiento de aguas; el agua es precisa para los servicios propios del aeropuerto, hotel, etcétera...; el problema de las aguas residuarias no tiene importancia; las que en el aeropuerto se producen, no son muy concentradas y se puede, por muy poco dinero, construir una red propia e incluso una pequeña estación depuradora.

**Posición del aeropuerto con relación a la ciudad.**— Tiene importancia la posición relativa del aeropuerto y la ciudad; en primer lugar las líneas aéreas principales debe evitarse tengan que cruzar la ciudad, para llegar al aeropuerto; las ordenanzas de altura de vuelo sobre las ciudades obligan a un mínimo por encima de zonas edificadas; por ejemplo, los ingleses tienen un mínimo de 3.000 pies (900 m.); si se pasa a una altura superior al mínimo por encima de la ciudad el descender con un ángulo aceptable a un aeropuerto situado inmediatamente al lado de las últimas edificaciones, obligará al aparato a un recorrido suplementario.

Las ciudades producen humos, que arrastrados por el viento, pueden disminuir la visibilidad de los terrenos, de las afueras, especialmente en ciertas épocas; el aeropuerto debe colocarse en posición tal, que esto no suceda y que los vientos dominantes no puedan arrastrar los humos de la ciudad, sobre el aeropuerto; las figuras dan clara idea de cuál debe ser la posición del campo de aterrizaje, teniendo en cuenta las condiciones indicadas.



3- POSICION DEFICIENTE.- AEROPUERTO BIEN SITUADO CON RELACION A LA ZONA INDUSTRIAL PERO MAL EMPLAZADO CON RELACION A LA LINEA PRINCIPAL QUE TIENE QUE ATRAVESAR EL CENTRO DE LA CIUDAD O RODEARLO

tar visibilidad al campo; la proximidad a la estación no es por otra parte una ventaja importante desde el punto de vista del transporte a la población, pues excepto los días de fiestas de aviación, el servicio de trenes no suele ser lo suficientemente continuo para que sea útil. En cambio es de indudable utilidad la existencia, como en Berlín, de un ferrocarril metropolitano hasta el mismo aeropuerto, por la rapidez y capacidad de este medio de transporte, que constituye una magnífica unión del aeropuerto y los diferentes puntos de la ciudad.

Con relación a la posición del aeropuerto y las dis-

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

tintas zonas de la ciudad, debe huirse especialmente de colocarlo en la proximidad de zonas industriales, que tienen en primer lugar el gran inconveniente de los humos y además no reúnen condiciones estéticas deseables, ni para los alrededores del aeropuerto, ni para los accesos de éste a la ciudad; en general debe buscarse la proximidad de zonas residenciales que, por cuanto al aeropuerto se refiere, son las más convenientes; hay únicamente que tener en cuenta, con relación al efecto del aeropuerto sobre la zona residencial, que los ruidos de los motores son molestos en una distancia de unos 700 metros del campo. Como el valor de los terrenos de las zonas residenciales, en la periferia

de las ciudades, generalmente no es grande, una solución acertada es adquirir una zona de terreno alrededor del campo propiamente dicho, que puede dedicarse a edificaciones no residenciales, convenientes al aeropuerto como almacenes, talleres, etc., dejando una parte importante, inmediatamente aneja al campo mismo, como jardines o espacios libres de juego, etcétera. . . que puedan permitir, sin gasto importante una ampliación futura del aeropuerto. En este aspecto, como en otros muchos, son excelentes los aeropuertos de Berlín y Hamburgo.

**José Luis ESCARIO**  
**Ingeniero de Caminos.**

# Aeropuertos<sup>1</sup>

## Tamaño y forma de los aeropuertos.

El tamaño mínimo de un aeropuerto depende del uso a que se destine, pues claro está no precisa las mismas dimensiones un aeropuerto internacional para el servicio de grandes líneas de pasajeros, que un aeropuerto de socorro o destinado simplemente al deporte; en todos los países, y por convenios internacionales, se fijan las dimensiones mínimas para los diferentes usos; hay que tener en cuenta que más importante que las dimensiones es el acondicionamiento general del aeropuerto para las operaciones que en él han de realizarse; simplemente el tamaño no es todo; un aeropuerto de gran tamaño que tenga sobradamente las dimensiones mínimas, puede ser peor que un aeropuerto menor y bien dispuesto.

Las operaciones que los aeroplanos han de realizar en el aeropuerto son las de despegue y aterrizaje, y como complementarias el traslado del aparato rodando por el campo hasta los hangares, talleres o punto de carga y descarga.

Estas operaciones comprenden:

### Despegue.

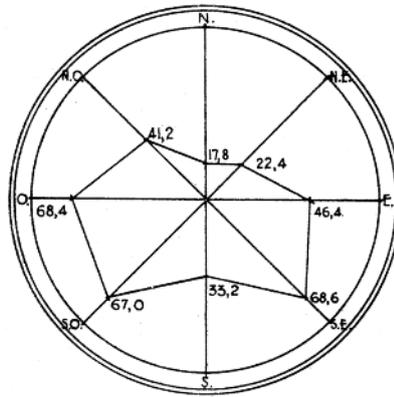
- 1.º El aeroplano rueda desde el punto de carga hasta el punto de partida.
- 2.º Partida del aeroplano rodando en tierra hasta alcanzar la velocidad de vuelo y lograr el despegue.
- 3.º Toma de altura del aparato, desde el momento de despegue hasta alcanzar la normal de vuelo.

### Aterrizaje.

- 4.º Planeo del aparato sobre el campo de aterrizaje hasta el momento de la toma de tierra.
- 5.º El aparato rueda en el campo hasta perder la velocidad de descenso.
- 6.º Conducción del aparato hasta su punto de descarga.
- 7.º Conducción del aparato hasta el hangar o sitio de estacionamiento.

Todas las operaciones indicadas se efectúan o bien sobre el aeropuerto (números 3 y 4), o bien en el campo mismo; las primeras necesitan unas ciertas condiciones de los accesos al campo para que estén libres de obstáculos los ángulos de despegue y aterrizaje.

Las operaciones 2 y 5 precisan unas dimensiones mínimas del campo para que, en direcciones determinadas, en el despegue y aterrizaje, puedan los aparatos rodar las longitudes necesarias, en condiciones de seguridad y confort; hay que tener en cuenta, aunque luego volvamos a insistir sobre este punto, que la



ESTRELLA DE LOS VIENTOS BASADA EN LA ESTADÍSTICA DE 5 AÑOS DE UNA CIUDAD DEL N.-O. DE INGLATERRA.

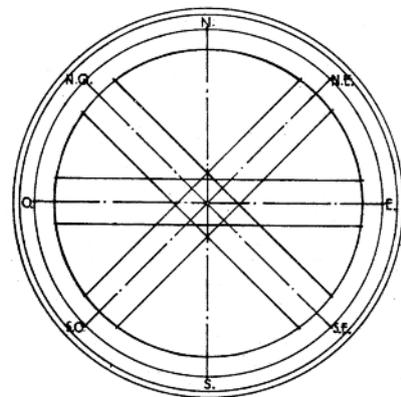
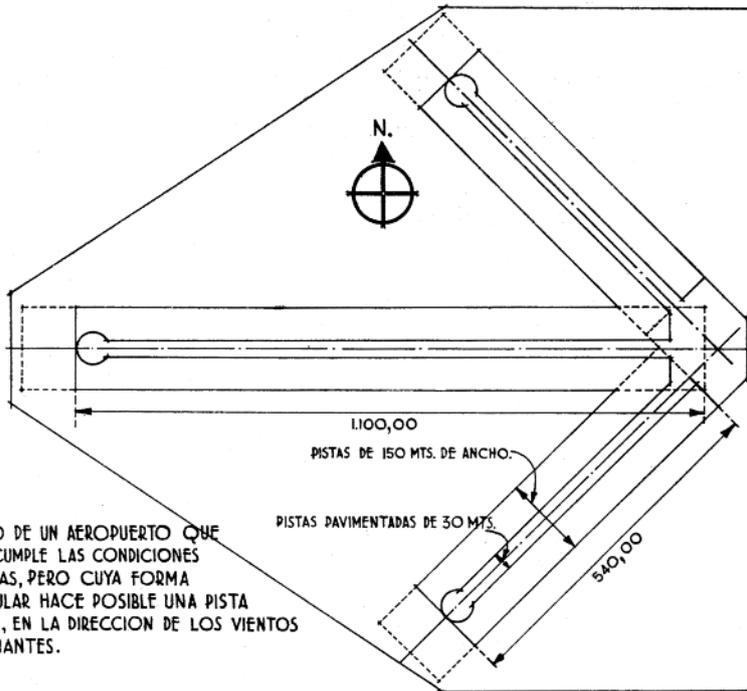


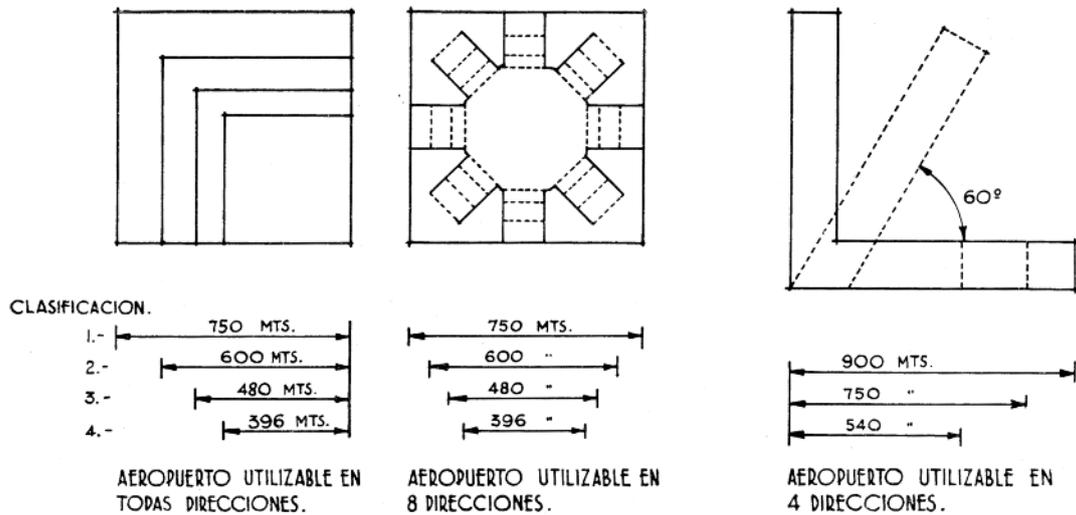
DIAGRAMA DE LAS PISTAS A CONSTRUIR PARA EL DIAGRAMA ANTERIOR.



PLANO DE UN AEROPUERTO QUE NO CUMPLE LAS CONDICIONES MÍNIMAS, PERO CUYA FORMA IRREGULAR HACE POSIBLE UNA PISTA LARGA, EN LA DIRECCION DE LOS VIENTOS DOMINANTES.

Figura 7.<sup>a</sup>

<sup>1</sup> Véase el número anterior, página 127.



DEPARTAMENTO DE COMERCIO DE LOS ESTADOS UNIDOS.  
 CLASIFICACION DE AEROPUERTOS POR SU TAMAÑO.

Figura 8.<sup>a</sup>

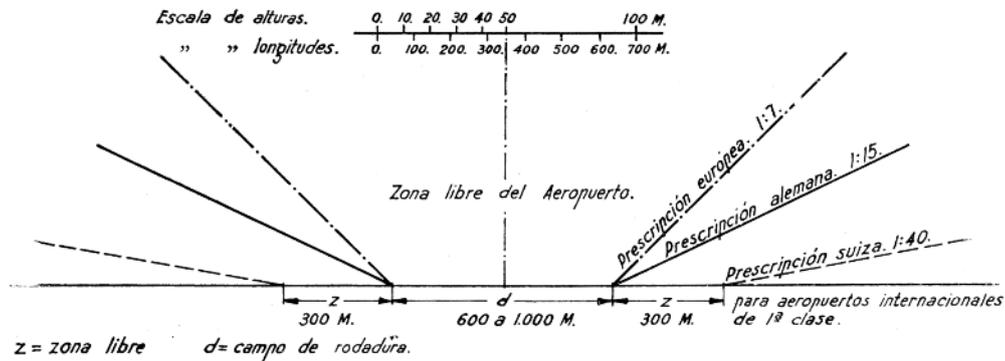
longitud necesaria para alcanzar la velocidad de vuelo (operación 2) depende en gran parte de la naturaleza del terreno; las direcciones en las cuales se verifican las operaciones 2 y 5 coinciden, en sentido contrario, con las del viento; el ideal es, sin duda, un aeropuerto utilizable en todas direcciones, es decir, que exactamente se pueda despegar y aterrizar en contra del viento, cualquiera que sea la dirección de éste, pero si esto no se puede lograr, es evidente debe buscarse el máximo desarrollo del campo, coincidente con la dirección de los vientos dominantes en la localidad; para estudiar en cada caso particular la forma conveniente, debemos, por tanto, empezar por disponer de la estadística de los vientos dominantes en la localidad, formando con ella un gráfico como se indica en la figura 7.<sup>a</sup>, que nos dará la forma racional para el aeropuerto, en el caso de que no podamos disponer

de un terreno circular, de las dimensiones mínimas precisas.

Los convenios internacionales señalan, como dimensión mínima, 600 metros en todas direcciones y una zona suplementaria de 100 metros, concéntrica con la anterior, para prever cualquier maniobra falsa, dentro de lo que llamaremos, zona de aterrizaje; la zona suplementaria deberá estar libre de toda obstrucción mayor de 0,90 metros, altura corriente de una cerca de cierre.

Los americanos clasifican los aeropuertos en categorías, de acuerdo con las siguientes dimensiones (figura 8.<sup>a</sup>):

- 1.<sup>a</sup> categoría, 2.500 pies (750 metros) en todas direcciones.
- 2.<sup>a</sup> categoría, 2.000 pies (600 metros) en todas direcciones.



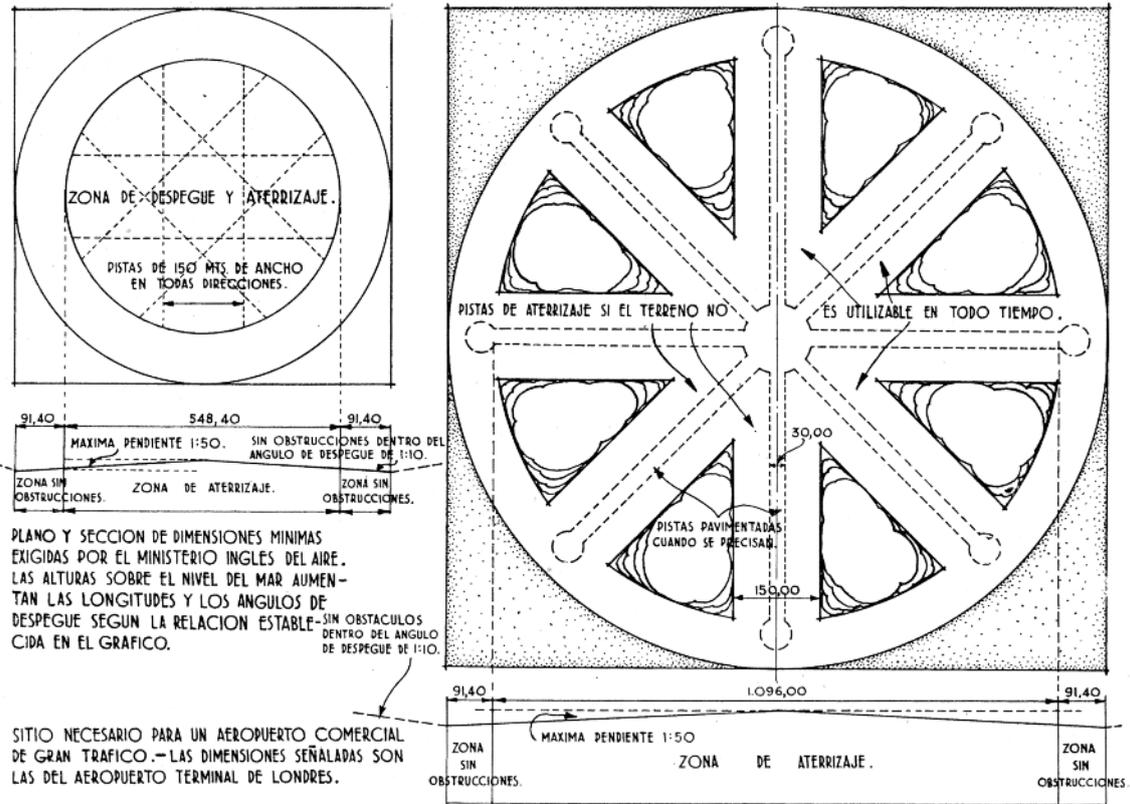
Esquema de la sección transversal de un aeropuerto tipo.

Figura 9.<sup>a</sup>

- 3.<sup>a</sup> categoría, 1.600 pies (480 metros) en todas direcciones.
- 4.<sup>a</sup> categoría, 1.320 pies (396 metros), en todas direcciones.
- 5.<sup>a</sup> categoría, aeropuertos que no cumplen las mínimas de la 4.<sup>a</sup> categoría, pero que se consideran aceptables para el uso a que se destinan.
- 6.<sup>a</sup> categoría, aeropuertos que cumplen los mínimos de alguna de las categorías anteriores, pero que por otras causas no se consideran seguros.

*Aeropuertos internacionales y generales de líneas interiores.—2.<sup>a</sup> clase.*

- a) Despegue. — Zona de despegue, 450 metros en todas direcciones.  
Zona suplementaria libre de obstáculos, 300 metros en todas direcciones.  
Pendiente del terreno, 1 : 40.
- b) Aterrizaje. — Zona de aterrizaje, 300 metros en todas direcciones.



NECESIDADES FUNDAMENTALES.—TAMAÑO.—PLANOS COMPARATIVOS EN DOS ESCALAS.

Figura 10.

Cuando los aeropuertos no son utilizables en todas direcciones, la clasificación es la señalada en la figura 8.<sup>a</sup>

Los suizos, según prescripción de 24 de abril de 1928, establecen la siguiente clasificación:

*Aeropuertos internacionales.—1.<sup>a</sup> clase.*

- a) Despegue. — Zona de despegue, 600 metros en todas direcciones.  
Zona suplementaria libre de obstáculos, 300 metros en todas direcciones.  
Pendiente del terreno, 1 : 40.
  - b) Aterrizaje. — Zona de aterrizaje, 40 metros en todas direcciones.  
Zona suplementaria libre de obstáculos, 300 metros en todas direcciones.
- El ancho libre, normalmente a la dirección de los vientos dominantes, debe ser 400 metros.

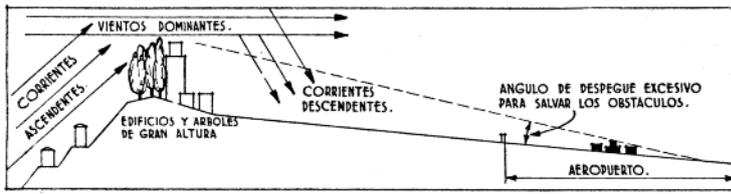
Zona suplementaria libre de obstáculos, 300 metros en todas direcciones.  
Ancho libre normalmente a la dirección de los vientos dominantes, 200 metros.

*Escuelas de aviación y campos de deporte.*

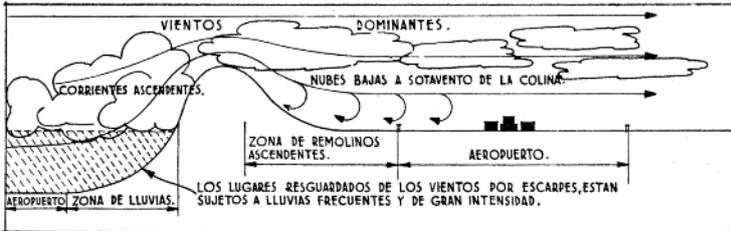
- a) Despegue. — Zona de despegue, 300 metros.  
Zona suplementaria libre de obstáculos, 300 metros.
  - b) Aterrizaje. — Zona de aterrizaje, 200 metros.  
Zona suplementaria libre de obstáculos, 300 metros.
- El Ministerio inglés del Aire fija las dimensiones mínimas que se señalan en la figura 10.

**Condiciones climatológicas. Alrededores.**

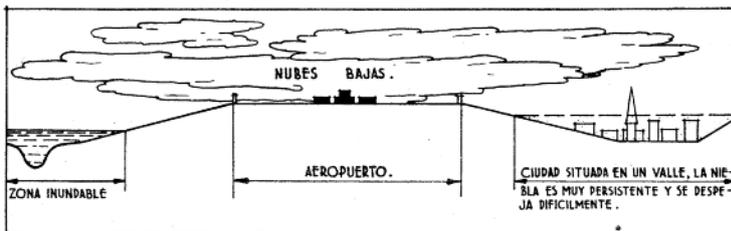
Tienen una gran importancia para la seguridad del aeropuerto; en primer lugar, es necesario estu-



1.- EMPLAZAMIENTO EN RAMPA Y CON OBSTACULOS IMPORTANTES EN LA DIRECCION DE LOS VIENTOS DOMINANTES.



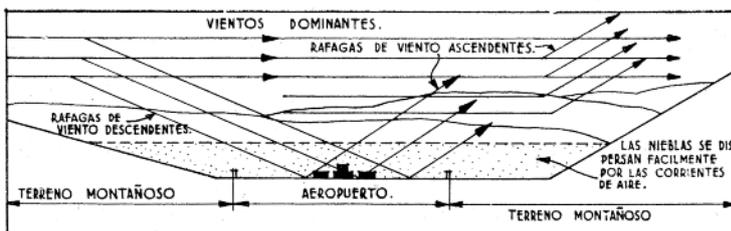
2.-EMPLAZAMIENTO A SOTAVENTO DE UNA COLINA.- UNO DE LOS PEORES POR LAS CORRIENTES A QUE ESTAN SOMETIDOS ESPECIALMENTE PARA EL DESPEGUE.



3.- EMPLAZAMIENTO EN UNA MESETA.- BUENO SI NO ES MUY ELEVADA Y CORRE EL PELIGRO DE QUEDAR OCULTO POR LAS NUBES BAJAS.



4.-EMPLAZAMIENTO EN LLANURAS.- EDIFICIOS BAJOS OBSTRUYEN LOS ACCESOS.- PELIGRO DE INUNDACIONES Y NIEBLAS.



5.-EMPLAZAMIENTO EN VALLES ESTRECHOS; SUJETOS A PERTURBACIONES POR LAS CORRIENTES DE AIRE LOS DIAS DE VIENTO; NIEBLAS FRECUENTES POR LA MAÑANA.

Figura 11.

diar muy cuidadosamente las perturbaciones que puedan originarse en las corrientes de aire; cualquier alteración en el régimen de sustentación del aeroplano puede ser muy peligrosa cuando el aparato está sobre el aeropuerto, pues hay que tener en cuenta que en el vuelo el peligro es mucho mayor a poca altura, como forzosamente sucede en nuestro caso; lo que los aviadores llaman "baches", diferencias de densidad, o alteración brusca del régimen de corrientes que hacen cambiar de un modo instantáneo las condiciones de sustentación de un aparato, originando un rápido descenso, no tienen importancia en el vuelo de altura, pero a poca distancia del suelo, en un aterrizaje, pueden ser fatales; la figura 11 claramente da idea de emplazamientos de los cuales debe huirse por estas causas.

Otro factor, de importancia transcendental en la elección del emplazamiento, son las nieblas: la falta de visualidad es uno de los peligros más graves que puede correr un piloto; no son convenientes por esta causa los emplazamientos junto a ríos, en valles que fácilmente pueden verse invadidos por las nieblas, especialmente por la mañana y la noche; este mismo inconveniente lo encontramos en emplazamientos altos, que pueden ser invadidos por nubes bajas.

Los alrededores del aeropuerto deben tenerse cuidadosamente en cuenta; no sólo es necesario exista la zona libre que hemos indicado al hablar de las dimensiones, sino que es preciso también que en los alrededores del aeropuerto no haya obstáculos naturales o artificiales, que puedan caer dentro del ángulo de despegue; las figuras evitan toda explicación sobre este extremo, poniendo de manifiesto la pérdida de capacidad efectiva del campo de rodadura que producen obstáculos colocados fuera de él (figura 12).

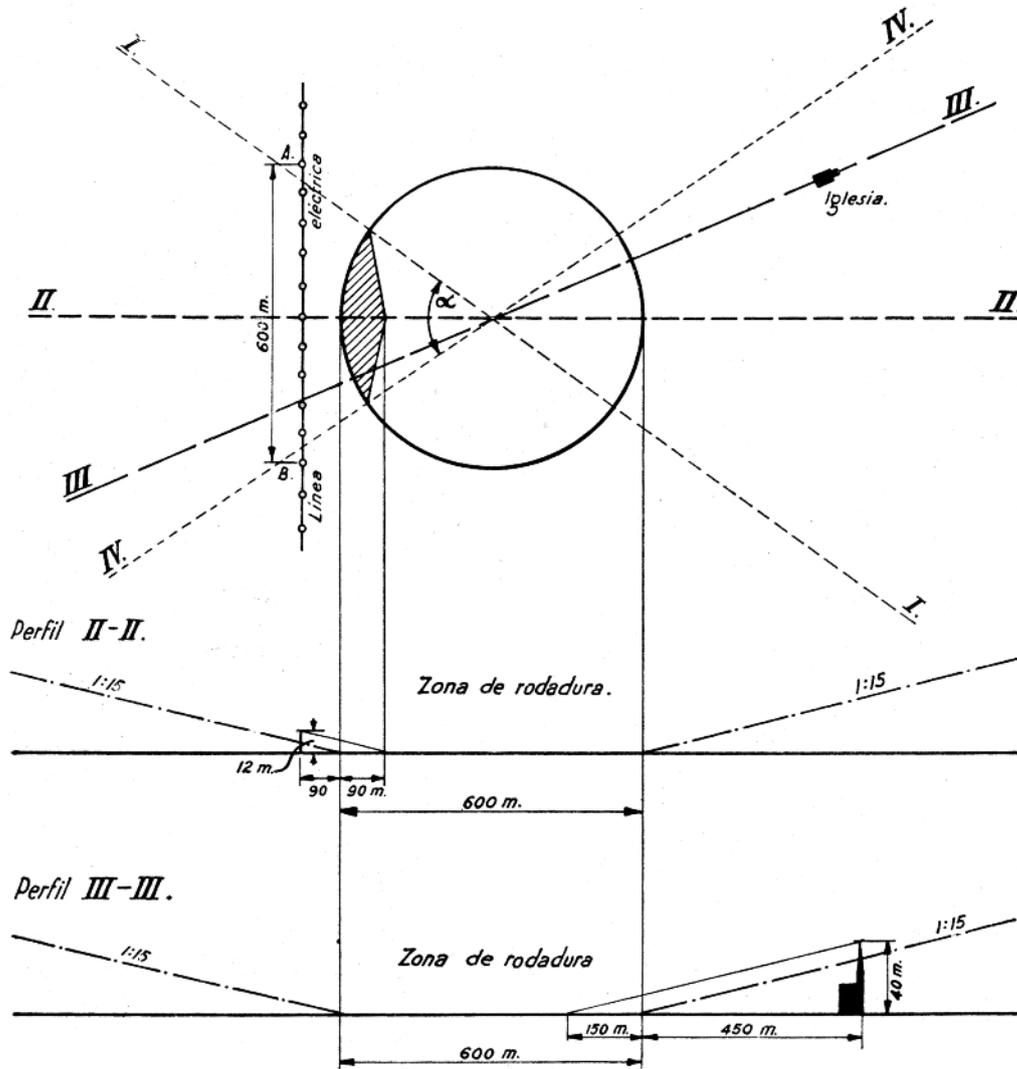
La intensidad de los vientos reinantes en el emplazamiento elegido es importante: deben evitarse sitios de gran calma, e igualmente aquellos que estén expuestos a vientos de gran intensidad; hay que tener en cuenta que los vientos fuertes no son peligrosos para los aparatos en vuelo, pero sí lo son, en cambio, para los aparatos en tierra; un viento fuerte puede llegar a volcarlos, y desde luego hace difícil y peligroso el manejo de los grandes aparatos; cuando en el emplazamiento elegido existe el peligro de vientos muy fuertes — en Croydon (Londres) se han llegado a registrar velocidades de más de 90 km. por hora —, hay que pensar en disponer las pistas de estacionamiento a cubierto de ellos, utilizando los espacios

resultantes a sotavento de los hangares. Las lluvias, en sí, no tienen importancia; pero el suelo puede resultar inutilizable al encharcarse y reblandecerse si no se dispone un drenaje adecuado; volveremos después a insistir sobre este punto, al tratar de la naturaleza del suelo. Por esta misma razón hay que procurar elegir el emplazamiento en sitio que no esté expuesto a inundaciones, no solamente por la acción mecánica, digámoslo así, del agua, sino también por el peligro de que el terreno se convierta en pantanoso y pierda las condiciones precisas, en ciertas épocas, para las operaciones de despegue y aterrizaje.

**Naturaleza del suelo.**

Hay que tener siempre presente que el aeropuerto tiene que ser utilizable *en todo tiempo*; el suelo

debe reunir las condiciones precisas de resistencia y uniformidad para permitir que, las operaciones que en él se han de realizar, se verifiquen con las debidas garantías de seguridad y comodidad. Un suelo blando y desigual hace más largo y molesto el despegue, según ya hemos visto; por otra parte, el aterrizaje en un campo blando y encharcado es expuesto al capotaje, pues las ruedas del tren de aterrizaje se encuentran frenadas violentamente al tocar el suelo, y es muy fácil que el aparato capote, o sea dé la vuelta de campana; el terreno debe tener la debida consistencia y evacuar fácilmente, y de un modo eficaz, el agua que a él llegue, por medio de un sistema convenientemente estudiado de drenaje superficial o profundo, como luego veremos. El aeropuerto de Madrid-Barajas, por ejemplo, no cumple estos requisitos, y en épocas de lluvias importantes



*Influencia de los obstáculos situados fuera del aeropuerto, en la zona interior utilizable. - La línea eléctrica en el perfil II y la iglesia en el III, hacen perder 90 y 150 mts. respectivamente, de superficie de rodadura.*

Figura 12.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

no es adecuado para el aterrizaje de aparatos grandes, grave inconveniente que, mientras no se haga desaparecer, lo hace inapropiado para un tráfico regular importante. Los suelos más recomendables son los de arena y grava; las margas, con un drenaje bien dispuesto, son aceptables; deben evitarse los suelos de arcilla de difícil drenaje. La superficie debe ser lisa; para recubrimiento superficial es muy recomendable el césped en aquellos lugares donde el clima no lo haga excesivamente costoso de conservación; las condiciones del suelo, cuando no existen naturalmente, es preciso lograrlas por medio de obras de drenaje y pavimentación, pero como unas u otras resultan de costo elevado, es preciso agotar las posibilidades de encontrarlas, por lo menos en su mayor parte, de un modo natural.

---

**Condiciones económicas.**

La adquisición de terrenos para aeropuertos públicos puede hacerse considerándolos incluidos dentro del plan regional o de urbanización, como se hace con otros espacios libres. Incluidos dentro del plan de urbanización, es posible disponer de una ordenanza de zonas que evite en sus alrededores una edificación que pueda ser perjudicial para los usos del aeropuerto; esto es fundamental, porque nada conseguiríamos con el cumplimiento de todos los requisitos de emplazamiento en relación a la ciudad, si las condiciones pudieran alterarse por una edificación posterior.

**José Luis ESCARTO**  
**Ingeniero de Caminos.**

# Aeropuertos<sup>1</sup>

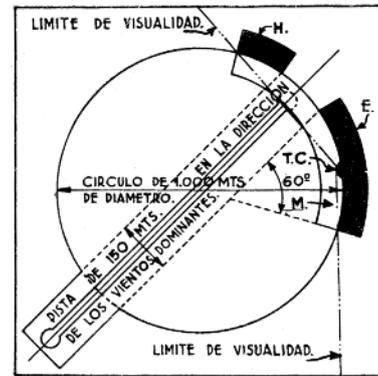
## Proyecto de un aeropuerto.

Hemos visto las condiciones generales que debe cumplir un aeropuerto; es raro encontrar uno que las reúna todas y que sólo necesite colocar los edificios en el sitio más conveniente; de las condiciones que hemos visto eran precisas, las hay: a) no modificables artificialmente para un emplazamiento determinado, como son las climatológicas e influencia de la ciudad, y b) modificables por obras, como son la naturaleza del terreno, nivelación, ausencia de obstáculos, etc. Las primeras nos llevarán a establecer el aeropuerto en un terreno prácticamente fijo, el cual será muy difícil reúna las condiciones b) de naturaleza y calidad del terreno, nivelación y ausencia de obstáculos; la naturaleza del suelo la cambiaremos, si es preciso, por medio de un buen sistema de drenaje, se harán desaparecer los obstáculos y se construirán pistas artificiales, o bien un firme general de rodadura, para lograr la consistencia precisa. Tendremos, además, que dotar al aeropuerto de edificios para viajeros y mercancías, iluminación, señales, hangares, talleres y almacenes, de todos los servicios, en fin, que precisa un tráfico de la intensidad del que soportan los grandes aeropuertos, como Hamburgo, Berlín o Londres. Claro que el problema no es el mismo para un aeropuerto terminal del tipo de los que hemos citado, que en el caso de que se trate de un aeropuerto de interés local o de uno auxiliar; tendremos, por tanto, que determinar primeramente cuál es el servicio que ha de desempeñar el aeropuerto; éstos, en general, pueden ser:

- 1.º Aeropuertos internacionales, de servicio regular de grandes líneas aéreas, en los cuales es necesario existan aduanas, hotel, oficinas de turismo, correspondencia con ferrocarriles, hangares y talleres de importancia suficiente para el número y el tamaño de los aparatos a servir.
- 2.º Aeropuertos municipales, como existen para el servicio de gran número de ciudades americanas y alemanas; el tráfico que deben soportar es local y mucho menos importante, y ello permite suprimir varios servicios, como el de aduanas, por ejemplo, y reducir el tamaño de los demás por la menor intensidad del tráfico.
- 3.º Aeropuertos de ruta o aeropuertos intermedios en grandes recorridos, dedicados especialmente a surtir de gasolina a los aviones, en los cuales se puede prescindir de la mayoría de los servicios anejos, reduciendo a un mínimo hangares y talleres.
- 4.º Aeropuertos de socorro, que deben tener únicamente iluminación nocturna, indicadores de vientos y teléfono, para avisar en caso de una avería, y
- 5.º Aeropuertos privados, para la enseñanza o deporte, servicio de casas constructoras, etc.

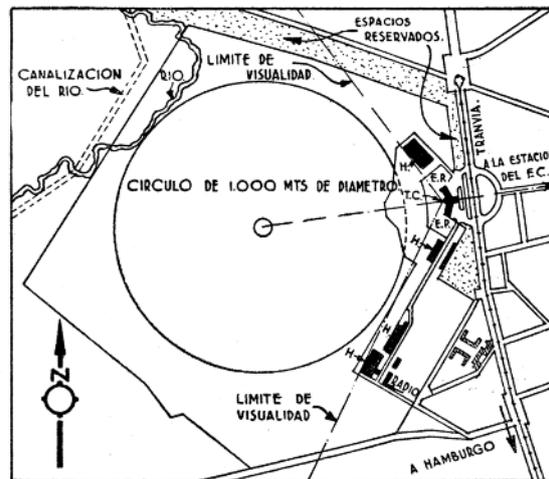
Para un tipo de aeropuerto es necesario fijar la densidad de tráfico, para el cual se han de proyectar, no sólo sus pistas, sino los servicios anejos de hangares, talleres, hotel, etc...; determinar la cifra del

tráfico probable es, en todo caso, muy difícil, máxime en nuestro país donde la aviación comercial puede decirse está en sus comienzos; no es conveniente quedarse cortos en las hipótesis y, al mismo tiempo, no es posible, económicamente, construir aeropuertos de capacidad muy superior a la que corresponde al tráfico del momento. La solución está en proyectar el



H. = HANGAR.  
M. = MUELLE.  
T.C. = TORRE DE CONTROL.  
E. = ESTACION.  
E.P. = ESPACIO RESERVADO AL PÚBLICO.

1.- PLANO TEORICO PARA UN AEROPUERTO UTILIZABLE EN TODAS DIRECCIONES.- LOS EDIFICIOS VAN SITUADOS ALREDEDOR DEL CIRCULO DE ATERRIZAJE.



APLICACION DE LA DISTRIBUCION Nº1 AL AEROPUERTO DE HAMBURGO.

<sup>1</sup> Véase el número anterior, pág. 145.

Figura 13.

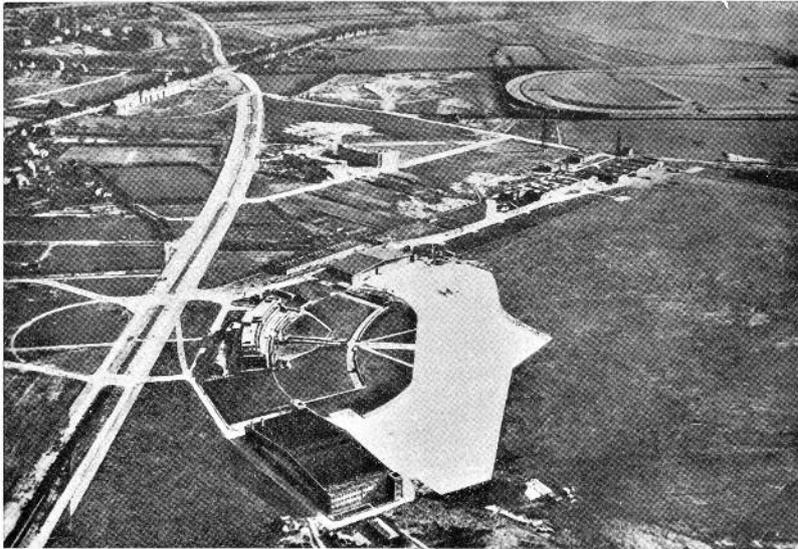


Fig. 14. — Aeropuerto de Hamburgo. Vista general.

aeropuerto con toda amplitud, con las hipótesis más ambiciosas y construir de momento sólo aquello que sea preciso, pero dejando todo dispuesto para que las ampliaciones se vayan haciendo sin trastorno, ni gasto suplementario; para esto es necesario, no sólo el plan de conjunto de los servicios, sino también disponer del terreno preciso para las sucesivas ampliaciones; esto puede lograrse haciendo la adquisición de la totalidad del terreno y arrendando lo que inmediatamente no se utilice, para usos que no resulte costoso desaparezcan en el momento en que sea preciso utilizarlo; también puede ser una solución la adquisición de opciones para el terreno que no se compre inmediatamente, en forma análoga a como

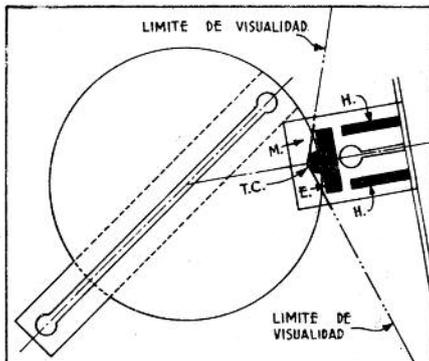
se desarrolla la política de adquisición de terrenos para parques, especialmente en los Estados Unidos e Inglaterra.

**Naturaleza y preparación del terreno.**

La naturaleza del terreno tiene importancia muy grande en las operaciones de despegue y aterrizaje; la disminución de velocidad que produce un terreno desigual y húmedo obliga a una mayor longitud de rodadura del aparato antes de alcanzar la velocidad necesaria para el despegue e incluso puede impedir que, so pena de forzar la potencia, llegue a alcanzarse; por otra parte, una superficie excesivamente lisa puede hacer, en tiempo húmedo, difícil el manejo del aparato.

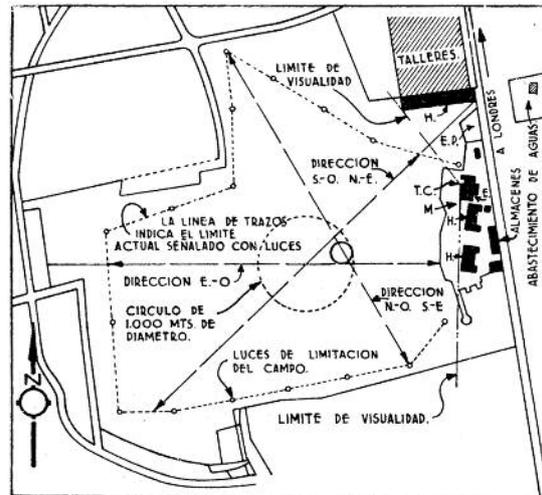
Si 100 es la eficacia de un tarmacadán, un firme de césped seco y con hierba bien cortada será 60 y la misma superficie mojada 40; estas cifras quieren decir que un aeroplano, en idénticas condiciones, necesitará longitudes de despegue inversamente proporcionales a ellas; las cifras anteriores demuestran de un modo experimental la influencia de la naturaleza del terreno en la superficie necesaria para el aeropuerto.

La desigualdad del terreno no solamente es causa de un aumento de resistencia, que se traduce en la necesidad de un mayor esfuerzo de tracción, según acabamos de ver, sino que, además, un terreno desigual es desagradable para los viajeros; hay que tener en



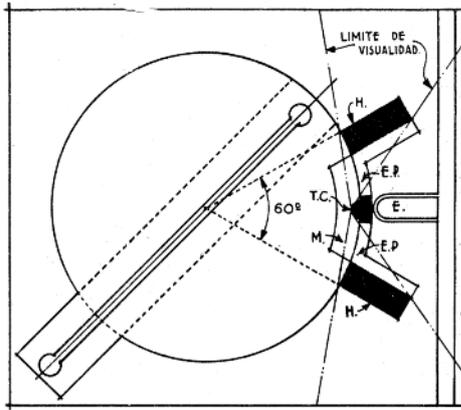
H. = HANGAR.  
M. = MUELLE.  
T.C. = TORRE DE CONTROL  
E. = ESTACION  
E.R. = ESPACIO RESERVADO AL PUBLICO

2-TIPO TEORICO DE AEROPUERTO UTILIZABLE EN TODAS DIRECCIONES.—LOS EDIFICIOS FORMAN UN BLOQUE CON PEQUEÑO FRENTE AL AREA DE ATERRIZAJE.



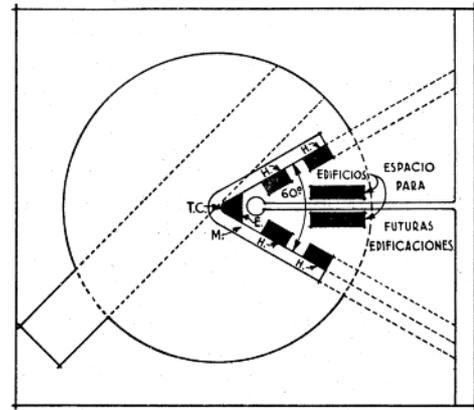
APLICACION DE LA DISTRIBUCION Nº2. AL AEROPUERTO DE CROYDON (LONDRES).—CONVIENE FIJARSE EN LA FORMA IRREGULAR.

Figura 15.



H = HANGAR  
M = MUELLE  
T.C. = TORRE DE CONTROL.  
E. = ESTACION.  
E.P. = ESPACIO RESERVADO AL PUBLICO

3.-DISPOSICION TEORICA DE AEROPUERTO UTILIZABLE EN TODAS DIRECCIONES.- LOS EDIFICIOS SE SITUAN EN FORMA ANGULAR FUERA DEL CAMPO DE ATERRIZAJE.



4.-EJEMPLO TEORICO DE LA DISPOSICION DUVAL. LOS EDIFICIOS SE DISPONEN DENTRO DE UN ANGULO DE 60° CON VERTICE EN EL CENTRO DEL CIRCULO DE ATERRIZAJE.- SU EMPLAZAMIENTO RESPETANDO LA DIRECCION DE LOS VIENTOS DOMINANTES.

Figura 16.

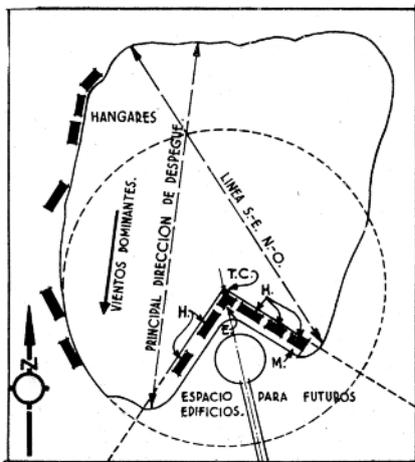
cuenta que los aeroplanos tienen que rodar a grandes velocidades, tanto en el despegue como en el aterrizaje y que las desigualdades del firme causan una vibración molesta del aparato; un ensayo experimental, de igualdad del terreno a utilizar, consiste en hacer rodar sobre él, un pequeño automóvil a una velocidad de unos 60 km. por hora; el terreno será aceptable, si esto puede hacerse sin molestia grande.

Otro factor importante con relación a la naturaleza del terreno es su resistencia; los grandes aparatos de viajeros llegan a pesar, cargados, hasta 15 toneladas, y este peso, transmitido prácticamente por las dos ruedas delanteras al terreno y teniendo en cuenta la acción del impacto, llega a originar cargas por centímetro cuadrado de 2 a 3 kg.; es necesario que el terreno soporte estas cargas, sin deformación apreciable y con un exceso de resistencia, que nos ponga a

cubierto de los aumentos que, en un porvenir próximo, tal vez puedan originarse por el incremento de peso de los aparatos. Los ingleses efectúan un ensayo experimental, consistente en hacer rodar lentamente por el terreno un camión cargado de 4 toneladas, que no debe tener tendencia a hundirse, si aquél es capaz de soportar, en condiciones de seguridad, las cargas de los grandes aparatos actuales.

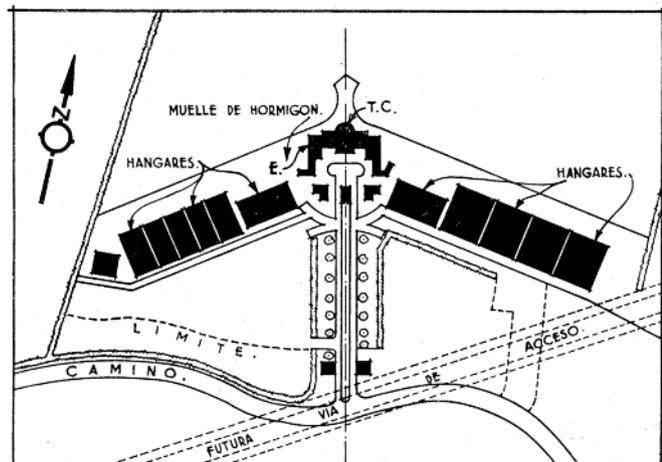
El terreno no debe estar formado por materiales sueltos, como arena, tierra suelta, etc., que puedan producir polvo, pues las hélices de los aparatos lo levantarán en gran cantidad, y esto es, no sólo una molestia para los viajeros, sino que puede llegar a ser un peligro para los motores, en los cuales puede introducirse, causando un desgaste excesivo en sus piezas móviles y cojinetes.

En este aspecto de la resistencia y condiciones del



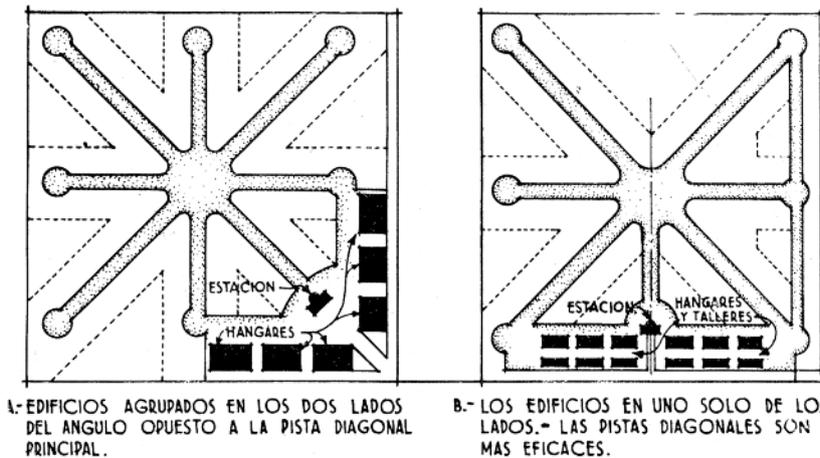
APLICACION DE LA DISPOSICION "DUVAL" AL AEROPUERTO DE LYON.

H = HANGAR.  
M = MUELLE.  
T.C. = TORRE DE CONTROL.  
E. = ESTACION.  
E.P. = ESPACIO RESERVADO AL PUBLICO.



DISPOSICION DE LOS EDIFICIOS DEL AEROPUERTO DE HESTON (LONDRES) CON ARREGLO AL PRINCIPIO "DUVAL".

Figura 17.



OCHO PISTAS DISPUESTAS EN "UNION JACK".

Figura 18.

terreno, hay que tener en cuenta el tamaño del aeropuerto y la intensidad del tráfico que ha de soportar; el terreno tendrá que ser más consistente según sea más intenso el tráfico, pues la intensidad influye de un modo decisivo en la elección del firme recomendable; cuando el tráfico no es muy intenso y el clima es adecuado, un firme de césped da excelente resultado, disponiendo el drenaje preciso para que un grado de humedad excesivo no pueda ser perjudicial para la resistencia; cuando ha de resistir un tráfico de gran intensidad, las pistas de muelle de llegada, estacionamiento de aparatos, despegue y aterrizaje en las direcciones principales, se construyen de firmes de mayor resistencia, tarmacadán, hormigón, etc...; se refuerza así, aquella zona que ha de tener una mayor intensidad de tráfico, ante la imposibilidad económica de construir un firme de alta resistencia para la totalidad del campo; estas pistas son del ancho suficiente para permitir la maniobra de uno a más aparatos en la dirección de los vientos dominantes; el trazado de estas pistas tiene una gran importancia técnica y económica.

Al principio, la consideración de los vientos dominantes servía de guía única para su trazado, que se desarrollaban en una forma irregular, con complicadas intersecciones en el centro. Posteriormente, un estudio más científico de la cuestión, especialmente en los Estados Unidos, ha llevado a soluciones más perfectas, desde el punto de vista práctico y económico. El problema que se plantea consiste en determinar qué superficie es preciso pavimentar para obtener la máxima eficacia, con el menor coste de establecimiento y conservación; la solución depende de las condiciones meteorológicas y topográficas que antes hemos estudiado. Evidentemente, la solución ideal sería un círculo de la mínima dimensión, con firme utilizable en todas direcciones y que tuviera, en la de los vientos dominantes, una pista debidamente acondicionada; un ejemplo de

esta disposición es la adoptada en el aeropuerto de Capetow (Australia).

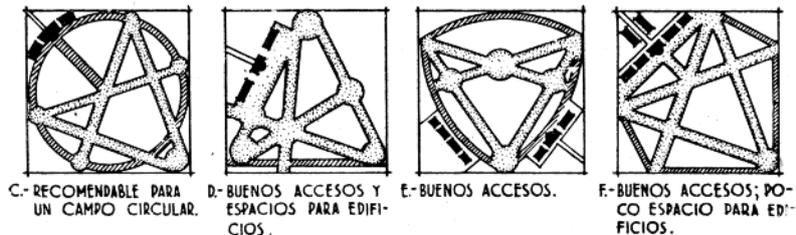
Disposición de los edificios propios del aeropuerto.

En la dirección de las pistas no deben existir obstáculos, puesto que lo son de máxima utilización. Hemos visto que, además de la zona utilizable por los aviones, es preciso, en una concéntrica con ella, tener una ordenanza de edificación, que evite se levanten edificaciones u otras estructuras que puedan ser un obstáculo para las operaciones de aterrizaje o despegue. Cuantos edificios se levanten dentro de estas zonas, deben ajustarse a las restricciones

de altura, que por su distancia a la zona de aterrizaje les corresponda, y su emplazamiento debe estar coordinado con el trazado que tengan las pistas.

La solución más corriente es colocar los edificios en la periferia de la zona de aterrizaje, ocupando un sector del círculo teórico, según puede verse en la figura 13; en esta disposición teórica se han colocado los edificios principales en un sector de 60° a uno de los lados de la pista, dispuesta en la dirección de los vientos dominantes, que tiene un ancho de 150 metros; al otro lado de la pista puede disponerse también algún edificio, siempre que quede libre entre ellos el ancho correspondiente, como se ha hecho en la figura 13; la obstrucción que los edificios representan, está colocada en un sector de mínima utilización; ejemplo de esta disposición es el aeropuerto de Hamburgo, cuyo plano puede verse en la figura 13 y una vista del mismo en la fotografía (fig. 14).

Otra disposición consiste en agrupar, concentrándolos, los edificios del aeropuerto en una zona exterior al círculo del mismo, en forma similar a la figura 15; tiene esta disposición la ventaja de que se obstruye una mínima longitud del segmento de círculo; tiene el inconveniente de que los aparatos deben necesariamente de rodar un trecho importante para ir a los hangares, y además, y este es el inconveniente más importante, la torre de mando está mal colocada,



CAMPOS DE 8 PISTAS CORRIENTEMENTE EMPLEADAS EN E.E.UU.- LAS PARTES PUNTEADAS CORRESPONDEN A LAS PISTAS DE AVIONES Y LAS RAYADAS A LOS CAMINOS PARA AUTOMOVILES.- EL COSTO DE AFIRMADO DE PISTAS SE REDUCE POR LAS PARTES COMUNES.

Figura 19.

pues si bien domina todo el campo, según puede verse en la figura 15, no ocurre lo mismo con los hangares, y el oficial encargado de la dirección del aeropuerto no puede inspeccionar debidamente el movimiento de los aparatos que salen de éstos y que pueden interferir, entrando inopinadamente al campo, alguna de las operaciones de vuelo.

Para evitar este inconveniente, se pueden llevar los hangares dentro de la línea de inspección de la torre, disponiéndolos según los radios del círculo de aterrizaje, dando lugar esta disposición a la figura 16.

Con esta disposición hay un sector de terreno desaprovechado para los efectos de vuelo que se trata de utilizar en la disposición "Duval", en la forma que en la figura se indica;

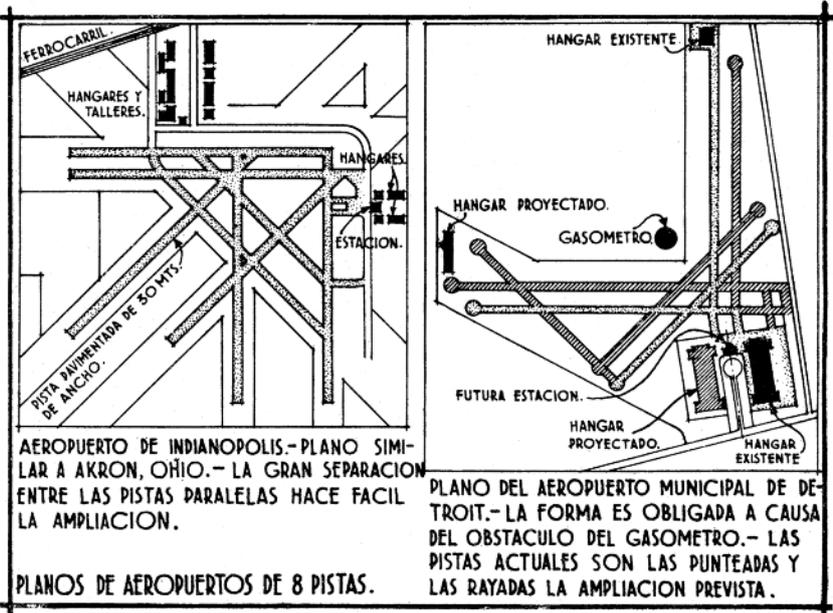


Figura 20.

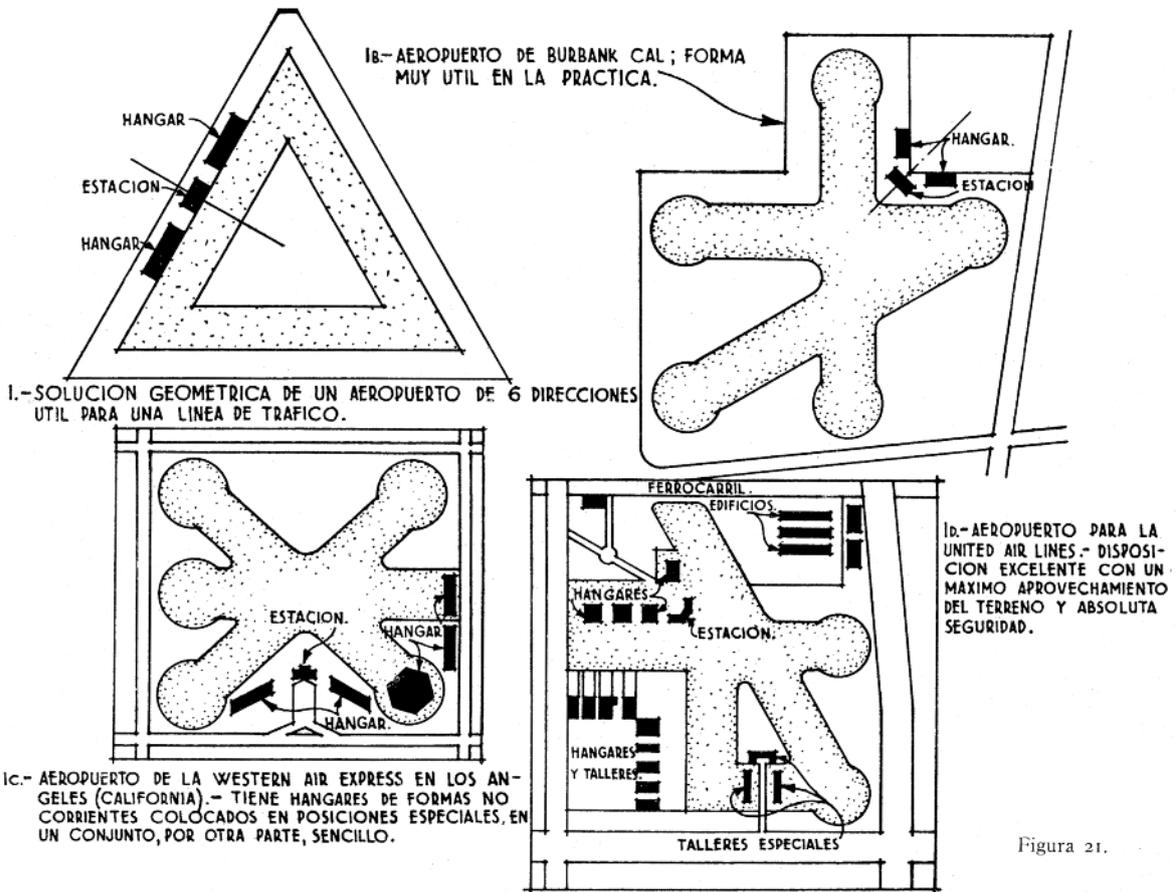
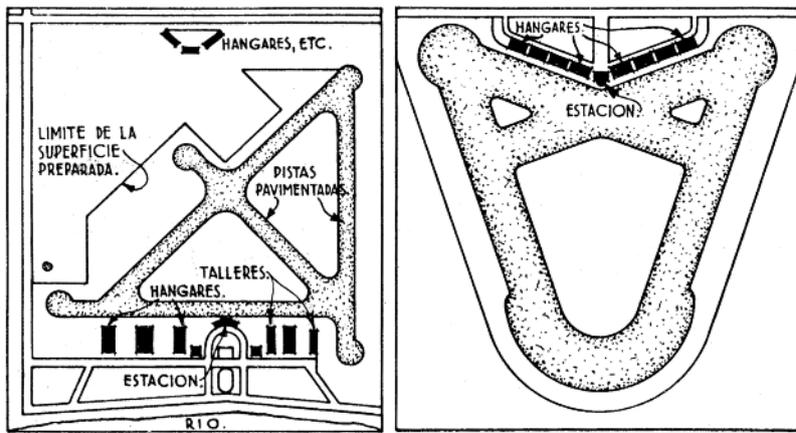


Figura 21.

TIPOS DE AEROPUERTOS AMERICANOS UTILIZABLES EN 6 DIRECCIONES.



ESQUEMA DEL AEROPUERTO DE NEBRASKAN.

ESQUEMA DEL AEROPUERTO DE NUEVA ORLEANS.

Figura 22.

ejemplo de estas disposiciones son los aeropuertos de Lyon-Bron y Londres-Heston (fig. 17).

En el caso de aeropuertos rectangulares, los edificios pueden disponerse en la forma que se indica en la figura 18, dejando libres las pistas correspondientes a las direcciones de los vientos dominantes.

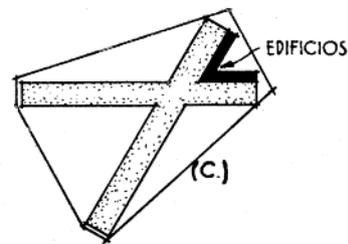
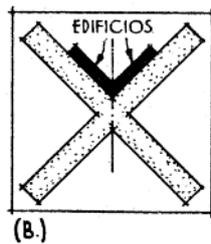
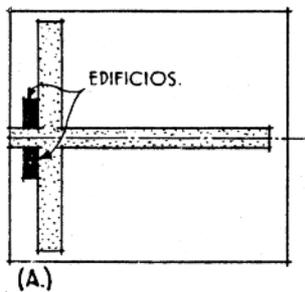
Como resumen de todo lo expuesto, se deduce que los edificios propios del aeropuerto deben disponerse en forma tal, que no obstruyan las direcciones de vientos dominantes. Una alineación continua de edificios constituye un obstáculo continuo al vuelo; cuando las condiciones locales nos obliguen a colocar los edificios en línea, debemos separarlos de trecho en trecho, dejando espacios libres en puntos convenientes, teniendo en cuenta la dirección de los vientos dominantes, espacios que los ingleses denominan *flight ways* o *flying gaps* de 200 a 300 m. de ancho, que permitan, en caso necesario, utilizar direcciones del campo que corten a la línea de edificación.

Es preciso, al proyectar la distribución de espacios de un aeropuerto, reservar una zona para el público, que suele acudir en gran número los días de fiestas aéreas; las zonas reservadas al público deben estar colocadas en forma tal, que tengan la mayor visualidad posible sobre el campo, procurando no

estén orientadas en la dirección de los vientos principales y que no sea preciso ver el vuelo de los aparatos contra el sol; en general, el lado Este del aeropuerto es uno de los más indicados, pues el público puede ver los aparatos de frente al sol de Poniente. En los grandes aeropuertos es preciso reservar zonas próximas para el establecimiento de industrias, teniendo en este caso cuidado de que, aunque colocadas fuera de la zona del campo, no puedan ser un obstáculo que caiga, según ya hemos dicho, dentro de los ángulos de despegue.

**Pistas.**

Si el firme del campo es capaz de soportar el tráfico al que ha de estar sometido, tendremos un aeropuerto utilizable en cualquier momento en todas direcciones, pero si esto no sucede y tenemos que construir un firme, no podremos, económicamente, establecerle en todo el campo, y habremos de construir las pistas artificiales solamente en aquellas direcciones de máxima utilización o si queremos que el aeropuerto sea utilizable en todas direcciones, buscando, para reducir el coste, el máximo ángulo posible entre las direcciones de los vientos dominantes y el despegue; este máximo ángulo es de  $22 \frac{1}{2}$  grados; si queremos construir un aeropuerto utilizable en todas direcciones, deberíamos construir las pistas formando ángulos de 45 grados, dando lugar a lo que se denomina "Unión Jack" (fig. 18); en los aeropuertos de este tipo, de planta cuadrada, con las pistas trazadas según las diagonales y medianas, los edificios tienen que disponerse en uno o dos de los lados del cuadrado, según puede verse en la figura 18 tienen el inconveniente de que los aparatos desde el extremo de una pista, que no termina en los edificios, deben hacer un excesivo recorrido para ir hasta los muelles de llegada; para evitar este inconveniente, se disponen las ocho pistas en formas distintas, como puede verse en las figuras 19 y 20, lográndose campos de condiciones



TIPOS DE AEROPUERTOS DE 4 DIRECCIONES.

(D) - ESTE TIPO SE USA CORRIENTEMENTE EN LOS ESTADOS UNIDOS PARA CAMPOS DE SOCORRO.

Figura 23.

más económicas que la "Unión Jack"; en muchas ocasiones, no es preciso disponer las pistas en ocho direcciones y se construyen aeropuertos de 2, 4 y 6 pistas, siendo corrientes en estos casos las disposiciones que se indican en las figuras 21, 22 y 23; el examen de éstas, más que nada, puede dar idea de sus ventajas e inconvenientes; el tanto por ciento de la frecuencia de los vientos en las direcciones dominantes y la naturaleza del terreno, determinarán la necesidad lógica del número de pistas, al considerar la posibilidad de utilizar en los días en que no reinen los vientos dominantes, el terreno natural del aeropuerto.

Aparte de las pistas de despegue y aterrizaje, es necesario proyectar las pistas de estacionamiento de aparatos y los muelles de viajeros y mercancías; unas y otros deben estar unidos con los hangares, las pistas de despegue y aterrizaje, puesto que el aparato debe ir del hangar a la pista de estacionamiento, de ésta al muelle de viajeros y de aquí a la pista de despegue; las dimensiones de estas pistas dependen

del número de aparatos que deban servir; las pistas y muelle de viajeros pueden estar unidas con los edificios destinados al servicio de éstos por pasos cubiertos, como sucede, por ejemplo, en el aeropuerto de Berlín (Tempelhoff).

**José LUIS ESCARIO,**  
Ingeniero de Caminos.

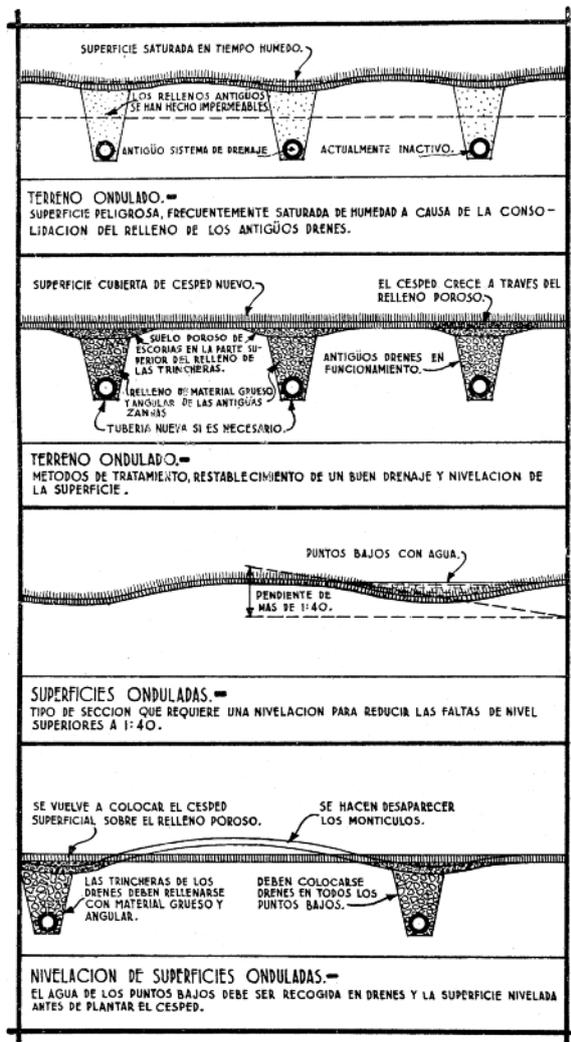


Fig. 24. — Aeropuerto de Hamburgo. Muelles de llegada.

# Aeropuertos<sup>1</sup>

**Preparación del suelo.**— Las operaciones que, para preparar el firme de un aeropuerto hay que verificar son de dos clases: *a)* Nivelación y drenaje, y *b)* construcción del firme. La nivelación y drenaje hay que realizarla en mayor o menor escala en todos los emplazamientos; la construcción de un firme especial, únicamente cuando el terreno natural sea incapaz de soportar el tráfico a que ha de estar sometido.

**Nivelación y drenaje.**— Comprende las siguientes operaciones: *a)* desmonte de obstáculos; *b)* nivelación; *c)* acondicionamiento del suelo, y *d)* drenaje.



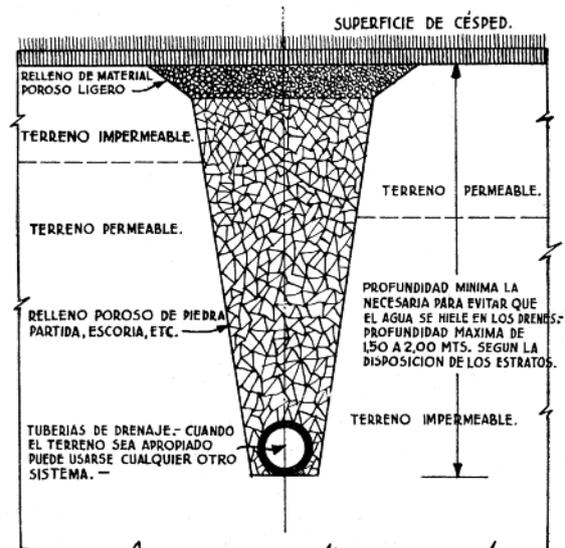
PREPARACION DEL TERRENO.

Figura 25.

<sup>1</sup> Véase el número anterior, página 145.

Todos los obstáculos existentes en el campo de aterrizaje deben hacerse desaparecer; los árboles, setos, vallas y edificaciones tienen que derribarse; los arroyos existentes en la superficie deben, si es posible, desviarse; si no lo fuera deben cubrirse; lo mismo debe hacerse con los pozos u hondonadas, pero teniendo en este caso cuidado de dar salida a las aguas que en ellos se recogían y que seguramente se seguirán acumulando, por filtraciones del terreno; si así no se hace, la zona del pozo u hondonada rellena, constituirá un punto débil en la superficie del aeropuerto; la mejor solución suele ser, establecer un drenaje en el fondo, que tenga desagüe a uno de los drenes generales del aeropuerto.

La nivelación es una operación que requiere un especial cuidado, no sólo porque de ella depende la comodidad de uso del aeropuerto, sino también porque la evacuación de las aguas por la superficie, cuando la naturaleza del terreno lo hace posible, es el método más económico de drenaje. La operación tiene dificultades en la práctica, por lo que al ajuste de rasantes se refiere, por la gran extensión superficial a nivelar; la materialidad de la operación de nivelado puede hacerse por cualquiera de los sistemas corrientes, siendo recomendable el empleo de niveladoras mecánicas para terminarla; en los terraplenes es preciso tener cuidado especial, para evitar asentamientos posteriores, pues dadas las pequeñas pendientes que ha de tener la superficie definitiva, cualquier asiento se convertirá en un punto bajo donde se acumularán las



1.- TERRENO SUPERIOR IMPERMEABLE.- SUBSUELO PERMEABLE.- EN ESTE CASO UNA ABSOLUTA PERMEABILIDAD DE LA PARTE SUPERIOR DEL RELLENO DE LA ZANJA DE DRENAJE ES ESENCIAL.

2.- TERRENO SUPERIOR PERMEABLE Y SUBSUELO IMPERMEABLE.- LOS DRENES DEBEN RECOGER EL AGUA DEL TERRENO SUPERIOR PARA EVITAR QUE SE DETENGA EN LOS ESTRATOS INFERIORES.

TIPO DE DRENAJE RECOMENDABLE.—

Figura 26.

aguas: precauciones para evitarlo, las corrientes, cumplidas tal vez con más esmero; material para el relleno granular y poroso; extensión en tongadas de pequeño espesor, ayudando, si es posible, con agua a una rápida consolidación; si la extensión es pequeña y la altura a rellenar de relativa consideración, es recomendable la formación de un pedraplén; una vez efectuada la nivelación, antes de establecer el firme definitivo, hay que regularizar la superficie del terreno; esto se logra por un escarificado seguido de un enrasado con aparatos niveladores y afirmado con un pequeño rodillo; como escarificadoras pueden emplearse las corrientes de poco peso. El apisonado debe hacerse con rodillos ligeros; el empleo de cilindros de gran peso, resulta contraproducente, pues el terreno en vez de apisonarse *se corre*, apareciendo ondulaciones que luego resulta difícilísimo corregir; no deben emplearse cilindros de tres rodillos, sino de dos.

**Drenaje.** — El sistema de drenaje puede ser para recoger las aguas superficiales o bien para sanear el subsuelo; la eliminación de las aguas superficiales, evitando se acumulen en zonas determina-

das, es de gran importancia; no es sencillo, por la gran extensión del campo, sin un drenaje especial; el sistema de eliminación superficial, simplemente por pendiente del terreno, obliga a dar a éste un bombeo general y único y como la velocidad del agua en la superficie ha de ser reducida, por serlo las pendientes máximas admisibles, cualquier diferencia en éstas origina encharcamientos si el terreno es impermeable o pérdida de resistencia si no lo es, que se traducirá en asientos; por esta causa es necesario, en general, acudir a drenajes que recojan las aguas superficiales por pequeñas zonas, y como por otra parte la superficie tiene que ser uniforme, estos drenajes tienen que ser cubiertos, es decir, que no se puede recurrir al sistema de drenaje superficial de cunetas, corrientemente empleado en carreteras. Solamente en el caso de terrenos sensiblemente impermeables y suficientemente resistentes, será factible acudir al drenaje superficial de la totalidad del área de aterrizaje, que evidentemente es el sistema más conveniente desde el punto de vista económico.

Hay que tener especial cuidado en las zonas lin-

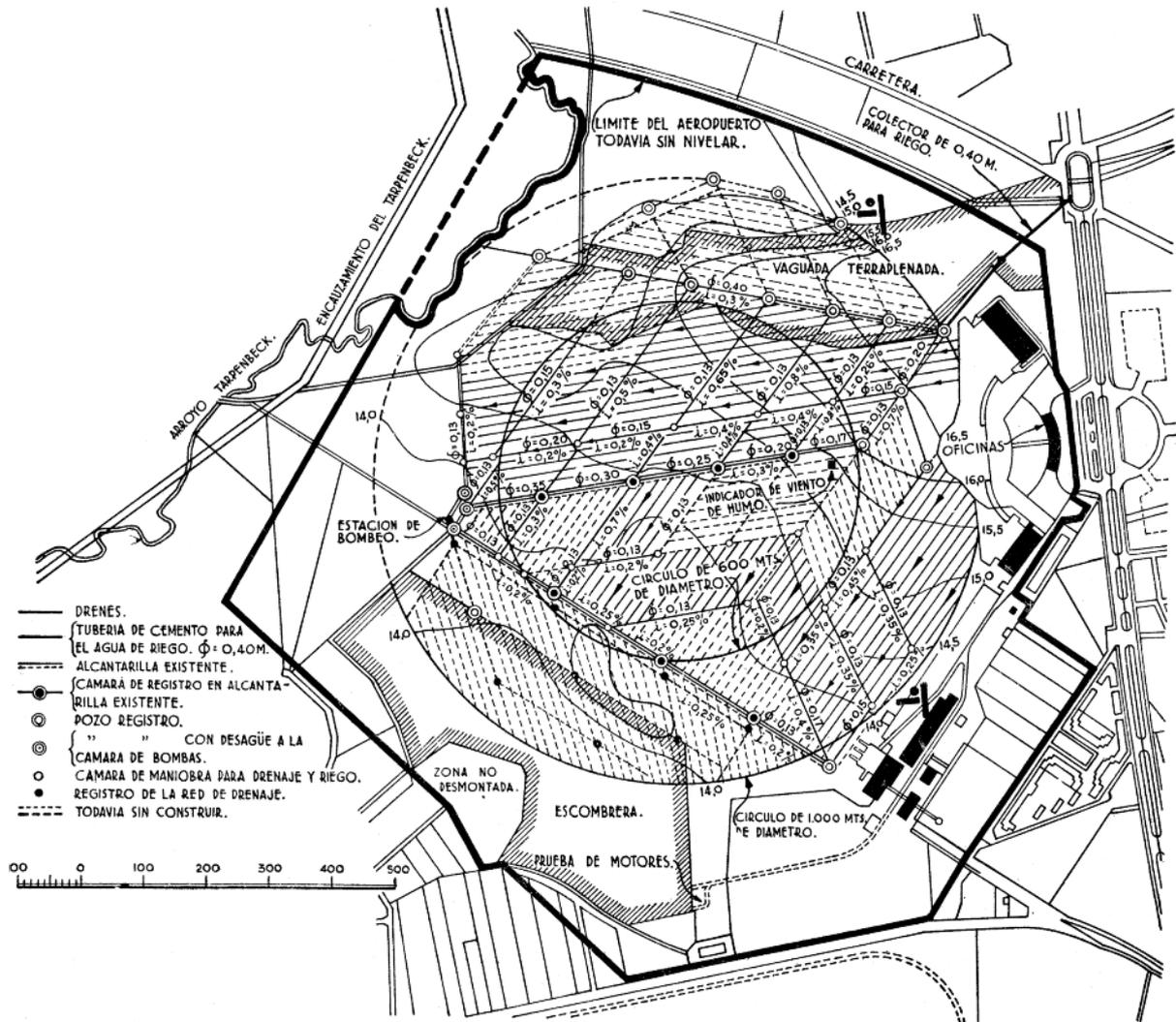


Fig. 27. — Plano de las redes de drenaje y riego del aeropuerto de Hamburgo.

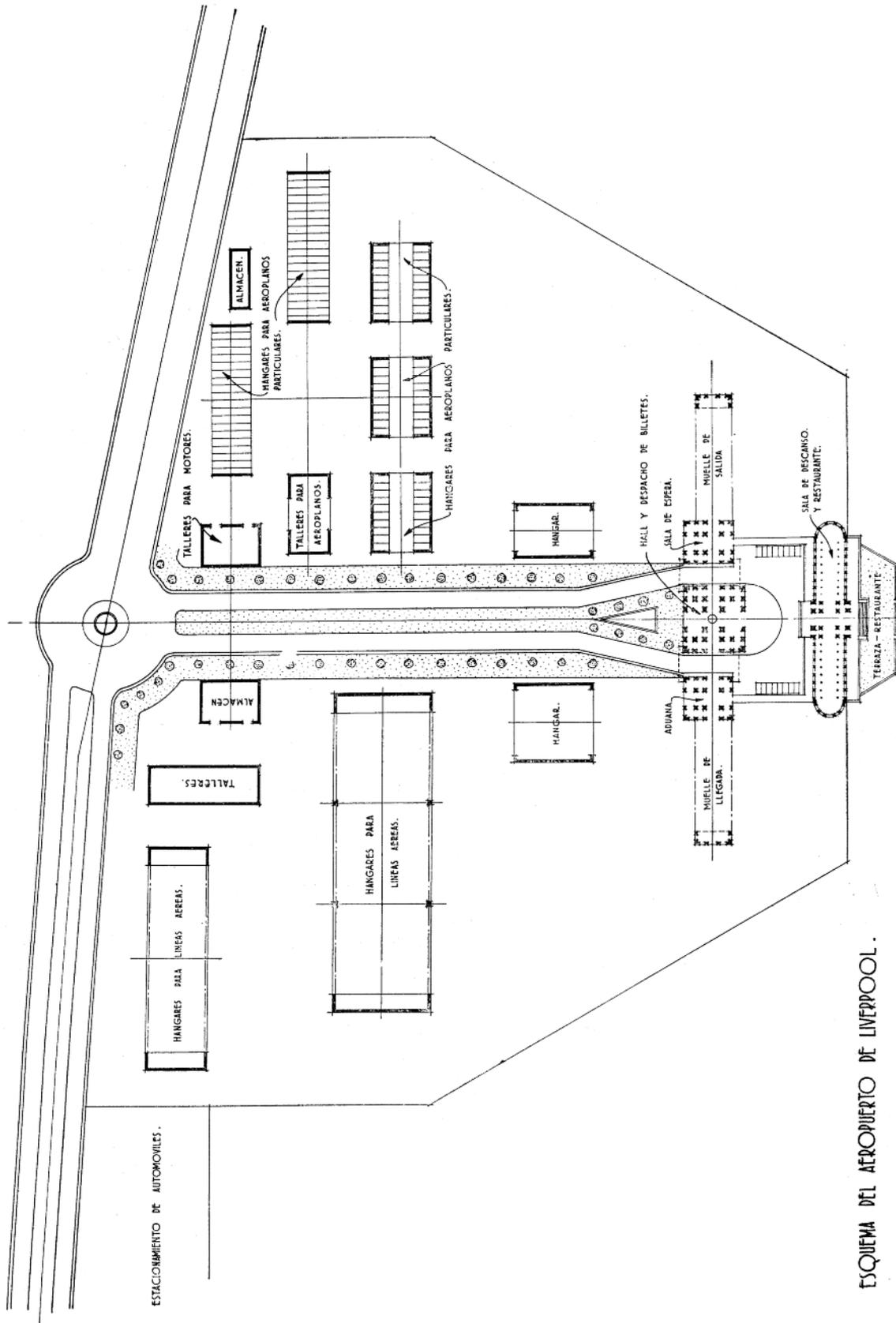


Figura 28.

ESQUEMA DEL AEROPUERTO DE LIVERPOOL.

dantes de las pistas de despegue cuando su firme es, como suele ocurrir, impermeable; su coeficiente de escorrentía es muy elevado y prácticamente toda el agua que en ellas cae, corre a sus lados empapando el terreno natural de coeficiente de escorrentía mucho más pequeño; esto puede producir un reblandecimiento del cimiento de la pista y ser causa de asentamientos en ésta, y aunque así no fuere, por ser el terreno impermeable, dará lugar a una zona lindante con la pista de condiciones de rodadura muy diferentes a las de ella y será peligroso que un aparato ruede sobre ésta y sobre la zona de terreno mojada.

La clase y disposición de los drenes dependerá de la naturaleza del suelo a sanear; será necesario un estudio cuidadoso para lograr una eliminación eficaz de las aguas, con la menor longitud posible de drenes, no sólo por una razón de economía, sino también para reducir a un mínimo los puntos débiles de la superficie, que son siempre las zanjas de los drenes, rellenas con material poroso y suelto. En la figura 26 puede verse un modelo de zanja de drenaje para drenes generales y en la 27 un plano del sistema de drenaje del aeropuerto de Hamburgo, en el cual se aprecia la importancia de la obra realizada para el saneamiento de este aeropuerto; ha sido preciso, no solamente construir una extensa red, sino también elevar las aguas recogidas, pues no existía la pendiente precisa para poderlas evacuar por gravedad.

Cuando el terreno lo haga necesario, suelo permeable asentado sobre un subsuelo impermeable, habrá que construir un drenaje para recoger las aguas que, empapando el suelo o corriendo en su unión con los estratos impermeables, de no tener una salida fácil, pueden reducir la resistencia del terreno.

La disposición de los drenes será análoga a la que se emplea para los drenes de las aguas superficiales; el tipo corriente puede verse en la figura 26.

La separación de los drenes y sus diámetros dependerán del carácter del terreno y caudales a evacuar; no debemos entrar aquí en detalles de su cálculo, que no difiere del corriente para cualquier caso de saneamiento de terrenos.

**Superficie de rodadura.**—Preparado el terreno en la forma indicada, es preciso dotar al aeropuerto de una superficie terminal de rodadura. La elección del firme es un importante problema económico, pues dada la gran superficie de los aeropuertos su costo es muy elevado; la mayoría de los casos representa una de las partidas más importantes del presupuesto del conjunto, máxime si se considera no tiene una contrapartida de ingresos, como ocurre con los hangares, talleres, hotel, etc.

Si el terreno es consistente y el clima lo hace posible, el firme de césped es una buena solución, siempre y cuando el tráfico no sea excesivo; el césped es, además, un excelente auxiliar como pavimentación complementaria de las pistas principales.

Antes de proceder a sembrar el césped hay que lograr que el terreno tenga la suficiente homogeneidad, pues si esto no ocurre, nos exponemos a que no lo sea la capa superficial; se logra esto por un arado ligero de toda la superficie; si existieran grandes terrones de tierra, sería necesario proceder a su rotura por un escarificado; una vez removida y bien mezclada la superficie del terreno, se debe hacer un apisonado ligero, que deje nuevamente igualada la superficie a tratar; hecho esto puede procederse a la

siembra del césped, empezando por abonar el terreno cuando sea necesario; la elección de la clase de césped es delicada, depende de las condiciones de clima y terreno; un buen firme de césped debe: 1.º, unir la superficie del terreno, evitando se produzca polvo y aumentando la resistencia al desgaste originado por el tráfico; 2.º, debe crecer rápidamente y si desaparece por la acción de los aparatos en algún punto, volver a crecer sin necesidad de nueva siembra; 3.º, debe ser resistente a las sequías; existen especies que son perfectamente adaptables a climas secos, lo cual es de gran importancia en nuestro país; hay por el contrario especies recomendables para climas húmedos; 4.º, la hierba no debe crecer excesivamente, para evitar el gasto y el entorpecimiento que cortarla representa.

Para reunir todas estas condiciones se suele sembrar con mezcla de diferentes semillas, proporcionándolas en forma que den la máxima eficacia en las condiciones locales; en Estados Unidos, Inglaterra y Alemania, existen casas especialmente dedicadas a la preparación de superficies de césped, que en cada caso determinado recomiendan la mezcla apropiada. A título de información reproducimos a continuación las mezclas recomendadas por el especialista profesor ingeniero Josef Schwarz, de Viena.

| SEMILLAS                            | Terreno normal. |        | Terreno seco. |       | Terreno húmedo. |       |
|-------------------------------------|-----------------|--------|---------------|-------|-----------------|-------|
|                                     | Por hectárea.   |        | Por hectárea. |       | Por hectárea.   |       |
|                                     | %               | Kg.    | %             | Kg.   | %               | Kg.   |
| <b>Mezcla a:</b>                    |                 |        |               |       |                 |       |
| Trifolium repens . . .              | 5               | 1,80   | 5             | 1,80  | 2               | 0,72  |
| » hybridum . . .                    | »               | »      | »             | »     | 4               | 1,56  |
| Lotus corniculatus . .              | 5               | 2,25   | 8             | 3,60  | »               | »     |
| » uliginosus . . .                  | »               | »      | »             | »     | 6               | 2,52  |
| Medicago sativa . . .               | 6               | 5,58   | 4             | 3,72  | »               | »     |
| Phleum pratense . . .               | 5               | 2,70   | 4             | 2,16  | 10              | 5,40  |
| Poa pratensis . . . .               | 4               | 2,04   | 10            | 5,10  | 2               | 1,02  |
| » serotina . . . . .                | 3               | 1,45   | »             | »     | 8               | 3,86  |
| » compressa . . . . .               | 2               | 0,96   | 5             | 2,40  | »               | »     |
| » trivialis . . . . .               | 1               | 0,49   | 2             | 0,98  | 6               | 2,70  |
| Cynosurus cristatus .               | 10              | 7,80   | 8             | 6,24  | 5               | 3,90  |
| Agrostis alba stolonifera . . . . . | 4               | 1,44   | 3             | 1,08  | 2               | 0,72  |
| <b>Mezcla b:</b>                    |                 |        |               |       |                 |       |
| Lolium perenne . . .                | 15              | 24,80  | 8             | 13,22 | 10              | 16,50 |
| Dactylis glomerata . .              | 3               | 3,15   | 3             | 3,15  | 5               | 5,25  |
| Festuca pratensis . .               | 6               | 10,26  | 4             | 6,84  | 10              | 17,10 |
| » rubra . . . . .                   | 12              | 12,60  | 6             | 6,30  | 10              | 10,50 |
| » ovina . . . . .                   | »               | »      | 8             | 6,96  | »               | »     |
| Bromus inermis . . .                | 10              | 21,30  | 15            | 32,—  | »               | »     |
| Phalaris arundinacea .              | »               | »      | »             | »     | 8               | 3,36  |
| Alopecurus pratensis .              | 5               | 2,10   | 2             | 0,84  | 9               | 3,78  |
| Trisetum flavescens .               | 4               | 1,20   | 5             | 1,50  | 3               | 0,90  |
| Totales . . . . .                   | 100             | 101,92 | 100           | 97,89 | 100             | 79,79 |

**Otros firmes.**—El firme de césped, excelente cuando el tráfico no es muy intenso, resulta insuficiente para aeropuertos de importancia, especialmente en determinadas zonas: muelles de llegada, pistas de estacionamiento y pistas de despegue y aterrizaje principales, es decir en la dirección de los vientos dominantes en la localidad; en estas zonas corrientemente deben construirse firmes de mayor resistencia.

Las condiciones principales que debe cumplir un

firme para un aeropuerto son: 1.º, costo reducido, entendiéndose por tal el resultado de los costos de establecimiento y conservación; 2.º, superficie resistente al choque y desgaste; suficientemente elástica para el aterrizaje; no deslizante para permitir el frenado y manejo de los aparatos; 3.º, ser visible desde el aire, permitir las marcas y no ser deslumbrante bajo la luz de reflectores.

Las condiciones 1.ª y 2.ª son prácticamente las mismas que deben cumplir los firmes corrientes de carreteras, debiéndose evitar, tanto o más que en éstas, los firmes deslizantes, que hacen, especialmente cuando están mojados, difícilísimo el manejo de los aparatos.

Los firmes empleados son los corrientes en carreteras procurando guiarse en su elección por las

co para el aterrizaje, visible desde el aire; costo de primer establecimiento moderado, teniendo en cuenta su permanencia; construído, con capa de rodadura de guijo grueso y sin exceso de betún, no es deslizante.

**Macadam bituminoso mezclado in situ.**— De características muy similares al macadam construído por penetración, es de construcción más rápida y ligeramente más económica; superficie de rodadura excelente, con rasantes muy perfectas y de gran elasticidad para el aterrizaje; no es deslizante; visible desde el aire.

**Hormigón hidráulico.**— No es elástico para el aterrizaje; no es deslizante; el costo de establecimiento es relativamente elevado, pero bien construído es un firme permanente de muy pequeña o ninguna

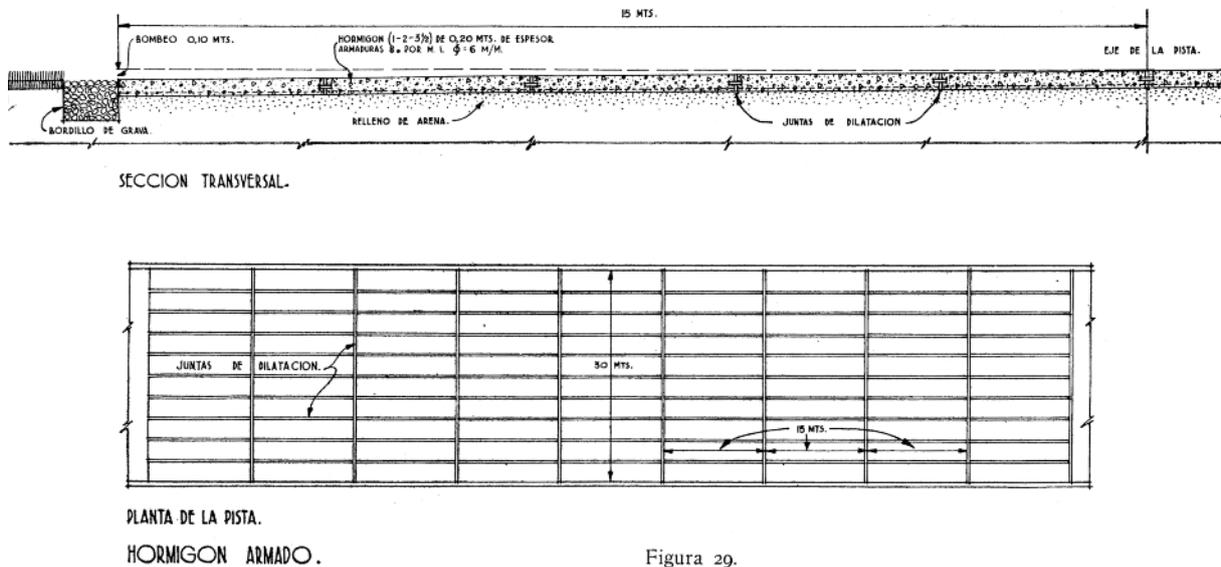


Figura 29.

condiciones anteriores; rápidamente pasaremos revista a las principales ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, sin detenernos en los detalles de construcción.

**Firmes de macadam.**— No son recomendables, se deterioran rápidamente y producen gran cantidad de polvo, que es origen de molestias para el público y resulta peligroso para los motores; no deben, en general, utilizarse.

**Macadams con tratamiento superficial.**— Si el tráfico es pequeño pueden ser solución buena; la resistencia aumenta, desaparece el polvo y se logra un firme lo suficientemente elástico; hay que tener cuidado en la construcción de la capa de cubrición, evitando, por la utilización de un guijo grueso y resistente, la formación de una superficie deslizante; son económicos de conservación, para un tráfico adecuado; son visibles desde el aire y permiten fácilmente las marcas. Cuando el tráfico aumenta, es necesaria una atención asidua, que resulta costosa y molesta para el servicio.

**Macadam asfáltico construído por penetración.**— Es un firme permanente; bien construído y para un tráfico no excesivamente intenso, precisa pequeñas reparaciones; perfectamente elásti-

conservación. El más grave inconveniente que tiene son las grietas, que en todos los firmes de esta clase son difíciles de evitar y más aun en sus aplicaciones a los aeropuertos por la gran superficie, especialmente de los muelles de llegada y estacionamiento. Por ello es preciso disponer juntas longitudinales y transversales que dividan el firme en losas alargadas, aun así es prácticamente imposible evitarlas; en la mayoría de los aeropuertos que conocemos, entre ellos Hamburgo y Berlín, existen; el tratamiento corriente de las grietas, rellenarlas con betún, es eficaz, pues como el tráfico es de llantas de goma, las reparadas resisten bien. Las reparaciones de mayor importancia son difíciles y costosas, pero en un firme bien proyectado y construído deben ser muy escasas. Es precisa una preparación del cimiento muy cuidadosa, pues si su resistencia o coeficiente de rozamiento es desigual, las grietas se multiplican. No es lógico, en general, emplear grandes espesores de firme; encontramos más racional armar, en proporción adecuada al tráfico; es, además, la mayoría de las veces más económico. En la figura 29 puede verse un ejemplo de firme de hormigón armado empleado en los Estados Unidos.

Puede resultar recomendable el empleo de firmes

de hormigón tratados superficialmente con betún.

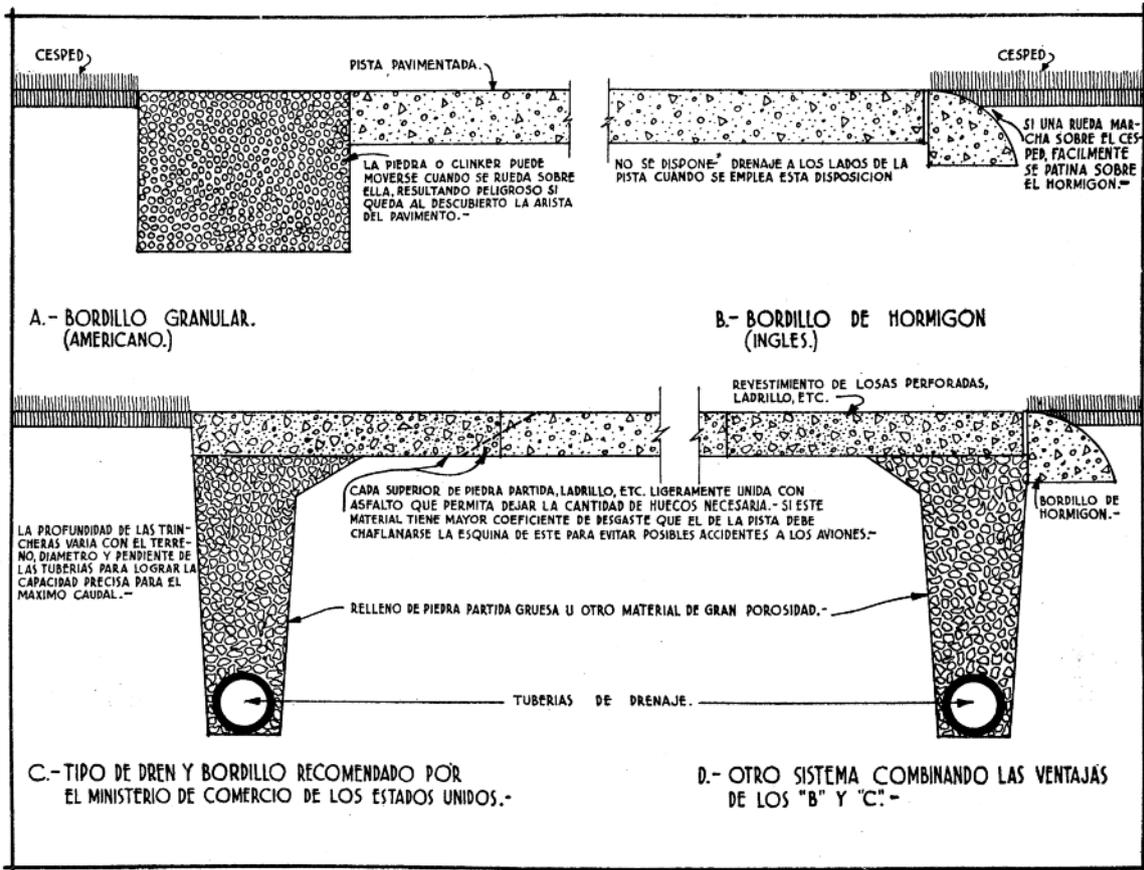
Todas las precauciones que hay que adoptar, para construir un buen firme de hormigón, hay que exagerarlas en el caso de un aeropuerto; es grave error entregar un trabajo de esta clase a constructor no especializado, pues si la ejecución no es muy esmerada, el firme se destruirá casi independientemente del tráfico que ha de soportar; sólo una dosificación cuidadosa de los elementos que en el hormigón entran y una ejecución más cuidadosa todavía, si cabe, pueden dar en este firme un mínimo de garantías.

**Hormigón asfáltico.** — Si se construye la capa final cubierta con guijo grueso y duro para evitar los peligros del deslizamiento es firme excelente, elástico para el aterrizaje y de duración prácticamente indefinida. Tal vez excesivamente caro, especialmente si no existe en las proximidades del aeropuerto una instalación de fabricación; es visible desde el aire y permite el establecimiento de marcas y señales.

**Asfalto comprimido continuo o en losetas.** — Excesivamente costoso no resulta su empleo justificado más que en casos excepcionales; es deslizante; de duración prácticamente indefinida; se repara fácilmente si por circunstancias especiales se hace preciso.

**Disposiciones especiales.** — La terminación lateral del pavimento de las pistas presenta dificultades, que es preciso considerar; los aviones no se ma-

nejan en tierra como se maneja un automóvil, y, especialmente al aterrizar, es posible y hasta frecuente que el aparato se salga de la pista o que una de las ruedas de su tren de aterrizaje ruede por ella y la otra por fuera; al ocurrir esto, si la zona lindante con la pista no tiene bastante consistencia por no existir un drenaje adecuado y está reblandecida por las aguas, se destrozará rápidamente y constituirá una zona peligrosa para los aparatos. Para evitarlo hay que drenar las zonas laterales y, al mismo tiempo, darlas una resistencia tal, que el paso del firme de la pista, al terreno natural, no sea brusco y puedan quedar aristas vivas al descubierto. Según puede verse en la figura 30, los americanos, para resolver estas dificultades, terminaban primeramente las pistas por un relleno de grava o clinker, que tenía el inconveniente de resultar movedizo al rodar sobre él los aparatos; para evitarlo el Departamento de Comercio de los Estados Unidos recomienda la disposición que en la parte inferior de la figura puede verse, y que consiste en disponer una zanja de drenaje, cubierta con piedra, unida por betún asfáltico, pero que tenga gran cantidad de hueco para dejar se filtre a través de ella el agua; a la zanja de drenaje. La práctica inglesa de terminar la pista con un bordillo curvo, aunque evita la formación de una arista viva, tiene el inconveniente de la falta de drenaje, y hace posible



TIPOS DE BORDILLO Y DRENAJE PARA PISTAS.

Figura 30.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

que patine un aparato que parcialmente rueda sobre el césped; la disposición D, que reúne las ventajas de los dos sistemas, resulta muy recomendable.

La evacuación de las aguas de la superficie de las pistas se debe hacer, en general, dando a éstas un bombeo como en las carreteras, y a los muelles de lle-

gada y estacionamiento una pendiente general hacia los drenes; en algunos casos, aunque no es lo frecuente, se pueden construir las pistas con la pendiente hacia el centro, disponiendo en éste sumideros que recojan las aguas.

**José Luis ESCARIO**  
**Ingeniero de Caminos.**



# Aeropuertos<sup>1</sup>

**Servicios.** — Dependen, según ya hemos dicho, fundamentalmente del carácter del aeropuerto, y de su tamaño. Pueden clasificarse en dos grandes grupos: 1.º Edificios destinados a los pasajeros, tráfico y administración; y 2.º Hangares y talleres, destinados a guardar o reparar los aparatos.

Entre los del primer grupo hay que distinguir: *a)* Servicio de viajeros. *b)* Servicio de mercancías. *c)* Servicio de control de los aparatos en vuelo y en el aeropuerto. *d)* Servicio meteorológico. *e)* Administración.

**Servicio de viajeros.** — Es el aeropuerto esencialmente una estación en la cual se debe prestar atención muy preferente a los viajeros que de ella se han de servir, disponiendo su conjunto en forma que los movimientos del público y las operaciones que éste ha de realizar se verifiquen de manera sencilla y cómoda; para ello hay que contar con: *a)* Sala de espera. *b)* Despacho de billetes. *c)* Restaurante. *d)* Correos, telégrafo y teléfono. *e)* Oficina de ferrocarriles, turismo y cambio de moneda. De estos servicios, el *a)* puede lograrse o bien en una sala especial, o bien, y es lo más corriente, en un gran *hall* central, que sirva de sala de espera y al mismo tiempo de acceso a las dependencias principales.

Como anejo al despacho de billetes, hay que disponer de un aparato para pesar a los viajeros, pues

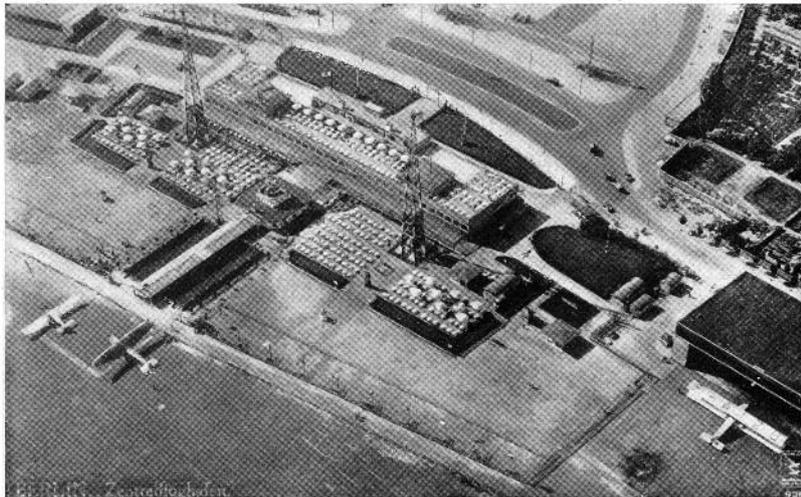


Fig. 31 — Vista general de los edificios y terrazas del aeropuerto de Berlín.

es imprescindible conocer la carga que los aparatos han de transportar. Con relación al servicio de restaurante, deben existir salas independientes para los viajeros y para el público en general, pues los primeros disponen de poco tiempo y en cambio siempre, y especialmente los días festivos, acude mucho público, que va a pasar el día al aeropuerto. El servicio de correos, telégrafo y teléfono, es esencial, así como la oficina de ferrocarriles, turismo y cambio de moneda en los aeropuertos internacionales.

El paso de los viajeros desde la sala de espera o edificios a los aparatos, debe disponerse cubierto; en Berlín, según puede verse en la figura 31, existe un paso cubierto que va desde el edificio de viajeros al muelle donde se coloca el aparato. En algunos aeropuertos de Estados Unidos, se disponen varios pasos que se cubren con estructuras telescópicas y que sirven varios aparatos al mismo tiempo.

## Servicio de mercancías.

**Aduanas.** — El servicio se realiza en forma análoga al servicio marítimo; los equipajes se recogen corrientemente en las oficinas de las Compañías, en la ciudad, donde se pesan, entregándose al viajero el correspondiente resguardo; se transportan a los aparatos, con absoluta independencia del viajero, el cual la mayoría de las veces no vuelve a tener contacto alguno con su equipaje, has-

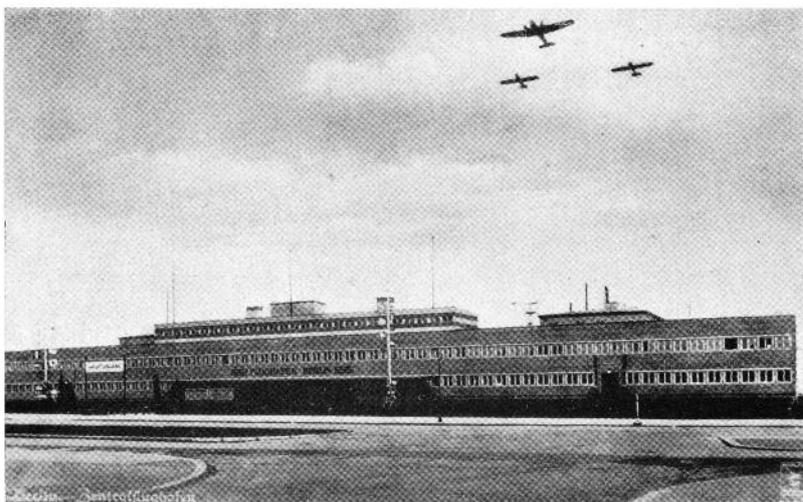


Fig. 32. — Vista exterior del edificio principal del aeropuerto de Berlín.

<sup>1</sup> Véase el número anterior, pág. 185.

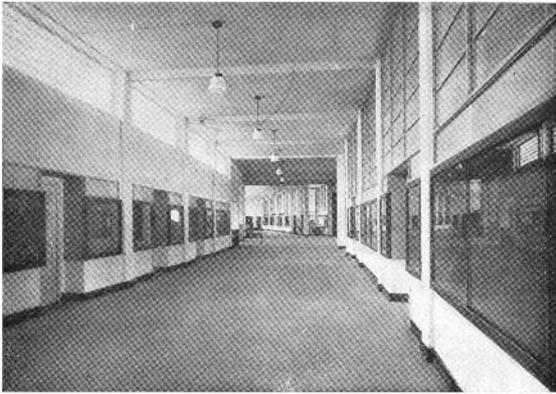


Fig. 33.—Interior del edificio de administración y viajeros del aeropuerto de Berlín.

ta su llegada al punto de destino. A la llegada, tratándose de líneas internacionales, hay que disponer el servicio de Aduanas para la inspección y pago de derechos; si el aeropuerto está a bastante distancia de la población, es lo corriente que la misma Compañía se vuelva a hacer cargo de los equipajes y los transporte a sus oficinas centrales, donde se hace la entrega a los dueños.

Unido a la Aduana debe establecerse el servicio de pasaportes, y en algunas naciones existe también el servicio médico, de reconocimiento de pasajeros.

Para el tráfico aéreo, todos estos servicios necesitan mucho menos espacio que el necesario en una estación internacional de ferrocarril, pues el número de personas y equipajes a reconocer es mucho menor cada vez; pero aunque de menor tamaño, la organización debe ser similar.

Hay que disponer, además de los servicios indicados, los correspondientes de administración, oficinas de las distintas líneas regulares, turismo, información, etc., que deben proyectarse con una distribución tal, que queden con la independencia precisa, pero con la debida correlación entre sí, para comodidad del personal y del público; desde este punto de vista, parece más conveniente el criterio de un edificio general, como en Berlín, que la existencia de edificios aislados, como ocurre en distintos aeropuertos americanos y en Madrid. Un estudio cuidadoso de las condiciones y necesidades de cada caso particular, dará la solución más conveniente; hay que tener en cuenta, al proyectar la disposición general, la conveniencia de prever una posible ampliación cuando las necesidades del tráfico lo exijan, sin dar lugar a gastos inútiles por demolición de las partes ejecutadas; una adecuada concepción del proyecto con este fin, es de impor-

tancia trascendental para el futuro del aeropuerto.

**Hangares y talleres.**—Son estos edificios de gran importancia para el servicio de un aeropuerto; su costo es elevado, ocupan un espacio importante y su disposición en planta está relacionada con una serie de movimientos de los aparatos, en las pistas de muelle, que deben reducirse a un mínimo y procurar sean ordenados, evitándose, en lo posible, interferencias y falsas maniobras, siempre inconvenientes y peligrosas. Por otra parte, cuando se proyecta un aeropuerto, es imposible, económicamente, construir la totalidad de los hangares, pero los que se construyan deben disponerse con una visión del conjunto de los previstos y proyectar su estructura en forma que sean fácilmente ampliables; por otra parte, el acondicionamiento de los aparatos para la debida utilización del espacio disponible y un mínimo de maniobras, obliga a disposiciones en planta que tienen que estar muy estudiadas, con la reducción a un mínimo de los apoyos, lo cual plantea interesantes problemas constructivos; por último, la disposición adoptada para las puertas, tiene importancia para la debida utilización del espacio disponible. Resumiendo, las condiciones que se deben tener en cuenta al proyectar unos hangares, son: 1.º Ser fácilmente accesibles para los aparatos; el movimiento de un aparato no debe obligar a mover otros encerrados en el mismo hangar. 2.º Los hangares deben ser fácil y económicamente ampliables. 3.º El camino a recorrer para llegar a los muelles de carga debe ser el mínimo, para reducir al mínimo la pavimentación precisa. 4.º Debe preverse la disposición de conjunto, aunque exigencias económicas obliguen a construir únicamente una parte de los hangares proyectados; sólo así, las nuevas construcciones resultarán coordinadas el día que se llegue al desarrollo máximo, en cuyo momento es más que nunca, por existir un tráfico intenso, precisa la ordenación general.

Generalmente los talleres, y a veces las oficinas, se proyectan anejos al hangar, lo cual no debe ser

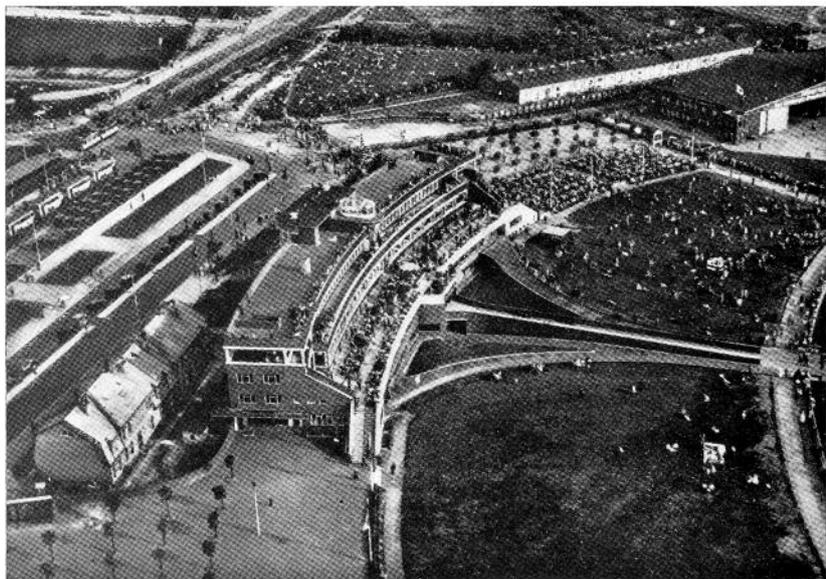


Fig. 34.—Edificios del aeropuerto de Hamburgo.

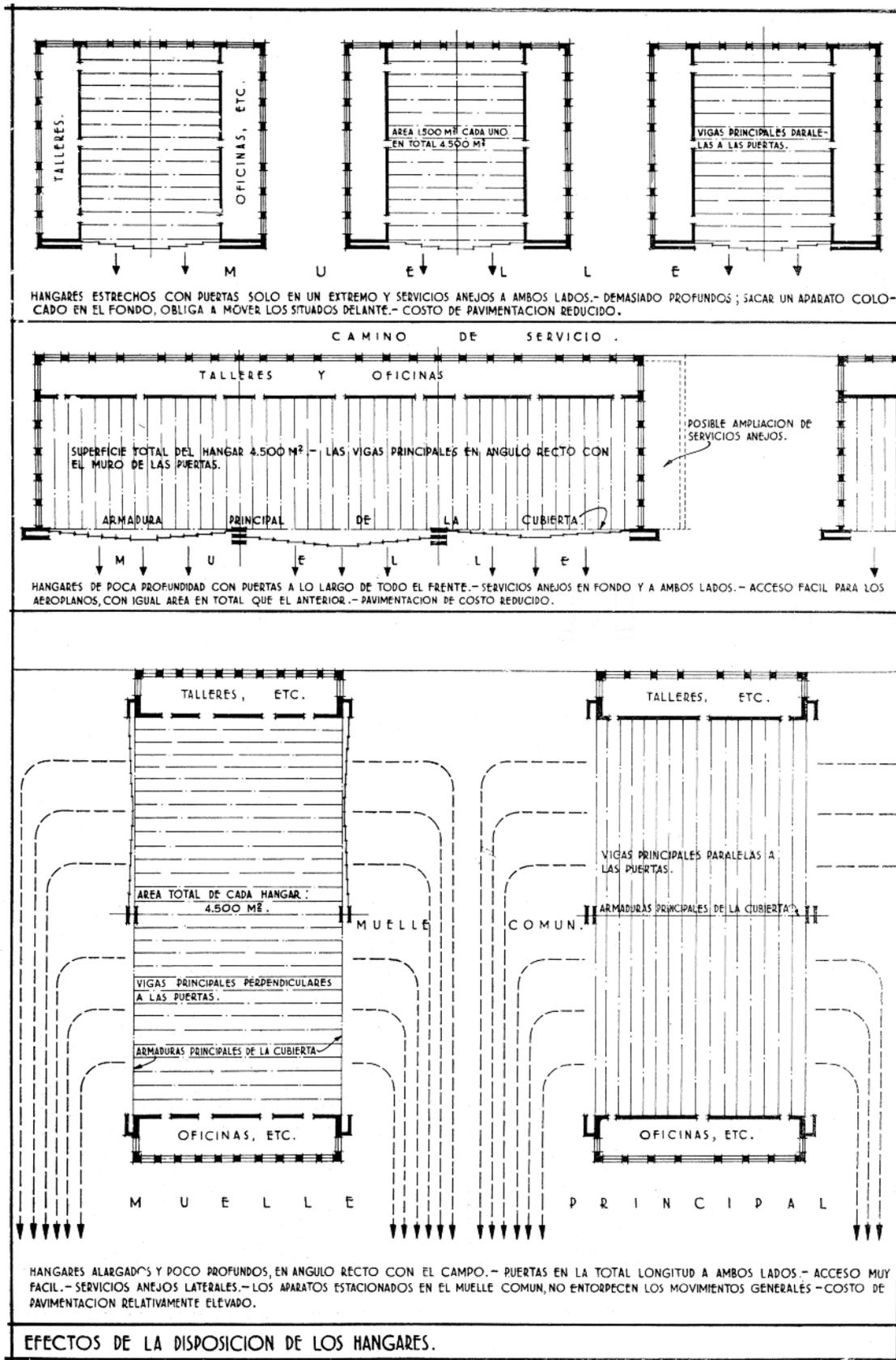


Figura 35.

obstáculo para que sea posible la ampliación de los servicios en caso necesario. En las figuras 35 y 36 puede verse, con toda claridad, las ventajas e inconvenientes de diferentes disposiciones tipo, por los conceptos que antes se indican.

La disposición relativa y tamaño de los aparatos tiene una importancia grande en la planta a adoptar; los alemanes, para darse cuenta del "rendimiento" de utilización de un hangar, obtienen la relación de la superficie total del hangar a la suma de las longitudes de ala de los aparatos encerrados en él; en las figuras 38 y 39 pueden verse diferentes disposiciones, con los resultados numéricos correspondientes, deducidos por Max Beyer. Claro está, que el rendimiento de un hangar varía, al variar la clase de aparatos en él encerra-

dos, puesto que cambia la suma de las longitudes de ala; esto nos indica que cada hangar es económico, para aparatos de determinadas características y que debe hacerse una clasificación lógica de hangares, dentro de cada aeropuerto, para que sólo vayan a cada uno de ellos los aparatos del tipo conveniente.

Constructivamente los apoyos deben reducirse a un mínimo; su existencia dificulta el buen aprovechamiento del hangar: en la figura 40 puede verse el ejemplo de dos hangares, aproximadamente de la misma superficie, uno cuadrado, con pies derechos, y otro rectangular, sin pies derechos, en el cual es posible acondicionar dos pequeños aparatos más.

En la figura 37 puede verse un hangar, con jaulas independientes para pequeños aparatos de alas plegables, disposición hoy día adoptada por casi todos los constructores; las jaulas, dispuestas normalmente a un gran hall central, tienen puertas articuladas que corren por unos carriles, que se señalan en la figura, para no ocupar sitio ni en el hall ni en las jaulas. Las disposiciones que antes se indican son las corrientes; en la figura 41 pueden verse las plantas de otros tipos de hangares existentes, en los cuales se han buscado fines especiales, añadiendo al hangar otros servicios, viajeros, señales, etc... Estas disposiciones sólo en algún caso pueden estar justificadas; en general son más costosas de construcción y tienen, además, el grave inconveniente de ser muchas de ellas, sobre todo las exagonales y circulares, difícilmente ampliables.

Hay que cuidar especialmente, en los hangares, la

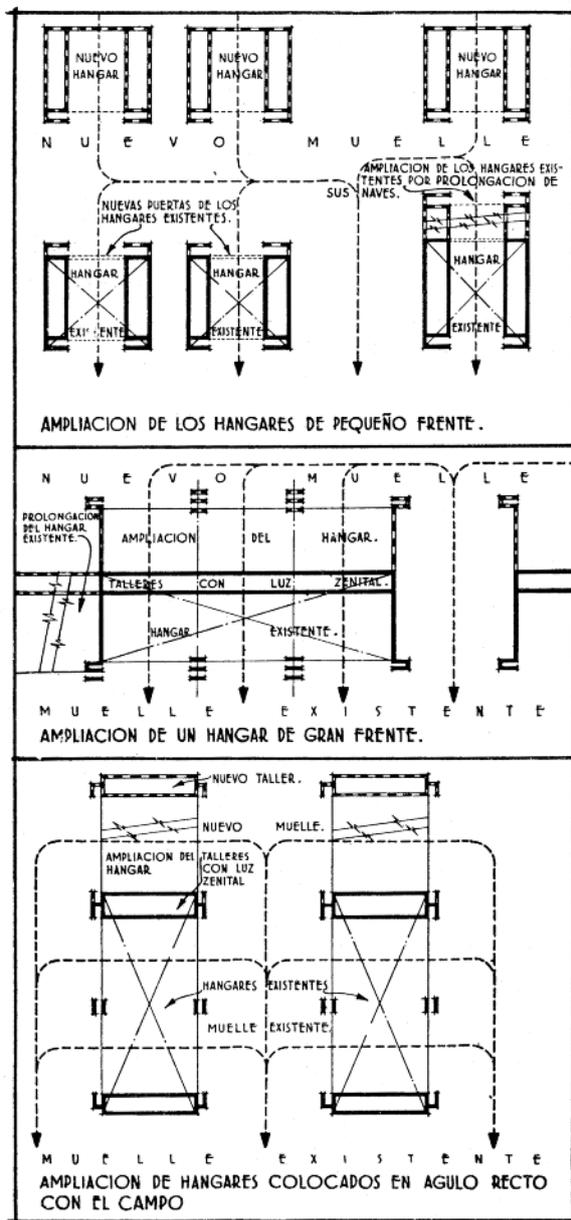
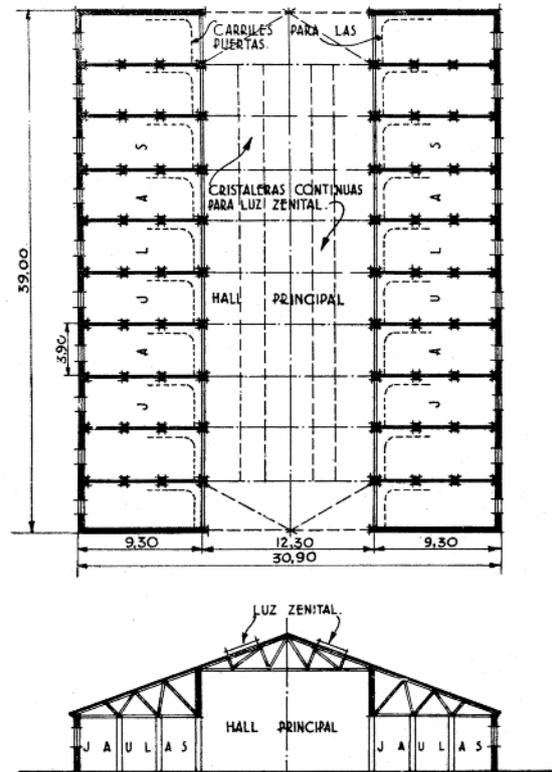


Figura 36.



HANGAR CON JAULAS INDEPENDIENTES PARA APARATOS PARTICULARES DE ALAS PLEGABLES.

Figura 37.

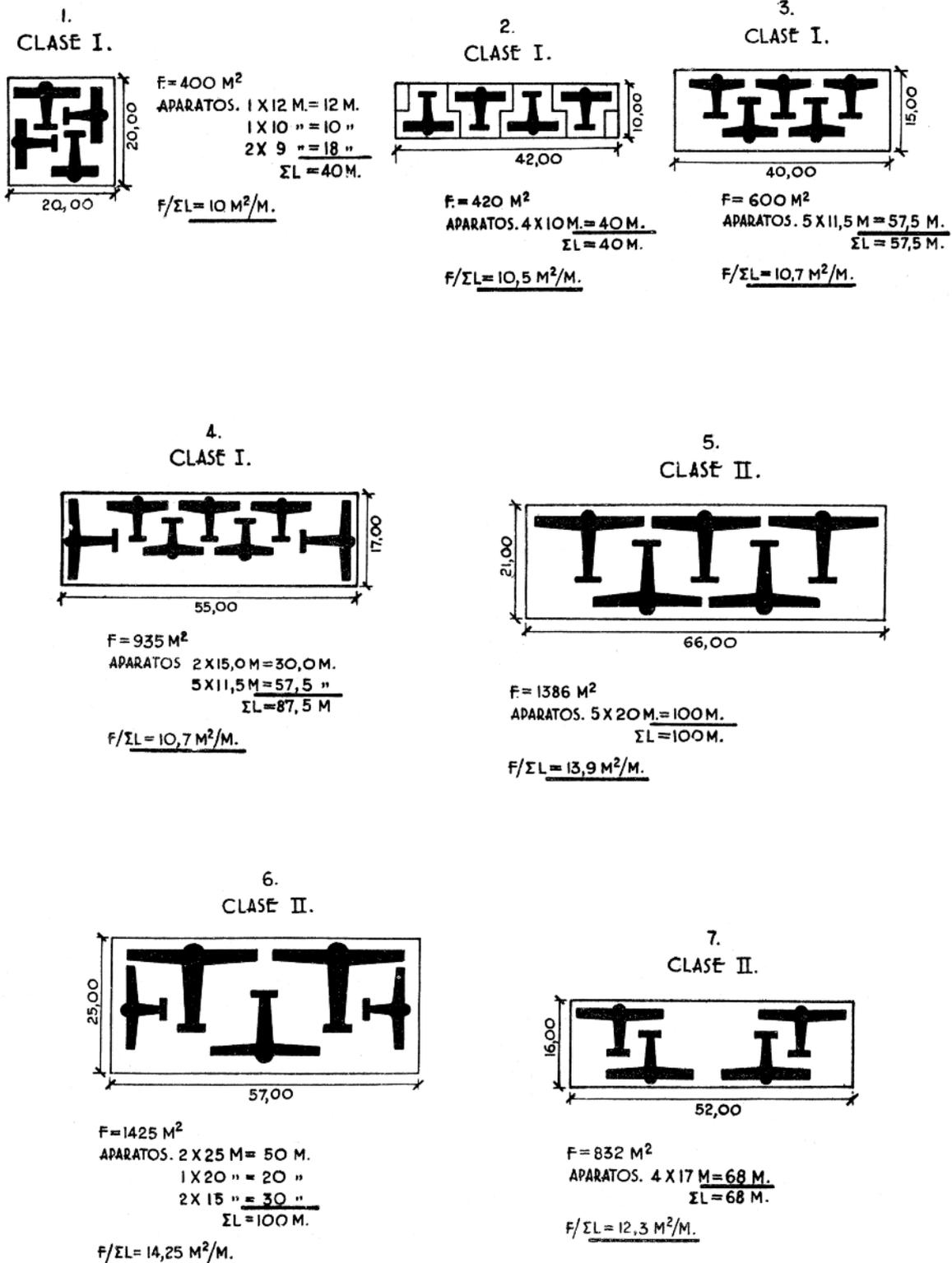
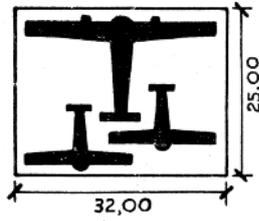


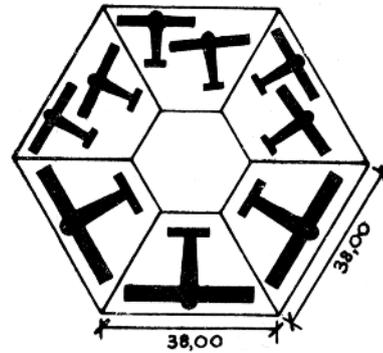
Fig. 38. —  $F$ , superficie total del hangar en metros cuadrados;  $\Sigma L$ , suma de las longitudes de ala de los aparatos.

8.  
CLASE II/III.



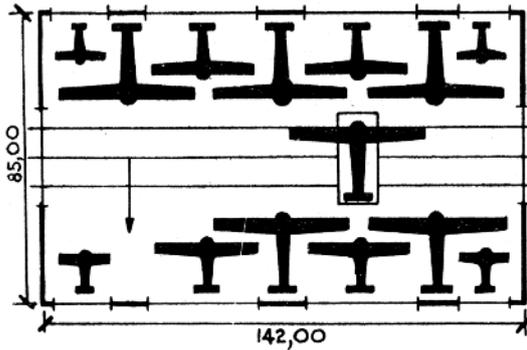
$F = 800 \text{ M}^2$   
 APARATOS  $1 \times 29 \text{ M} = 29 \text{ M}$ .  
 $2 \times 17 \text{ M} = 34 \text{ ''}$   
 $\Sigma L = 63 \text{ M}$ .  
 $F/\Sigma L = 12,7 \text{ M}^2/\text{M}$ .

9.  
CLASE II/III.



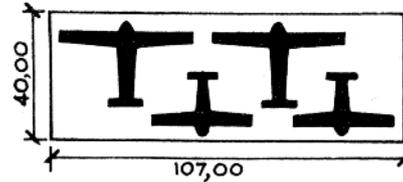
$F = 3750 \text{ M}^2$   
 APARATOS  $3 \times 28 \text{ M} = 84 \text{ M}$ .  
 $6 \times 16 \text{ ''} = 96 \text{ ''}$   
 $\Sigma L = 180 \text{ M}$ .  
 $F/\Sigma L = 20,8 \text{ M}^2/\text{M}$ .

10.  
CLASE II/III.



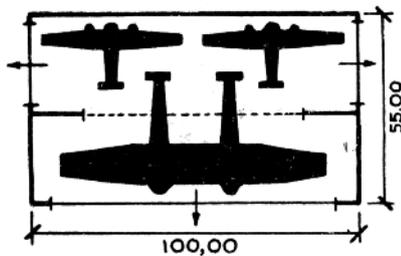
$F = 12.070 \text{ M}^2$   
 APARATOS  $6 \times 40 \text{ M} = 240 \text{ M}$ .  
 $4 \times 30 \text{ ''} = 120 \text{ ''}$   
 $4 \times 16 \text{ ''} = 64 \text{ ''}$   
 $\Sigma L = 424 \text{ M}$ .  
 $F/\Sigma L = 28,5 \text{ M}^2/\text{M}$ .

11.  
CLASE III.



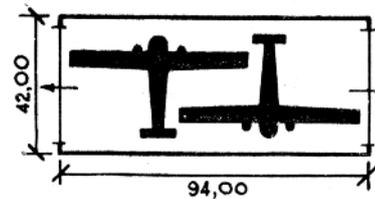
$F = 4.280 \text{ M}^2$   
 APARATOS  $2 \times 40 \text{ M} = 80 \text{ M}$ .  
 $2 \times 30 \text{ M} = 60 \text{ ''}$   
 $\Sigma L = 140 \text{ M}$ .  
 $F/\Sigma L = 30,6 \text{ M}^2/\text{M}$ .

12.  
CLASE III.



$F = 5.500 \text{ M}^2$   
 APARATOS  $1 \times 80 \text{ M} = 80 \text{ M}$   
 $2 \times 42 \text{ ''} = 84 \text{ ''}$   
 $\Sigma L = 164 \text{ M}$   
 $F/\Sigma L = 33,6 \text{ M}^2/\text{M}$ .

13.  
CLASE III.



$F = 3.950 \text{ M}^2$   
 APARATOS  $2 \times 54,30 \text{ M} = 108,60 \text{ M}$ .  
 $\Sigma L = 108,60 \text{ M}$ .  
 $F/\Sigma L = 36,4 \text{ M}^2/\text{M}$ .

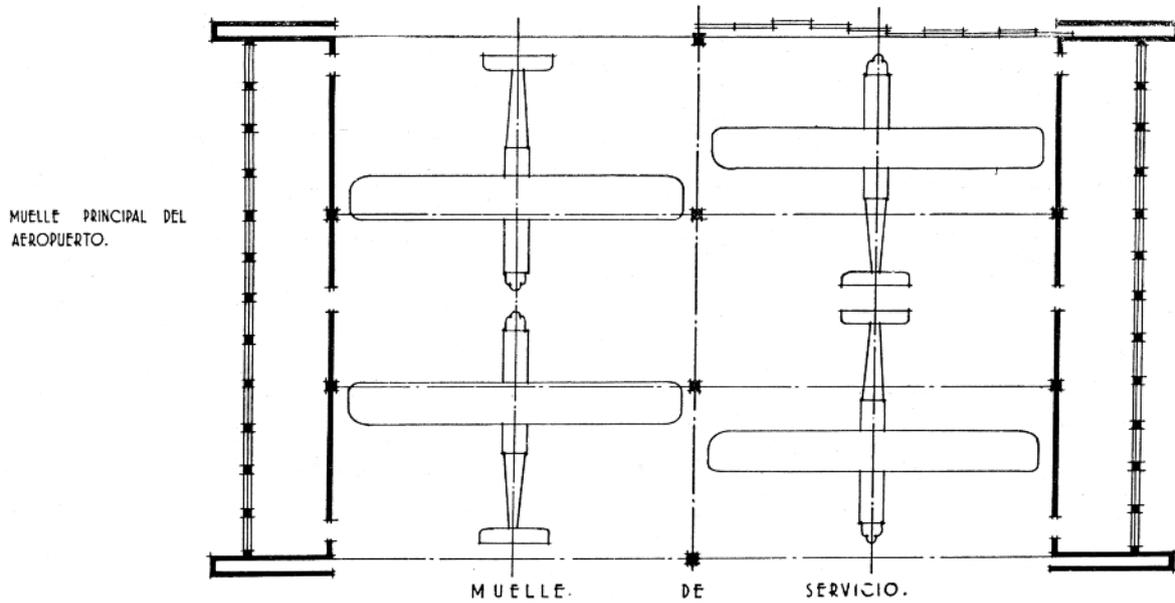
Figura 39.

iluminación; las operaciones de inspección de los aparatos, hace necesaria una iluminación intensa, para que las sombras se reduzcan a un mínimo; la práctica inglesa de dar a los hangares luz zenital, tiene el inconveniente de producir sombras fuertes, especialmente debajo de las alas; es más conveniente la iluminación lateral, por la totalidad de la parte alta de los muros del hangar, disposición corrientemente adoptada por los alemanes. Los americanos utilizan las puertas encristaladas para la iluminación, con el inconveniente de que la luz viene sólo por un lado y produce sombras más intensas que con la disposición anterior.

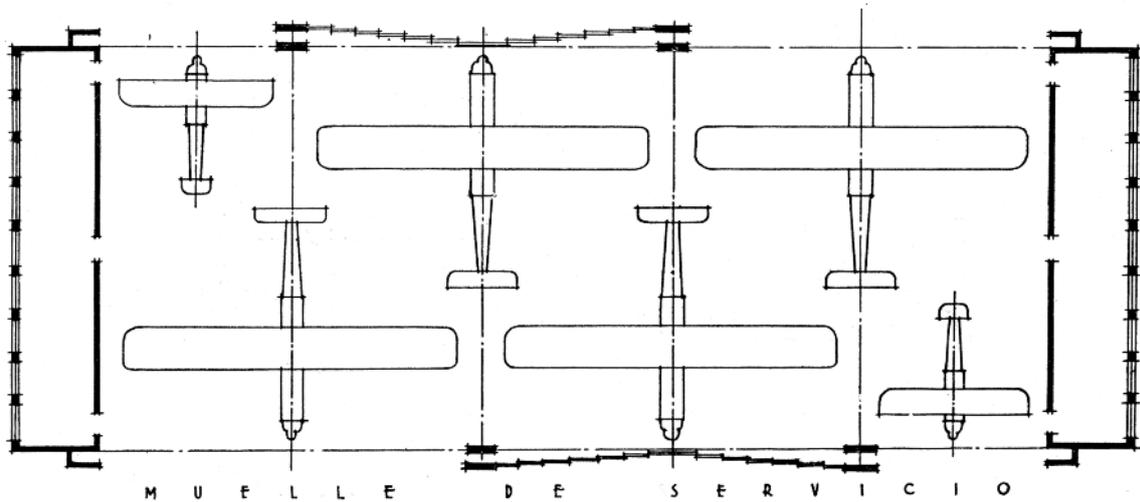
Las estructuras se construyen en general metálicas o de hormigón armado; cuando el emplazamiento

de los hangares no es fijo, es recomendable el uso de estructuras metálicas, con las que es posible construir hangares desmontables; los vanos entre muros se rellenan con ladrillos, bloques de cemento y en algunos casos palastros ondulados; la cubierta se construye con planchas de materiales ligeros, de los existentes en el mercado, teniendo especial cuidado en lograr una buena impermeabilidad.

Cuando las estructuras han de ser permanentes, resulta más recomendable el empleo del hormigón armado, que no precisa la atención que siempre necesita una estructura metálica; el hormigón armado permite la construcción con grandes luces libres, sin ningún entorpecimiento por la altura de las vigas, siendo desde el punto de vista arquitectónico, mate-



HANGAR CUADRADO PARA 4 AEROPLANOS DE TAMAÑO MEDIO.—LOS PIES DERECHOS DE LA ESTRUCTURA SON UN OBSTACULO PARCIAL Y HACEN INUTILIZABLE EL ESPACIO ENTRE LOS APARATOS GRANDES PARA GUARDAR OTROS PEQUEÑOS.



HANGAR RECTANGULAR DE AREA APROXIMADAMENTE IGUAL AL ANTERIOR.—SE HA SUPRIMIDO EL OBSTACULO DE LOS PIES DERECHOS.—LOS ESPACIOS SOBREVANTES SON UTILIZABLES PARA PEQUEÑOS APARATOS.—LAS PEQUEÑAS LUCES HACEN LA CUBIERTA ECONOMICA.—SON IMPRESCINDIBLES LAS PUERTAS A AMBOS LADOS.

Figura 40.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

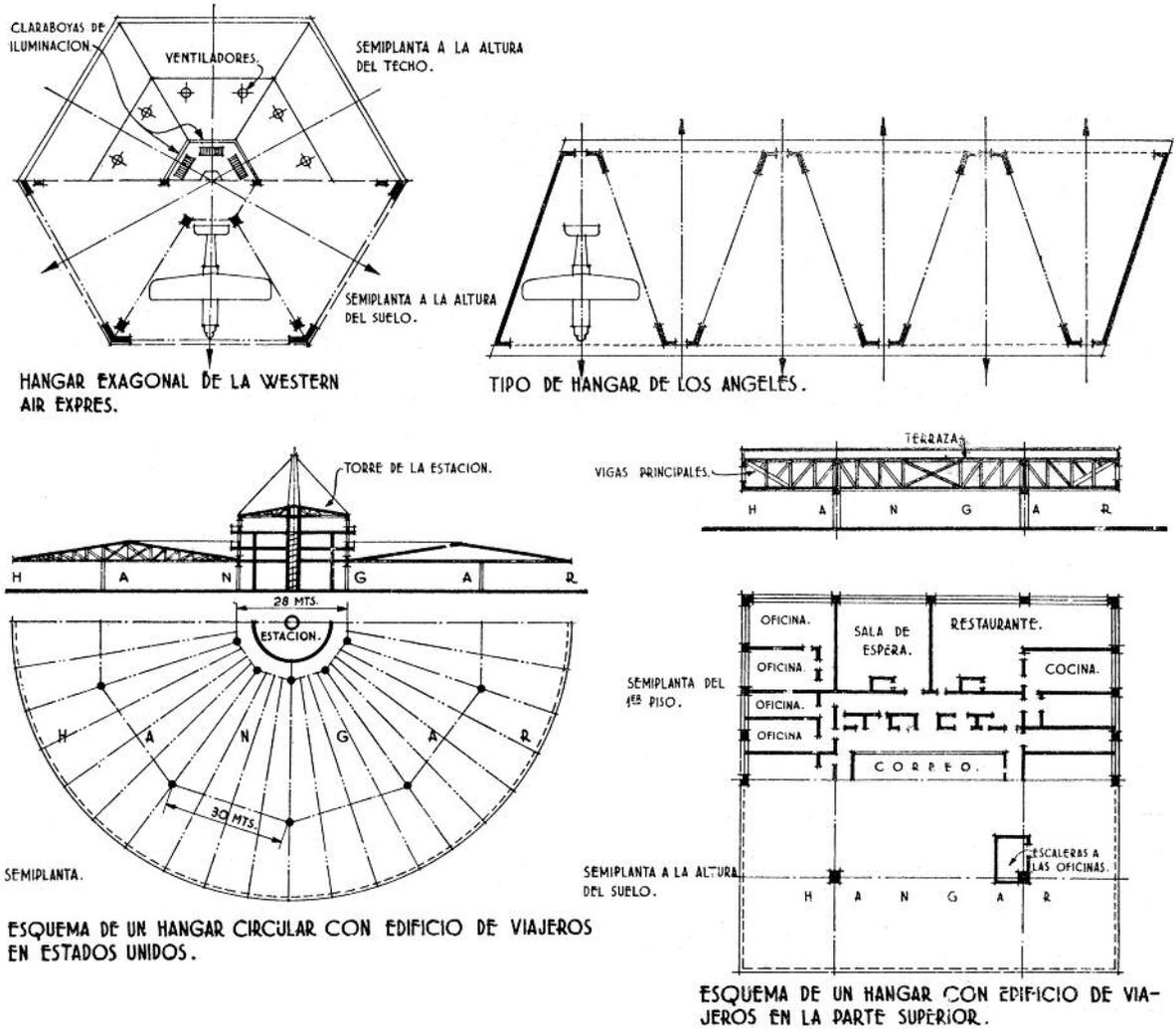


Figura 41.

rial que presenta más amplios horizontes que el material metálico; el relleno del espacio comprendido entre los pies derechos se hace en forma análoga, al caso de estructuras metálicas; las cubiertas, para adaptarse a las grandes luces que en este material son posibles,

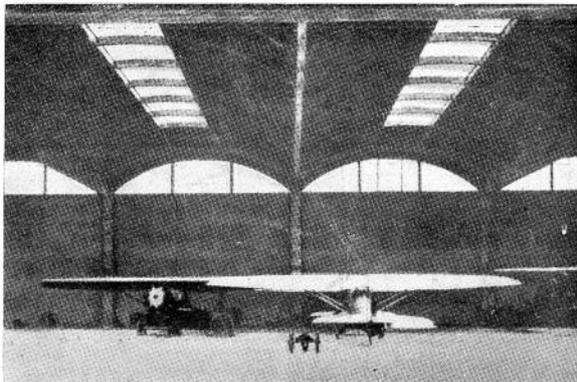


Fig. 42. — Hangares del aeropuerto de Turín.

se construyen, en general, de hormigón armado; el ejemplo de bovedillas del hangar de Turín, que se reproduce en la figura 42, es interesante.

Ejemplo notable de hangar en construcción, es el proyectado para el aeropuerto de Sevilla por nuestro compañero el profesor de la Escuela D. Alfonso Peña, que tiene dimensiones hasta ahora no superadas en estructuras similares y que dan una idea de hasta dónde es posible llegar en construcciones de este tipo; por tratarse de una obra de tan gran importancia, para la cual se han concebido disposiciones verdaderamente interesantes, creemos conveniente dar algunos detalles de ella.

El cobertizo se compondrá de 32 anillos o cerchas de hormigón armado (figuras 43 y 44), que tienen la forma de catenaria normal (fig. 45), con 126 metros de luz en la base y 58 metros de altura en el eje.

Estas cerchas que constituyen la figura antifuncular, de pesos permanentes, están calculadas para las dos hipótesis más desfavorables de empuje del viento: acción normal a la cercha y acción oblicua, con puertas abiertas, que proporciona esta última los mayores momentos flectores.

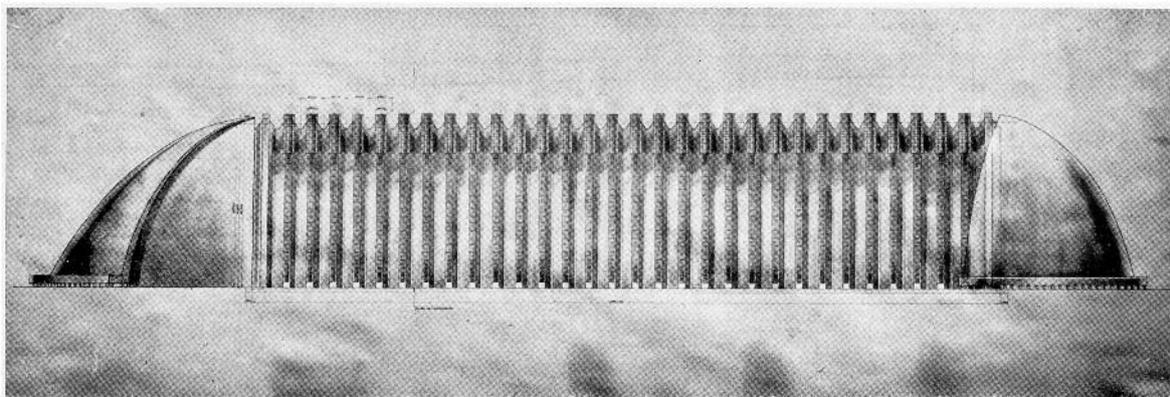


Fig. 43. — Vista lateral de hangar para dos dirigibles tipo Zeppelin, en Sevilla. Proyecto del ingeniero de Caminos D. Alfonso Peña Boeuf.

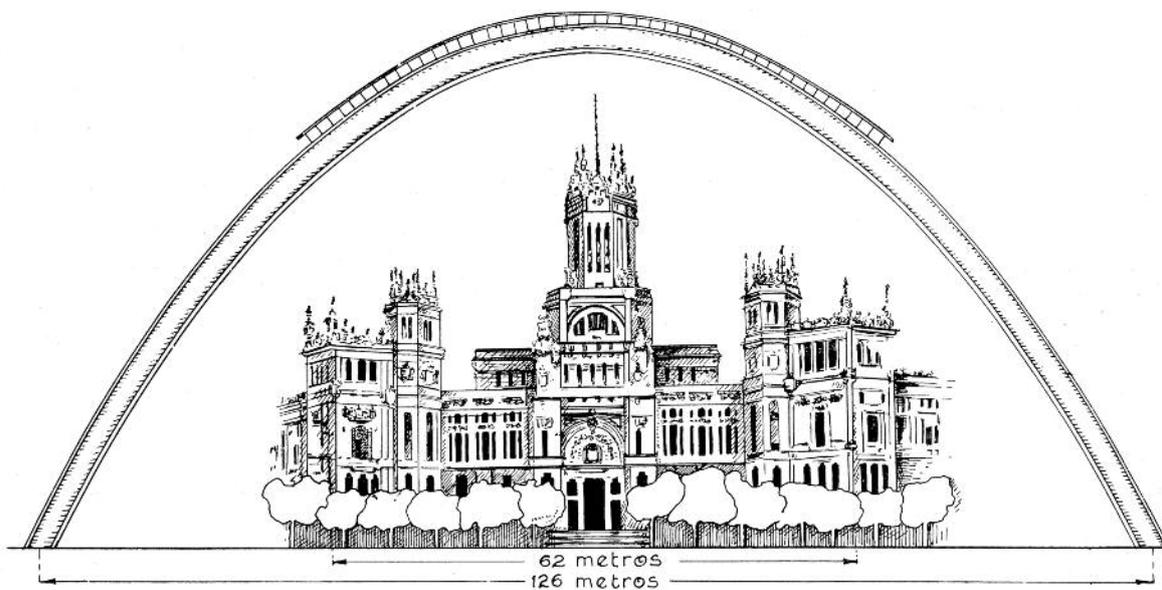


Fig. 45. — Forma y dimensiones de la sección transversal del cobertizo comparada con la Casa de Correos, de Madrid.

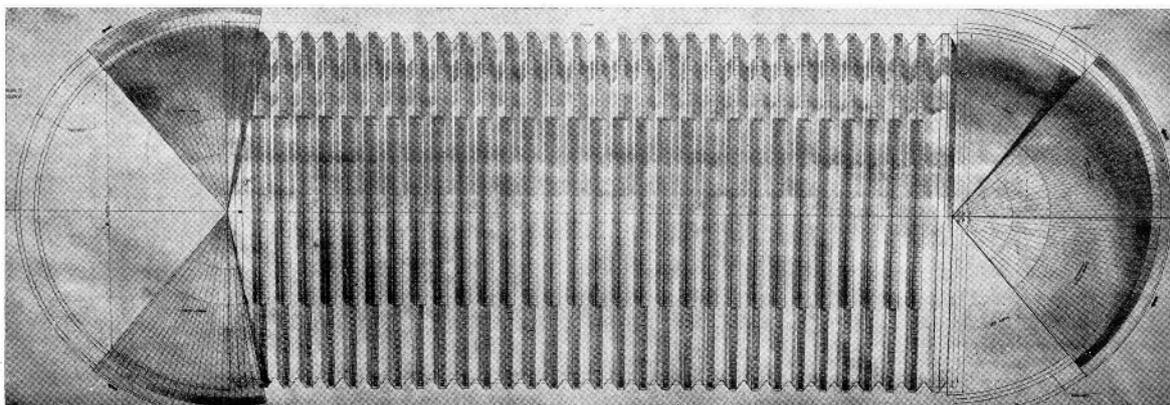


Fig. 44. — Proyección horizontal del cobertizo. En la parte izquierda se ve la posición de los sectores abiertos y en la derecha las puertas cerradas.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

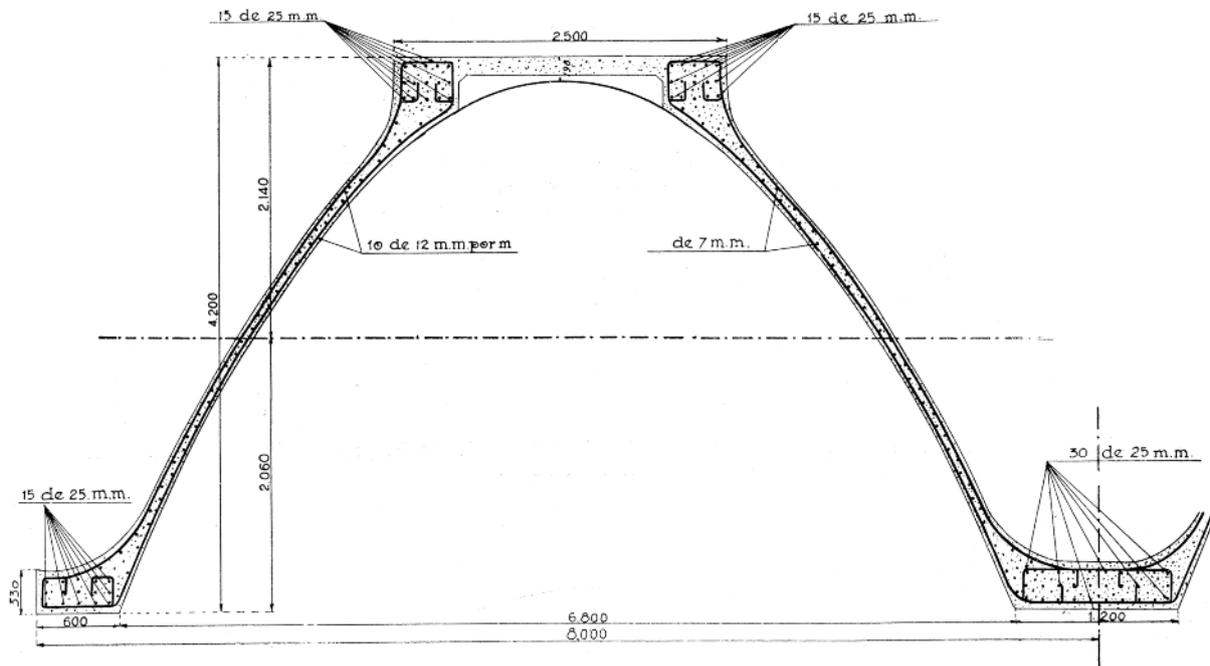


Figura 46.

Con objeto de obtener la mayor resistencia por unidad de volumen, se han proyectado estas cerchas con perfil ondulado, análogo a los hierros Zorés, en que la ondulación transversal es parabólica, según se indica en la figura 46. Cada cercha tiene el ancho de 8 metros de eje a eje, resultando, por tanto, la longitud del cobertizo, en el sentido de la bóveda, de 256 metros.

Con esta disposición se ha podido llegar a una ligereza enorme en la construcción, pues el espesor medio de hormigón, por unidad superficial de bóveda, resulta de 21 centímetros, cifra muy inferior a la conseguida en bóvedas de hormigón armado hasta la fecha, y aceptando trabajo máximo del material, perfectamente moderado (48 kg. c/m.<sup>2</sup>).

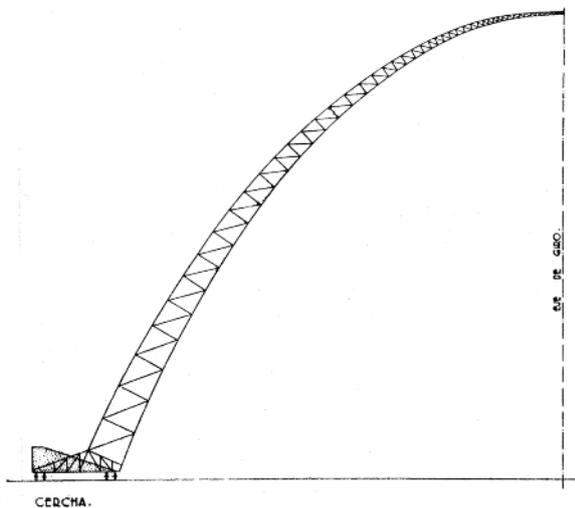


Fig. 47. — Sector móvil de las puertas, que rueda sobre doble vía circular hasta colocarse detrás de los sectores fijos.

En la parte saliente de las cerchas se ha dispuesto vidriera para la iluminación en los dos tercios laterales y abertura para ventilación, con cumbre en el tercio central.

Las puertas de cerramiento de los testeros serán metálicas, y la forma de cáscara de naranja, conforme se recomienda en los aeropuertos, para evitar los remolinos del aire.

Estas puertas constituyen una estructura de gran importancia, pues a pesar de la ligereza con que está calculada toda la construcción, llevan un peso de 3.700 toneladas de acero en perfiles.

La disposición de las puertas es original, pues para la seguridad en el funcionamiento están formadas por cuatro sectores: dos fijos, con un ángulo de 40°, y dos móviles, con ángulo de 45°.

Los sectores fijos anclados en el cimiento, dejan una abertura de 100 metros de la proyección del frente, que es suficiente para la entrada de los dos aeróstatos, y los sectores móviles ruedan sobre un camino de rodadura de la base hasta colocarse detrás de los sectores fijos (fig. 47).

La principal ventaja de estas puertas es que no llevan para su giro ningún eje, sino que el funcionamiento se hace por rodadura, por estar proyectadas, tanto los sectores fijos como los móviles, en forma de estructura volada.

Este cobertizo está destinado a contener en su interior dos aeróstatos del tipo Zeppelin, con las dimensiones del nuevo dirigible que está en construcción.

Aprobado por el Ministerio de Obras Públicas y el de Comunicaciones, está construida la cimentación toda, y en ella se han dejado ancladas las armaduras de la superestructura. La falta de crédito en el presente año ha hecho paralizar las obras.

José Luis ESCARIO  
Ingeniero de Caminos.

# Aeropuertos<sup>1</sup>

Parte fundamental en todo hangar debidamente dispuesto, son las puertas: teniendo que ser directa

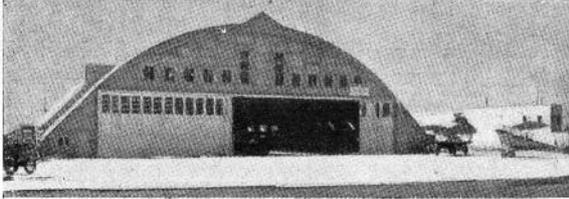


Fig. 48. — Puerta plegable.

la salida de los aparatos desde su sitio de almacenamiento al exterior, se hace precisa la existencia de puertas en todo un frente, o mejor, en dos frentes opuestos, que den salida en cualquier punto a los aparatos colocados delante de ellas, sin causar molestias ni movimiento en los demás aparatos; como dispuestas en esta forma la longitud de puertas es grande, igual a la longitud del hangar, es conveniente para facilitar la maniobra que pueda abrirse solamente el trozo de puerta situado frente al aparato que tratemos de sacar, con independencia del resto. Las maniobras de apertura y cierre deben ser sencillas y rápidas; el mecanismo, sencillo y resistente; deben realizarse las maniobras ocupando el menor espacio posible en el exterior y especialmente en el interior del hangar; las puertas deben ser lo suficientemente resistentes para poderse abrir y cerrar en todo tiempo y teniendo en cuenta los mayores vientos de la localidad.

Los principales tipos de puertas son: *a)* deslizantes; *b)* plegables; *c)* levadizas.

Las puertas deslizantes divididas en trozos inde-

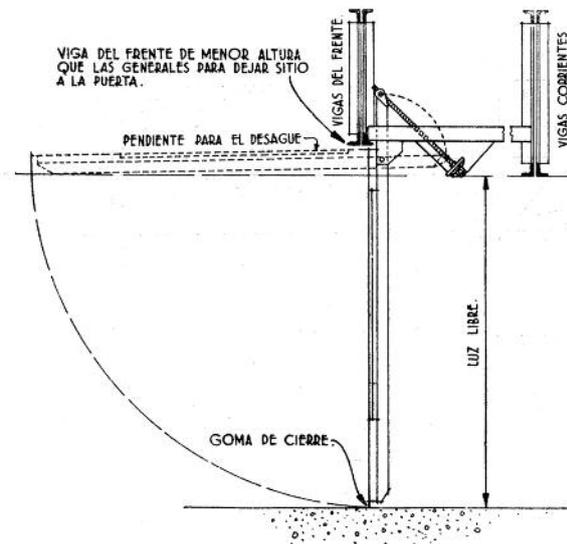


Fig. 49. — Esquema del mecanismo de la puerta dosel.

pendientes de longitud reducida, para que puedan manejarse a mano, y que corren, deslizan, por dos guías horizontales paralelas, dejando abierto el espacio preciso delante del aparato o aparatos que haya que mover; de este tipo son, por ejemplo, las puertas de los hangares del aeródromo militar de Cuatro Vientos; tienen el inconveniente de ocupar siempre un espacio en el frente del hangar, que impide la utilización de la total longitud del vano de puerta. Para evitar este inconveniente, se construyen las puertas plegables, de las cuales puede verse un modelo en la figura 48; en este tipo de puerta, los distintos trozos deslizan a lo largo de las guías, pero al llegar al final de su recorrido, *se pliegan* unos encima de otros, para

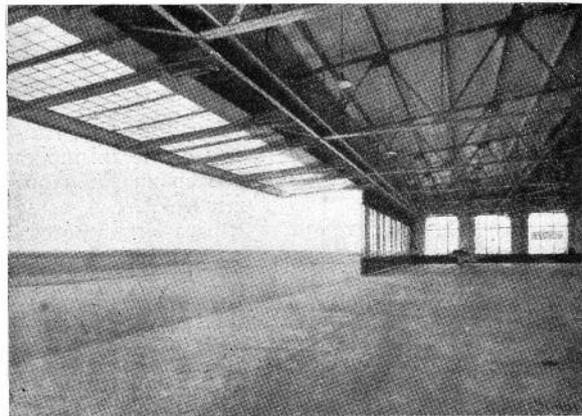


Fig. 50. — Puerta dosel (cannopy) del aeropuerto de Cleveland.

ocupar menos espacio; tiene esta disposición y la anterior el inconveniente de que las puertas deben deslizarse en guías o carriles colocados en la superficie del firme y que se pueden ensuciar, haciendo difícil el deslizamiento de las partes móviles; para evitarlo, se ha recurrido al empleo de puertas levadizas; el mayor inconveniente con que se tropieza para la construcción de puertas que simplemente se eleven, es que los hangares se construyen, en general, de un solo piso, procurando reducir su altura al mínimo, lo cual lleva a disposiciones constructivas en las que la altura total del hangar es ligeramente superior a la altura de la puerta; no es posible tener, por tanto, en general, espacio en la estructura, para que la puerta se eleve verticalmente, dejando libre el vano preciso y para alojar la estructura se ha recurrido, como excelente solución, a una disposición en la que el giro tiene lugar alrededor de un eje horizontal colocado en la parte superior de la puerta; la puerta abierta queda formando un dosel por la parte exterior del hangar, que aumenta la superficie utilizable cubierta; un esquema del mecanismo puede verse en la figura 49,

<sup>1</sup> Véase el número anterior, pág. 205.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

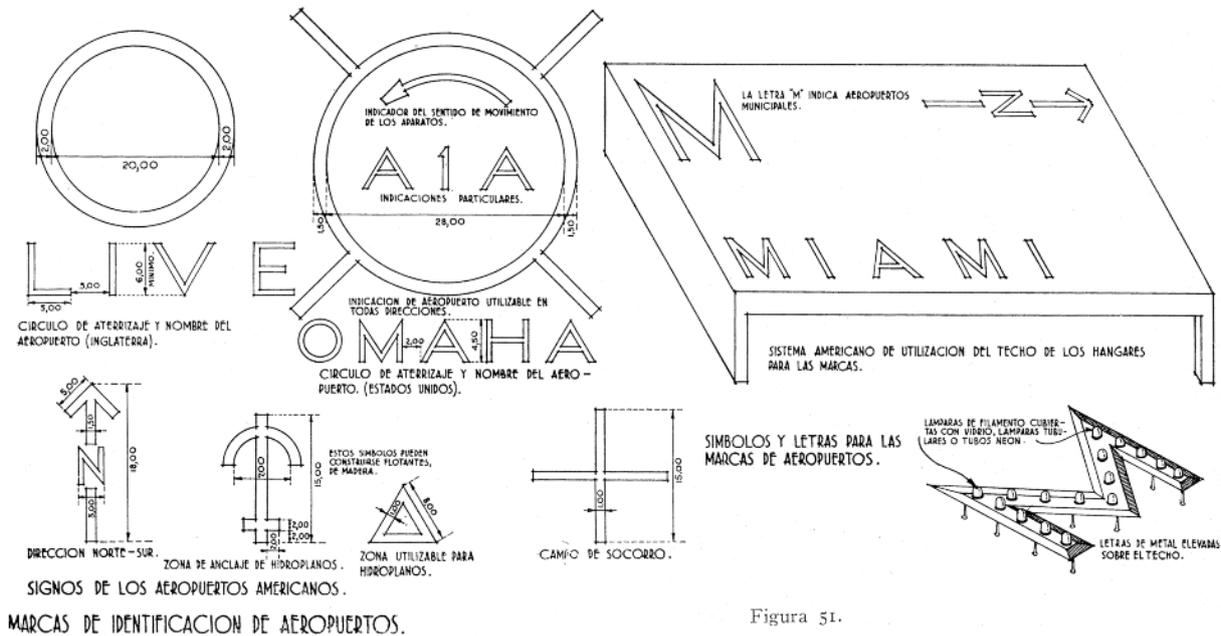


Figura 51.

y una fotografía de las puertas elevadas en un hangar en Cleveland, en la figura 50; el mecanismo es sencillo, pues consiste simplemente en un sinfín que obliga, cuando gira, a que la puerta se eleve, como puede apreciarse en la figura 49; para lograr un cierre completo por la parte inferior, las puertas tienen una goma en la arista inferior; en la fotografía de Cleveland, las puertas son encristaladas, de acuerdo con el sistema americano de iluminación.

**Marcas.** — Las marcas sirven para que el piloto, en vuelo, pueda saber el nombre y condiciones del aeropuerto que va a utilizar o del camino que ha de

seguir para alcanzarlo; las marcas, por tanto, pueden ser: primero, de aeropuertos; segundo, de ruta. Unas y otras pueden ser utilizables de día o de noche.

En general, las marcas pueden ser:

- Para el aeropuerto:
1. Identificación y características del aeropuerto.
  2. Nombre de la ciudad.
  3. Indicadores de viento.
  4. Límites del campo; obstrucciones.
  5. Dirección del viento.
- Para la ruta:
1. Indicadores de ruta, con distancia al aeropuerto.

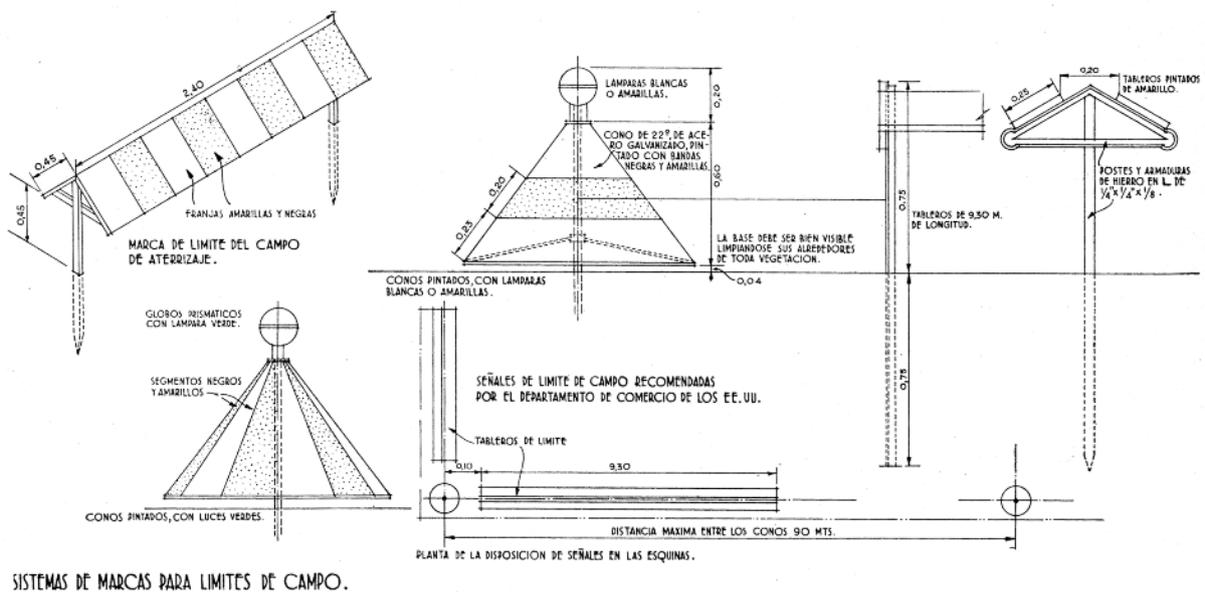
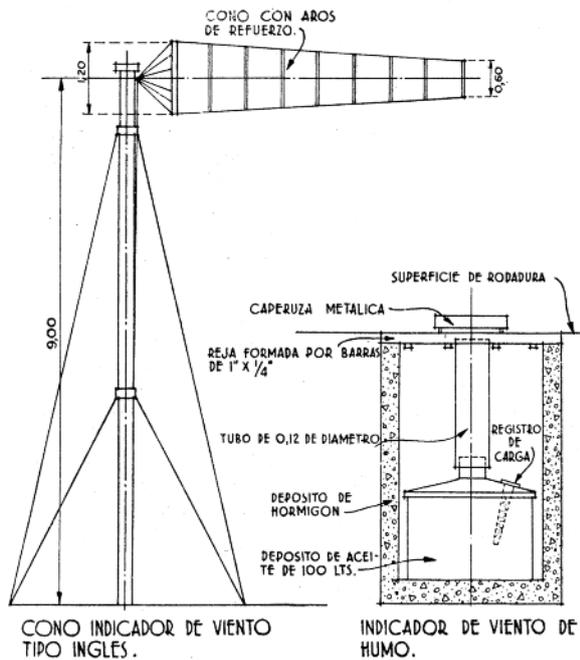


Figura 52.



INDICADORES DE VIENTO.

Figura 53.

6. Indicadores de la situación de aeropuertos auxiliares (auxilio o abastecimiento).

7. Marcas de aeropuertos auxiliares.

Las marcas, de las cuales pueden verse distintos ejemplos en la figura 51, deben ser visibles desde el aire, a una altura, por lo menos, de 600 metros; estas condiciones obligan a unas dimensiones mínimas; por ejemplo, los ingleses fijan los mínimos de 6 metros para el alto y 4,80 metros para el ancho; los americanos construyen las letras de dimensiones comprendidas entre 3 y 9 metros; para el tamaño de 3 metros, la menor separación entre las letras debe ser de 4,50 metros y el grueso de 0,90 metros.

Cuando los letreros y marcas se construyen en el suelo, es preciso limpiar cuidadosamente de hierba y vegetación los alrededores, para que el letrero quede bien visible desde el aire; las letras se construyen abriendo unas zanjas de pequeña profundidad, que se rellenan con mampostería, o mejor con hormigón, igualándose y pintándose de blanco o amarillo la superficie.

En América hay la costumbre de utilizar los techos de los hangares o edificios próximos al aeropuerto, para colocar indicaciones de aeropuerto o de ruta. Las letras y marcas, de los mismos tamaños que se indican para el caso de colocarlos en el suelo, pueden pintarse directamente encima de los techos; este sistema tiene el inconveniente de que las marcas desaparecen cuando nieva; para evitarlo, se construyen letras metálicas que se colocan de 0,30 a 0,60 metros sobre el techo; se suelen pintar de amarillo, color que resulta muy visible en la nieve.

Las distintas marcas de límite de campo y obstrucciones pueden verse en la figura 52; se suelen pintar en franjas alternativamente negras y amari-

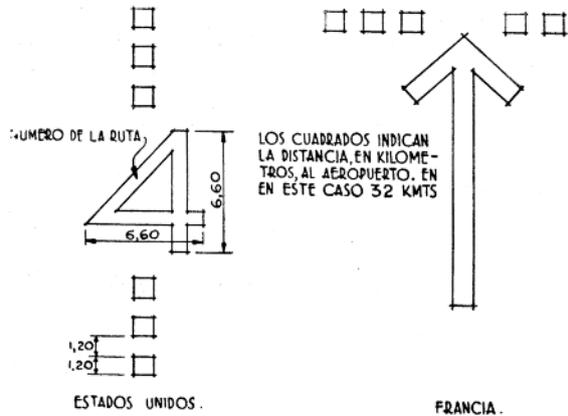
llas; esta combinación de colores resulta la más conveniente para la visibilidad desde el aire; deben colocarse en todo el perímetro del campo, con una separación máxima de 90 milímetros.

**Indicadores de viento.**— El más corrientemente empleado es la manga a cono de viento, que puede verse en la figura 53; es el tipo de señal de viento que se emplea, por ejemplo, en nuestro aeropuerto de Barajas; para que sean visibles de noche, se emplean mangas que pueden iluminarse.

El humo se emplea, como indicador de viento muy útil, por ser visible desde el aire más fácilmente que la manga; se emplea para producirlo un recipiente que, con la disposición que en la figura 53 puede verse, se coloca en el centro del campo; la elección del color del humo es importante; el humo blanco, bien visible sobre campos oscuros, no lo es en tiempo de niebla y nieve; se puede escoger el combustible apropiado para lograr humo del color oscuro o claro, según cada caso.

Los recipientes son de una capacidad de 100 litros y sirven para doce a quince horas.

Existen otros tipos de indicadores de viento, formados por armaduras metálicas, que, como veletas, se orientan en la dirección del viento; son menos sensibles que los indicadores anteriores, pero tienen la



MARCAS DE RUTAS AEREAS.

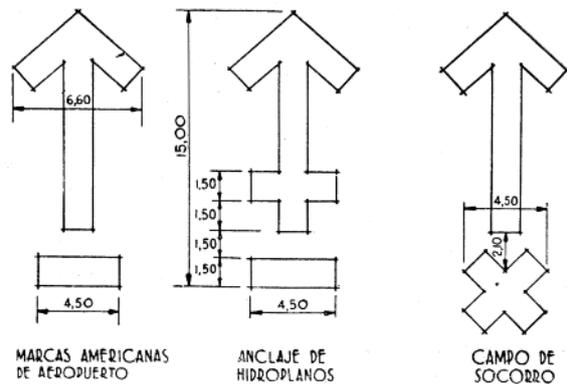


Figura 54.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

ventaja de poderse iluminar de noche; sirven para velocidades de viento superiores a 5 ó 6 kilómetros por hora.



Figura 55.

**Indicadores de ruta.** — Se colocan en el techo de los edificios de gran altura, o bien en zonas convenientes del terreno, para que puedan resultar visibles desde el aire; sirven para jalonar la ruta aérea de servicio regular, orientando debidamente a los pilotos

con respecto a la dirección a seguir y a las características de distancia a recorrer, aeropuertos de abastecimiento o socorro próximos, etc.

Diferentes clases de marcas pueden verse en la figura 54; las precauciones que es necesario adoptar para su construcción son similares a las precisas para las marcas de aeropuertos.

En todas las naciones donde existe un importante servicio aéreo regular, hay un número de rutas aéreas, debidamente establecidas y jalonadas, donde el piloto no solamente puede en cada momento orientarse en forma adecuada, sino que sabe con los elementos con que cuenta para el caso imprevisto de un accidente.

**Torres de mando.** — El jefe del aeropuerto vigila el movimiento de éste y da las órdenes oportunas desde torres de mando colocadas en un emplazamiento que domine la mayor extensión de terreno y hangares; en estas torres se concentran los aparatos de radio, meteorológicos, altavoces, etc. Las torres suelen construirse con una armadura metálica y cristal, para darlas la mayor visualidad posible. En la figura 55 puede verse un modelo de torre de un aeropuerto americano.

**José Luis ESCARIO,**  
Ingeniero de Caminos.

“Proyecto del aeropuerto terminal de San Pablo, en Sevilla”

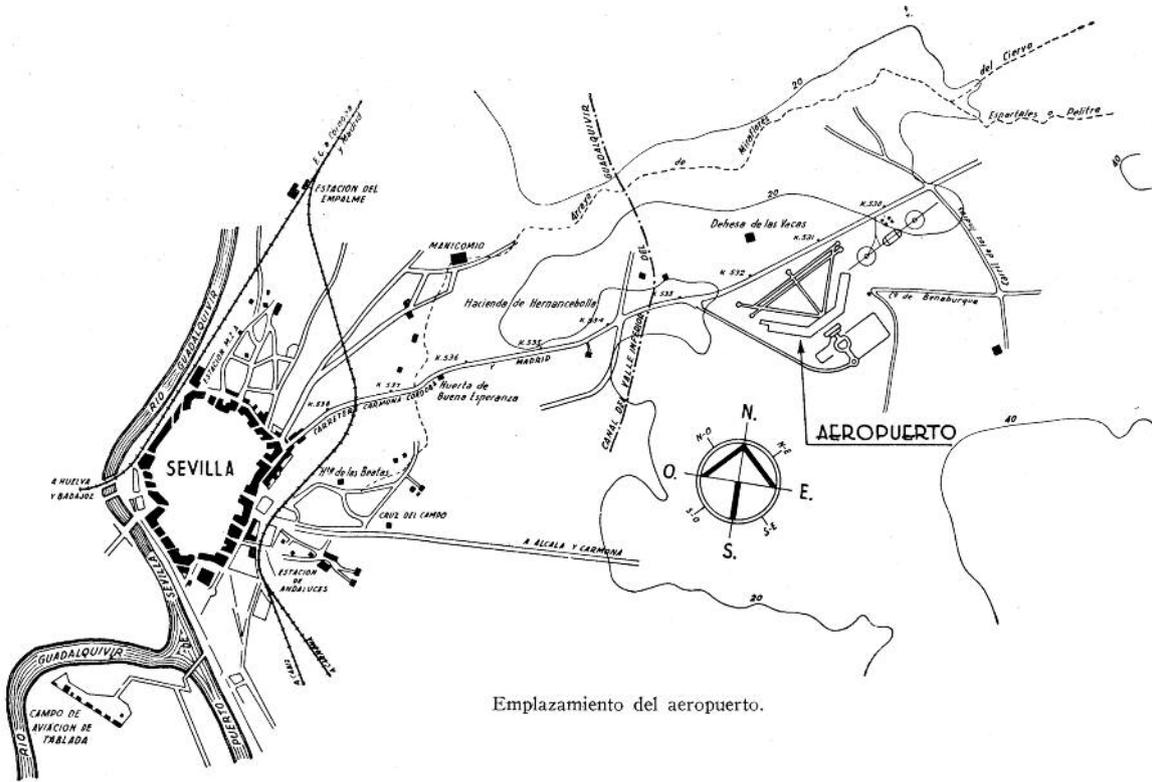
Antonio Martínez Cattáneo

*Revista de Obras Públicas* vol. 84, tomo I,  
nº 2.693, año 1936, pp. 195-199

vol. 84, tomo I, nº 2.694, año 1936, pp. 214-218



# Proyecto del aeropuerto terminal de San Pablo, en Sevilla



Emplazamiento del aeropuerto.

## Condiciones y datos.

No nos corresponde a nosotros hablar de las posibilidades de tráfico y económicas que permitan establecer en Sevilla un aeropuerto terminal de tal envergadura. Sobre esto se ha discutido y escrito mucho. El presente proyecto consiste en un estudio de lo que puede ser un aeropuerto de este tipo, pero con un plan ambicioso y sin limitación en cuanto al presupuesto.

Tampoco se van a hacer aquí consideraciones generales ni disquisiciones sobre las materias de cada uno de los elementos que integran el aeropuerto, sino



Poste de amarre, de 16,50 m. de altura.



Armaduras para el anclaje de la superestructura del gran hangar de dirigibles, cuya cimentación está ya construída.

solamente justificar su elección. Las ideas directrices han sido expuestas recientemente aquí mismo por los profesores de la Escuela D. Eduardo de Castro y D. José Luis Escario.

*Emplazamiento.* — Este será el que actualmente ocupa en el Cortijo de San Pablo, situado a 8 km. al ENE. de Sevilla, junto a la carretera de Madrid a Cádiz (km. 530 a 533).

*Construcciones existentes.* — Está hecha la explanación del campo de vuelos. La estación de amarre para dirigibles formada por: el poste fijo de 16,50 m., una pequeña fábrica de hidrógeno por el método Schuckert (químico), de una capacidad de 225 metros cúbicos hora, un compresor de 80 CV. y hasta 150 atmósferas, una instalación de 1 000 botellas de acero para almacenar 100 metros cúbicos de gas a 150 atmósferas y un gasómetro, inutilizado en las pruebas.

También está construída la entrada y portería junto a la carretera Madrid-Cádiz, así como la cerca metálica del campo. Del gran hangar proyectado por D. Alfonso Peña, están construídos los cimientos.

**CONDICIONES METEOROLÓGICAS.** — *Nieblas.* — Las condiciones de visibilidad, que son muy buenas en San Pablo por estar en una gran llanura, vienen favorecidas por la circunstancia de que las nieblas no son frecuentes en Sevilla, pues el número de días nublados no llega a veinte al año, y aun en todos ellos no deja de salir el sol por lo menos algunas horas.

*Vientos.* — En la figura 4.<sup>a</sup> se da un gráfico resumen de los vientos en Sevilla durante los años 1928 a 32. Se observa el predominio de los vientos flojos del SW.

*Lluvias.* — Son interesantes para el estudio del drenaje, para lo cual lo es sobre todo el de los aguaceros. Estos pueden estudiarse sobre las bandas de los pluviógrafos. En el Observatorio de Sevilla se conservan pocas, pero, por ejemplo, para la máxima lluvia diaria registrada, de 120,2 mm. se comprueba que en menos de tres horas cayeron más de 100 mm.

*Clases del terreno.* — Este está formado por una capa superior de espesor variable de 50 a 80 cm. de tierra suelta arenosa y muy permeable, una capa intermedia de arcilla compacta en 1 m. de espesor, y otra capa inferior de arcillas más sueltas en 10 ó 12 m.

**Dimensionado de los elementos, disposición general y ubicación del aeropuerto.**

En los párrafos siguientes vamos a explicar la marcha que hemos seguido para obtener las dimen-

siones de todo lo fundamental del aeropuerto, la disposición general de éste, y el proceso de ubicación del mismo dentro de los terrenos correspondientes.

*Pistas.* — Debido a las condiciones del terreno del aeropuerto, en especial los días de lluvia, es preciso disponer pistas adecuadas para el despegue y aterrizaje de los aparatos. Se ha fijado una longitud mínima de 800 m. y un ancho de 30 m.

En cuanto a su dirección, desde luego se precisa de un modo inmediato una pista en la dirección de los vientos dominantes, o sea NE.-SW. Pero también son frecuentes los vientos en las direcciones N.-S. y E.-W., por lo que hay que disponer pistas en esas direcciones. Por otro lado, será muy conveniente a pesar de la poca frecuencia de sus vientos, establecer otra pista aunque sea con el mínimo de longitud, en la dirección SE.-NW. Con esto dispondremos de todas las direcciones posibles de viento para el despegue y aterrizaje.

*Hangares.* — Se impone para obtener un mayor

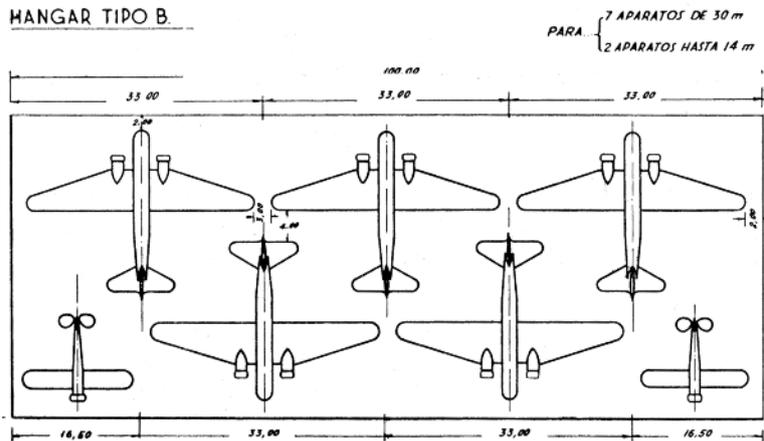


Fig. 1.<sup>a</sup> — Ejemplo de dimensionado de un hangar y disposición de los aparatos.

rendimiento de los mismos y mejor servicio en el aeropuerto, hacer una clasificación de los mismos según los distintos tipos de aparatos. Para ello necesitamos primeramente elegir estos tipos y la capacidad del aeropuerto para el albergue de cada uno de ellos. Así tenemos:

| Tipo del aparato o aeronave.                 | Número de aparatos. | Tipo del hangar. | Número de hangares. |
|--|---------------------|------------------|---------------------|
| Dirigibles LZ 127 y LZ 129 . . . . .         | 2                   | Dirigibles.      | 1                   |
| Anfibios de 66 m. de ala . . . . .           | 4                   | "A"              | 2                   |
| A. grandes, de 30 m. (Douglas)               | 10                  | "B"              | 2                   |
| A. medianos, de 22 m. (Fokker)               | 20                  | "C"              | 4                   |
| A. particulares, de 12 m. (Kinner) . . . . . | 30                  | "D"              | 4                   |
| A. P. alas plegables, de 9 m.                | 60                  | "E"              | 3                   |

Como el número de hangares es bastante grande, conviene para reducir la longitud ocupada, a la par que se obtiene una mejor utilización del hangar, que éstos se dispongan normalmente al campo, con puertas a ambos lados.

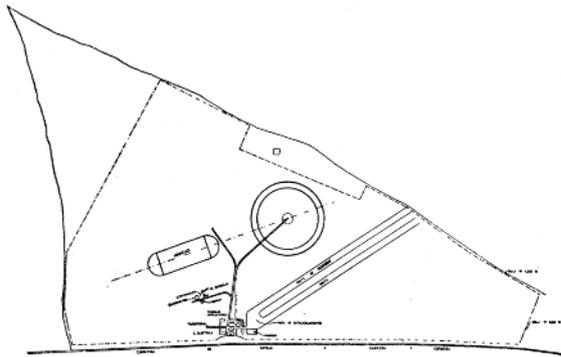


Figura 2.<sup>a</sup>

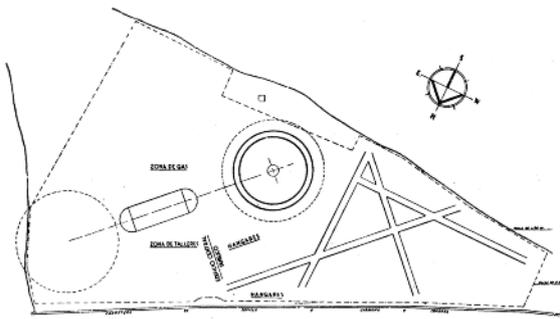


Figura 3.ª

Conocidos los gálibos (3), las dimensiones de cada hangar se fijan fácilmente dibujando los aparatos que ha de contener cada uno (fig. 1.ª).

Imposibilidad de situar el aeropuerto dentro de los terrenos del Cortijo de San Pablo, limitado por el

obliga a trasladar todas estas instalaciones al otro lado del hangar para dirigibles.

El público que ha de acudir el día de una fiesta, está situado de tal manera con relación al sol, después del mediodía, que no puede ver nada. Igual le sucederá a diario al oficial que a esas horas preste servicio en la torre de mando.

El acceso al aeropuerto en la forma actual, tan inmediato a la carretera general, provocaría seguramente interrupciones en el tráfico el día de una fiesta.

Se presenta además la imposibilidad de colocar una segunda torre o poste de amarre.

Todo esto nos lleva a situar los elementos del aeropuerto en la forma que se observa en la figura 4.ª, saliéndonos en parte del cercado actual. La distribución de estos elementos resulta así, después de una serie de tanteos, y su disposición particular se explica más adelante.

*Aeropuerto marítimo.* — Se ha hecho un croquis (figura 5.ª), de un estanque mínimo para hidros, con 3 000 metros en la dirección de los vientos dominan-

PROYECTO DE AEROPUERTO TERMINAL DE SAN PABLO EN SEVILLA

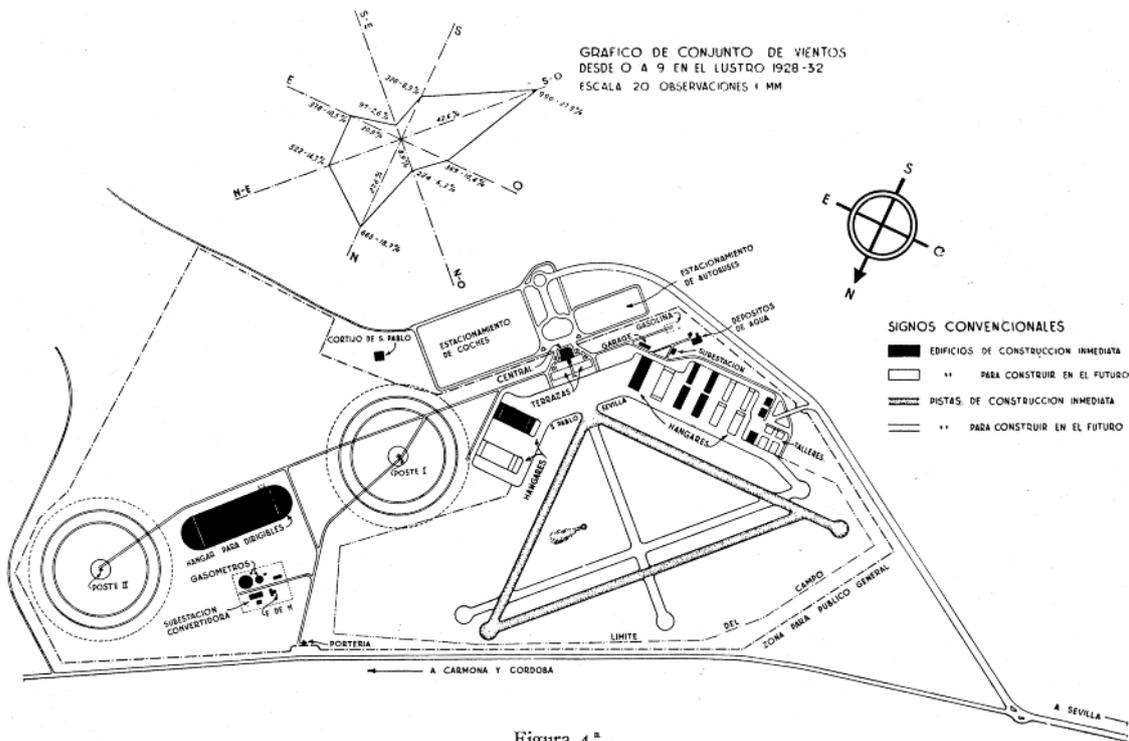


Figura 4.ª

*actual cercado.* — Hemos intentado acoplar los distintos elementos antes determinados, de un modo análogo al actual proyecto (fig. 2.ª) y así tenemos (figura 3.ª), que:

No hay suficiente espacio para los hangares.

Éstos quedan muy mal colocados con relación a las pistas de despegue, y muy lejos algunos de la de estacionamiento.

El edificio central y la zona de público quedan peligrosamente cerca de las fábricas de gas, lo que

tes, y 2 000 metros en la de los menos frecuentes. Se observa así la gran superficie de terreno que se ocupa, lo que unido a la tendencia actual a construir los grandes aparatos del tipo anfíbio, nos ha decidido a prescindir del aeropuerto marítimo artificial.

En el número próximo terminaremos la descripción de los diversos elementos del aeropuerto.

Antonio MARTINEZ CATTANEO,  
ingeniero de Caminos.

PLANO DEL AEROPUERTO CON ESTANQUE ARTIFICIAL PARA HIDROS

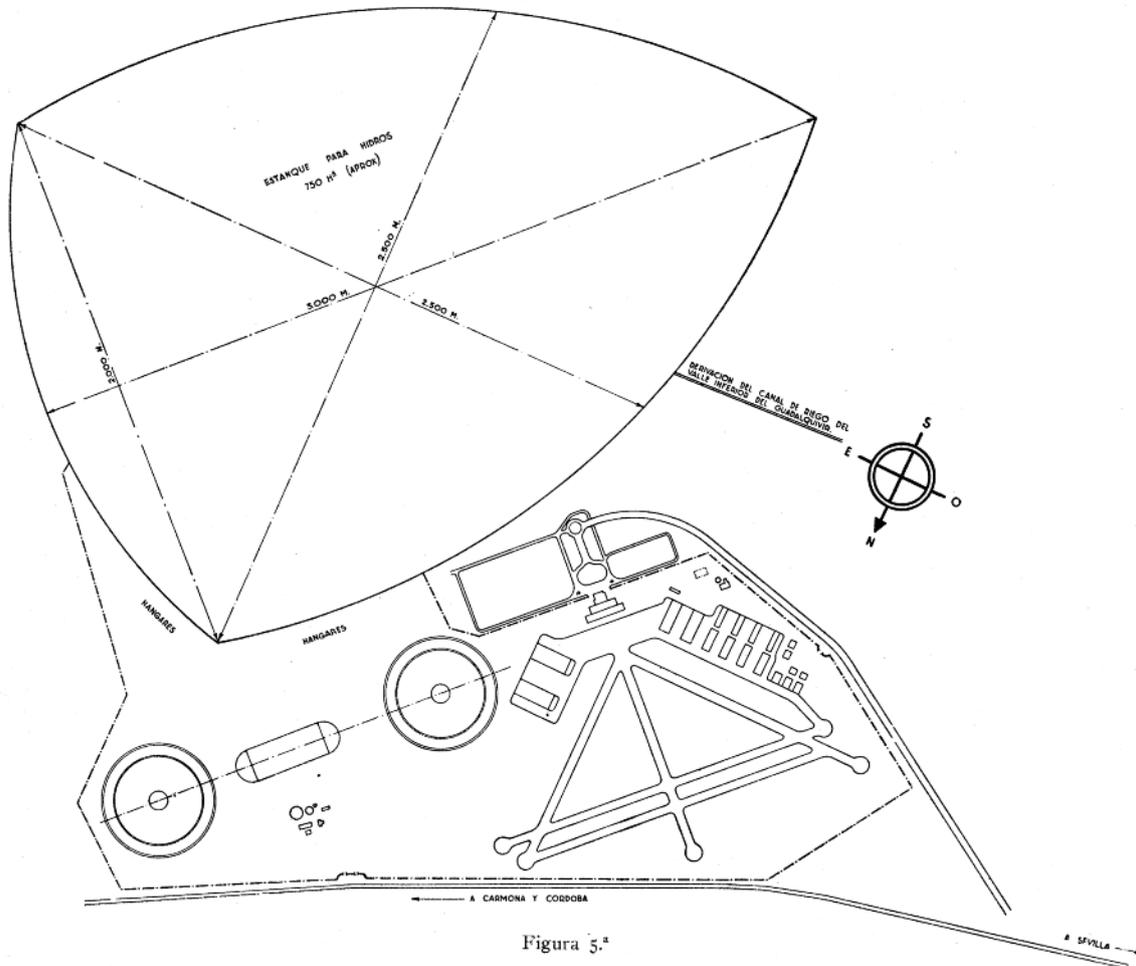


Figura 5.<sup>a</sup>

# Proyecto de aeropuerto terminal de San Pablo, en Sevilla<sup>1</sup>

## II

### Disposición particular de los diversos elementos que constituyen el aeropuerto.

*Terreno.* — No se hace ninguna preparación del mismo, fuera de la explanación en la zona exterior a la ya realizada.

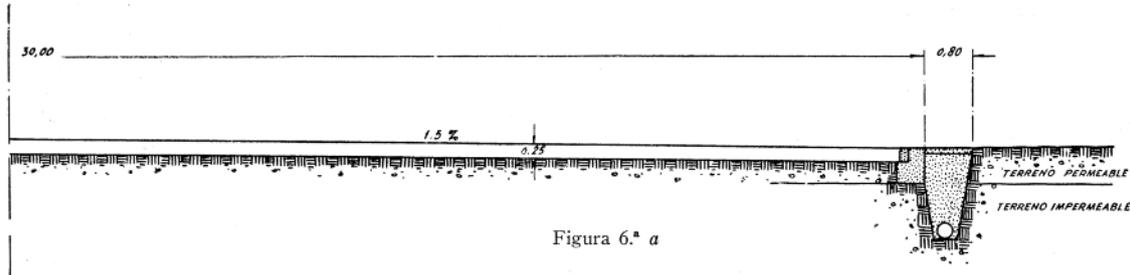


Figura 6.ª a

### Pistas.

*Pistas de despegue y aterrizaje.* — Tienen 30 metros de anchura y unos círculos de 60 metros en sus extremos para permitir el giro de los aparatos. Sus longitudes son:

| Dirección de la pista. | Longitud total metros. |
|------------------------|------------------------|
| NE-SW                  | 1 200                  |
| NE-SW                  | 1 320                  |
| N-S                    | 875                    |
| E-W                    | 1 000                  |
| NW-SE                  | 815                    |

*Pista de estacionamiento.* — Se ha proyectado muy amplia, pues es de gran importancia que así lo sea. Tiene 100 metros de anchura y 300 de longitud por su parte más corta.

*Pistas de acceso a los hangares.* — Tienen también 30 metros de anchura; corren por delante de los hangares, siguiendo las direcciones N-S y E-W hasta la pista de Estacionamiento. Entre los hangares se dejan sus correspondientes muelles.

*Firme.* — En San Pablo se registran variaciones de temperatura de 60° C. En estas condiciones, los firmes a base de cemento tendrán un mal resultado. Esto nos lleva a un firme asfáltico, pero que no sea muy caro. Proyectamos, pues, el firme de macadam asfáltico formado por guijo grueso aglomerado con betún asfáltico por medio de un riego profundo y con un riego superficial posterior.

*Disposiciones especiales.* — El firme de las pistas queda limitado por un bordillo de hormigón que descansa sobre un cimiento de hormigón pobre, moldeado "in situ", para llegar a la capa de arcillas (figuras 6.ª a y 6.ª b). La zanja de drenaje va cubierta con piedra partida gruesa, que en su parte superior se une ligeramente por medio de un riego de betún asfáltico.

*Edificio central.* — Se proyecta reunir todos los

servicios en un edificio central. Su distribución es la siguiente:

Planta de sótanos: Equipajes, mercancías, aduana, almacenes, cocina, calefacción, carbón, lavabos, duchas y cuartos para los empleados.

Planta entresuelo (fig. 7.ª): Hall, información y

turismo, billetes, cambio, correos, telégrafos, teléfonos, comedores, salón, aduana de viajeros, clínica de urgencia, lavabos, tocador, despacho de equipajes, oficinas de líneas aéreas y tiendas.

Planta primer piso (fig. 8.ª): Hotel, servicio de radio y meteorológico, dirección, administración y oficinas del aeropuerto.

Planta terraza: Solamente tiene unos cuartos para

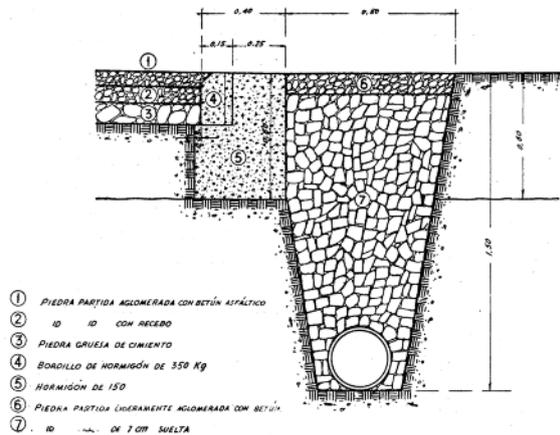


Figura 6.ª b

empleados y una parte acotada para los aparatos del servicio meteorológico.

*Público.* — Se disponen para el público dos terrazas delante del edificio central, con una superficie total de 6 250 m.<sup>2</sup> Además se tienen también las terrazas del edificio.

*Hangares.* — Los aparatos se disponen en los hangares, de modo que puedan entrar y salir individualmente, sin mover los demás.

Las estructuras principales de los hangares se construirán de hormigón armado. Las puertas serán metálicas, del tipo "deslizantes", con cristales en su parte superior para la iluminación.

Se prevé en cada hangar un puente-grúa, así como un pequeño taller anejo, en el que se pueden hacer

<sup>1</sup> Véase el número anterior, página 195.

algunas reparaciones sin necesidad de acudir a los talleres generales.

*Talleres.* — Se disponen en cuatro naves o edificios independientes, lo que permite una fácil ampliación o construcción parcial y una clasificación del trabajo. Es muy conveniente, y así se ha dispuesto, un acceso directo desde la avenida a la zona de talleres.

*Garaje.* — Se proyecta un garaje para los automóviles de servicio del aeropuerto.

*Accesos al aeropuerto* (figs. 4.<sup>a</sup> y 9.<sup>a</sup>). — Subsiste el antiguo acceso, junto a la carretera de Sevilla-Carmona. Ahora pasa a ser secundario, y se empleará para el servicio del hangar de dirigibles, las fábricas de hidrógeno y subestación convertidora.

de la fiesta, parten casi simultáneamente, constituyendo una corriente de circulación intensísima.

También se ha estudiado la conveniencia de ensanchar a 12 metros la carretera desde Sevilla hasta el nudo de la avenida.

*Estacionamiento.* — Para tener un buen tráfico, tanto a la llegada como a la salida, es necesario no sólo disponer amplios accesos, sino también un bien acondicionado "parking".

Surge en seguida la conveniencia de separar los coches de los autobuses, no sólo por su distinto tamaño, sino principalmente porque su forma de utilización es muy diferente.

Se ha estudiado la colocación de los estaciona-

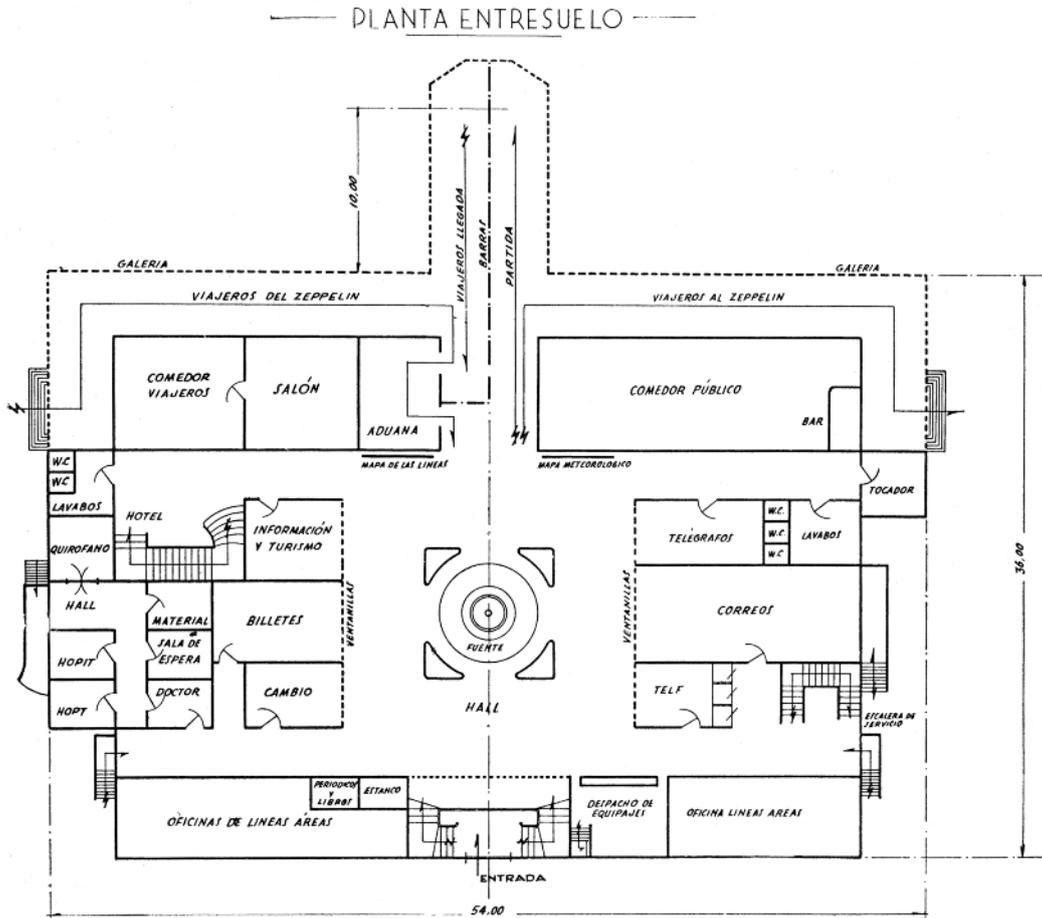


Figura 7.<sup>a</sup>

La avenida principal se desvía de la carretera general. Tiene dos calzadas de 12,50 metros, separadas entre sí de un modo efectivo por unos macizos de arbustos rodeados de un bordillo. Desde la glorieta circular, la avenida se ensancha hasta 15 metros en cada dirección. Luego se bifurcan y vienen con 30 metros de anchura frente al edificio central.

Lo que nos obliga a disponer de tan amplios accesos no es, lógicamente, el tráfico diario del aeropuerto, sino el que se produce el día de una fiesta aérea, en el que se vuelcan materialmente en aquél millares de automóviles, los cuales, sobre todo al fin

mientos sobre la base de direcciones única y sin puntos de cruce, y se llega a la conclusión de que para ello *es preciso un paso a distinto nivel*. Se proyecta así el paso al estacionamiento de automóviles por medio de un paso inferior.

La capacidad de los "parking" es de 4 500 coches y 500 autobuses.

Estacionamientos y accesos están dibujados en la figura 9.<sup>a</sup> Los caminos de acceso tienen 10 metros de calzada, 7 metros el paso inferior y 6 y 8 metros los caminos entre coches y autobuses, respectivamente.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

*Firmes.* — La avenida principal y los dos caminos situados a ambos lados del edificio central y terrazas, tienen un firme de macadam asfáltico aglomerado por riego profundo.

Todos los demás caminos llevan un firme de macadam ordinario con tratamiento superficial.

La toma se hace en el canal del valle inferior del Guadalquivir. La conducción, por tubería de fundición, pero sin presión.

Se proyecta un depósito elevado a 25 metros de altura sobre una estructura tubular de hormigón armado, con una capacidad de 100 m.<sup>3</sup>, consumo diario

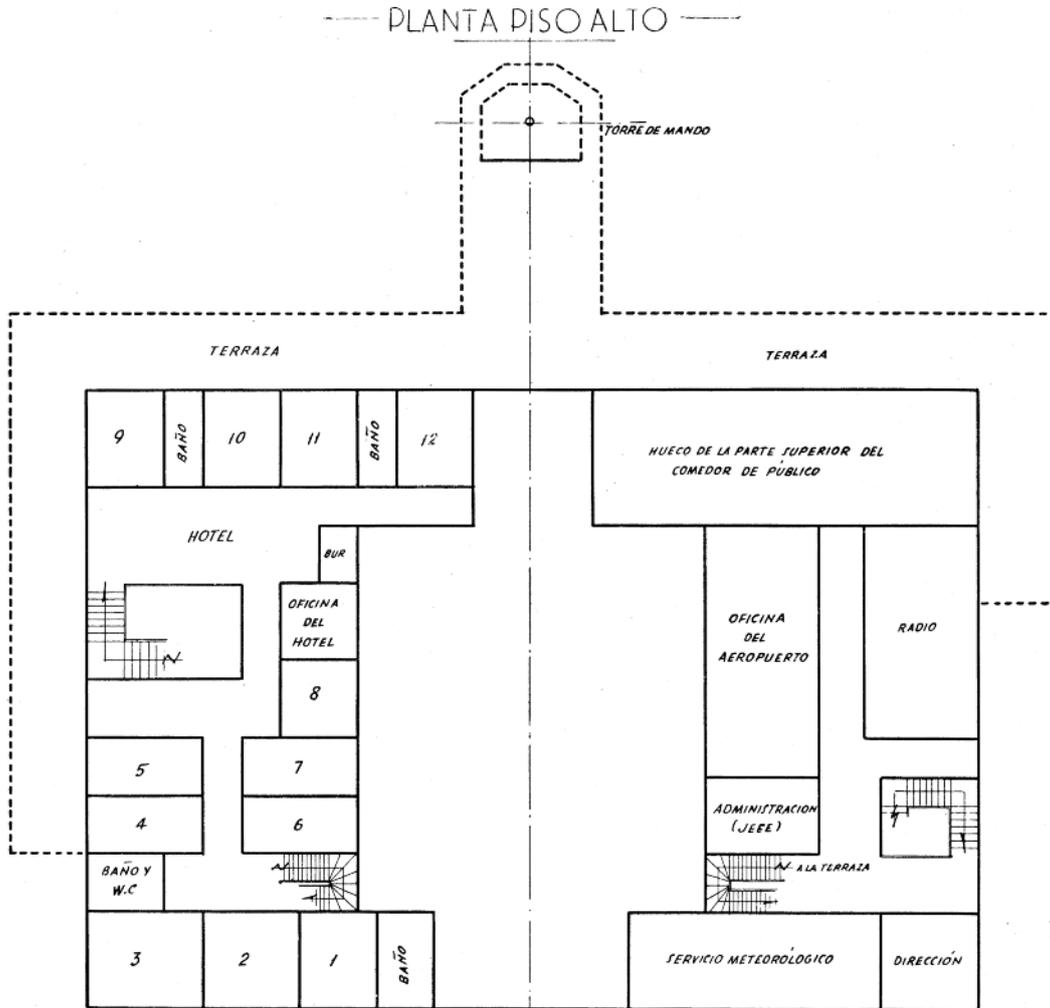


Figura 8.<sup>a</sup>

*Abastecimiento de gasolina.* — Se ha hecho un tanteo que nos da un consumo semanal de 78 000 litros, y se proyectan tres depósitos de 40 000 litros, que se construirán sucesivamente. Son cilíndricos, metálicos y enterrados. Se sitúan apartados de las zonas de más tráfico del aeropuerto, y por medio de conducciones enterradas se lleva el combustible a los surtidores colocados junto a la pista de estacionamiento.

*Aceite.* — El dirigible gasta en cada viaje 35 000 litros de aceite pesado. Dispondremos un depósito de 40 000 litros junto al hangar de dirigibles.

Hay que disponer también unos pequeños tanques para almacenar el aceite lubricante.

*Abastecimiento de agua.* — No es este elemento del proyecto específico de un aeropuerto, por lo que sólo citaremos sus características esenciales.

del aeropuerto. El depósito inferior semienterrado es de 1 500 m.<sup>3</sup>

Para la depuración del agua se proyecta una instalación de cloramina al pie del depósito elevado. Como no es preciso depurar toda el agua del abastecimiento, sino solamente la que ha de emplearse para fines potables, se hace la cloración a parte del agua al bajar del depósito, y se dispone un depósito de 10 m.<sup>3</sup> en la terraza del edificio central para el agua clorada.

*Alumbrado y señales del campo.* — Constituye una parte esencial y genuina del aeropuerto. Será eléctrico, formando parte de la red que más adelante describiremos.

Disponemos en primer lugar un *faro de posición* de 3 millones de bujías, lo que supone unos 1 500

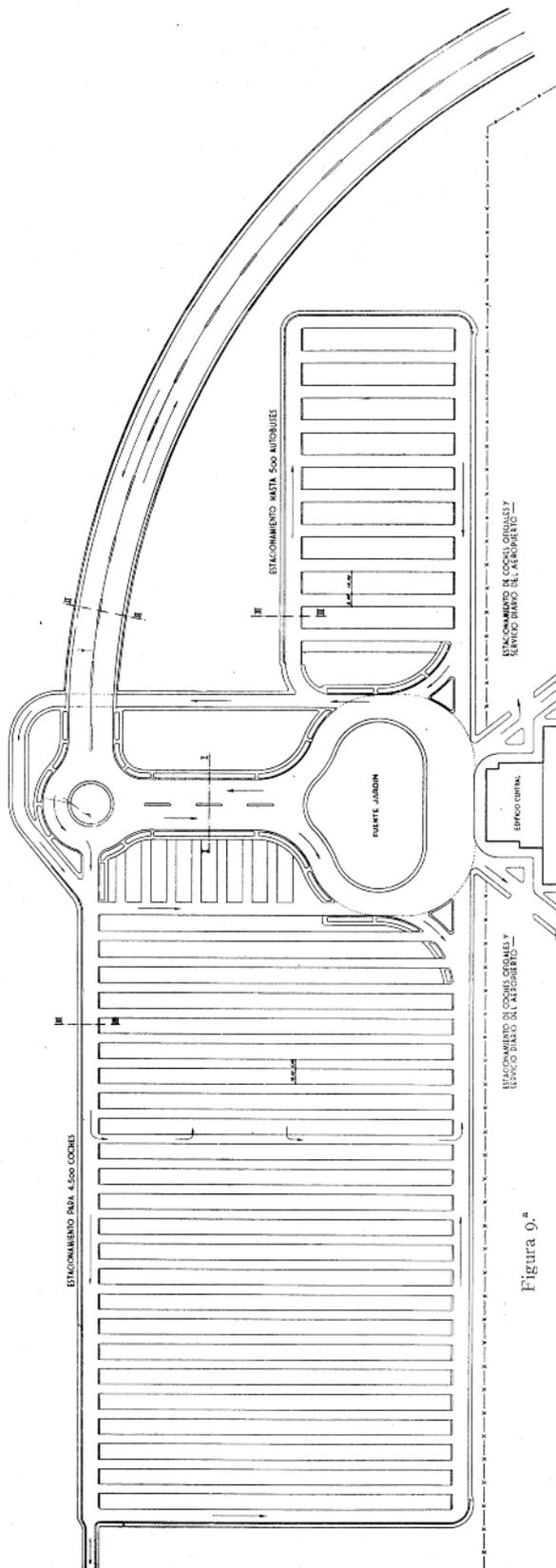


Figura 9.ª

watios; la tensión conveniente es de 30 voltios. Estará provisto de un dispositivo automático de cambio de lámpara.

Marcamos todo el *límite* del campo por medio de luces amarillas colocadas cada 90 metros. Estas luces son lámparas de 1 000 lúmenes, y van instaladas en unos conos pintados de negro y amarillo. Las luces de *obstrucción* se colocan en los edificios; son iguales, pero rojas. Todas estas lámparas van conectadas en serie con intensidad constante de unos 6 amperios; esta es la ventaja de ponerlas en serie, pero en cambio hay que disponer dispositivos de puesta fuera de circuito cuando alguna se rompa.

Para el alumbrado propiamente dicho del campo, se prevén cuatro grupos de *proyectores*, tres de ellos para iluminación de las pistas y el cuarto para los muelles de estacionamiento. Son grupos de 20 kilovatios, y su tensión 115 voltios.

Se proyectan para el aeropuerto dos *indicadores de viento*, uno de humo que sólo sirve durante el día y otro mecánico formado por una T que se ilumina por medio de 14 lámparas verdes de 100 w. conectadas en serie.

Para medir la *altura de las nubes* se proyecta una instalación ordinaria con un proyector de 300 w.

*Red eléctrica.*— Podemos decir aquí lo mismo que del abastecimiento de agua, con excepción de la parte de alumbrado y señales del campo, que ya hemos descrito. Los servicios que comprende además la red eléctrica son: Fábrica de hidrógeno (electrolizadores y destilación), compresor, hangares (iluminación, puente-grúa y taller anejo), abastecimiento de agua, gasolina y aceite, talleres generales, garaje, poste de amarre y edificio central; con un total de 1 040 kw. instalados en corriente continua y 2 800 kVA. en corriente alterna.

Las instalaciones de alumbrado y señales del campo constituyen redes especiales; para las demás, la tensión en baja será de 380/220 v., lo que permite conectar el alumbrado a las mismas líneas (entre fase y neutro) que los motores, pues así se reducen las líneas al mínimo, lo que es económico porque son subterráneas y relativamente costosas.

La energía se recibe en alta tensión de 15 000 v., suministrada por la Compañía Sevillana de Electricidad.

En estas condiciones podemos constituir la red a base de: una subestación de transformación y convertidora colocada junto a la fábrica de hidrógeno. Salvo ésta, el hangar de dirigibles, los tipos A y las torres, el resto queda muy lejos para llevar la energía en baja, por lo que habría que llevarla a 3 000 v. y en una subestación secundaria transformarla.

Resulta preferible disponer: una subestación convertidora con unos pequeños transformadores para los servicios cercanos, junto a la fábrica de hidrógeno, y una subestación de transformación para todos los demás servicios situada junto a los hangares B. Estas subestaciones están formadas por:

Subestación convertidora: Grupos convertidores de 1 040 kw. (total) y dos transformadores de 150 kVA., 15 000/380-220.

Subestación de transformación: tres transformadores de 350 kVA., 15 000/380-220; un transformador de 100 kVA., 15 000/3 000 (proyectores) y un grupo de reserva, motor diesel-generator, de 500 c. v.

*Estación de radio.*— Es precisa una estación emisora y receptora de radio de bastante potencia, puesto

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

que la categoría del aeropuerto y el radio de alcance de los aparatos previstos así lo exige.

*Radiofaros.* — También se proyecta un radiofaro de tipo giratorio, y para algunas líneas fijas, cuando se establezcan, uno o varios radiofaros de dirección.

**Presupuesto y construcción.**

*Presupuesto.* — El presupuesto general del aeropuerto es de unos 24 millones de pesetas, con las siguientes partidas:

|  | Pesetas.   |
|--|------------|
| Obras de pavimentación y drenaje . . . . .                     | 5 620 000  |
| Hangares de aviones . . . . .                                  | 3 610 000  |
| Talleres y garaje . . . . .                                    | 220 000    |
| Abastecimiento de agua. . . . .                                | 150 000    |
| Edificio central y terrazas . . . . .                          | 1 070 000  |
| Instalaciones eléctricas . . . . .                             | 1 800 000  |
| Hangar de dirigibles . . . . .                                 | 10 000 000 |
| Otros servicios (fábricas, combustible,<br>etcétera) . . . . . | 1 000 000  |
|  | 23 470 000 |

*Construcción parcial* — Sobre el plan de conjunto que constituye el proyecto del aeropuerto, pueden construirse en una primera etapa los elementos más necesarios y que sean suficientes para llenar las inmediatas exigencias de un tráfico que, todavía muy pequeño hoy, ha de desarrollarse con enorme rapidez.

## BIBLIOGRAFÍA

(1) "Sevilla, aeropuerto terminal de Europa", Tomás Martín-Barbadillo.

(2) "Aeropuertos". Resumen de las conferencias dadas en la Escuela de Caminos.

(3) "The Aircraft Year Book". 1935. Aeronautical Chamber of Commerce of America.

**Antonio MARTÍNEZ CATTANEO,**  
**ingeniero de Caminos.**

“Comentarios a un proyecto de Aeropuerto  
Terminal de San Pablo, de Sevilla”

Tomás de Martín Barbadillo

*Revista de Obras Públicas* vol. 84, tomo I,  
nº 2.698, año 1936, pp. 288-289



## Comentarios a un proyecto de Aeropuerto Terminal de San Pablo, de Sevilla

En los números de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, correspondientes a 15 de mayo y 1.º de junio pasados, y firmados por el distinguido ingeniero de Caminos D. Antonio Martínez Cattáneo, han aparecido bajo el mismo título de estos renglones, dos notables artículos comprensivos de un estudio del más alto interés sobre tema de verdadera importancia, cual es el del Aeropuerto Terminal de Europa.

Para quien, como el firmante, viene dedicando preferentísima atención, desde más de trece años al problema del Aeropuerto Terminal — que no podrá radicar sino en Sevilla —, es por demás grato comprobar que en el Cuerpo de Caminos personalidades como nuestro querido amigo José Luis de Casso y ahora el Sr. Martínez, se ocupan de hacer ambiente en pro de un interés nacional hartamente descuidado por el Estado español.

Como en las primeras líneas del trabajo en cuestión se elude voluntariamente el entrar en las posibilidades o no que existan, tanto de tráfico como económicas, en orden al establecimiento de un Aeropuerto de gran importancia en Sevilla, vamos a esbozar el problema en sólo dos palabras.

Ya ahora mismo, el "Zeppelin" es un agente de transporte a grandes distancias y preferentemente sobre el mar, tan seguro como práctico. Y, en las rutas de América del Sur, Cuba y Norteamérica, la situación geográfica de Sevilla es magnífica. Se halla, en efecto, en el arco de círculo máximo a Buenos Aires. De Sevilla a Cuba, por la porción del Atlántico de mejor meteorología, 7 000 kilómetros, que se pueden hacer en dos días y medio. Finalmente y también por factores meteorológicos, que para la navegación por dirigibles son decisivos, la ruta de Nueva York, partiendo de Sevilla, es hartamente favorable que la del Oeste de Francia-Terranova, de los grandes transatlánticos. Es tan verdad esto que decimos, que tenemos a la vista un documento interesantísimo, debido a la amabilidad de nuestro querido amigo el Comandante del "Hindenburg" señor Lehmann, que es la hoja de ruta del colosal "zeppelin" en su segundo viaje a Norteamérica realizado en mayo pasado, en la que aparece que, no obstante haber partido de Frankfort, a 50º de latitud Norte, hacia Lakehurst (Aeropuerto de dirigibles al Sur de Nueva York), que se halla a unos 39º de latitud, o sea grado y medio más al Norte de Sevilla, el "Hindenburg" hubo de descender hasta los 38º en busca de tiempo menos detestable que el que encontró en esa travesía, perdiendo así bastantes kilómetros sobre la ortodrómica Frankfort-Nueva York. Partiendo de Sevilla, hubiera podido seguir casi el paralelo 38, cerca del apoyo de las Azores, y con mucha mejor meteorología.

Esto en cuanto a tráfico por dirigible, que si nos referimos a hidros gigantes y anfibios, aunque el factor meteorológico influya menos, el geográfico es trascendental. Y Sevilla, prácticamente al nivel del mar, con salida natural al Océano por el Guadalquivir, sin exigir alturas de vuelo superiores a medio centenar de metros — extremo importante para los

despegues a máxima carga de las aeronaves transatlánticas que tengan por delante travesías del orden de doce o quince horas — y a 70 kilómetros del mar (lo que supone un cuarto de hora de vuelo de avión rápido y poco más de media hora de "zeppelin"), es Aeropuerto geográficamente natural de término del Continente europeo y cabeza de línea de los servicios de África y las tres Américas.

De meteorología no hemos de hablar, pues ya en el estudio que comentamos (coincidiendo estos datos con los publicados en nuestro libro "Sevilla Aeropuerto Terminal de Europa"), se especifica la incomparable situación de Sevilla. Otro detalle curioso, que creemos inédito: el "Hindenburg" tomó tierra en Lakehurst el 20 de mayo, a las once de la mañana, con viento de 12 metros por segundo, o sea unos 43 kilómetros por hora. Pues bien, en Sevilla son rarísimos los días que sopla viento superior a esta velocidad al nivel del suelo, pudiéndose prácticamente aterrizar y despegar en nuestra ciudad, en "zeppelin", trescientos cincuenta días al año, lo que no ocurre probablemente en ninguna otra ciudad del mundo situada en las grandes arterias de tráfico aéreo.

De aquí deducimos el concepto de Aeropuerto Terminal, que no es otro que el lugar de transformación del tráfico disperso continental en unificado transatlántico o intercontinental y viceversa.

A Sevilla llegarán en su día (un plazo de algunos años, pocos) los aviones y autogiros, tanto de los servicios regulares como privados, para trasbordar el pasaje, correo y mercancías a los hidros o anfibios gigantes, del orden de las 80 ó 100 toneladas y a los super-zeppelines de 300 000 metros cúbicos, recogiendo a la inversa el tráfico procedente de ultramar para llevarlo a destino en Europa.

Sería pueril pensar que todo el tráfico vaya a converger en Sevilla, pero sí una fracción interesante del mismo, que si los españoles nos preocupamos un poco — y por eso vemos con júbilo que prestigiosos ingenieros de Caminos se interesen en el problema — llegará nuestro Aeropuerto a tener en su día verdadera importancia internacional. Del aspecto económico basta decir que la organización de los servicios transatlánticos es empresa de docenas de millones de gastos e ingresos.

Volviendo al interesante estudio que motiva este artículo, hemos de decir — sin autoridad alguna para ello, es cierto — que encontramos muy bien estudiado el por nosotros llamado en nuestra obra "plan máximo", que desarrolla el señor Martínez, dotado del doble Aeropuerto de dirigibles y terrestres (y acaso anfibios), y las instalaciones y servicios que precisa un Aeropuerto de la importancia que deberá tener el Terminal de San Pablo, dentro de algunos años.

Estudiando detenidamente el proyecto, vamos a permitirnos formular algunas objeciones que el señor Martínez no tomará en sentido de crítica, sino de colaboración en un empeño, repetimos, de interés nacional.

En la figura 4.ª, que contiene el plan general del

proyecto total de Aeropuerto Terminal de San Pablo — número de 15 de mayo de 1936, página 197 —, observamos que el emplazamiento, tanto de la zona edificada del Aeropuerto como del cerramiento previsto para estacionamiento de coches, se hallan un poco demasiado próximos a la zona de aterrizaje de "zeppelines" en días de viento N. y E., que cuando soplan en invierno suelen ser de cierta intensidad.

El rebufo producido por el aire en esas construcciones y las ascencias térmicas en verano, pueden entorpecer la maniobra de aproximación de un coloso del aire al poste número 1, u obligar a un transporte a brazo del aeroplano, que debe ser lo más corto posible siempre. Precisamente, uno de los puntos flacos del dirigible es este de la toma de tierra y despegue a día y hora fijos, y por ello los accesos a los postes de amarre, con toda clase de vientos, deben estar lo más despejado posible.

Notamos también la ausencia de una vía que de los postes (que podrán ser transportables) lleve el dirigible hasta el interior del propio cobertizo.

En el mismo plano de conjunto nos parece observar que la zona de cobertizos de aviones está un poco cerca de la pista situada en sentido E-W., pudiendo también molestar remolinos dinámicos o térmicos la maniobra de despegue y toma de tierra de aparatos en esa pista.

A su vez, la pista establecida en sentido N-S., que sólo tienen 875 metros de longitud (es de observar que en Sevilla hay bastantes días de viento Sur y en invierno de viento Norte), es un poco corta, si se tiene en cuenta la "sombra" de la zona edificada que sólo deja un pasillo como prolongación de esa pista de unos 100 metros de anchura — en el que puede haber remolinos y rebufos perturbadores —, algo estrecho para aviones que llegarán y pasarán de los 60 metros de envergadura.

La figura 3.<sup>a</sup>, en la que establece el señor Martínez un proyecto de Aeropuerto menos completo y ambicioso, es verdad, nos parece que en bastantes

años y sin salirse del terreno actual existente, podría cumplir ampliamente las aspiraciones del Terminal Europeo de San Pablo.

Finalmente, en la figura 5.<sup>a</sup> aparece un colosal estanque artificial para hidros, que también se nos antoja demasiado grande para el objeto posible que habría de llenar. En efecto, ya ahora mismo los magníficos cuatrimotores "Martin-130", de la línea transpacífica yanqui, que pesan 22 toneladas largas, despegan en menos de un kilómetro, en condiciones medias de temperatura y estado higrométrico, que en Sevilla es excelente. Los dispositivos hipersutentadores, hélices de paso variable y motores de alto rendimiento, hacen el milagro. Con una milla marina (1852 metros) y accesos despejados en sentido de los vientos dominantes, será más que suficiente para la maniobra, despegue y amaraje de los grandes hidros de 80 ó 100 toneladas. Es interesantísimo a la navegación transatlántica disponer a dos pasos del mar y en buena situación geográfica y meteorológica de un estanque de este estilo, de aguas siempre tranquilas y desprovistas de obstáculos en la superficie o semi-sumergidos como hay en los puertos. Un par de centenares de hectáreas sería suficiente para un estanque del orden del proyectado.

Y basta ya de objeciones y reparos hechas por un profano a un proyecto tan magníficamente estudiado y planeado, como es el del señor Martínez Cattáneo.

Mucho le agradecemos el honor que nos ha hecho de leer a fondo nuestra obra y citarla en primer término entre la bibliografía que ha utilizado para su estudio.

Ahora, a hacer ambiente en favor del Terminal de Sevilla, que no es una quimera, sino nada menos que la contribución que puede prestar España al magno problema de la comunicación intercontinental y transatlántica por medio de más ligeros y más pesados que el aire.

**Tomás DE MARTÍN BARBADILLO.**

“El puerto de la zona franca de Cádiz”

José Ochoa y Benjumea

*Revista de Obras Públicas* vol. 102, nº 2.868,  
abril de 1954, pp. 165-169

vol. 102, nº 2.869, mayo de 1954, pp. 217-222

vol. 102, nº 2.871, julio de 1954, pp. 325-331

vol. 102, nº 2.872, agosto de 1954, pp. 394-402

vol. 102, nº 2.873, septiembre de 1954, pp. 449-452



# EL PUERTO DE LA ZONA FRANCA DE CÁDIZ

Por JOSE OCHOA Y BENJUMEA,  
Ingeniero Director de la Zona Franca.

*Interesante ha de ser para nuestros lectores el conocimiento de lo que será el Puerto de la Zona Franca de Cádiz, cuyos antecedentes se describen con clara amenidad en este primer artículo, que llega a determinar razonadamente las necesidades que ha de satisfacer ese Puerto.*

## I

### Los primeros estudios.

#### ANTECEDENTES.

Una mañana del mes de mayo de 1948, me encontré Director del Puerto de la Zona Franca de Cádiz; de un puerto que, naturalmente, no existía. Me dió posesión del cargo el que entonces era Director General de Puertos y hoy lo es de nuestra Escuela, el Ilmo. Sr. D. Luis Martín de Vidales, quien, después de honrarme de tal manera, regresó a sus habituales ocupaciones, dejándome abandonado a mis propias fuerzas. Y digo abandonado, porque me encontré solo, en una población desconocida, frente a una bahía más desconocida aún, sin oficina adecuada, sin auxiliares técnicos ni administrativos de ninguna clase, sin útiles de trabajo, sin nada, absolutamente nada. Digo mal; disponía de una pluma estilográfica y del propósito decidido de no defraudar a quien en mí depositó su confianza para la realización del puerto previsto en el Protocolo Franco-Perón de 9 de abril de aquel mismo año, cuya ejecución se juzgaba de tal urgencia que, caso extraño en los anales de la construcción en obras públicas, ya se disponía en caja de cien millones de pesetas para dicha obra, cuando ni siquiera sabíamos ni lo que nosotros mismos queríamos hacer.

Mientras se resolvía en el Ministerio el envío de Ingenieros y Ayudantes, se encargaban tableros de dibujo, taquímetros, niveles y demás útiles de trabajo, y se empezaba a organizar una pequeña oficina administrativa a base de un personal de urgencia; comencé a tomar en serio mi tarea y a preocuparme por el conocimiento de esa bahía, en la que aún no sabía dónde habría de construirse el puerto. Porque

éste era el gran problema a resolver; ¿en qué lugar de la bahía de Cádiz debía construirse la Zona Franca?

Quise conocer lo que pensaban los antiguos, porque éstos, que no vivían tan de prisa como nosotros, tenían más tiempo para pensar las cosas, supliendo con su ingenio y paciencia los medios de que hoy disponemos nosotros para discurrir más de prisa, aunque quizás no siempre tan bien, y en su virtud me leí, disfrutando, la información abierta por el Ayuntamiento de esta ciudad en 1864 sobre "El emplazamiento del Puerto de Cádiz", editada en la imprenta de D. José Rodríguez. Lástima grande que no pueda glosar como se merece tan interesante publicación; pero para ello, y para otras cosas, tendría que renunciar a estos artículos y sustituirlos por un libro, que ni tengo ganas de escribir ni si lo escribiera lo leerían más allá de una docena de personas. A esta lectura, añadí la de la "Memoria sobre la limpia de la Bahía de Cádiz", de D. Eduardo Benot, publicada en 1885; el informe del Ingeniero Jefe de la Provincia, D. Carlos María Cortés, que lleva fecha de agosto de 1863; "Cádiz en la Guerra de la Independencia", de D. Adolfo de Castro, editado en esta ciudad en 1862; el estudio sobre "Cádiz y su Bahía en el transcurso de los tiempos geológicos", de D. Juan Gavala; el "Viaje a España", de Antonio Pons, publicado en 1784, y otras publicaciones sobre el mismo tema, sin desdeñar leerme "Cádiz", de Galdós, aunque a algún técnico le parezca absurda tal clase de información.

Mientras un equipo de topógrafos levantaba planos y otros especialistas trataban de darnos una impresión de la naturaleza del subsuelo en grandes zonas de posible ubicación del puerto, traté de digerir todo lo que tuve que leer en muy poco tiempo. Y de cuanto leí, deduje que tampoco en cuestiones de ubicación de puertos hay nada nuevo bajo el sol, por-

que cuando hace cerca de cien años se trataba de la ubicación del puerto de Cádiz, se glosaban ya por técnicos y políticos los mismos problemas, las mismas indecisiones, idénticas objeciones que al ubicar cien años después el Puerto de la Zona Franca.

Pues venía ocurriendo ya, para desgracia de la ciudad de Cádiz, que el Puerto no estuvo en principio en Cádiz, sino en la ensenada de Puerto Real, servida ésta a través del caño del Trocadero (véase plano adjunto), por el que tenía en lejana época fácil acceso, compartiendo en parte, con los rudimentarios muelles de Cádiz, el servicio del tráfico marítimo creado desde que en 1509 se habilitó a Cádiz y a Sevilla para el registro de los buques de América. Porque ha de saberse que cuando en tiempos de los Reyes Católicos faltaba a la Corona un puerto dentro de la Bahía de Cádiz, se expidió en 1483 una Real cédula mandando fuese fundada una población en la comarca de Matagorda, porque somos ciertos, se decía, que hay allí buen puerto grande y seguro para los navíos.

Nació entonces la población de Puerto Real, llamada así por ser el puerto de los Reyes, que no dispusieron de otro puerto propio, donde la nobleza era propietaria de las costas próximas y entre ellas la casa de Medina Sidonia. Fué allí donde, por los años 1493 al 1502, debió adquirir Colón algunas casas y heredades, creyendo que allí iba a estar el centro del comercio de América, siendo muy natural que no se pusiera en duda que ello fuera así en donde tan gran navegante se asentara.

Cuánto tiempo pudo servir la ensenada de Puerto Real como puerto de tráfico, lo ignoramos. Lo cierto es que por causas que más tarde se explicarán, esta ensenada empezó a cegarse, trasladándose el puerto al propio caño del Trocadero, en el que con más o menos dificultades las operaciones comerciales continuaron mucho tiempo. Y en esta situación se estaba cuando en 1864, y a causa siempre de los aterramientos, el Ayuntamiento de Cádiz planteó de nuevo el problema de su puerto.

Entonces, como hoy para la Zona Franca, se perfilaban tres ubicaciones: la defendida por los tradicionalistas, en el Trocadero; la deseada por los gaditanos, que era, naturalmente, la propia ciudad de Cádiz, y una última, de los que objetivamente propugnaban la solución de Puntales.

Defendía, entre otros, la primera postura el Ingeniero D. Manuel Pastor, apoyando su argumentación del Puerto en el Trocadero muy especialmente en la existencia del ferrocarril, porque a su juicio, decía, puesto que Cádiz nada produce ni nada consume, todo lo que haya de embarcarse o desembarcarse ha de ser transportado por ferrocarril, el que,

por lo visto, aún no había llegado al puerto de Cádiz.

Compartía la opinión de D. Manuel Pastor el Ingeniero Sr. Vildósola, y la defendía en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, añadiendo a los argumentos del anterior el de la existencia de mayores terrenos, el de los malos y desabrigados fondeaderos de Cádiz y la mayor distancia de transporte al interior.

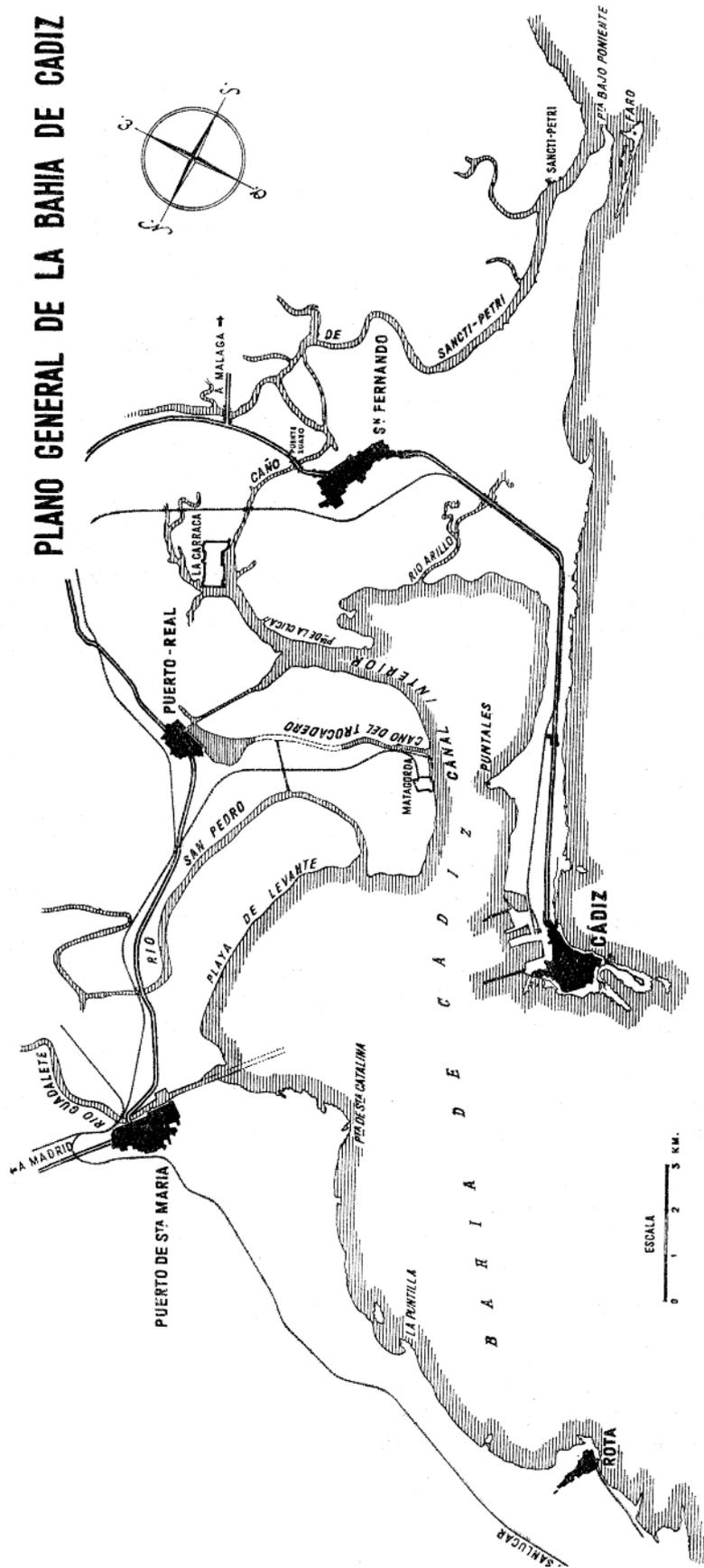
Concedía D. Carlos María Cortés, al defender la ubicación del Puerto junto a las puertas del mar de la ciudad, el hecho de que en el Trocadero concurrían las condiciones de defender a los buques de los mares de fuera y los vientos de Levante; admitía que en el Trocadero se habían llenado antiguamente las necesidades de un activo comercio; reconocía, finalmente, la mejor postura del Trocadero en su enlace con el resto de la nación. Pero, a pesar de todo esto, abogaba por la solución del puerto en Cádiz, argumentando que el caño del Trocadero era ya insuficiente para el comercio de entonces; que Cádiz tenía magníficos fondeaderos y que el abrigarlos no era obra tan costosa como se decía; que si el movimiento comercial lo fué en el Trocadero tantos años, era porque hasta aquellos días las obras a cargo de las Corporaciones locales no podían tener el volumen que ahora podría lograrse al ocuparse el Estado de las obras de los puertos; que el Trocadero se aterraba a ojos vista, y que, en fin, decía (y aquí daba el golpe final): si el Trocadero es tan buen puerto, extraño resulta que no haya dado lugar en tantos años a otra también gran población. Añadía de propina unos argumentos de tipo guerrero, muy en boga en aquellas épocas, y que hemos visto repetidos en otros muchos proyectos análogos de otros puertos en la misma centuria.

En cuanto al puerto en Puntales, que era la tercera solución apuntada, se señalaba que si este fondeadero quedaba a cubierto de los temporales, estaba en cambio a merced de los vientos de Levante, indicándose, además, que exceptuando la canal, la bahía entera era ficticia por su falta de calados.

A la vista de toda esta argumentación, se ve que tenía que fracasar la solución Trocadero por dos razones: una, técnica, porque no disponiéndose entonces de los medios de dragados y fundaciones que hoy disponemos, no pudo preverse las grandes posibilidades del aprovechamiento integral de la canal interior; otra, política, porque difícilmente aceptaría Cádiz como puerto propio el situado en la acera de enfrente.

Tenía que fracasar la solución Puntales, porque apenas si fué estudiada y no tuvo defensores, y tenía que triunfar, como triunfó, la solución del Puerto de Cádiz en Cádiz, pese a todos sus inconvenien-

PLANO GENERAL DE LA BAHIA DE CADIZ



tes, tales como las costosas obras de abrigo que se imponían y la imposibilidad de una futura ampliación de su zona de servicio.

Lo que entonces, por una y otra parte, se escribió, estuvo muy bien escrito y en términos de una gran corrección a tono con la caballerosidad de la época, demostrando gran inteligencia sus autores, maravillándome sobre todo la agudeza y conocimientos del Jefe de Obras Públicas D. Carlos María Cortés, defensor del puerto en Cádiz.

Triunfó en sus propósitos, pero ello no obstante, todavía hoy día son problemas de plena actualidad los inconvenientes de la situación del puerto de Cádiz ya apuntados por los defensores del Trocadero, y para salvar algunos, que no todos son posibles, como no lo es el de la ampliación de su zona de servicio y sus comunicaciones con la península, se habla de un puente, se habla de un túnel para unirse a la acera de enfrente y acortar en algunos kilómetros la distancia a Madrid.

Y con estos antecedentes, llego yo, pobre de mí, casi cien años más tarde para estudiar el puerto de la Zona Franca en la misma bahía.

#### EN TORNO A LAS ZONAS FRANCA.

Imposible resultará para el lector seguirme en mis razonamientos, si antes de continuar más adelante no exponemos nuestro punto de vista sobre las necesidades en el puerto y en la zona de servicio de la Zona Franca de Cádiz como antecedente necesario, y si expuesto ésto no hacemos mención descriptiva de la bahía, muy especialmente en los puntos de posible ubicación de la Zona Franca, deteniéndonos con algún detalle en la exposición del interesante problema de los aterramientos. De este segundo punto, nos ocuparemos en otro artículo, pasando a continuación a tratar del problema general de las Zonas Francas, cuyo conocimiento es necesario para el estudio de la ubicación y trazado de la de Cádiz.

En un primer momento, la Zona Franca a construir en Cádiz lo era para su entrega y posterior explotación por la Argentina, como consecuencia, según quedó ya dicho, del Protocolo Franco-Perón del 9 de abril de 1948. Al no hacerse efectivo dicho convenio, se ajustó el proyecto al servicio de una Zona Franca Internacional, y así hoy se construye.

¿Para qué servicios habría de proyectarse esta Zona Franca? ¿Qué extensión de zona de servicios? ¿Qué longitud de muelles? ¿Qué calados? Y sobre todo, ¿cuáles serían las características de su tráfico? Estas eran las preguntas que nos hacíamos, sin que nadie pudiera contestarlas. Unos veían la Zona Franca como un inmenso almacén de mercancías; otros,

como un verdadero pueblo industrial; éstos, sin relación ninguna con el interior; aquéllos, en fin, íntimamente unida a la estructura comercial de la nación.

Razonando por cuenta propia, consideramos que las mercancías que llegan a un puerto pueden tener este variado destino:

- 1.º Son destinadas al consumo nacional.
- 2.º Pasan en tránsito hacia un país vecino.
- 3.º Son transbordadas a otros países.
- 4.º Son depositadas en muelles o almacenes y quedan en ellos hasta que son introducidas en el país o reexportadas a otros países.

Las características predominantes en el tráfico de un puerto, o las que puedan crearse por consecuencia de la situación geográfica del mismo, darán la tónica del puerto mismo, y no cabe duda que solamente las mercancías clasificadas en los apartados 3.º y 4.º pueden interesar en una Zona Franca. Porque ¿qué es, efectivamente, una Zona Franca?

Según el artículo 63 del Reglamento vigente de 22 de julio de 1930, es Zona Franca "una faja de terreno situada en el litoral, aislada plenamente de todo núcleo urbano, con puerto propio o adyacente, y en el término jurisdiccional de una Aduana de primera clase, en cuyo recinto entrarán las mercancías con exención de derechos arancelarios y en el que además de las operaciones autorizadas para los Depósitos Francos podrán instalarse toda clase de industrias, sin más restricciones que las que aconseje la natural defensa de la economía nacional".

De ello resulta que ni en Amberes, ni en Róterdam, ni en Amsterdam, las características esenciales de cuyos puertos son el tráfico de tránsito, tienen Zonas Francas; Róterdam y Amsterdam, por ejemplo, poseen puertos enormemente desproporcionados a las necesidades del propio país, pero unidos a vías de navegación fluviales de inmenso valor, amplían su hinterland en cientos de kilómetros hacia centro Europa, y otro tanto de lo que pasa en Holanda, pasa en Bélgica con el puerto de Amberes. Por el contrario, ciudades que en un lejano tiempo no tuvieron otra frontera abierta que las marítimas, fueron verdaderos almacenes mundiales de depósito de mercancías, y hasta la ciudad entera era una Zona Franca; nos estamos refiriendo a Hamburgo, prototipo, un día, del comercio de reexportación y de Zona Franca.

Cádiz no puede sostener un comercio de tránsito para el extranjero, y aun limitándonos al ámbito nacional, se halla tan mal situada para ser puerto de introducción de mercancías en la península, que nunca podrá competir con otros puertos españoles si sólo

lo se apoyara en la carretera o en el ferrocarril. El comercio, pues, de la futura Zona Franca de Cádiz no podría ser otro que el comercio de reexportación por mar, es decir, el caso de Hamburgo antes señalado.

Para este comercio, en cambio, tiene Cádiz una situación excepcional en el entronque de dos mares, y a la vista, en primer plano, de cualquier navegación proveniente de América o de África Occidental. La Zona Franca de Cádiz podría, pues, convertirse en un depósito ingente de mercancías que, elaboradas y transformadas o no, se reembarcarían de nuevo en el momento de las exigencias del comercio internacional.

Si el tráfico de la Zona Franca ha de ser, pues, de transbordo, la primera consecuencia que se obtiene es que su situación dentro de la bahía resulta indiferente, si sólo se atiende a las razones del tráfico general del puerto.

Esto sentado, hubo que pensar en que por las características inherentes a una Zona Franca, tan distintas de la de un puerto comercial, se necesitaba disponer de una enorme extensión de terreno disponible para las futuras instalaciones de posible radicación en la Zona. Pensamos, en efecto, que esta

Zona pudiera tener una preponderancia industrial sobre la comercial, a causa precisamente de la exención de derechos aduaneros. Una central térmica, por ejemplo, de 30.000 HP., consumiéndose 4.000 toneladas de gas-oil por semana, se beneficiaría por exención de impuesto sobre el gas-oil en 500 pesetas por tonelada consumida, es decir, en 2.000.000 de pesetas semanales, lo que supone la formidable economía de 100.000.000. de pesetas anuales, que no tendría otra contrapartida que un pequeño impuesto por KW. exportado al interior. El ejemplo es bien convincente y hace pensar en el interés industrial de la zona, que por lo demás sería muy largo de explicar más detalladamente ahora.

Por otra parte, si se piensa que sólo la posible instalación de una refinería exigiría un espacio disponible de 300.000 metros cuadrados y 1.500 metros lineales de muelle, nos vamos dando cuenta de lo que en extensión de zona de servicio y puerto debe ser la Zona Franca de Cádiz.

Con estos antecedentes, observamos a vista de pájaro la bahía de Cádiz, sin saber aún en qué punto aterrizar. El conocimiento de la bahía nos facilitaría el camino, pero ello lo dejamos para un segundo artículo.

# EL PUERTO DE LA ZONA FRANCA DE CÁDIZ

Por JOSE OCHOA Y BENJUMEA,  
Ingeniero Director de la Zona Franca.

*En este segundo artículo sobre el interesante tema epigrafiado, se trata del importante problema de los aterramientos en la bahía y se reseñan las razones que fijaron la ubicación de la obra, anunciándose ya para el próximo la descripción del proyecto.*

## II

### La bahía de Cádiz.

#### FORMACIÓN DE LA BAHÍA.

La bahía de Cádiz está llena de historia y de recuerdos de hechos: unos, gloriosos, y otros, tristes, pero todos románticos a la luz del tiempo pasado. Más de quince cañones, cientos de balas y los huesos de algún marino, quién sabe si francés, inglés o español, hemos encontrado en las obras de dragado que realizamos, y profundizando aún más los cangilones de las dragas, han aparecido ánforas romanas y fenicias.

Todo ello viene a cuento de que difícilmente puede uno limitarse a hablar en términos fríamente técnicos de esta bahía, sin tener presente el pasado y sin relacionar los hechos históricos nacionales con los puramente físicos acontecidos en la misma a lo largo de su milenaria historia. Porque resulta que esta bahía, cuya configuración actual es el producto de colosales aterramientos prehistóricos, ha sido víctima de la continuación de los mismos en época en que el hombre hubiera deseado detenerlos, y que fueron, en gran parte, ocasionados por el hombre mismo con sus propias obras o por consecuencias de los resultados de acontecimientos históricos en los que los hombres intervinieron igualmente.

Antes de la época diluvial, el mar entraba en la bahía de Cádiz en lo que hoy es tierra firme, formando el litoral las costas que pasaban por las actuales poblaciones de Chiclana, Puerto Real, Jerez de la Frontera, Puerto de Santa María y Rota. El Guadalete desembocaba en el punto más adentrado de esa bahía al Suroeste de Jerez. Cádiz quedaba aislada sobre el peñón de sus rocas pliocenas, separada de San Fernando por un brazo de mar, del que es hoy un recuerdo el río Arillo, y San Fernando, separado

también por otro brazo de mar de Chiclana y Puerto Real, hoy convertido en el reducido caño del Sancti-Petri; eran, pues, dos islas, pero solamente la de San Fernando continúa hoy con esa denominación típica de "La Isla" con que la conocen los marineros, los cargadores de sal y, en suma, el pueblo soberano. Hoy día, la configuración de la bahía de Cádiz tiene una forma muy distinta (véase plano núm. 2), a consecuencia de los aterramientos producidos; pero bastaría elevar el nivel de las aguas tan sólo un metro más sobre las pleamares máximas, para que, cubriéndose las actuales marismas y salinas, tuviéramos una visión de lo que fué la bahía con anterioridad a la época diluvial.

La formación de la actual bahía se atribuye (véase Gavala: *Cádiz y su bahía en el transcurso de los tiempos geológicos*) a la impetuosa corriente del Guadalete en la época cuaternaria, con aportaciones seguramente no inferiores a los 10 000 metros cúbicos por segundo, arrollando cuantos obstáculos se opusieran a su paso, respetando los macizos rocosos sobre los que se asientan Cádiz y San Fernando, y extendiéndose, perdiendo velocidad y depositando sus acarrees, al ser frenados por el mar. Las arenas y los limos de las crecidas comenzaron a depositarse en la amplia ensenada que antes abriera el río, y poco a poco fué perdiendo calado y rellenándose.

Frenado el Guadalete por sus propios aluviones, se abriría difícil paso entre ellos, siendo probable que su brazo principal fuera, durante mucho tiempo, el río San Pedro, no cortado como hoy se halla en el bajo de Matagorda, sino prolongado hasta el mar libre por el caño de Sancti-Petri. Otros canales del Guadalete serían entonces el actual río Arillo y el que, siguiendo el caño de la Piedad, desembocaría en el mar por el Puerto de Santa María.

Al continuar el proceso de relleno, debió llegar un momento, una vez nivelada la zona del estuario entre Cádiz, Puerto Real y Chiclana, en que el Gua-

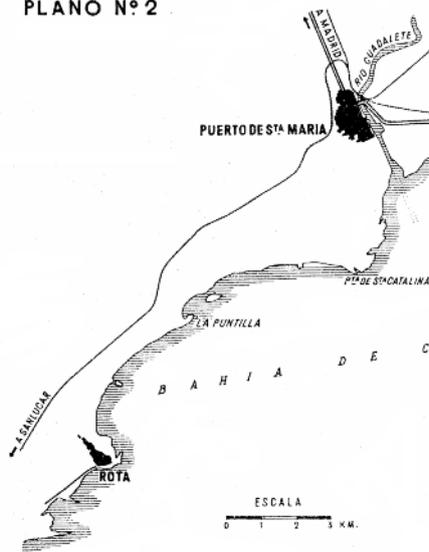
dalete, en alguna gran avenida, se abriría un nuevo paso hacia el mar por el Estrecho de Puntales, ayudado ello —dice Gavala— por la corriente marina que, entrando por Sancti-Petri, descendiera a causa de los retrasos de la marea en la bahía, incorporando su acción a la vaciante del río. Se estableció así un nuevo régimen en la circulación de aguas dulces y saladas en derredor de Cádiz.

El Guadalete, con el refuerzo de las acciones de

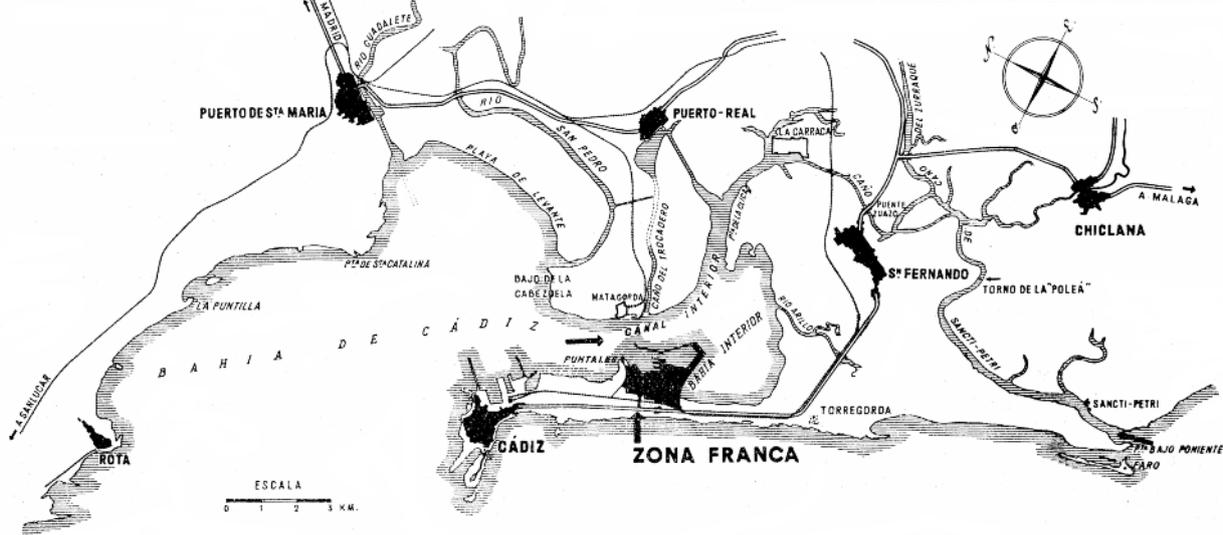
producidos por la pérdida de velocidad acarreada a consecuencia del encuentro de las dos mareas. Recorrido el Sancti-Petri, he encontrado el punto de encuentro en el lugar denominado por la gente marinera del país como torno de la "poleá", seguramente en recuerdo de la poleada, masa de harina que es plato frecuente en Andalucía.

La cantidad de marea que entonces entraba por Puntales y se repartía por el caño del Trocadero, el

PLANO Nº 2



PLANO GENERAL DE LA BAHIA DE CÁDIZ



las vaciantes en el Estrecho de Puntales, pudo excavar un nuevo delta, que es la bahía que hoy contemplamos. Fenómenos de captación posteriores, dieron por resultado, en época relativamente moderna, la desviación del río de San Pedro en el bajo de Matagorda, el relleno de su cauce en las marismas de la Tapa y, finalmente, el encauzamiento del Guadalete por su brazo actual.

#### LOS ATERRAMIENTOS SEGÚN LA HISTORIA.

Y así transcurrieron los siglos. Desviado el Guadalete después de haber abierto el Estrecho de Puntales, la marea entraba por el mismo y siguiendo la canal interior pasaba por La Carraca y se propagaba por el caño de Sancti-Petri. De igual modo, la marea del mar libre entraba también en el caño de Sancti-Petri, de tal modo, que las aguas de las dos mareas se encontraban en el mismo caño, aproximadamente en la mitad de su longitud, donde se formaba un islote fangoso que debió su formación a los depósitos

de Sancti-Petri y otros caños secundarios como el del Zurraque, era suficiente, al actuar en su vaciante, para mantener limpios los fondeaderos de La Carraca, Puerto Real y los mismos caños, de tal modo, que no se recuerda en todo el siglo xv que se perdieran calados, manteniéndose igualmente limpio el canal de Puntales.

Claro es que es posible considerar la posibilidad de aterramientos lentísimos que no fueran notados fácilmente. De todos modos, este hecho no se hizo patente hasta la reconstrucción del puente de Zuazo, ordenada por Felipe II, cuya obra, según los datos que existen, debió comenzar hacia el año 1553, trabajándose en ella, poco o mucho, y con interrupciones, hasta 1592. Es interesante conocer cómo se cimentó esta obra, y he aquí la descripción que de ello hace el Padre Fray Jerónimo de la Concepción en el *Emporio del Orbe y Cádiz Ilustrada*, publicada a fines del siglo xvii y repetida por el Capitán de fragata D. José Vargas Ponce en sus servicios de Cádiz, en 1818, en esta forma:

"El puente, en poder de un particular, volvió a su estado de ruina, y por eso Felipe II comisionó al célebre arquitecto Marín para su reparo. Sin que le arredrase la notable hondura de un mar que allí se estrecha, y con tan rápido incesante y enconrado movimiento, efecto natural de las mareas, logró su fin de esta suerte. Esperando el punto de pleamar en tiempos bonancibles, dejaba caer hileras de grandes lajas sacadas de las canteras vecinas. Sin mezcla, y sólo por su calidad, se aglutinaron, de modo que va para tres siglos que no hacen sentimiento."

Considerando, pues, que el puente, tal y como está construído, es una semipresa hasta la altura de la bajamar, no cabe duda que entorpeció la acción de la vaciante de todo el agua que con la pleamar se almacenaba desde el puente hacia arriba. Pero siguiendo el curso de la historia, señalemos que en los años 1587 y 1596, con ocasión de la invasión inglesa, se echaron a pique algunos barcos en puntos que el Ingeniero Sr. Cortés señala muy cuidadosamente por la importancia que da a este hecho, y dice que fueron: dos, en el Trocadero; cinco, en la entrada del estero de La Carraca; cuatro, en lo interior; tres fragatas, en el Sancti-Petri; una, cerca de Puerto Real, y otra, en la canal frente a Puntales. Es a raíz de estos hundimientos que, según Cortés, empezaron a notarse los aterramientos, pues en las actas del Ayuntamiento de Cádiz de 18 de noviembre de 1695 se encuentran los antecedentes que denotan que empezaban a sentirse.

Don Eduardo Benot, filólogo y político, que se ocupó del asunto en ampulosos escritos, añade a los anteriores hundimientos los producidos en 1702, con motivo de la Guerra de Sucesión, en que, temiendo los franceses un ataque de los aliados, echaron a pique ocho navíos en la boca de Puntales para impedir la entrada de los enemigos; barcos que no se sacaron jamás y que produjeron efectos desastrosos; pues, añade, de 1726 a 1735 los prácticos decían que se había perdido una braza de agua. Muchos cañones pertenecientes a estos barcos y aun algún madero, los he sacado yo nuevamente a la luz del día, después de más de dos siglos, con motivo de los dragados de la canal de acceso al puerto de la Zona Franca.

Finalmente, los Ingenieros D. Manuel Crespo Lemo y D. Joaquín Almedida, anotaron como nuevas causas de los aterramientos de La Carraca y Puerto Real, la construcción del puente para el ferrocarril y la conversión de marismas en salinas. Es opinión que ésta apoyada por Benot al señalar que las puertas de los diques de La Carraca estaban abiertas por los años de 1840 y que jamás ofreció dificultades la entrada de navíos tales como el "Soberano" y la "Reina".

#### LOS ATERRAMIENTOS EN LA ACTUALIDAD.

Como todo el movimiento portuario en la bahía, en la época a que nos venimos refiriendo, se desarrollaba en La Carraca y en la ensenada de Puerto Real, es natural que los hombres de entonces no se preocupasen por otros aterramientos que los producidos en aquellos parajes; pero hoy, cien años después, tenemos que preocuparnos no solamente por los aterramientos producidos en la bahía interior por el depósito de fangos, consecuencia de las acciones de las mareas, sino de aquellos otros provenientes del exterior por la acción de los temporales.

Antes, sin embargo, de ocuparnos de estos últimos, tratemos de fijar las ideas sobre los aterramientos en el interior de la bahía. Se comprende, después de cuanto hemos leído y someramente expuesto, que antes de la construcción del puente del ferrocarril y del puente de Zuazo, ambos sobre el caño de Sancti-Petri, el almacenamiento del agua de las pleamares, que llegaban por el Sancti-Petri hasta un punto que hemos definido como torno de la "poleá" y que se introducía a través del caño del Zurraque y otros más muy numerosos, suponía un volumen de agua bastante para que actuara en las bajamares con velocidad suficiente para mantener limpios los fondos de La Carraca y la ensenada de Puerto Real y su canal de El Trocadero. Mirando el plano, se comprende igualmente que las dos presas que los cimientos del puente del ferrocarril y de la carretera (puente de Zuazo) supusieron, cortaron, amenguándolas considerablemente, el volumen de agua embalsado en las pleamares, produciéndose como natural consecuencia el inmediato proceso de aterramiento de La Carraca y Puerto Real, a cuya labor contribuyó, por la misma causa, la conversión de marismas en salinas. En cambio, a partir del extremo Sur de la Punta de la Clica hacia Puntales (véase plano número 2), el canal interior, verdadero río, se conservó en sus calados por tener ya suficiente cabecera de almacenamiento en las pleamares, no recordándose que en dicho canal interior haya sido necesario dragar nunca, según resulta de la detallada historia de los aterramientos en la bahía que vengo comentando.

Doy menos importancia a los efectos producidos por el hundimiento de navíos. Aunque anoto la coincidencia de un bajo existente frente a Matagorda con el hundimiento señalado en dicho punto de navíos que allí fueron echados a pique en 1702.

Para conocer con alguna exactitud la importancia de los aterramientos en esa gran pradera submarina que es la bahía interior, procedimos a la valoración de los materiales sedimentados, obteniéndolos por diferencias de cubicaciones entre los volúmenes de agua en B.M.V.E. correspondientes a son-

deos realizados en distintas épocas. Utilizando, pues, los planos de sonda levantados en 1807 bajo la dirección del Vicealmirante Rosily; en 1870 por la Comisión Hidrográfica al mando del Capitán de Fragata D. José Montojo, y en 1920 por el Servicio Hidrográfico de la Armada, hicimos unos estudios, de los que se deduce la clara tendencia del caño a pegarse a la margen derecha, siendo mayores los aterramientos en la margen izquierda, donde los calados son muy reducidos y la ladera muy tendida. Se observa, igualmente, que en el período 1807-1870 (sesenta y tres años), los depósitos han sido inferiores, por año, a los correspondientes al período 1870-1920 (cincuenta años). El resultado final, interesantísimo por cierto, es que los depósitos anuales no alcanzan el centímetro de altura.

Claro está que nos venimos refiriendo al proceso de aterramiento general de la bahía interior, pero no a los que puedan producirse en zonas determinadas a consecuencia de ejecución de obras tales como muy principalmente los dragados, pues, aunque pequeño, está demostrado que existe un proceso de traslación de fangos ocasionado por la acción de los levantes.

#### LA ACCIÓN DE LOS TEMPORALES.

Convenía saber también, como ya se apuntó al amparo del epígrafe anterior, lo que ocurriría en el saco de la bahía interior por consecuencia de aquellos temporales que, abocando por el estrecho Puntales-Matagorda, pudieran penetrar en el interior, tanto en sus efectos dinámicos como en el acarreo de fangos. Se estudiaron, pues, por el conocido método de los planos de oleaje, los temporales de mayor interés, resultando que las alturas máximas en las olas al penetrar en el estrecho eran las siguientes:

| Temporal | Marca      | Altura  |
|----------|------------|---------|
| N-80° W. | Plea ..... | 1,05 m. |
|          | Baja ..... | 0,10 m. |
| N-15° W. | Plea ..... | 0,98 m. |
|          | Baja ..... | 0,96 m. |

alturas que, en el proyecto que luego se estudió, se reducían a 0,39 m. en la boca de entrada al canal de acceso al Puerto de la Zona Franca.

Los planos de oleaje demostraron también que, desviado el curso del Guadalete, según explica Gavalá, y saliendo ya al mar por fuera del saco interior de la bahía formado por el estrecho de Puntales, pudieron continuar penetrando en este saco los fan-

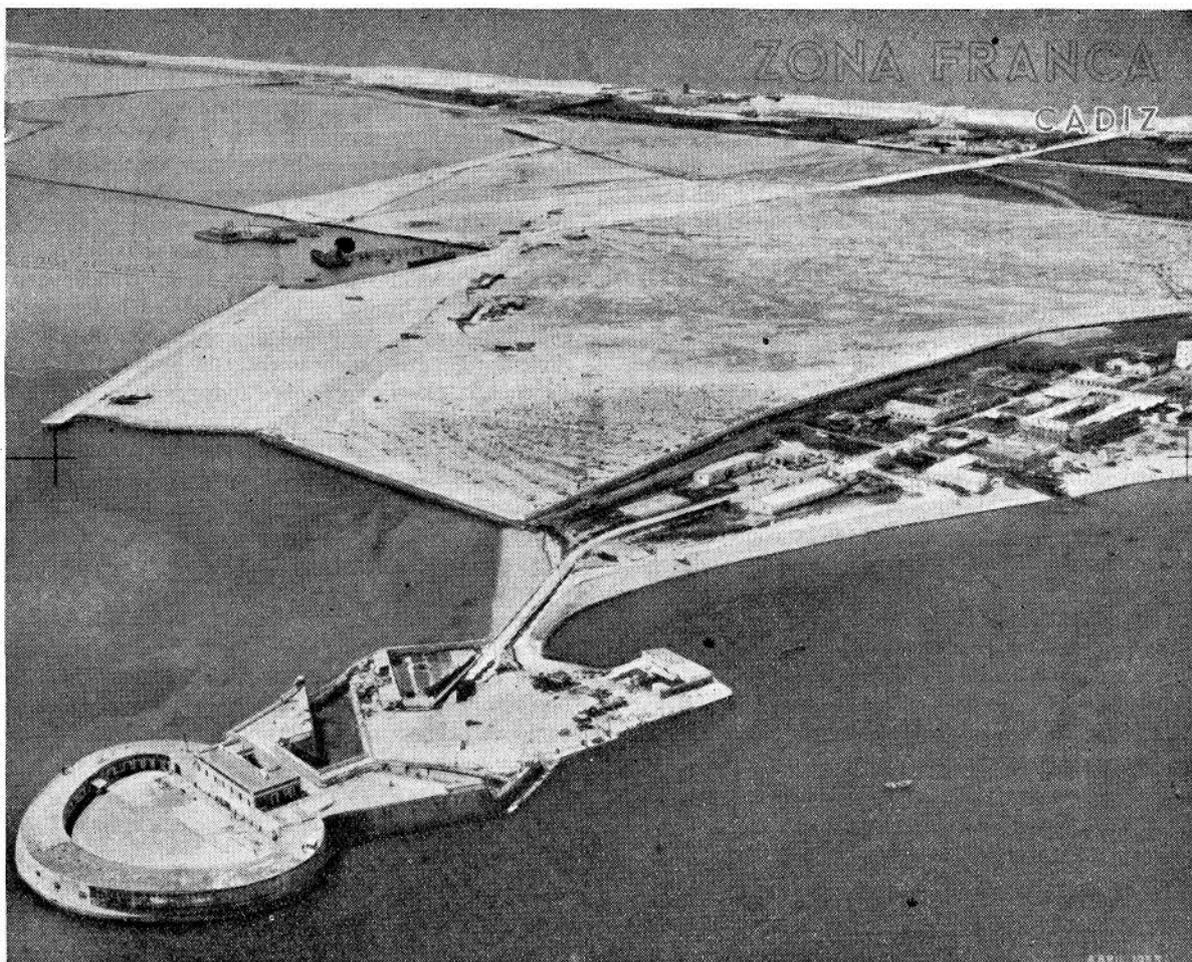
gos más bien que las arenas. En efecto: durante los temporales de Poniente, al entrar el oleaje entre Cádiz y la Punta de Santa Catalina, se produce una doble corriente: una, hacia el Norte, y otra, hacia el Sur. La primera va produciendo la playa de La Puntilla y la barra del Guadalete, curvando y desviando con el tiempo la desembocadura del río hacia el Norte, hasta que alguna gran riada no toma esta curva y vuelve a abrirse otra vez el canal al Sur, el cual, por el transporte de arena descrito, se va trasladando nuevamente en movimiento pendular. La segunda, que se produce tanto en pleamar como en bajamar, y con velocidades que llegan hasta 1,40 metros por segundo, es la que forma el bajo de La Cabezuela, donde se sedimentan las arenas a causa de la reducción de las velocidades de traslación, continuando los fangos hacia el puerto de Cádiz y, en menor cuantía, hacia el saco interior de la bahía por el Estrecho de Puntales, sedimentándose en ambos sitios.

El Guadalete continúa, pues, ayudado por los temporales, la obra emprendida hace siglos; pero las circunstancias han moderado enormemente su poder ofensivo, no sólo por la infinitamente inferior importancia de sus arrastres, sino porque si el temporal ocurre en el momento de la vaciante, la corriente, cuya velocidad en el fondo de la canal es del orden de 0,35 a 0,40 metros por segundo, es suficiente para arrastrar fuera los fangos e incluso las arenas, cuya es la velocidad límite de sedimentación. Si el temporal coincide con la llenante, los fangos penetran indudablemente en el saco interior de la bahía, pero, como hemos señalado, la sedimentación alcanza porcentajes mínimos.

#### LOS FONDOS DE LA BAHÍA.

Continuando con el estudio de los datos de elemental conocimiento para la resolución del problema que plantea la ubicación del puerto de la Zona Franca, analizaremos la naturaleza de los fondos en la zona en que posteriormente se decidió desarrollar el proyecto, es decir, en la bahía interior y al Sur de Puntales.

Todos cuantos ingenieros se habían interesado desde muchos años atrás en el estudio y proyecto de un puerto para la Zona Franca de Cádiz, convenían en que, en el citado emplazamiento, la roca se encontraba a una profundidad variando desde — 8 a — 13 metros, y que entre el fango formando el lecho natural y la roca citada no existía sino una marga arenosa y arena limpia después, muy fácilmente dragable. Los sondeos a percusión, realizados en una zona de enorme extensión, parecían confirmar hasta cierto punto esta opinión; pero sondeos a rotación, efectuados en una segunda campaña con vistas



Vista aérea parcial del estado de las obras de la Zona Franca de Cádiz, en abril de 1953.

a aclarar las dudas que nos producían los resultados de la primera, vinieron a demostrar que entre el fango y la roca no había transición y que ésta se encontraba más elevada que lo supuesto, si bien es cierto que se trataba de una arenisca fácilmente dragable con draga de cangilones, como luego se demostró.

Se hizo, pues, un verdadero plano de sondas de la roca, dibujándose las curvas de nivel correspondientes, con lo que se tuvo exacta noticia de la forma del subsuelo rocoso. La forma un poco extraña que luego se dió a los diques exteriores que cierran el puerto y la orientación de los muelles de ribera, obedeció a huir de los fondos rocosos de poca profundidad.

#### UBICACIÓN DE LA OBRA.

Según se dijo en nuestro primer artículo, el tráfico fundamental de la Zona Franca de Cádiz no

podía ser otro que el marítimo, y se deducía como inmediata consecuencia que desde este punto de vista el puerto podía ubicarse en cualquier punto de la bahía. Es indudable, sin embargo, que la construcción de la Zona Franca del lado de Matagorda, es decir, de la acera de enfrente de Cádiz, no tendría el apoyo de las autoridades gaditanas, y ello sencillamente porque una zona franca construída fuera del alcance de la ciudad no sería la Zona Franca de Cádiz, sino la Zona Franca de la bahía de Cádiz, en la construcción de la cual no habían de interesarse igualmente cuantas personalidades, a lo largo de muchos años de luchas y trabajos, habían venido trabajando por la consecución de una obra de la que tan grandes beneficios se esperaban.

Este factor político, muy digno de tenerse en cuenta a la hora de decidirse por la ubicación de la obra, no podía dejar de ser tenido en consideración por el Ingeniero proyectista. No, naturalmente, para

inclinarse decididamente del lado del romanticismo local, pero sí para valorar en lo mucho que tendría de efectivo el apoyo de todas las autoridades de Cádiz para convertir en realidad el proyecto que se aprobase.

Porque de todo cuanto llevamos escrito se deduce que, tanto del lado de Matagorda, a partir del Caño del Trocadero y a lo largo del canal interior, como al lado de Puntales y al amparo de este saliente, podía construirse el Puerto de la Zona Franca. Los proyectos, sin embargo, serían completamente distintos en su estructura.

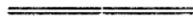
Del lado de Matagorda se dispondría de grandes extensiones de fácil relleno complementario. Los muelles, en forma de dientes normales a la canal, habían de construirse dragando previamente las zonas navegables. El pilotaje a — 30 metros, en los flúidos fangos de Matagorda, sería inevitable en la construcción de dichos muelles, y la contención de los frentes del relleno no sería cosa fácil. Todas las construcciones dentro de la extensión de la Zona Franca adolecerían del mismo defecto de difícil cimiento y resultarían costosas. No existiría un verdadero puerto aislado por diques.

Del lado de Puntales se precisaba ganar al mar los terrenos necesarios para la futura Zona Franca. No bastaría, como en Matagorda, dragar las zonas

de los muelles de atraque, sino que sería preciso dragar también el acceso a las dársenas desde la canal interior. Los muelles, en cambio, tendrían un sólido cimiento, y al quedar todo el puerto limitado por un amplio dique envolvente, se encerraría la Zona Franca y su puerto en forma muy de acuerdo con la naturaleza de las condiciones aduaneras de la misma.

Había, pues, que elegir entre una solución u otra. Nos determinamos por la segunda, tal como aparece en el plano adjunto, a la vista de los antecedentes anotados, ante la seguridad de contar con un abastecimiento de agua prácticamente sin límite; ítem más, de energía eléctrica y, sobre todo, porque nos agradaba más la idea de un puerto aislado, no más costoso que el otro y se daba satisfacción a muy respetables intereses locales.

La descripción del proyecto será objeto de un tercer artículo; pero para que nuestros lectores no supongan que estamos hablando de una entelequia a lo largo ya de dos artículos en los que la obra no aparece por ninguna parte, insertamos la adjunta fotografía, tomada desde avión, en la que aparece parte de la enorme superficie ya ganada al mar (más de 600 000 m.<sup>2</sup>) para la Zona Franca de Cádiz, asimismo como el primer muelle terminado, fotografía ya un poco antigua, pues fué obtenida en abril de 1953.



# EL PUERTO DE LA ZONA FRANCA DE CADIZ

Por JOSE OCHOA Y BENJUMEA,

Ingeniero Director de la Zona Franca.

*Continúa el interesante trabajo sobre el tema reseñado en el epígrafe en este tercer artículo, en el que presenta el autor una sucinta y clara descripción del proyecto, que se encuentra en ejecución, por lo que esperamos un cuarto artículo sobre las obras.*

## III

### El proyecto.

#### ORIENTACIÓN GENERAL

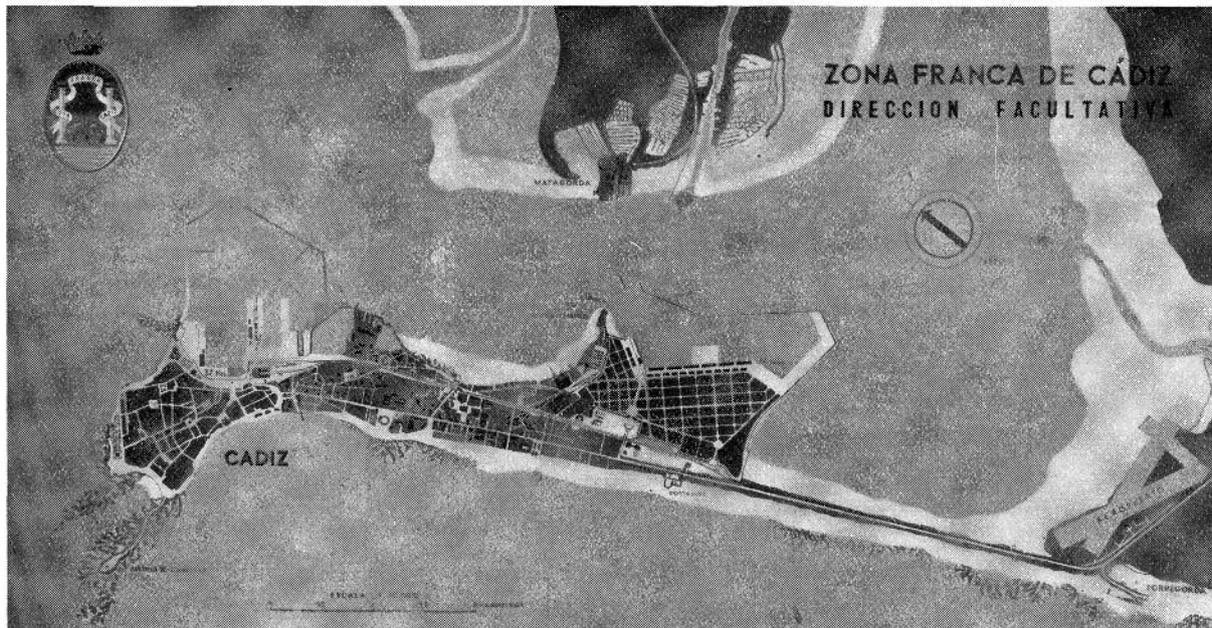
Decidida la construcción de la Zona Franca al SE. del Castillo de Puntales, el número de soluciones posibles para la puesta en proyecto era infinito. En un principio, por tanto, la desorientación del proyectista era también absoluta.

Los elementos que podían ir eliminando soluciones y aproximarse a la solución óptima eran, por de pronto, la superficie a dar a la zona de servicio, la longitud de los muelles de atraque y la naturaleza del subsuelo.

Por lo que se refiere a la superficie de la zona de servicio del puerto, que toda ella debería ser ganada

al mar, se estimó deberse proyectar con amplitud, teniendo en cuenta las posibilidades inmensas que la Zona Franca podía ofrecer a instalaciones tales como una refinería que de por sí sola necesitaba ya 500 000 metros cuadrados; una central térmica, con 75 000 metros cuadrados; las diversas industrias, para las que era prudente reservar un espacio no inferior a 250 000 m.<sup>2</sup>; zonas de carga y maniobras, con 125 000 m.<sup>2</sup>; almacenes y depósitos, 75 000 m.<sup>2</sup>; depósitos de carbones, 25 000 m.<sup>2</sup>; zonas de tránsito, 150 000 m.<sup>2</sup>; todo lo cual sumaba ya una superficie de 1 200 000 m.<sup>2</sup>, la que se elevó a 1 500 000 m.<sup>2</sup> como superficie aconsejable a considerar en el proyecto.

En cuanto a la longitud de la línea de atraque necesaria para atender al servicio de todas las instalaciones de posible ubicación en la zona de servicio de la Zona Franca, si se considera sólo una longitud



Fotocopia del Proyecto del Puerto de la Zona Franca.

de 1 500 m. l. de muelle para el servicio de la refinera, es indudable que dentro de las dársenas tenía que ser posible la construcción de más de tres kilómetros de muelles.

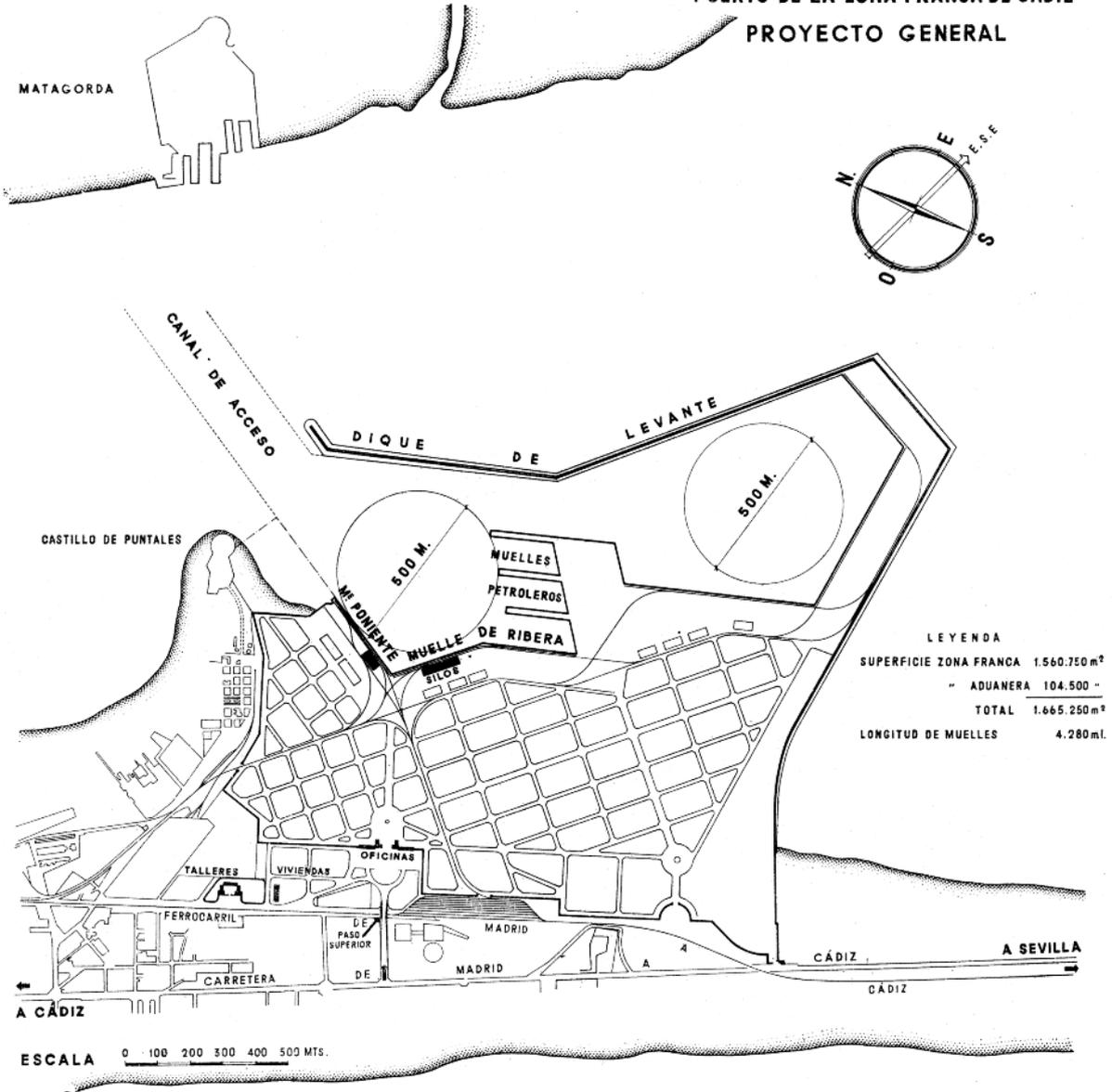
Esto expuesto, la tentación de colocar los muelles a lo largo del canal, frente a Matagorda, aprovechando los grandes calados allí existentes, resultaba irrealizable, no sólo por la falta de espacio, sino por el problema de contener los rellenos de esa enorme superficie de 1,5 millones de metros cuadrados que se había previsto. Imposible, en efecto, llevar los rellenos

hasta los muelles colocados, en ese caso, a más de dos kilómetros de distancia de la playa, desde la que había que comenzar a rellenar. No había más solución que acercar los muelles a la costa y que estos muelles fueran al mismo tiempo los diques de contención de los rellenos. Era, sin duda, la solución más económica si se tiene en cuenta además que, al vaciar dentro de los rellenos los productos dragados, se obtenía una economía que podría aplicarse al coste de los dragados o al de los rellenos indiferentemente.

Decidida esta solución, hubo que pensar en la ne-

PLANO N° 3

PUERTO DE LA ZONA FRANCA DE CÁDIZ  
PROYECTO GENERAL



cesidad de habilitar las dársenas interiores del puerto en proyecto para una longitud de muelles de atraque que no podía bajar de 3 000 m. l., según resultaba de los cálculos previos a los servicios que habían de prestarse. Estas dársenas y estos muelles, finalmente, debían ser abrigados por un dique, el de Levante, que los defendiera de los vientos del mismo cuadrante; dique que al mismo tiempo debía realizar una función de defensa contra los aterramientos.

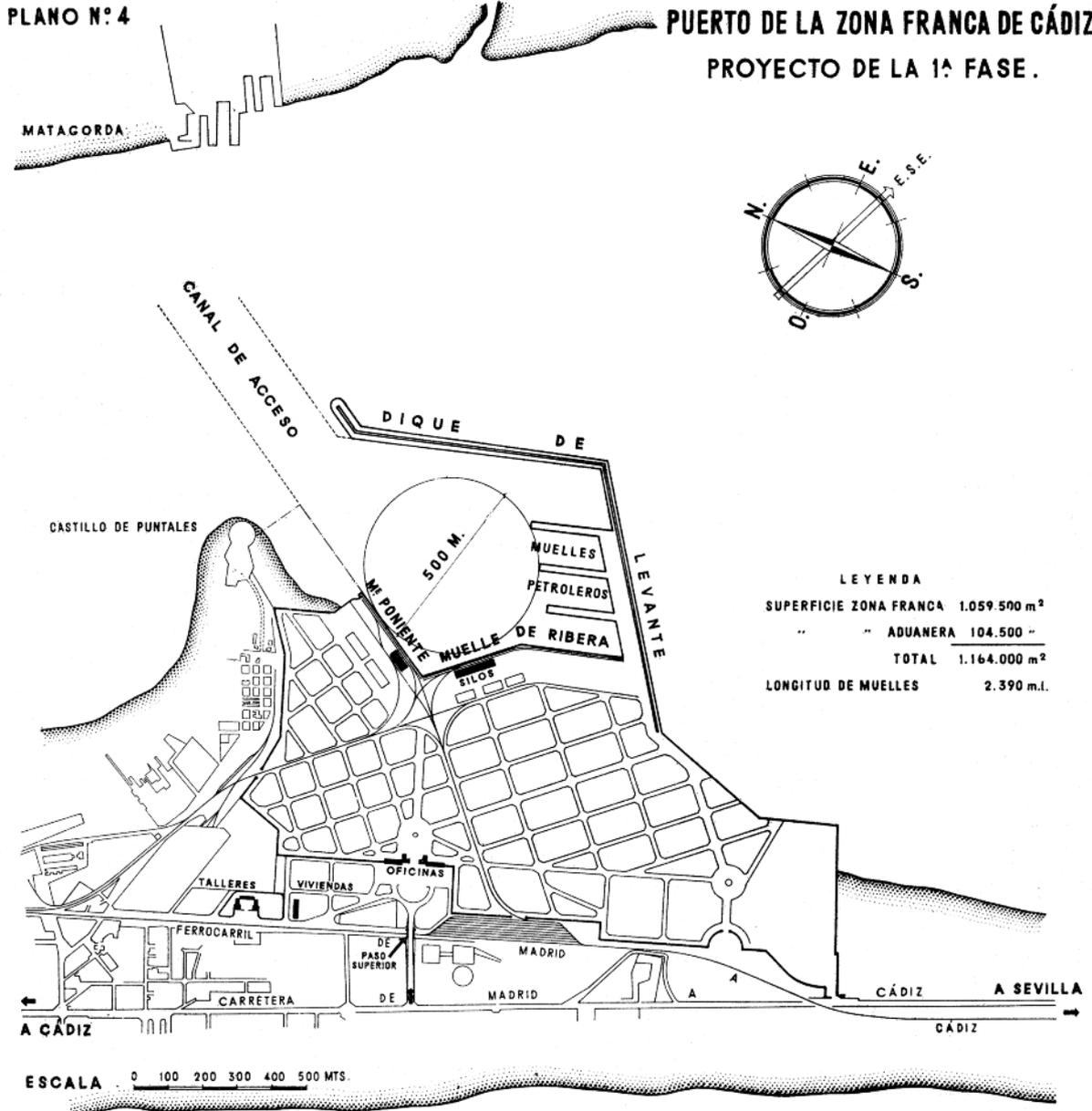
Al concertar todas estas necesidades no pudo olvidarse la naturaleza del subsuelo, en gran parte ro-

coso, por lo que hubo que dar al dispositivo portuario una forma que vino impuesta por la existencia de la roca, desarrollando la obra, en lo posible, hacia los fondos fangosos, y resultando de todo ello la forma, quizás un poco extraña, que al fin se dió al proyecto (plano núm. 3).

Fundamentalmente era también preciso tener en cuenta que un puerto de la envergadura que se vislumbra por la descripción que venimos haciendo sería obra de tiempo, que absorbería bastantes cientos de millones de pesetas y que, por lo tanto, no era po-

PLANO Nº 4

PUERTO DE LA ZONA FRANCA DE CÁDIZ  
PROYECTO DE LA 1ª FASE.

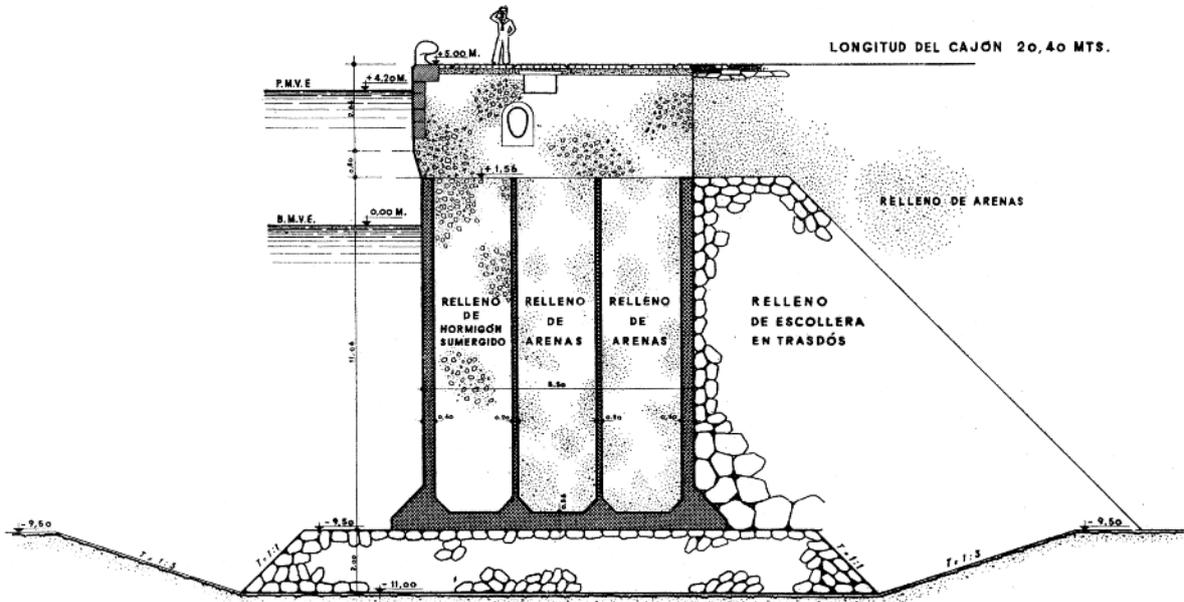


LEYENDA

|                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| SUPERFICIE ZONA FRANCA | 1.059.500 m <sup>2</sup> |
| " " ADUANERA           | 104.500 "                |
| TOTAL                  | 1.164.000 m <sup>2</sup> |
| LONGITUD DE MUELLES    | 2.390 m.l.               |

PLANO N.º 5

PUERTO DE LA ZONA FRANCA DE CÁDIZ  
SECCIÓN TIPO DEL MUELLE DE PONIENTE.



sible esperar a tener el proyecto general terminado para que el puerto fuera en explotación. Preciso era que, sin perjuicio de una ampliación posible, se redujeran nuestras exigencias a una primera fase totalmente en condiciones de permitir una buena explotación de la Zona Franca y cuya construcción fuera posible con medios económicos mucho más reducidos.

Para lograr esto (plano núm. 4) se trazó un dique de Levante, que podríamos llamar provisional, de tal modo que separaba las dos dársenas del proyecto general, reduciendo la primera fase a la primera dársena y los muelles en ella incluidos. Para pasar en su día de la primera fase a la segunda, bastaría desmontar el dique de Levante primitivo en una longitud de 175 m. para permitir el paso a la segunda dársena, obra no costosa y de fácil realización con draga, por tratarse de un dique de escollera con peso unitario de 400 Kg.

En su consecuencia, las características más importantes del proyecto resultaron las siguientes:

|                                  | Primera fase              | Proyecto general          |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Superficie Zona Franca . . . .   | 1 059 500 m. <sup>2</sup> | 1 560 750 m. <sup>2</sup> |
| Superficie Zona Aduanera . . . . | 104 500 m. <sup>2</sup>   | 104 500 m. <sup>2</sup>   |
| TOTAL . . . . .                  | 1 164 000 m. <sup>2</sup> | 1 665 250 m. <sup>2</sup> |
| Longitud de muelles . . . . .    | 2 390 m. l.               | 4 280 m. l.               |
| Calado de muelles . . . . .      | 9,50 m. bajo la B.M.V.E.  |                           |

INFLUENCIA DE LA OBRA PROYECTADA

Como pudo verse en el plano núm. 2, correspondiente al artículo anterior, la superficie de la Zona Franca proyectada es muy superior al de la propia ciudad de Cádiz. Las 165 hectáreas que se ganarán al mar disminuyen el volumen de la marea entrante en 6 000 000 de m.<sup>3</sup>, y, por tanto, se pierde la acción de este volumen en la vaciante. Aparentemente podría esperarse una pérdida de velocidad en el canal interior, frente a Matagorda, donde la velocidad media es de 0,40 m. por segundo, y ello podría ser causa de posibles aterramientos.

No ocurre así, sin embargo, porque el estrechamiento producido en el mismo sitio por el dique de Levante da lugar a una acción contraria, resultando en definitiva un aumento de velocidad media de la vaciante, fijándola en 0,45 m. por segundo.

LOS MUELLES

Dos tipos de muelles fueron proyectados para el puerto de la Zona Franca: uno a base de cajones, ya terminado (plano núm. 5), y otro a base de bloques, actualmente en construcción (plano núm. 6), aplicado el primero al muelle de Poniente, y el segundo, a los muelles de ribera. Ambos tipos son muy conocidos y los planos adjuntos lo suficientemente detallados para que no haya lugar a más detenida explicación. Deseamos, sí, justificar la razón de esta dualidad de tipos.

Al comienzo de las obras no teníamos punto de apoyo ninguno para poder ejecutarlas. Decidida, por tanto, la construcción del primer muelle, que fué el de Poniente, situado a 300 m. de la playa más próxima, se hacía dificultosa la ejecución de un muelle tipo de bloques sin contar con lugar para construir éstos ni un muelle para embarcarlos. Se aprovechó, por tanto, la existencia del Dique Seco de Nuestra Señora del Rosario, que aún no estaba en explotación, para decidirnos por el sistema de cajones flotantes. Para la ejecución del muelle de ribera (tipo de bloques) nos hemos apoyado en el muelle de Poniente, ya terminado. El calado de ambos muelles a todo lo largo y en 70 m. normalmente a los mismos es de 9,50 en B.M.V.E.

EL DIQUE DE ABRIGO

Pieza fundamental en el conjunto de la obra proyectada, su sección es la corriente en esta clase de diques cuando, como en este caso, las acciones de las olas son mínimas, pues con vientos más duros no alcanzan el metro y medio de altura. Se reduce, pues, a un núcleo de escollera entre 5 y 200 Kg. de peso,

a una defensa interior con piedras entre 200 y 400 kilos de peso, con talud de  $1 \times 1,25$ , y a otra exterior con talud de  $1 \times 2$  con piedras mayores de 400 kilos.

ACCESO MARÍTIMO Y DÁRSENAS

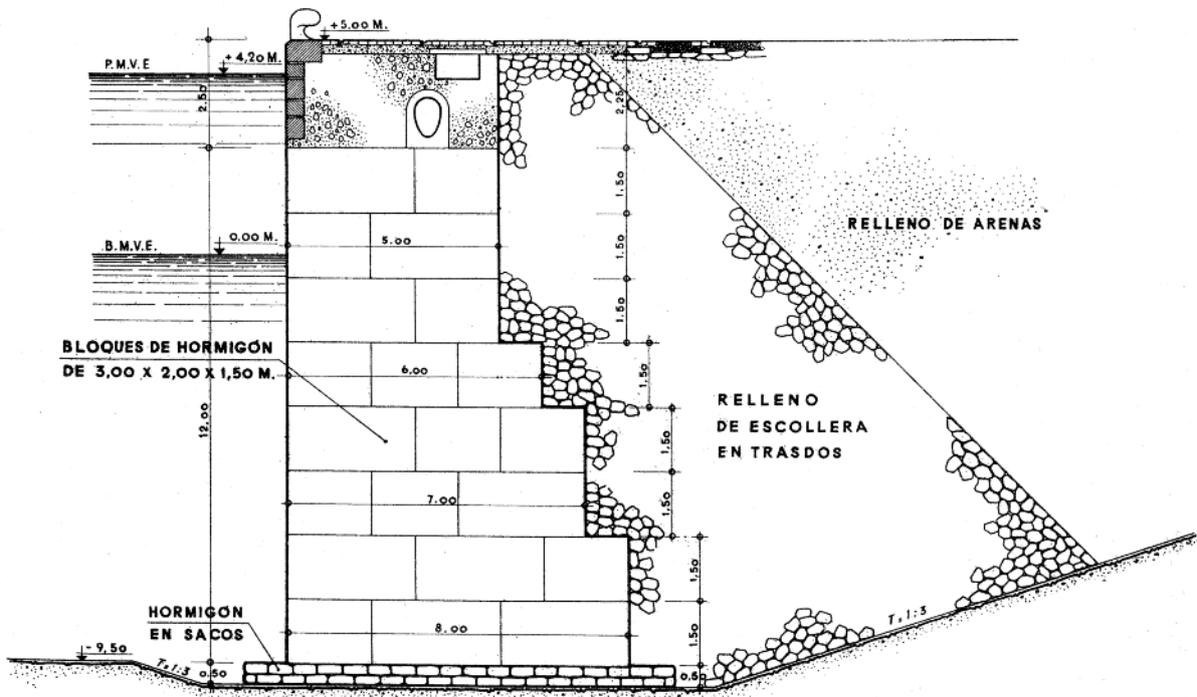
Se proyectó un solo acceso con ancho constante de 200 m. en la base. Esta canal comunica las dársenas con la canal general del puerto de Cádiz a La Carraca, resultando una entrada cómoda a unas dársenas que tienen un espacio libre para maniobras de 500 m. de diámetro. El calado general, tanto de la canal como de las dársenas, se draga a 9,00 m. bajo la B.M.V.E.

ACCESOS CARRETEROS Y FERROVIARIOS

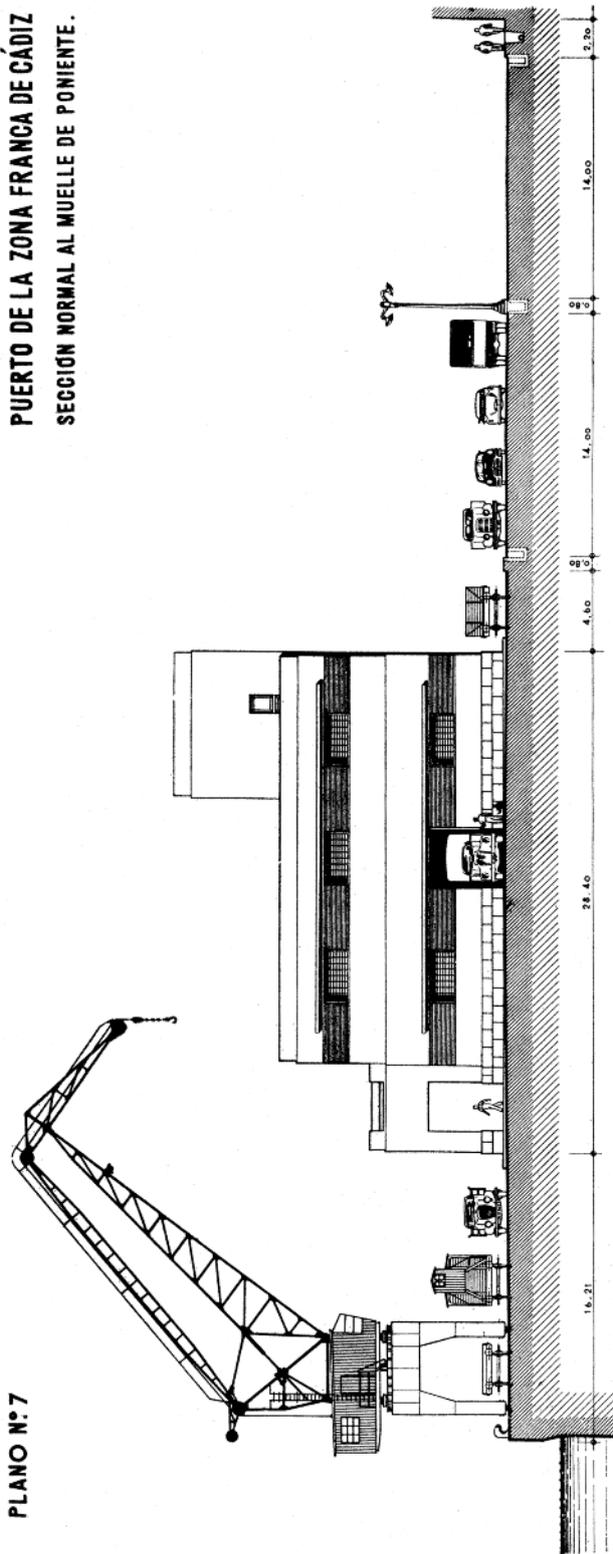
Se prevén dos accesos carreteros: uno para servicio de la primera fase, y un segundo que funcionará al terminarse el proyecto total. El primer acceso comunica la Zona Franca con la carretera general de Cádiz a Sevilla, salvando la vía del ferrocarril por un paso superior que construirá la Jefatura de Obras

PLANO Nº 6

PUERTO DE LA ZONA FRANCA DE CÁDIZ  
SECCIÓN TIPO DEL MUELLE DE RIBERA.



**PUERTO DE LA ZONA FRANCA DE CÁDIZ  
SECCION NORMAL AL MUELLE DE PONIENTE.**



**PLANO N.º 7**

Públicas con auxilio económico de la Zona Franca. De igual modo, y por el camino industrial que corre paralelo a la vía, la Zona queda unida al puerto comercial y a la ciudad de Cádiz.

Un acceso ferroviario provisional ha sido ya abierto, uniendo el muelle de Poniente con la Renfe a través de la estación de Segunda Aguada. Sin embargo, el acceso ferroviario definitivo lo será a través de la estación de clasificación que la Renfe construirá en terrenos que a este efecto le cede la Zona Franca, estación que atenderá los servicios generales del tráfico ferroviario de Cádiz y los nuestros propios.

**LA CIRCULACIÓN EN MUELLES Y ZONA DE SERVICIO**

En la zona aduanera, es decir, antes de atravesar la valla de cierre de la Zona Franca, una gran plaza sirve para la organización del movimiento automovilístico de entrada. De igual modo, otra gran plaza dentro de la Zona Franca sirve para la organización del movimiento de salida. De esta segunda plaza, grandes vías permiten el fácil acceso a todos los puntos importantes de la Zona y de los muelles.

El cuadrículado que forman las calles que figura en los planos es artificioso. Las industrias que se establezcan en la Zona necesitarán espacios cerrados, a veces de dimensiones superiores a las manzanas proyectadas. Ello es cosa prevista, pero de todos modos las vías generales de circulación deberán ser respetadas.

El plano número 7 da una idea clara de la distribución de las circulaciones para el servicio de muelles, tinglados y almacenes. El dibujo corresponde exactamente, en escala, a las dimensiones de la grúa adquirida y del tinglado en construcción. Del lado del muelle, además de la vía de las grúas, existe otra para el movimiento ferroviario de carga y otra tercera para maniobras, quedando espacio para una circulación de camiones. Viene inmediatamente el tinglado y luego la vía de ferrocarril que lo sirve por la parte posterior. Finalmente, dos grandes calzadas de cuatro circulaciones cada una sirven al tráfico general, al servicio de tinglado y a los almacenes generales de depósito, situados éstos a la derecha del plano y no figurados en él.

**ALMACENES**

La necesidad de acumular mercancías en poco espacio nos decidieron por el sistema de almacenes de varios pisos. En el proyectado, la planta primera es capaz para cargas de 2 000 Kg. por metro cuadrado, y la terraza, para 500 Kg. En total, entre la planta baja, la primera y la terraza, la superficie útil de

carga del almacén llega a 6 700 m.<sup>2</sup>, siendo las dimensiones del que se construye de 28 × 60 m.

El tinglado es servido directamente por la grúa, gracias al pórtico de fachada, que es un elemento de distribución para las mercancías a depositar en la primera planta. Si las lingadas no son muy largas, la grúa podrá cargar también directamente sobre la terraza. De todos modos, el servicio de la planta primera y de la citada terraza está asegurado por dos montacargas colocados del lado de tierra, la torreta que cubre, cuyos motores se perfilan en el citado plano número 7.

#### INSTALACIÓN DE AGUA

La tubería de abastecimiento de agua a Cádiz pasa actualmente siguiendo la línea del ferrocarril que bordea toda la Zona Franca. Desde esa tubería arrancamos nosotros con nuestra instalación, y, visto que en dicho punto se tendrá una presión de seis atmósferas al funcionar el nuevo abastecimiento de agua a la ciudad, hemos calculado ser suficiente una tubería de 20 cm. de diámetro. Entra a lo largo de la avenida central del puerto y se distribuye luego a lo largo de los muelles, con tomas preparadas en puntos estratégicos en previsión de las solicitudes de las futuras industrias.

#### SERVICIO DE LUZ Y ENERGÍA

El alumbrado de los muelles se resuelve a base de torres metálicas de 18 m. de altura colocadas a 130 m. de distancia. El del resto de las avenidas, con farolas de hormigón de uno o dos brazos, según el caso, y altura de 7 m.

La distribución de la energía eléctrica para fuerza ha sido un problema, dada la ignorancia de la que habrá de necesitarse, por ser ello dependiente de las necesidades de las industrias a instalar, cuyo número, circunstancias y situación dentro del ámbito de la Zona no eran previsibles. Por esta razón, partiendo de una caseta de toma y medida a la que llegaba la energía eléctrica suministrada por los servicios municipales de Cádiz, se distribuyó la energía en cuatro casetas de transformación, estratégicamente colocadas en toda la extensión de la Zona.

El total de la potencia instalada de momento es de 1 295 KVA., y la tensión, de 3 500 V., quedando las líneas de alta preparadas para resistir una tensión de 6 000 V., duplicándose la potencia en su día, si se precisa. Toda la instalación es subterránea.

#### EDIFICACIONES

Entre las edificaciones de más importancia que se han proyectado figuran el edificio social del Consorcio, ya construido y en uso hace tres años, en la plaza de la Victoria. Se trata de un magnífico edificio de cuatro plantas, en el que están instaladas las oficinas y las viviendas del Delegado del Estado, Ingeniero Director, Ingenieros Auxiliares y Conserje.

En terrenos de la Zona Franca y a la entrada se han proyectado las oficinas de la Aduana y las auxiliares del Consorcio. Son dos grupos gemelos a ambos lados de la gran puerta de entrada.

Este es, en sucinta exposición, el Proyecto de la Zona Franca de Cádiz, que tenemos en ejecución. En un cuarto artículo trataremos de la ejecución de las obras.



# EL PUERTO DE LA ZONA FRANCA DE CADIZ

Por JOSE OCHOA Y BENJUMEA,  
Ingeniero Director de la Zona Franca.

*En este cuarto artículo sobre el epígrafe que lo encabeza, se ocupa el autor de las obras realizadas. En el quinto y último, que publicaremos en nuestro próximo número, se abordará el interesante tema de la intervención del Ministerio de Obras Públicas en los consorcios de las zonas francas.*

## IV

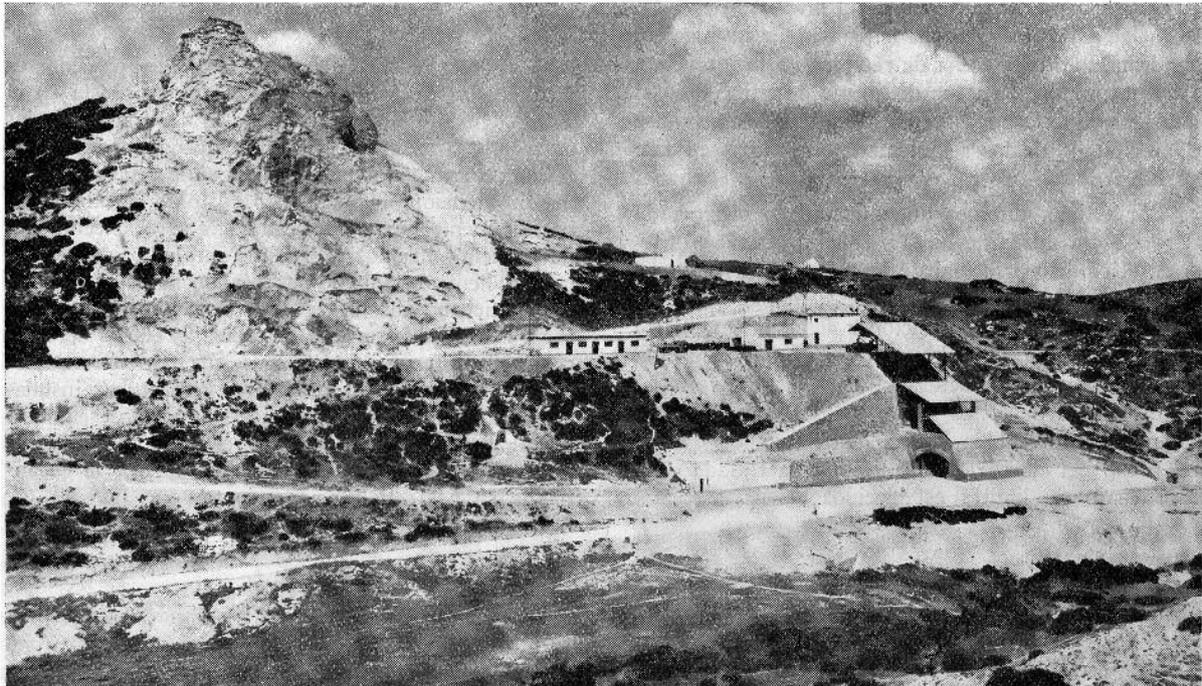
### Las obras.

#### MEDIOS ECONÓMICOS

Parece lógico que al tratar de la ejecución de unas obras se comience por señalar el origen y cuantía de los medios económicos con que se ha contado para ejecutarlas. Señalaremos, por lo tanto, que los fondos con que ejecutamos el puerto de la Zona Franca provienen de emisiones autorizadas por leyes, las que hasta ahora han sido las siguientes:

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| 17 de julio de 1948 .....     | 100 millones. |
| 9 de mayo de 1950 .....       | 160 »         |
| 20 de diciembre de 1952 ..... | 80 »          |
| 22 de diciembre de 1953 ..... | 125 »         |
| <hr/>                         |               |
| <i>Total</i> .....            | 465 millones. |

de los cuales sólo faltan por emitir 80 millones de la última emisión autorizada. Estos 465 millones se convierten, por consecuencia de los tipos y gastos de emisión, en el 83 por 100 de su valor nominal, quedando reducidos a 386 millones efectivos. Con estos 386 millones nos hemos comprometido ante



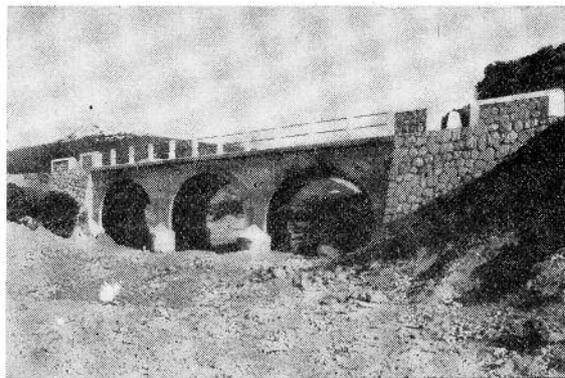
Vista de conjunto de la cantera de "El Berruoco".

nuestra propia responsabilidad a poner el puerto de la Zona franca en explotación; es decir, a realizar, dentro de la primera fase de que hablábamos en el artículo anterior, aquellas obras imprescindiblemente necesarias para el funcionamiento, aunque sea en precario, del puerto y sus instalaciones y servicios. Creo que lo conseguiremos, salvo el déficit a cubrir con otra emisión que viene obligada por el aumento no previsto de las revisiones causadas por la última elevación de los salarios.

Si ello es así, como esperamos, podremos tener la satisfacción de haber proyectado un puerto desde sus cimientos y de haberlo puesto en explotación, todo ello en el corto espacio de siete años y medio. Difícilmente se presentarán ocasiones semejantes a un Ingeniero.

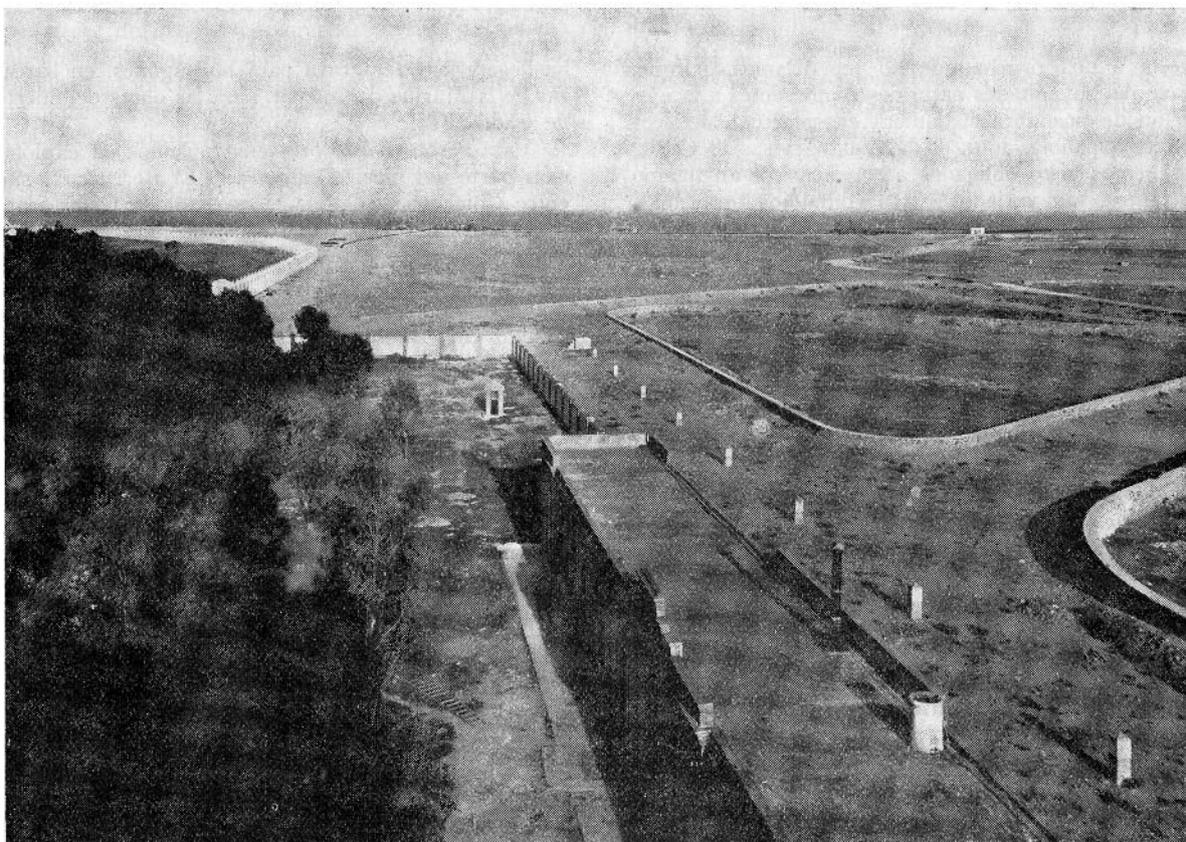
#### DIFICULTADES

El encanto de hacer una obra consiste precisamente en vencer las dificultades que presente su ejecución; pero cuando ello llega a límites insospecha-

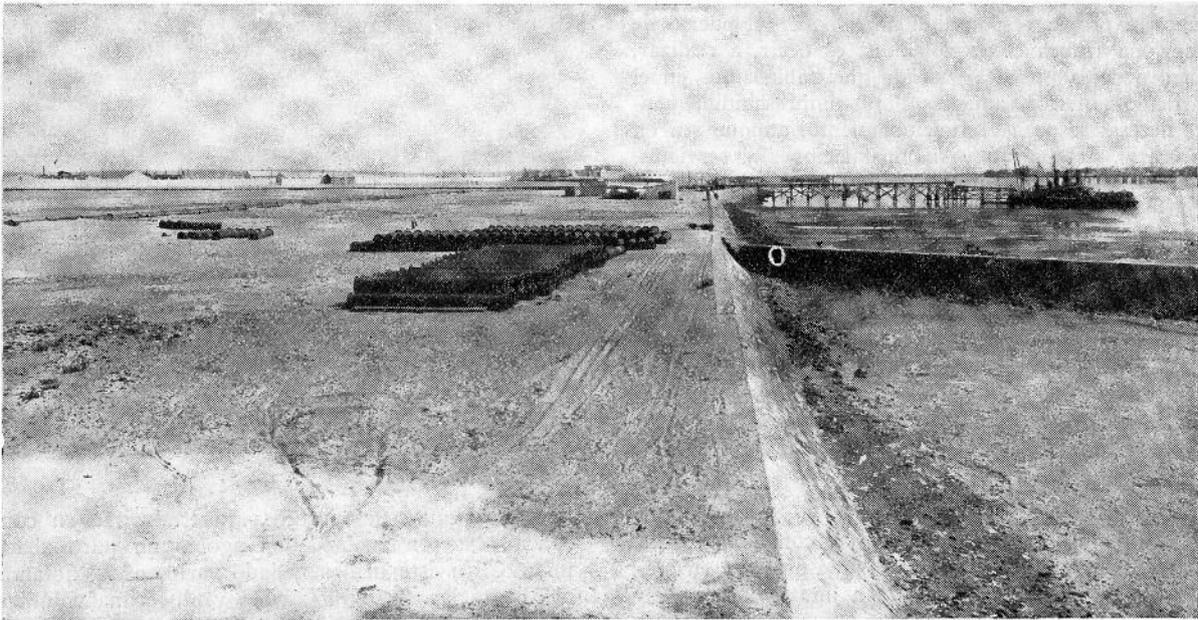


Puente sobre el Arroyo del Salado, en la carretera a la cantera de "El Berrueco".

dos, el encanto desaparece para traducirse en cansancio, éste en agobio y el agobio en puro abatimiento. En éste hemos nadado varios años, flotando al fin gracias al auxilio divino y al de una voluntad



Perspectiva de parte de los rellenos de la Zona Franca. Al fondo, los elevadores impulsadores de fango, y en la línea de horizonte, Matagorda.



Muro de recinto para contención de los rellenos. A la derecha, un elevador de fango, trabajando.

puesta a una prueba que no repetiríamos, porque, aparte las dificultades naturales e inherentes a la ejecución de una obra cualquiera en la actualidad económica española, aquí, en la Zona Franca de Cádiz, nos hemos visto obligados a ocuparnos a un tiempo de tantos, tan variados y tan complejos problemas, que no sólo se superponían en el papel, sino en la obra misma, estorbándose los unos a los otros sin espacio para desarrollarse. Desde el ingente problema de los dragados, rellenos, diques y muelles a los más insignificantes, como los caminos de accesos, vallas de cerramientos y otros análogos, pasando por las instalaciones de agua, energía eléctrica, grúas, balizamientos, vías, almacenes, talleres, canteras, etcétera, etc., nos hemos visto obligados a resolver todo un muestrario de problemas bien diversos.

Y como descanso de todo ello encontrábamos en el Consorcio el problema diario del mantenimiento de una jerarquía siempre discutida al amparo de disposiciones contradictorias de los Ministerios de Hacienda y Obras Públicas; problema éste al que dedicaremos nuestro próximo y último artículo, por la importancia que tiene la valorización de la prestación de los servicios del Cuerpo de Caminos a los Consorcios y para descanso de los lectores y el mío propio.

Pero vayamos al grano y comencemos.

#### LA PIEDRA

La falta de piedra para hormigones y escolleras, unida a la mala calidad de las mismas, es secular en Cádiz; desde Sevilla, a lo largo del Guadalquivir, se

ha llegado a traer grava para hormigones, en barcas de la Marina de Guerra, para las obras del puerto de Cádiz.

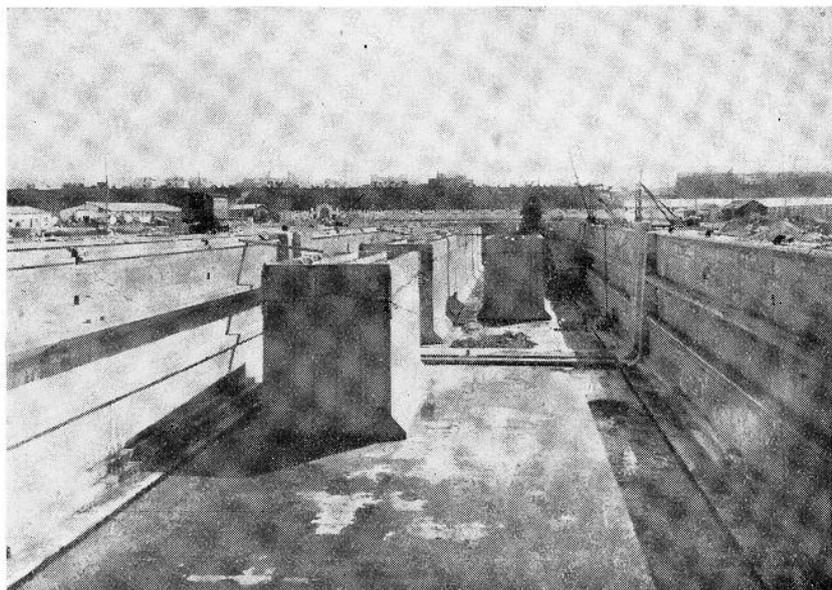
Para resolver este problema pusimos en explotación parte del macizo calizo de "El Berrueco", sito entre Chiclana y Medina, a 36 Km. de Cádiz, para llegar al cual tuvimos que construir una carretera y hasta un puente y todo. Para surtirnos de energía eléctrica tendimos una línea a 15 000 voltios, de 15 kilómetros de longitud. A pesar de estas dificultades, cuando empezamos a construir los cajones de hormigón armado para el muelle de Poniente, ya pudimos servir la grava y gravilla de nuestra flamante cantera.

Las instalaciones mecánicas y las numerosas edificaciones de lo que es hoy día un verdadero poblado fueron adjudicadas a Agromán, Empresa Constructora, S. A., y las instalaciones eléctricas, a Abengo, S. L. La capacidad de producción de grava o gravilla es de 200 m.<sup>3</sup> en ocho horas. Toda la grava empleada en estas obras y toda la escollera vertida en el dique de Levante procede de nuestra cantera.

#### MUROS DE CIERRE

Para contener los rellenos, producto de la impulsión de los materiales dragados, sobre el suelo fangoso natural de la bahía, construimos un muro de cierre en una longitud aproximada de 3 Km. Su sección estaba constituida por una base de escollera hasta la altura de la bajamar y sobre ella un muro de mampostería. La distancia de estos muros de cie-

Construcción de los cajones del muelle de Poniente en el dique seco de Nuestra Señora del Rosario.



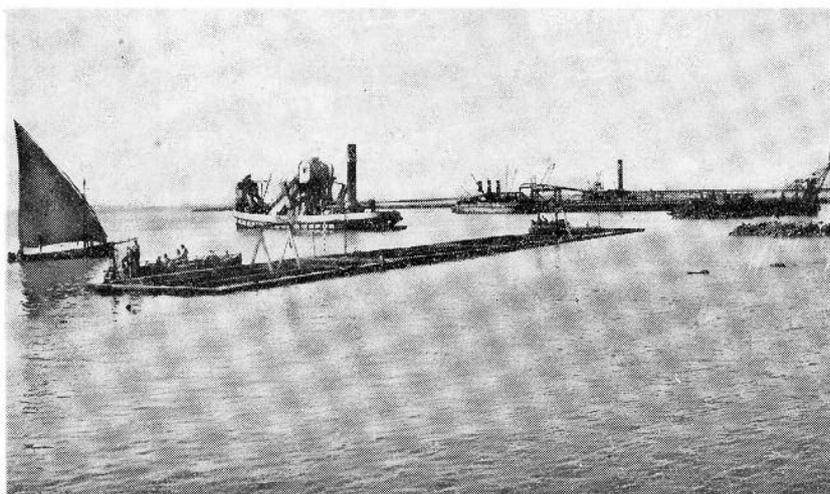
re al eje de los futuros muelles se fijó de manera tal, que al dragar hasta la cota — 10, para hacer los muelles, no hubiera posibilidad de corrimientos de los muros de cierre, cimentados éstos 10 m. más alto, a la cota 0 aproximadamente.

#### LOS DRAGADOS Y RELLENOS

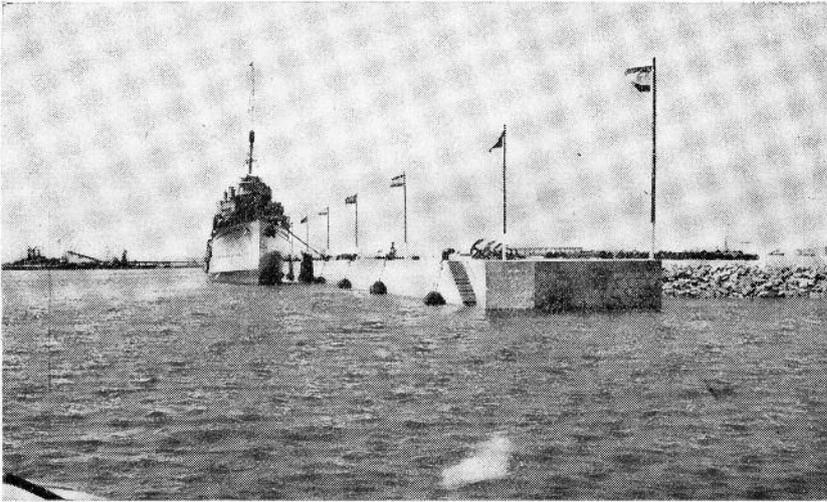
Los dragados y los rellenos han sido la obra más fundamental en la construcción de la Zona Franca. Mediante los dragados debíamos lograr la excavación de la canal de acceso y la dársena de maniobra; me-

dante la impulsión de los rellenos se tenían que ganar al mar las enormes extensiones que habrían de formar las explanaciones de la futura zona de servicio, porque, como dijimos al principio de estos artículos, en el comienzo no existía absolutamente nada.

Para la ejecución de la labor que se preveía, amplia y difícil, convenía disponer de elementos poderosos, tanto en dragas y elementos auxiliares como en elevadores-impulsores de los materiales dragados. En su consecuencia, en Consejo de Ministros se autorizó la contratación de material extranjero, encargándose de ello, como intermediario, la Empresa Na-



Vista de los tres primeros cajones del muelle de Poniente, después de su fondo.



El muelle de Poniente, terminado.

cional Elcano, quien debía resolver el problema de las divisas. Anunciado por dicha entidad el oportuno concurso, las obras fueron adjudicadas a una empresa belga, la casa Ackermans & Van Haaren, de Amberes, en colaboración con Entrecanales y Távorra, S. A. El material puesto en poco tiempo a nuestra disposición fué el siguiente:

1 draga rosario de 600 HP., cangilones de 700 litros.

1 draga rosario para roca, de 750 HP., cangilones de 800 litros.

1 impulsor de 600 HP.

1 ídem de 420 HP.

3 remolcadores,

2 500 m. l. de tubería de impulsión de 50 cm.

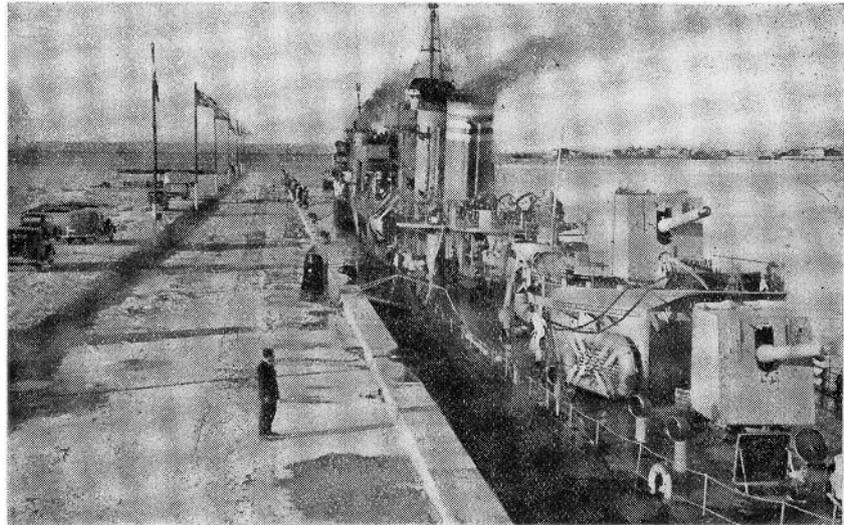
Gánguiles y demás elementos auxiliares.

El trabajo realizado con estos elementos ha sido el siguiente:



Inauguración del muelle de Poniente por los Excmos. Sres. Ministros de Obras Públicas, de Hacienda y Director General de Puertos.

Destructores de la Marina de Guerra atracados al muelle de Poniente.

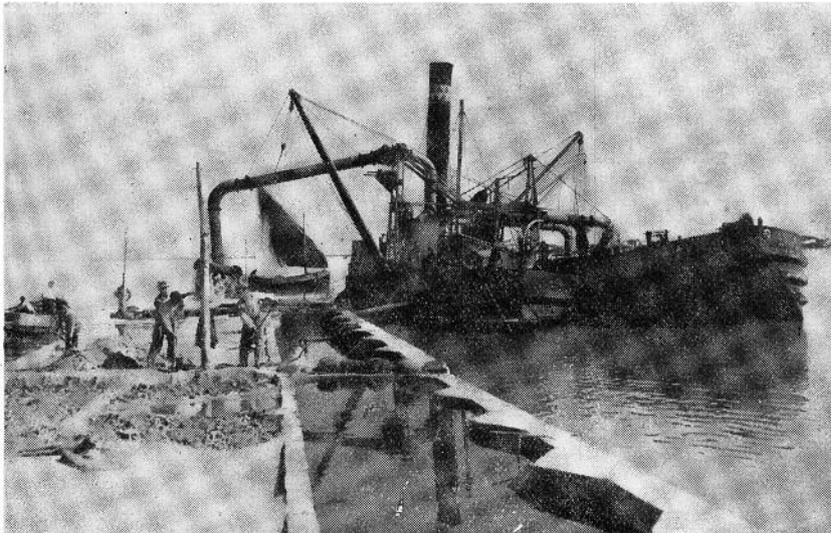


Dragado en canal y dársenas:

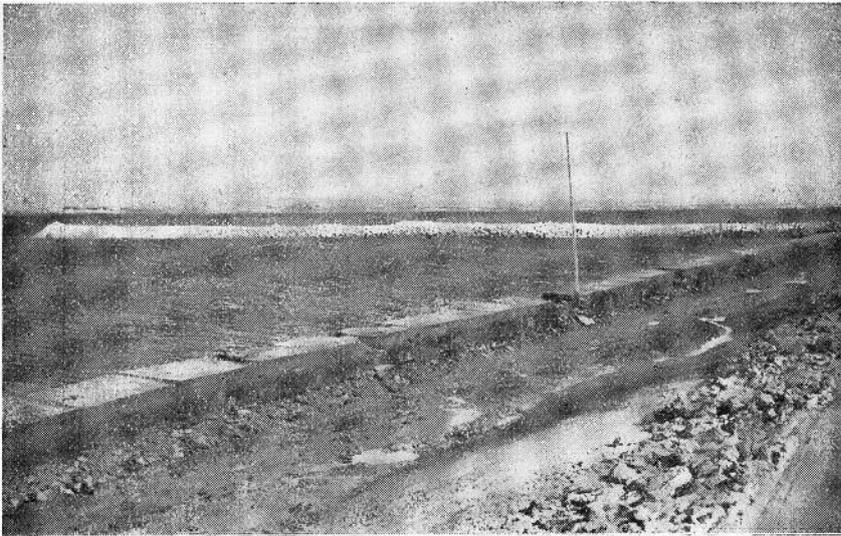
|                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| Fango .....                  | 1 125 000 m. <sup>3</sup> |
| Roca .....                   | 880 000 »                 |
| Dragado en préstamos .....   | 1 080 000 »               |
| Impulsados .....             | 1 670 000 »               |
| Vertidos a seis millas ..... | 485 000 »                 |

Como se ve, tuvimos déficit en los rellenos, y ello por dos causas: una, por la necesidad de verter a seis millas 485 000 m.<sup>3</sup> de fango que por su naturaleza arcillosa era de difícil impulsión, y otra, porque los rellenos detrás de los muelles se hicieron, naturalmente, con préstamos procedentes de bajos de arena.

La dificultad de los rellenos por impulsión, que llegamos a hacer a una distancia de kilómetro y medio, consistía en que dentro de los grandes recintos construidos ex profeso el fango se diluía en el agua y se extendía indefinidamente. Vimos que, de no poner remedio a ello, no obtendríamos fácilmente superficies ganadas al mar y a la cota fijada para la zona de servicio, que fué la misma que la del ferrocarril. Los fangos se nos iban, además, por entre los claros de las escolleras de los muros de cierre. Pusimos fin a todo ello defendiendo esos muros con terraplenes de tierra aportada con camiones, y dividimos con diques de tierra también la zona de rellenos, formando compartimientos comunicados a la altura de la pleamar para dar salida a las aguas de



Operación de relleno con arena de las celdas interiores del muelle de Poniente.



El dique de Levante en su arranque.

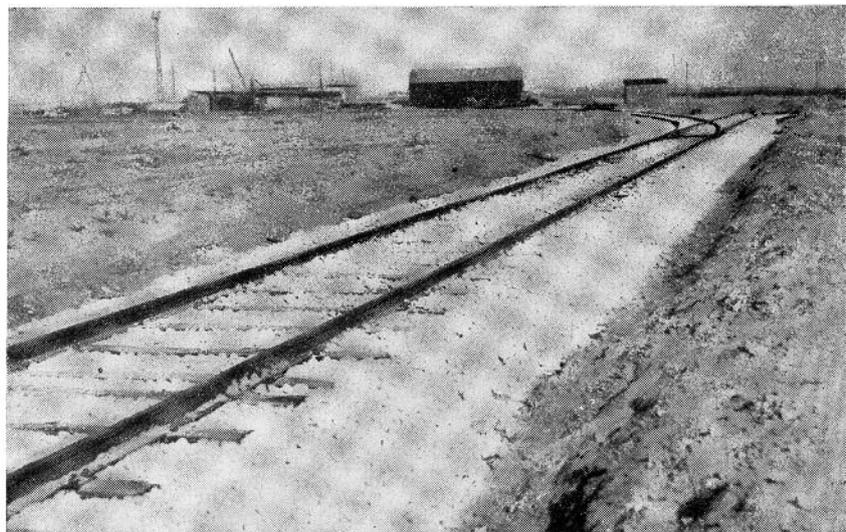
impulsión, y consiguiendo así rápidamente grandes zonas totalmente rellenadas a su altura definitiva. Las dificultades, sin embargo, no fueron pocas; pero, aun así, se consiguió obtener una superficie de relleno de 600 000 m.<sup>2</sup>, que sólo ha sido limitada por nuestras posibilidades económicas, y que suponen las tres cuartas partes de la extensión total de la ciudad de Cádiz intramuros.

#### LOS MUELLES

El primer muelle del puerto de la Zona Franca de Cádiz tuvo que hacerse a base de grandes cajones de hormigón armado; 15 cajones de 20 m. de lar-

go y características señaladas en nuestro anterior artículo se construyeron en el dique seco de Nuestra Señora del Rosario, para su colocación en el muelle de Poniente. Se eligió este tipo porque al comenzar las obras no existía nada más que el mar y no contábamos con apoyo ninguno para haber hecho un muelle de bloques, para cuya construcción no disponíamos de sitio y para cuyo embarque no disponíamos de muelle a propósito.

De no haber contado con el dique seco, ya teníamos estudiado el construirlos sobre la misma playa, haciéndolos flotar después, dragando simplemente una canal hasta llegar a ellos. Era una solución no aplicada aún en España, pero de efecto seguro; todo



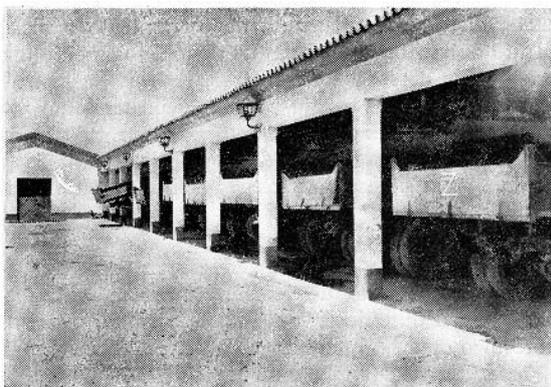
Tendido de vías en la Zona Franca.

antes que la construcción en gradas y posterior botadura, como se hizo hace muchos años en Gijón y yo mismo hice también hace, ¡ay!, muchos años para el puerto de San Esteban de Pravia.

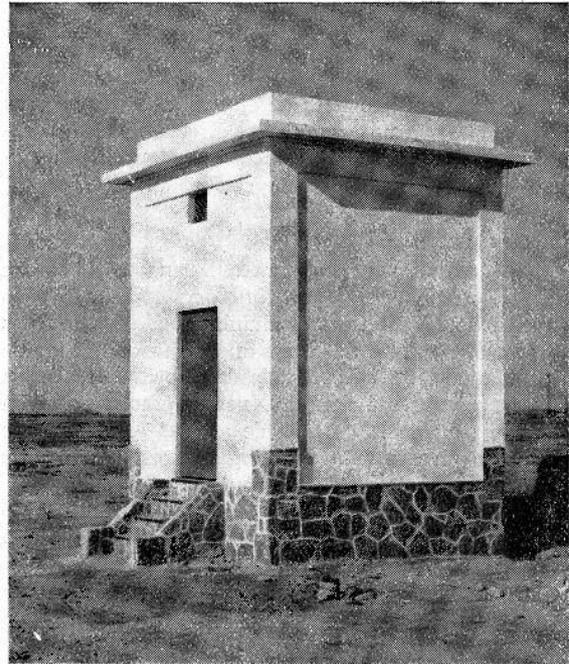
La construcción no tuvo dificultades; no así el traslado, que hubo de hacerse en dos etapas, ya que la Empresa Nacional Elcano, propietaria del dique seco, nos puso de patitas en la calle cuando aún no habíamos terminado la excavación de los cimientos de los cajones. Hubo que sacarlos, fondearlos en la bahía, cerca del Castillo de Puntales, en espera de poder ser trasladados a su emplazamiento definitivo. El lugar de fondeo tenía que ser en fondo rocoso para evitar el hundimiento de los cajones y a una profundidad tal que en bajamar quedaran los bordes del cajón por encima del agua un tiempo suficiente para agotarlos y hacerlos flotar nuevamente. Se dragó, pues, una cama que reuniera estas condiciones, en la boca del canal de acceso proyectado, al lado, como queda dicho, del Castillo de Puntales. Las operaciones de fondeo y traslado fueron muy difíciles a causa de la enorme corriente existente en el canal, y ello aunque se trató de aprovechar el repunte de las mareas.

El relleno de las celdas hormigonadas, las del lado de mar, se hizo por procedimiento especial de "sin interrupción y sin deslavamiento" propuesto por Entrecanales y Távora, S. A., contratista de estas obras, que dió fin a todas ellas con éxito y sin mayores contratiempos.

El muelle de ribera, adjudicado y en construcción por Hidrocivil, no presenta otras características que el reducido peso de los bloques, que no es nada más que de 22 toneladas. Se hizo así por ser estimación personal que los bloques de mucho peso, además de exigir una costosa maquinaria para su manipulación, no tienen ninguna ventaja sobre los de poco peso; en la construcción de muros de muelle.



Vista parcial de los garajes de la Zona Franca.



Tipo de caseta de transformación de suministro de luz y fuerza.

#### DIQUES

La construcción del dique de Levante planteó un curioso problema, y era éste el de conocer cuánto se sumergiría el dique en el fango durante su construcción, dato preciso para calcular el volumen real de piedra necesario para la ejecución del mismo. El dique, realmente, flota en el fango, al que desplaza hasta encontrar su posición de equilibrio. Mis jóvenes Ingenieros se agarraron a la Mecánica del Suelo, y yo, a mis experiencias de lucha con estos fangos durante varios años, llegando por tan dispares caminos al mismo resultado: había que contar con un 22 por 100 de pérdida por hundimiento.

Otra nota interesante en la construcción de esta obra es que la piedra procede de nuestra cantera de "El Berruoco", a 36 kilómetros de distancia de Cádiz, desde donde se transporta en camiones. Siempre se tuvo miedo a la ejecución de diques de escollera en tales condiciones, pero nosotros hemos demostrado la posibilidad de ello; por los precios normales aquí en Cádiz, con utilización de una piedra de calidad muy superior a las procedentes de San Fernando y el Puerto de Santa María hasta ahora empleadas, y a un ritmo de construcción que ya llega, al mes de comenzada la obra, a las 300 toneladas diarias.

Esta obra fué adjudicada a "Hidrocivil", que la ejecuta sin tropiezos.

#### ACCESOS

Los accesos carreteros los estamos construyendo directamente por disponer de cantera y de medios de transportes propios. Para la ejecución de los accesos ferroviarios, hemos adquirido directamente los carriles, cambios, traviesas, etc., y su colocación la ejecuta por destajo personal especializado.

#### ALUMBRADO Y ENERGÍA ELÉCTRICA

Fué adjudicada esta obra a Abengoa, S. L., de Sevilla, estando próxima a terminarse. Como se dijo en el artículo anterior, el alumbrado de los muelles se resuelve a base de torres metálicas de 18 m. de altura, análogas a las empleadas por la Renfe en algunas de sus estaciones. Nuestra preocupación ha sido únicamente la de huir de alturas excesivas que obligan a un consumo de energía excesivo para una racional iluminación de los muelles.

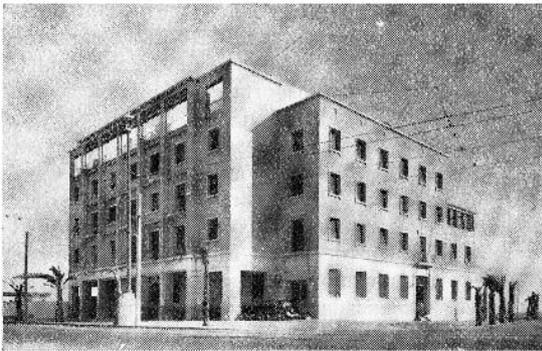
Las casetas de transformación se han construido de ladrillo. Son todas blancas, con zócalos de piedra conchífera, según modelo que estamos aplicando a todas las construcciones análogas a edificar en la Zona Franca.

#### ADUCCIÓN DE AGUA

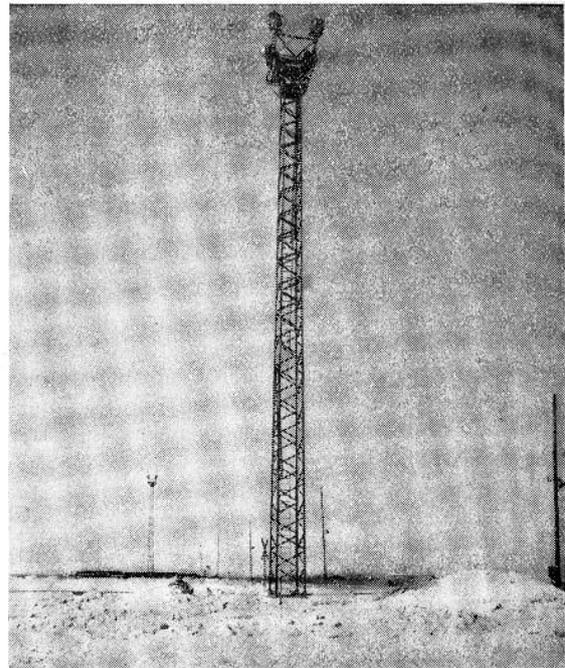
La tubería es de fundición y las juntas de plomo. El problema a resolver fué el del contador de medida a la entrada de la Zona, del agua de la ciudad, a cuyos Servicios Municipalizados la adquirimos, pues dadas las grandes oscilaciones del consumo, se hacía difícil el control y medida de los suministros, variando posiblemente desde el de un solo grifo hasta el gran volumen a tomar por un barco. El problema se ha resuelto a base de un contador Venturi colocado en una tubería de 40 cm. con longitud suficiente para el perfecto funcionamiento de aquél.

#### EDIFICACIONES

Muchas han sido las edificaciones levantadas en el corto espacio de tiempo que estas obras están en marcha, tales como nuestro edificio social, un grupo



El edificio social del Consorcio de la Zona Franca de Cádiz.



Torre metálica, de 18 m. de altura, para el alumbrado del muelle de Poniente.

de 48 viviendas para obreros y empleados, garajes, talleres, almacenes, etc. Para la redacción de los distintos proyectos, nuestro criterio ha sido siempre buscar la colaboración del Arquitecto, aunque limitando su función a la parte puramente arquitectónica y decorativa, reservándonos la de distribución y de cálculo, sistema éste que nos ha permitido lograr edificaciones propias para su destino, dentro de un marco de belleza que por nosotros mismos no hubiéramos sabido conseguir.

#### VALLA DE CERRAMIENTO

Para terminar con este índice de las obras realizadas, diremos que la valla de cerramiento y aislamiento de la Zona Franca, que tiene actualmente una longitud de más de 2 kilómetros, la hemos construido a base de bloques de cemento, con cimientto variable según las zonas de apoyo, habiendo tratado de huir de la vulgaridad de construir una tapia y dándole unas líneas graciosas inspiradas en el barroco.

Y he aquí, rápidamente descritas, lo que han sido y son todavía, las obras que se ejecutan para la construcción del Puerto de la Zona Franca de Cádiz. Nada nuevo que, desde un punto de vista puramente técnico, pueda interesar a los compañeros; pero sí, modestia aparte, un exponente de lo que puede una voluntad puesta al servicio de los intereses que un día se le encomendaron.

# EL PUERTO DE LA ZONA FRANCA DE CADIZ

Por JOSE OCHOA Y BENJUMEA,  
Ingeniero Director de la Zona Franca.

*Termina en el presente artículo la completa e interesante descripción del Puerto de la Zona Franca de Cádiz, que sucesivamente nos ha venido presentando el Ingeniero Director de tan importante obra portuaria.*

## V

(Conclusión.)

### La intervención del Ministerio de Obras Públicas en los Consorcios de las Zonas Francas.

#### ANTECEDENTES.

Expuesto en los artículos anteriores la génesis y el desarrollo de los proyectos y obras realizados por el Ministerio de Obras Públicas para la construcción de la Zona Franca de Cádiz y de su puerto, cabe completarlos con algunas consideraciones relativas a la intervención del Ministerio de Obras Públicas en la explotación de los puertos de las Zonas Francas. Ello se hace necesario a la vista de la disparidad de disposiciones actualmente existentes en materia de tanta importancia; la coexistencia de las cuales convierte en una verdadera carrera de obstáculos la labor de los Ingenieros Directores de los citados puertos.

No cabe duda, por tanto, que se precisa una coordinación de las citadas disposiciones, labor que no parece sencilla por la existencia de prejuicios, infundados desde luego, frente a la función interventora que al Ministerio de Obras Públicas compete, y por una natural tendencia de los Consorcios de las Zonas Francas a independizarse de cualquier tutela estatal. En las líneas que siguen tratamos no sólo de señalar los puntos de divergencia, sino de coordinarlos para ver de encontrar una solución a tan áspero problema. Nos referiremos al caso concreto del Consorcio de la Zona Franca de Cádiz, que es el que conocemos, pero las conclusiones son de aplicación, según mi modesto juicio, a cualquier otro Consorcio y con toda su amplitud, por darse el caso de que la Zona Franca de Cádiz es la única que, por el momento, funcionará con puerto propio, mientras que la de Barcelona funciona utilizando el puerto adyacente de aquella capital, y la de Vigo no ha iniciado aún sus obras.

#### LA LEGISLACIÓN.

El pilar fundamental de las Zonas Francas es el Real Decreto-ley de Bases de 11 de junio de 1929, por el que se creaban las de Cádiz y Barcelona. Se trata de un breve documento en el que se define lo que son los Depósitos Francos y las Zonas Francas, con la enumeración de las funciones específicas de cada uno. En la base vigésima del citado Decreto se declara que, tanto las Zonas como los Depósitos Francos, dependerán del Ministerio de Hacienda; pero esta competencia, añade, no excluye la de los Ministerios de Marina, Fomento (hoy Obras Públicas) y Economía Nacional (hoy Industria y Comercio), en cuanto concierne a los problemas de tráfico, obras del puerto y a los de economía nacional. Es decir, se reconoce la competencia del Ministerio de Obras Públicas pero, al parecer, sólo en cuanto a la ejecución de las obras se refiere.

El citado Real Decreto-ley tuvo su correspondiente Reglamento en forma de Real Decreto, fechado en 22 de julio de 1930. Consta de 354 artículos y es, por tanto, un voluminoso trabajo, cuya característica fundamental consiste en desvirtuar y aminorar muchas de las facultades que el Real Decreto-ley de Bases concedía a los Consorcios de las Zonas Francas. Sin meternos, sin embargo, en camisas de once varas, y dejando a los Consorcios, como ya lo están haciendo hoy día, que traten de modificar la vigente legislación, examinemos el Reglamento en cuestión, desde el punto de vista del encabezamiento de este artículo.

Es fácil, porque el Ministerio de Hacienda no se refiere al de Obras Públicas más que en un solo artículo de los 354 de que consta el Reglamento. Es el número 67, que dice: "Los proyectos, planos y memoria para la construcción del puerto de la Zona Franca, se remitirán también, para su aprobación, al Ministerio de Fomento (hoy de Obras Públicas), sin cuyo requisito no podrá autorizarse el funcionamiento de la Zona Franca".

Ello es interesante por lo que más adelante hemos

de exponer; pero agreguemos que el citado artículo continúa a tenor de lo siguiente: "No obstante, el Ministerio de Hacienda podrá autorizar ésta (la Zona Franca), en la parte comercial e industrial del proyecto, aunque no hubiese recaído la aprobación a que se refiere el párrafo anterior, siempre que reúna las demás condiciones de aislamiento y seguridad exigidas". Es decir, que puede autorizarse una Zona Franca sin proyecto aprobado. Cómo puede ser ello, es cosa que no me explico; pero doctores tiene la Iglesia..., etc.

El artículo 81 dice, al hablar de la administración de las Zonas Francas: "El Consorcio de la Zona Franca organizará los servicios marítimos y terrestres del puerto y la Zona, con sujeción a las disposiciones vigentes". ¿Con arreglo a las disposiciones vigentes? pregunto; pues, que yo sepa, no hay más disposiciones vigentes en la organización de los servicios marítimos y terrestres de un puerto que las contenidas en la Ley de Puertos de 19 de enero de 1928. Esto, sin embargo, parecen ignorarlo los Consorcios de las Zonas Francas, e incluso el propio Ministerio de Hacienda al contradecirse en el articulado del mismo Reglamento que comentamos y al aprobar los propios Estatutos de los Consorcios, como más adelante veremos; pero, para muestra, basta un botón. El artículo 180 dice que "corresponde al Jefe de los Servicios administrativos (!) de las Zonas Francas designar el lugar de los muelles donde hayan de realizarse las operaciones de carga y descarga de buques..." Nuestro gozo en un pozo, y la Ley de Puertos en otro pozo, aún más profundo.

Nada más puede encontrarse que haga referencia a la intervención del Ministerio de Obras Públicas en los Consorcios; pero ya es bastante. El citado Ministerio, por lo tanto, para poner un poco de orden y restablecer sus derechos, dió a luz, con fecha 4 de julio de 1947, un Decreto creando las Direcciones Facultativas de los Puertos de las Zonas Francas, Decreto por el que se encargaba a estos facultativos de cuanto se refiere al estudio y dirección de las obras y servicios comprendidos en la segunda clase de los expresados en el artículo 20 de la Ley de Puertos; daba a los Ingenieros Directores las mismas facultades que a los de los puertos comerciales, y modificaba los artículos 69 y 70 del Reglamento de 22 de julio de 1933, que antes hemos venido comentando, para dar entrada a estos Ingenieros Directores en el Comité ejecutivo y en el Pleno de los Consorcios. Por el artículo 6.º se encargaba al Ministerio de Obras Públicas de dictar las disposiciones complementarias para la organización y funcionamiento de las Direcciones Facultativas de los Puertos de las Zonas Francas. Esto es lo que aún está por hacer, y es razón fundamental de este quinto y último artículo, por estimar que las sugerencias de quien ha luchado durante seis años en el puesto de Ingeniero Director del Puerto de una Zona Franca, podrían

ser aprovechadas por la Superioridad en el momento oportuno.

De igual manera que ni en la Ley de Bases del año 1929, ni en el Reglamento de 1930, se daba franca entrada al Ministerio de Obras Públicas en su peculiar función dentro de los Consorcios de las Zonas Francas, tampoco aparecía intervención ninguna de la Dirección Facultativa en el Estatuto y Reglamento de régimen interior del Consorcio de la Zona Franca de Cádiz, cuya aprobación data del año 1933. Esta era la situación al tomar posesión de su cargo, en el año 1948, el primer Ingeniero Director del Puerto de la Zona Franca de Cádiz; situación indudablemente anómala, pues no bastará decir que la Dirección Facultativa llegaba amparada por el Decreto de su creación, ya que habría de enfrentarse con una respetable entidad, habituada a resolver sus problemas técnicos por cuenta propia y a no considerar otro personal que el que ella nombraba, y sujeto, naturalmente, a la autoridad delegada del Estado. Afortunadamente para el mayor éxito de la ejecución de estas obras, el escollo de esta aparente dualidad de funciones fué salvado gracias a la corrección de cuantos, de una parte y otra, hemos colaborado en la realización del empeño común, estableciéndose de un modo natural un *statu quo* que nos ha permitido navegar hasta el momento presente. Pero ello no podrá continuar así, entre otras razones, porque, previéndose una próxima puesta en servicio de la Zona Franca de Cádiz, a los problemas de construcción se sumarán los de explotación, en los que, por lo que al puerto se refiere, no puede estar ausente el Ministerio de Obras Públicas.

A los que no conozcan la estructura interior de los Consorcios y el natural empeño de los mismos en sacudirse cualquier tutela extraña, les parecerá que basta hacer cumplir en todas sus partes el Decreto creando las Direcciones Facultativas; pero éstos tropezarán con una barrera: la que separa el Puerto de la Zona Franca de la Zona Franca propiamente dicha.

Los Consorcios, en efecto, no podrán recusar nunca, aunque lo intenten, la presencia del Ministerio de Obras Públicas en los puertos de las Zonas Francas, representado por las Direcciones Facultativas, en todo cuanto concierne a los servicios expresados en el artículo 20 de la Ley de Puertos; pero tratarán siempre de oponerse a la intervención de dichas Direcciones Facultativas en los asuntos interiores del Consorcio no comprendidos en la zona portuaria propiamente dicha.

Resulta claro, evidentemente, que una concesión de una Zona Franca por el Ministerio de Hacienda no puede anular las disposiciones de la vigente Ley de Puertos. Un puerto con sus dársenas, muelles y servicios, aunque se utilice para la explotación de una Zona Franca, no deja de ser por eso de uso y servicio público, y de uso y servicio público internacional, de una innegable trascendencia. Que el

puerto sirva los intereses comerciales generales de una localidad o los generales también de una Zona Franca, no cambia en absoluto la naturaleza de los mismos, y, por lo tanto, son de aplicación igualmente al segundo las disposiciones generales de la Ley de Puertos, y muy particularmente las comprendidas en su artículo 20, por el que se declara que la ejecución y conservación de las obras y edificios, las operaciones de carga y descarga en los muelles, la circulación sobre los mismos y en su zona de servicio y todo lo que se refiere al uso de las diversas obras destinadas a las operaciones comerciales del puerto, compete al Ministerio de Obras Públicas. No puede ser de otra manera. El Estado tiene la obligación de garantizar el libre y justo uso del puerto, y esa función se la confía a sus propios funcionarios, a los que en todos los puertos la ejercen, es decir, a los Ingenieros de Caminos Directores de los mismos, que es a quienes corresponde.

Hay que añadir a lo anteriormente expuesto que, con arreglo a lo dispuesto en el artículo 21 de la misma Ley, el Gobernador civil de cada provincia marítima, como Jefe supremo de todos los ramos de la Administración Civil y delegado del Ministerio de Obras Públicas, lo es de todos los servicios que en los puertos corren a cargo del Ministerio, y como por el artículo 20 los servicios que se citan corresponden al Ministerio de Obras Públicas, el Gobernador civil sigue siendo el Jefe superior de los mismos.

Con más detalle se aclara en el artículo 28 esta competencia y facultades; facultades que, por Real Orden de fecha 26 de febrero de 1921, pasaron, por delegación, a los Ingenieros Directores de los puertos.

Todas estas atribuciones delegadas vienen especificadas en los artículos 29, 30, 31 y 32 del Reglamento para la aplicación de la Ley de Puertos, y para que ella sea efectiva, el Gobernador civil, a propuesta del Ingeniero Director, nombra sus propios guardas jurados, los que, con el nombre ya tan conocido de guardamuelles, son los encargados de hacer cumplir los Reglamentos de Policía y Vigilancia, ya que la autoridad municipal carece de autoridad en los puertos.

Resulta, pues, claramente que, concordantes en un todo la Ley y el sentido común, las Direcciones de los Puertos de las Zonas Francas corresponde en un todo a los Ingenieros Directores de los mismos.

#### DE LA ZONA COMERCIAL.

Pero detrás de la línea que limite la actuación ministerial de los citados Ingenieros Directores, se entra de lleno en la zona industrial de la Zona Franca, en la que las concesiones de grandes industrias, por ejemplo, corresponde al Ministerio de Hacienda, sin intervención, hasta ahora, del de Obras Públicas, y claro es que, al no aparecer intervención de este

último Ministerio en la concesión de dichas industrias, no queda clara la de los Ingenieros Directores de las Zonas Francas en dichas concesiones, salvo, naturalmente, su derecho de opinión y voto en el Comité y Pleno, como miembro activo de los mismos. Esta es la diferencia fundamental entre una Junta de Obras de Puertos y un Consorcio de una Zona Franca.

El problema tiene más importancia de lo que parece. Exageremos un poco los límites extremos de la cuestión para darnos cuenta de ello. Para construir una perrera en una población cualquiera, se precisa un proyecto firmado por un Arquitecto y la aprobación y concesión del Ayuntamiento, cuyos técnicos vigilarán luego la construcción aprobada. Para construir una central térmica de cien millones de pesetas en una Zona Franca, basta la autorización del Ministerio de Hacienda y la concesión del Consorcio de la Zona Franca; claro es que el proyecto vendrá autorizado con las firmas de los técnicos competentes; pero el Consorcio no se encuentra obligado a controlar la ejecución de la obra por sus propios técnicos, porque puede, incluso, no tenerlos. ¡Ah!, no; de ninguna manera, dirán ustedes; ahí está el Decreto creando las Direcciones Facultativas de los Puertos de las Zonas Francas. Sí, les respondo yo; ahí está el Decreto encargando a esos Directores de cuanto se refiere al cumplimiento del artículo 20 de la Ley de Puertos; pero ¿y luego? Luego, me responderán ustedes, están esas otras facultades que se conceden al Director de un puerto de las Zonas Francas, que son las mismas, según el Decreto, que las que tienen los Directores de los puertos comerciales.

Aquí está el fallo, por no haber concordancia entre el funcionamiento de una Junta de Obras y un Consorcio de una Zona Franca; aquí está el fallo, repito, y la piedra con la que tropezamos diariamente. Porque hay que examinar la cuestión desde el punto de vista contrario para darse cuenta de que los Consorcios no aceptan un punto de vista tan simplista, y mientras tanto, se obedece..., pero no se cumple.

Lógicamente, sin embargo, se ha de comprender que si el Ministerio de Obras Públicas, como tal Ministerio, no tiene intención de intervenir en las cuestiones de un Consorcio que no sean de su competencia, el Estado tampoco puede permitir que dentro de la enorme extensión de los servicios de una Zona Franca se haga, desde el punto de vista técnico, que es el que examinamos, cuanto mejor parezca sin control alguno, y que, por lo tanto, hay que imponer a los Consorcios una dirección técnica para sus propios problemas constructivos. ¿Y quién puede ser ese director técnico mejor que el propio Ingeniero Director del puerto de la misma Zona Franca?

Como se ve, separamos la personalidad del funcionario del Estado, que lo es el Ingeniero Director del puerto, en acción mientras aplica y cumple la Ley de Puertos en el de la Zona Franca, y la de Di-

rector técnico del Consorcio en las restantes actividades técnicas del citado Consorcio. La solución es razonable y, desde luego, la más económica para los Consorcios, pues resuelve, sin más gastos, la totalidad de sus problemas técnicos.

Queda por separar la línea que limita ambas funciones. Esta será una paralela a los muelles que separe la zona de carga, tránsito y demás operaciones portuarias de aquella en que comienza la zona industrial propiamente dicha.

Abona esta solución la circunstancia de que con arreglo a la Ley de Puertos, las funciones de policía, tanto en el puerto como en su zona de servicio, corresponden al Gobierno, sin intervención municipal de ninguna clase, ejerciéndola por delegación del Gobernador Civil el propio Ingeniero Director del puerto por medio de guardas jurados (guardamuelles) que nombra el propio Gobernador a propuesta de la dirección facultativa. No cabe, por lo tanto, limitar estas funciones de policía y vigilancia dentro del ámbito de una Zona Franca; una duplicidad de Jefaturas en esta cuestión no acarrearía más que complicaciones sin beneficio alguno para los Consorcios y con evidente perjuicio del servicio.

#### CONCLUSIONES.

Las conclusiones que se deducen de la ligerísima exposición que antecede, son las siguientes:

1.<sup>a</sup> La Dirección Facultativa de los Puertos de las Zonas Francas, como representativa de la autoridad estatal a través del Ministerio de Obras Públicas, se hace absolutamente necesaria para garantizar el libre y justo uso de las instalaciones portuarias de las Zonas Francas.

2.<sup>a</sup> La Dirección Facultativa de los Puertos de las

Zonas Francas se hace igualmente precisa para la conservación de las obras construídas y de los servicios instalados, así como para el estudio de nuevos proyectos.

3.<sup>a</sup> La Dirección Facultativa de los Puertos de las Zonas Francas es auxiliar necesario y eficaz para la resolución de todos los problemas técnicos que los Consorcios tengan pendiente en la zona de concesiones de las Zonas Francas.

4.<sup>a</sup> La aplicación de las facultades emanadas del artículo 20 de la Ley de Puertos tendrá como límite una línea que separe los muelles y sus zonas de servicios para las operaciones de carga, maniobras, movimiento de mercancías y tránsito, del resto de la extensión de la Zona Franca.

5.<sup>a</sup> A la Dirección Facultativa de los Puertos de las Zonas Francas corresponde el ejercicio de vigilancia y policía gubernamental en toda la extensión de estas zonas.

6.<sup>a</sup> Se hace urgente que por el Ministerio de Obras Públicas se dicten las disposiciones complementarias previstas en el apartado 6.º del Decreto creando las Direcciones Facultativas de los Puertos de las Zonas Francas, para el funcionamiento y organización de dichas direcciones.

7.<sup>a</sup> Es igualmente urgente y necesario que se modifiquen los Estatutos y Reglamentos de los Consorcios, para ajustarlos a las disposiciones emanadas del Decreto creando las Direcciones Facultativas; y

8.<sup>a</sup> Los Ministerios de Hacienda, de Industria y de Comercio, deben de estar informados del Decreto creando las Direcciones Facultativas, para evitar que, en la ignorancia del mismo, se sigan dando disposiciones contradictorias.

Esto es lo que procede como resolución de un problema latente, cuya resolución urge, en evitación de dificultades en otro caso inevitables.

“Los puertos mediterráneos andaluces y las obras para impedir sus aterramientos”

Vicente Laporta Pérez

*Revista de Obras Públicas* vol. 104, nº 2.895,  
julio de 1956, pp. 369-377



# LOS PUERTOS MEDITERRANEOS ANDALUCES Y LAS OBRAS PARA IMPEDIR SUS ATERRAMIENTOS

Por VICENTE LAPORTA PEREZ,  
Ingeniero Director del Grupo de Puertos de Málaga,  
Granada y Almería.

*Da cuenta el autor de los trabajos realizados, especialmente en los puertos de Adra y Estepona, y del comportamiento de las pantallas construidas, que concuerdan con lo previsto en los estudios realizados, que describe en el presente artículo, destacando la importancia de los planos de oleaje ideados por el Prof. Iribarren.*

La principal dificultad de todos los puertos del Mediterráneo andaluz, contra la cual hemos tenido que luchar al proyectar las obras de los pequeños puertos pesqueros, ha sido la de los aterramientos.

En otros tiempos el problema parecía de tan difícil solución que tuvieron que abandonarse algunas obras, tal sucedió con el puerto de Fuengirola y con el puerto de Torre del Mar, en la provincia de Málaga.

Hoy día, aunque el problema sigue siendo complicado por el gran número de fenómenos naturales que pueden influir en los resultados previstos, sin embargo, gracias a los "planos de oleaje" ideados por el Prof. Iribarren, cuyo prestigio es hoy reconocido por todos, con la experiencia que con la aplicación de su sistema hemos adquirido de algunos años a esta parte y la observación constante de los efectos que producen las olas al romper, hemos podido obtener soluciones que afortunadamente van dando felices resultados.

En algunos puertos, como por ejemplo, el de Adra, en la provincia de Almería, revestía el fenómeno de los aterramientos caracteres de verdadera catástrofe, pues la invasión en el interior de la dársena, no ya de arenas, sino de gravas de tamaños de más de 10 centímetros en alguna de sus dimensiones y en cantidades de miles de metros cúbicos diarios, hacía en ocasiones completamente imposible la entrada y salida de los barcos, llegando, en el año 1953, a formarse un playón que se extendía por toda la bocana y permitía al público pasear por encima, pudiendo ir desde el morro del dique de poniente al de levante sin pisar agua. El puerto se había convertido en un verdadero lago, en donde quedaban aprisionados todos los barcos que habían tenido la mala fortuna de tomar puerto vísperas del temporal que produjo tan importantes aterramientos.

Efectuado un dragado en gran escala, al mismo tiempo que se construía rápidamente el dique pantalla en el extremo del de poniente, se pudo, en me-

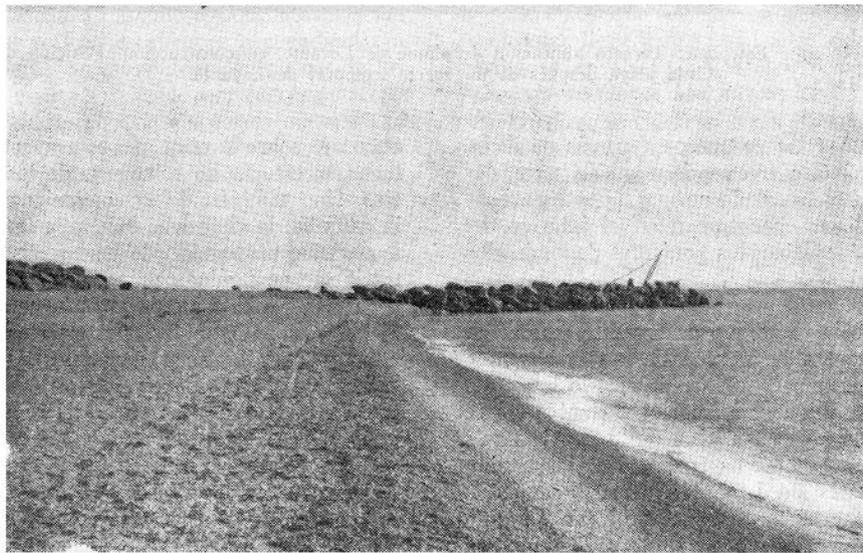


Foto 1.ª — Adra: Pantalla en construcción. Se ha proyectado un espaldón a la altura del dique de 6,40 m., para evitar salten por encima las arenas. También está proyectado un refuerzo del morro con bloques de hormigón en masa de 9 Tn.

nos de un año, conjurar el conflicto, con tan buenos resultados, que desde aquella fecha ya no ha sido preciso efectuar ningún dragado, pues no ha habido el menor aterramiento.

El puerto de Estepona, de la provincia de Málaga, también con gran frecuencia se cerraba, pues casi todos los años se formaba una barra que disminuía los calados de la bocana hasta menos de un metro y precisaba efectuar dragados urgentes para, por lo

trocede cuando soplan los tormentosos o cuando el temporal gira hacia el Sur.

Estos alentadores resultados que se van obteniendo con la construcción de diques de escollera, destinados a impedir el avance de las arenas o gravas en una determinada dirección y que denominamos "pantallas", son debidos, en primer lugar, a la obtención con bastante exactitud, mediante los "planos de oleaje de detalle" de la dirección en que avanza la ola de

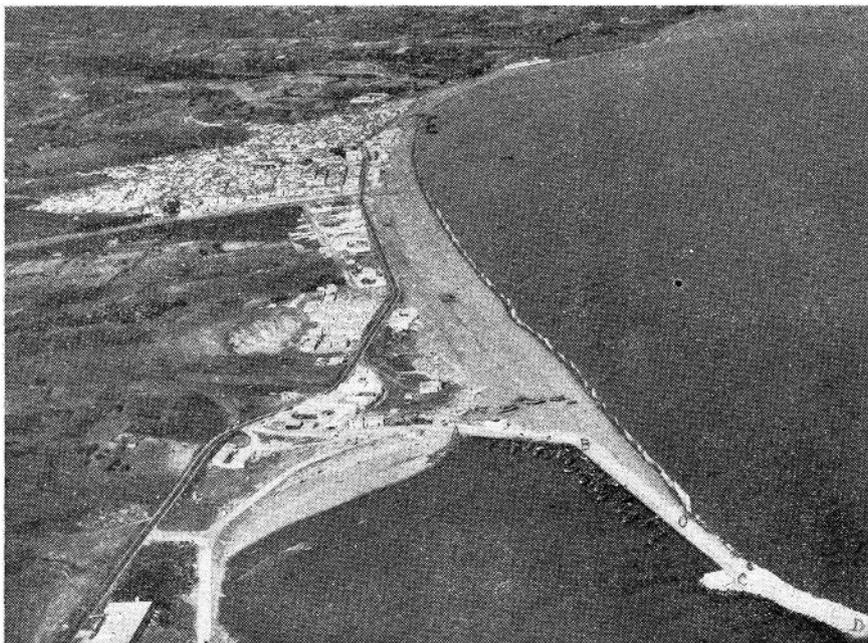


Foto 2.ª — Estepona: Tercera alineación del dique de Levante, en construcción. Posición de la playa después de un fuerte temporal de Levante.

menos, abrir paso a los pesqueros a través de dicha barra, y con bastante frecuencia también para devolver a los muelles su calado normal, pues las arenas restantes de la barra penetraban en el interior del puerto en cuanto soplaban los ponientes denominados "vendavales".

Hoy día está muy avanzada la construcción de la tercera alineación del dique de Levante, que actúa como pantalla contra la marcha de las arenas, que en dirección de Este a Oeste, caminan a lo largo del manto exterior del dique y formaban al final la barra.

Desde que se empezó la obra, en 1954, hasta la fecha, no solamente no se ha formado la barra, sino que con temporales de Levante fuertes, que antes arrastraban las arenas, ha retrocedido hacia Levante la playa que se extendía a lo largo de la segunda alineación.

Cuando soplan los Levantes flojos (reinantes), avanza la playa hacia el vértice, pero nuevamente re-

abordaje sobre la obra que se proyecta, y en segundo lugar, al estudio no solamente de los calados necesarios, sino también de la conveniente orientación de la pantalla, la cual debe obligar a las olas al romper, a efectuar un barrido de las arenas en sentido contrario al que caminan para aterrizar al puerto.

Existía hace algunos años la creencia de que en los aterramientos de los puertos influían grandemente las corrientes litorales, corrientes de mareas y otras causas, pero, en nuestros puertos por lo menos, donde la carrera de marea es despreciable y la velocidad de las corrientes litorales muy pequeña, hemos podido, poco a poco, ir prescindiendo de estas causas secundarias para el movimiento de las arenas y considerar finalmente como primordiales y únicas a tener en consideración: 1.º, la diferencia de altura de la ola; 2.º, los efectos de la ola al romper sobre la playa y al romper sobre los diques.

El efecto de la diferencia de la altura de la ola

está estudiado admirablemente por el Sr. Iribarren en su artículo del núm. 2.785 de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, al tratar del movimiento de las arenas en el puerto de Fuenterrabía, de la provincia de Guipúzcoa. De este estudio se deduce que existe un movimiento de arenas de bastante intensidad a lo largo de la onda y en el sentido de la mayor a la menor altura, producido por la corriente que se denomina "no oscilante transversal".

Este efecto de la diferencia de la altura de la ola, nos sirvió en Marbella (Málaga) para justificar la solución propuesta en el último reformado.

En los casos objeto de nuestro presente estudio tienen principal importancia los efectos de la ola después de romper, y vamos a señalar una serie de observaciones respecto de la acción que las olas ejercen sobre la costa en cuanto a los movimientos o transporte de arenas se refiere:

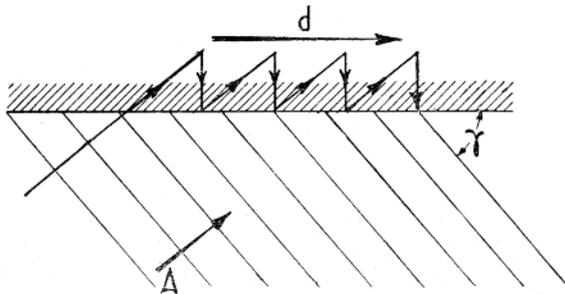


Figura 1.ª

1. Cuando las olas se propagan formando su dirección con la costa un ángulo agudo, la aspiración producida por el refluo es siempre perpendicular a la costa y se origina un movimiento en zigzag de los materiales móviles, materializado por la resultante  $d$  (figura 1.ª), habiéndose observado que la importancia de este transporte depende del ángulo que la cresta de la ola forma con la costa; aumenta al aumentar dicho ángulo  $\gamma$ .

2. Debido a las pérdidas de energía por rozamiento y otras causas, la energía de la ola rota que avanza y que remonta la playa, es mucho mayor que la de retroceso.

3. Hay partículas que sólo son movidas durante la parte más violenta del avance y retroceso; en mayor proporción durante el avance; y las mayores sólo durante esta fase, por lo cual quedan en la parte alta de la playa.

4. En las playas existe una línea, por encima de la cual alcanza dicha playa la máxima inclinación (figura 2.ª).

Pueden apreciarse en la playa dos partes independientes, la superior,  $BC$ , y la inferior,  $CD$ . El carácter de aquélla depende de la altura de la ola y del tamaño de las arenas; el de la inferior, de la relación

entre estas dos magnitudes. La altura  $s$  de la parte superior es proporcional a la altura de la ola, y su ángulo  $a$  depende del tamaño del material.

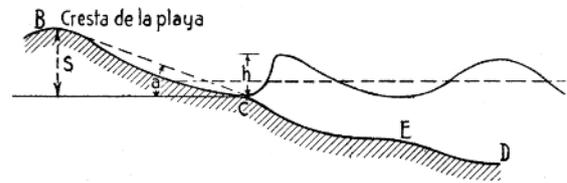


Figura 2.ª

Si el material es muy fino, la playa es más plana. Si el material es mayor, el ángulo  $a$  aumenta, y como la pérdida relativa por filtración no es constante, el perfil de la playa es curvo. En la cresta toda el agua desaparece por filtración y el ángulo  $a$  llega a valer el talud natural. El incremento de la inclinación depende, pues, del tamaño de los granos.

5. Cuando el perfil llega a estabilizarse, la pendiente de cada punto es la precisa para mantener el equilibrio de las arenas.

6. De aquí se deduce que es posible prever las características de una playa que formará un temporal con olas de una altura determinada, y recíprocamente, la altura de la playa formada por un temporal puede dar idea de las olas que la produjeron.

7. Se observa también que la línea de playa tiende a formarse, normalmente, a la dirección en que llega la ola, o lo que es lo mismo, que tiende a confundirse con la forma de la línea de onda que incide.

Sabemos que la ola rompe cuando la velocidad molecular llega a ser igual a su celeridad, transformándose en una vena o chorro líquido (pág. 215, *Tratado de Obras Marítimas*, de Iribarren).

La dirección de esta vena líquida que produce la ola al romper sobre el talud del dique pantalla, puede dividirse en dos componentes: una,  $OF'$ , según la línea de máxima pendiente de la pantalla, y otra,  $Of$ , horizontal (fig. 3.ª). Esta última es la que, cuan-

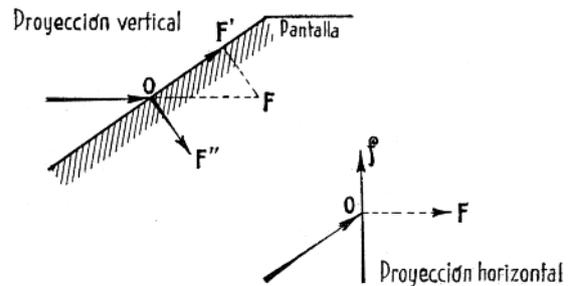


Figura 3.ª

do la ola llega a la playa en  $O$ , se opone al avance de las arenas (fig. 4.<sup>a</sup>).

El vector  $A$  mide la velocidad de la vena de agua al romper la ola y su dirección es la del avance de la ola de abordaje en el punto considerado. Si llamamos  $w$  el coeficiente de rozamiento del agua sobre la pantalla  $of' = of \cdot w$ , resultando  $of' < of$ .

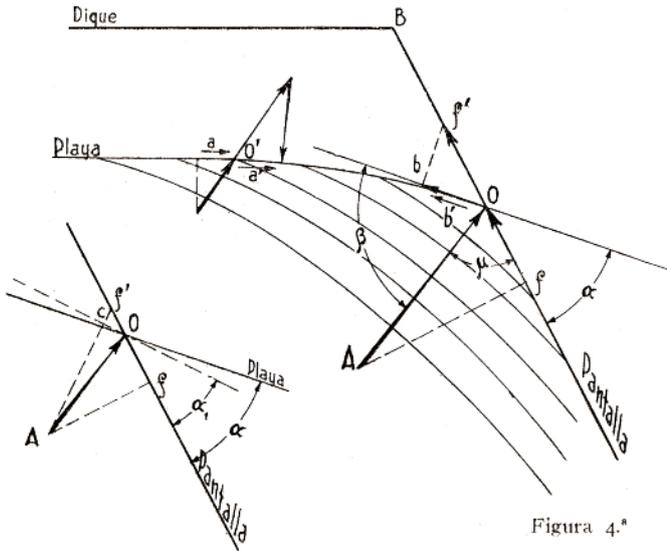


Figura 5.<sup>a</sup>

La  $a'$  proviene de la proyección de  $A$  sobre la costa. La  $b'$  proviene de la proyección de  $of'$  sobre la costa. Cuando, por causa del avance de las arenas, la playa se va rellenando, el ángulo  $\beta$  que forma la playa con el vector  $A$  va tendiendo a  $90^\circ$  (Observación 7), o sea que aumenta, y como, en cambio, el ángulo de la playa con la pantalla disminuye, resulta que  $a$  disminuye y  $b$  aumenta, tendiendo a igualarse. Cuando  $a = b$ , las arenas no avanzan, y en el punto  $O$ , si se verifica esto, se ha conseguido el equilibrio.

Se puede calcular gráficamente el ángulo  $\alpha_1$  que debe formar la playa en el punto  $O$  con la dirección de la pantalla, para el cual se verifique  $a = b$ . En efecto (fig. 5.<sup>a</sup>): trácese por  $O$  la dirección de la pantalla, tomemos  $of' = of \cdot w$  y unamos  $f'$  con el extremo  $A$  del vector velocidad. Trácese una perpendicular por  $O$  a la recta  $f'A$ ; esta perpendicular nos dará el ángulo  $\alpha_1$  con la pantalla. Como para esta dirección coinciden la proyección de  $AO$  y la de  $Of'$  en  $Oc$ , y como estas proyecciones son precisamente  $a$  y  $b$ , respectivamente, resultará  $Oc = a = b$ , y lo mismo  $a' = b'$ , puesto que  $a' = a \cdot k$ ,  $b' = b \cdot k$ , siendo  $k$  un coeficiente que nos engloba el efecto del rozamiento de la arena en la playa y la acción de la gravedad.

Si se verifica  $\alpha_1 < \alpha$ , el punto de equilibrio estará más alejado del vértice  $B$  del ángulo que forma la

pantalla con el dique, y si se verifica  $\alpha_1 > \alpha$ , estará más próximo.

La construcción geométrica indicada para obtener  $\alpha$  es independiente del valor que tenga el vector  $A$  ( $A = \sqrt{g \cdot h}$ , pág. 201, T. O. M., Iribarren). Si tomamos un valor determinado para el vector, por

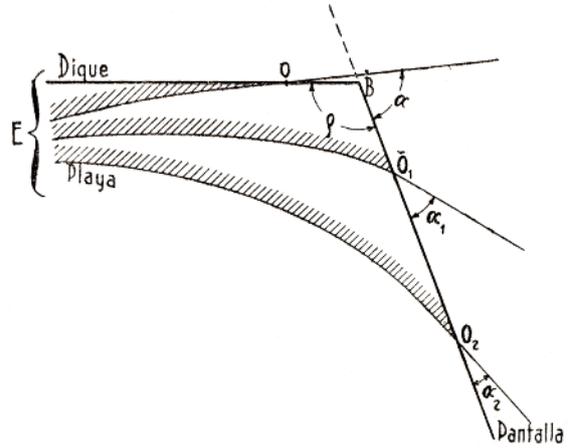


Figura 6.<sup>a</sup>

ejemplo,  $A_1$ , y efectuamos la construcción, y luego tomamos otro valor,  $A_2$ , y la repetimos, se obtiene la misma dirección  $\alpha$ , pues resultan figuras semejantes. Para el coeficiente  $w$  solemos tomar el valor 0,5, que parece nos da buen resultado, y seguiremos comprobándolo en la práctica.

Veamos ahora, para una orientación determinada de la pantalla respecto del dique, la forma que va adoptando la playa a medida que se modifica la dirección del avance de la ola de abordaje, si varía el temporal.

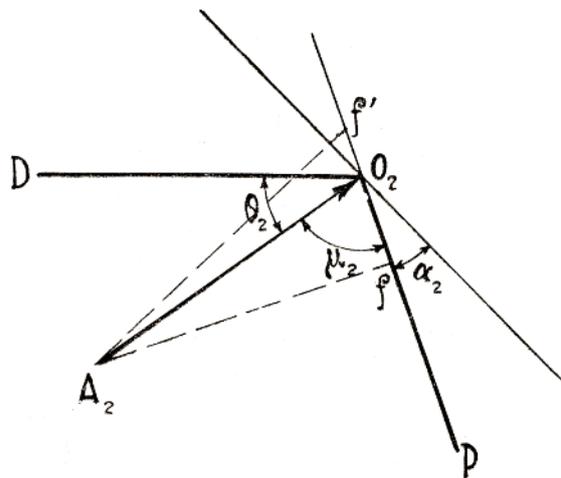


Figura 7.<sup>a</sup>

En la figura 6.<sup>a</sup> se ha supuesto que la pantalla forma con el dique un cierto ángulo  $\rho$  obtuso. Además, como hemos podido comprobar, todas las líneas de playa suelen pasar por un punto  $E$  bastante alejado, situado en la zona donde se inicia la erosión,

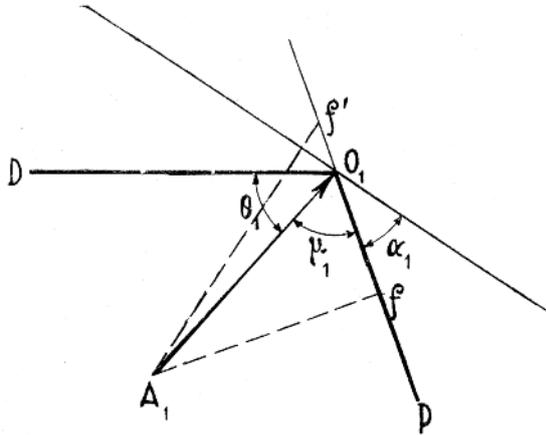


Figura 8.<sup>a</sup>

que sabemos se produce en la intersección con la costa de la línea que pasa por el morro y es paralela a la dirección del temporal que viene del otro lado de la pantalla.

En el punto  $E$  se produce la erosión porque las arenas (fig. 14), por una parte, tienden a avanzar en la dirección  $Em$  antes de romper la ola, y en el sentido de la menor altura de la onda, y por otra parte, tienden a marchar en la dirección  $En$  después que la ola ha roto y según el mencionado movimiento

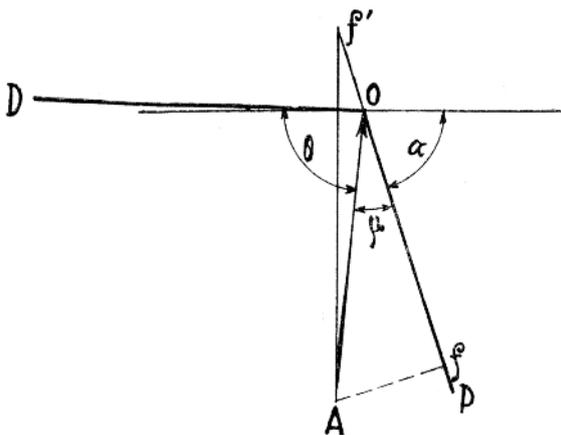


Figura 9.<sup>a</sup>

en diente de sierra. Como cada onda que va llegando a  $E$  produce el mismo efecto y no se repone la arena, se produce la erosión.

Pueden otros temporales de distinta dirección compensar esta erosión, y si esto no sucede, precisa proteger la costa contra esta erosión progresiva.

El vector  $O_2A_2$  vemos por la construcción de la figura 7.<sup>a</sup> que nos produce el ángulo  $\alpha_2$ , y la forma de la playa será aproximadamente la dibujada en la figura 6.<sup>a</sup>.

El vector  $O_1A_1$ , que forma un ángulo  $\theta_1$  que es mayor que el  $\theta_2$ , vemos por la construcción de la figura 8.<sup>a</sup> que nos produce el ángulo  $\alpha_1 > \alpha_2$ , por lo que la playa cortará a la pantalla en un punto más cerca del dique y tendrá la forma aproximada que se dibuja en la figura 6.<sup>a</sup>.

El vector  $OA$ , que forma un ángulo  $\theta$  con el dique todavía mayor que los anteriores  $\theta_1 \theta_2$ , nos produce un ángulo  $\alpha$  mayor que  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$ , y por ello, el punto de encuentro  $O$  de la playa con el dique tiene que estar antes del vértice  $B$  del ángulo que forman las dos alineaciones de la pantalla y el dique. No es de interés ya estudiar un ángulo  $\theta$  mucho mayor que el considerado en la figura 9.<sup>a</sup>, puesto que desde el momento que  $\theta = 90^\circ$ , ya no habrá corriente de arenas en dirección al morro.

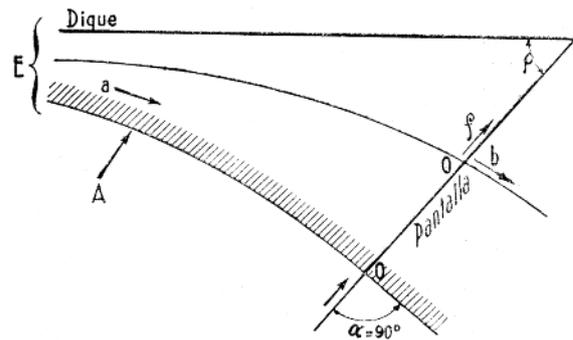


Figura 10.

Variemos ahora el ángulo  $\rho$  que forma la pantalla con el dique, y veamos lo que sucede.

En la figura 10, la dirección del vector  $A$  coincide con la de la pantalla, y en este caso la pantalla no produce ningún efecto de barrido en sentido contrario al movimiento de las arenas, pues aun siendo el vector  $of$  máximo, la proyección de  $O'f$  sobre la playa no tiene sentido contrario al vector  $a$ .

Las arenas van rellendo el espacio entre el dique y la pantalla, hasta que la playa forma el ángulo  $\alpha = 90^\circ$  con la pantalla, y entonces cesa el avance de las arenas, ya que en el punto  $O$  se verifica  $a = b = 0$ . La longitud de la pantalla en este caso es mayor.

Cuando el ángulo  $\rho$  es tal que la pantalla llega a formar un ángulo de  $90^\circ$  con el vector  $OA$ , estamos en el caso de la figura 11 y se verifica, por ser  $O'f = 0$ ,  $O'f' = 0$ ,  $b = 0$  y  $a \neq 0$ , que las arenas

van rellenando el espacio comprendido entre el dique y la pantalla hasta sobrepasar el morro, y la pantalla no resulta eficaz.

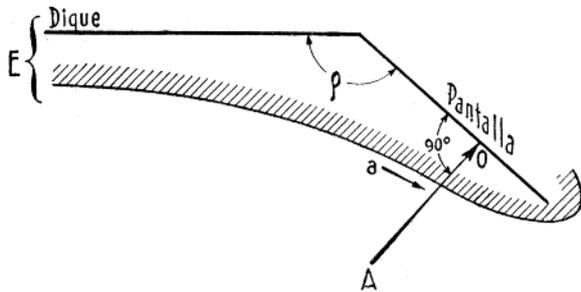


Figura 11.

En resumen: la pantalla debe formar con  $AO$ , dirección del avance de la ola de abordaje, un ángulo comprendido entre cero y  $90^\circ$ . Si forma el ángulo  $\mu = 0$ , resulta demasiada longitud, generalmente; si forma el ángulo  $\mu = 90^\circ$ , es ineficaz.

Como hemos dicho al principio, la finalidad de la pantalla es obligar a las olas, al romper, a efectuar un barrido en sentido contrario al que caminan las arenas para aterrizar el puerto y según la dirección que origina el temporal que nos produce  $A$ .

En vista de las consideraciones que anteceden, podemos, para un determinado temporal, escoger la dirección de la pantalla más conveniente; pero como precisa también procurar que la acción de otros temporales sea beneficiosa, o por lo menos no contraproducente, puede convenirnos modificar algo la orientación obtenida.

También con el mismo fin se puede construir una pantalla con más de una alineación.

Cuando se consigue que el avance de las arenas cese, éstas se van amontonando entre las dos alineaciones del dique y la pantalla. Las arenas producen en el ángulo de las dos alineaciones el perfil que se dibuja en la figura 2.<sup>a</sup>, y el movimiento de los granos de arena se verifica solamente según la línea de máxima pendiente de la playa, pero sin avanzar, sumergiéndose entonces hacia los grandes fondos.

Para calcular la altura  $s$  hasta donde puede subir la arena, existe un gráfico, obtenido después de muchas experiencias, el cual se dibuja en la figura 12 (*The Dock and Harbour Authority*, agosto 1942).

Supongamos que la altura de la ola es de  $2h = 4$  metros; resultará, por el gráfico,  $s = 6,60$  m., y la pantalla deberá tener esta altura, o mejor algo más, para que las arenas no salten por encima.

Si la ola rompe antes de llegar a la pantalla, es evidente que la corriente de agua que se dirige en la dirección  $O f'$  (fig. 4.<sup>a</sup>), será menos intensa y hasta nula, y por lo tanto, hay interés en que el morro de la pantalla resulte en calados superiores a la altura de la ola. Se toma, con un cierto coeficiente de seguridad, para el calado del morro, 1,5 veces la

altura de la ola, con lo que no romperán antes de llegar a la pantalla.

En resumen: para la construcción de las pantallas habrá que tener en cuenta primeramente su *dirección*, que se fijará, en primer lugar, evitando siempre que el ángulo  $\mu$  sea de  $90^\circ$ , en cuyo caso sería la pantalla ineficaz, según se ha visto, y en segundo lugar, de modo que el ángulo  $\alpha$  que produce cada temporal pueda formarse en un punto comprendido dentro de su *longitud*, de manera que ésta no resulte excesiva. Después podrá deducirse su *altura* por el gráfico de la figura 12 y, finalmente, los *calados del morro* deberá procurarse queden a  $1,5 \times 2h$ , siendo  $2h$  la altura de las máximas olas de abordaje.

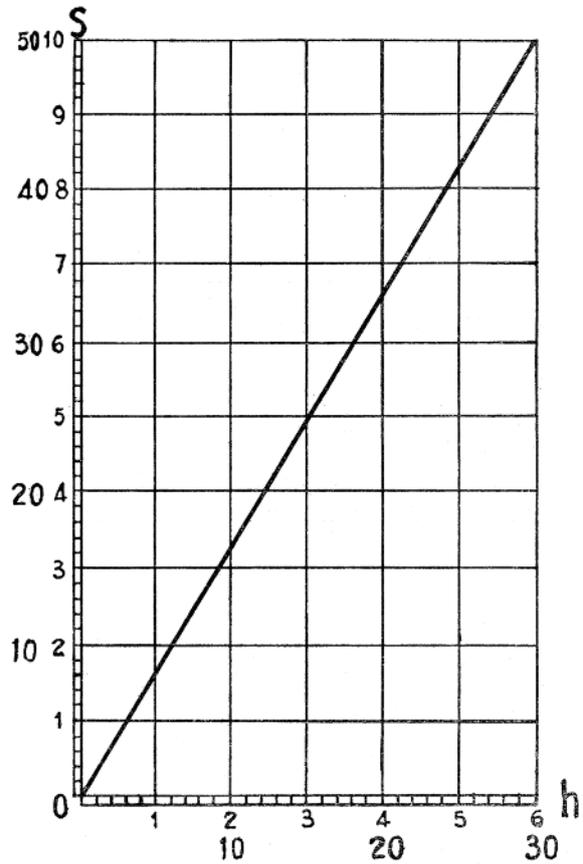


Figura 12.

APLICACIÓN DE LO ANTERIOR AL PUERTO DE ADRA (ALMERÍA).

En el puerto de Adra, el temporal que produce el arrastre de arenas y gravas de Oeste a Este es el  $O-20^\circ S.$ , que origina una ola de abordaje que en los planos de oleaje de detalle vemos avanza en la dirección  $O-40^\circ S.$ , que es la del vector  $A$ .

En un principio se pensó dar a la pantalla la misma orientación que la de la ola de abordaje, pero como quiera que al hacer el replanteo previo, debido a los continuos aterramientos, se vió que el morro

Antes de construir la pantalla, la playa tenía la forma que se indica en la figura 13, deducida de los planos de sondeos.

Después de construída la pantalla, también dedu-

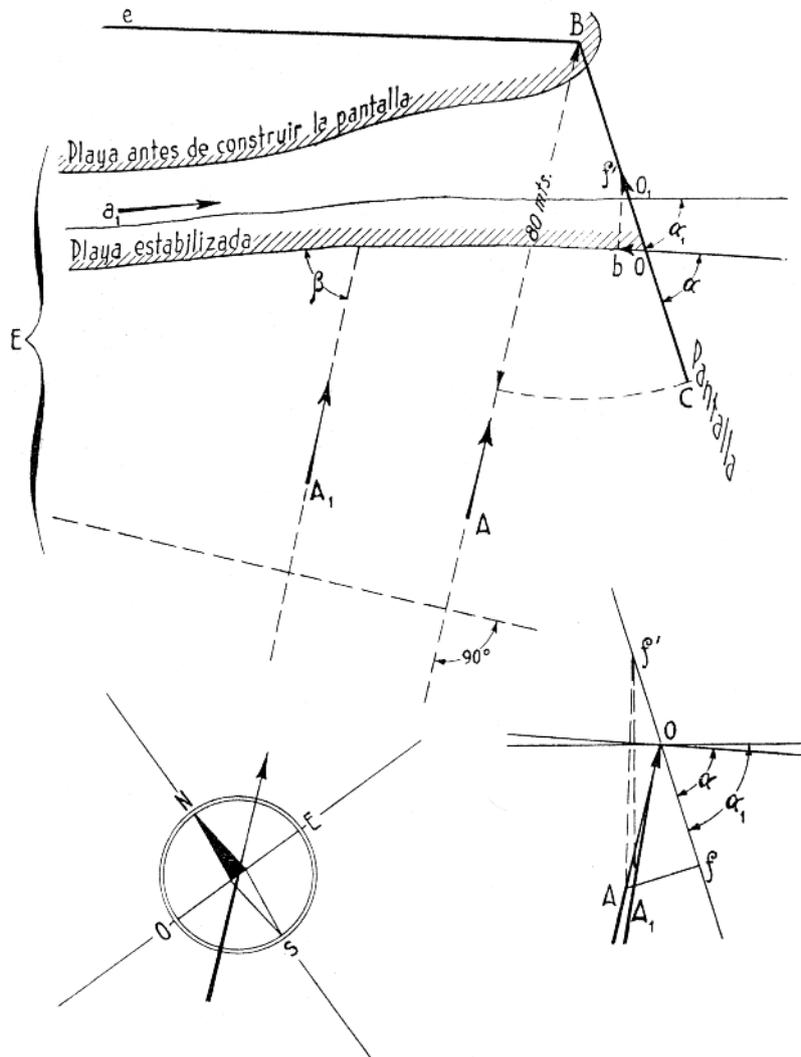


Fig. 13. — Adra.

de la pantalla iba a quedar en calados menores de 9 m., y en el proyecto se preveían los de 14 m., se varió la orientación para conseguir situar el morro en estos calados y al mismo tiempo para que la pantalla recogiera los temporales de Poniente que con frecuencia se desvían más al Sur.

cida de los planos de sondeos, se obtiene la forma que se dibuja en la mencionada figura y termina en el punto  $O$ , siendo el ángulo  $\alpha$  el que se obtiene con la construcción que hemos indicado, para el temporal que nos produce la dirección  $AO$  del avance de la ola de abordaje.

Cuando el temporal se desvía algo al Sur, se obtiene el ángulo  $\alpha_1$  y el punto  $O_1$  está más cerca del vértice  $B$ .

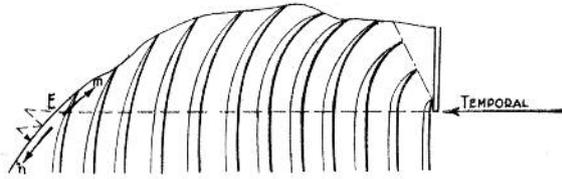


Figura 14.

Estas variaciones de la playa se observan perfectamente en la realidad, pues la playa avanza o retrocede, según el temporal viene más a Poniente o más a Levante, girando desde el punto  $E$ , principio de la erosión, y formando ángulos  $\alpha$  menores o mayores, según avance o retroceda.

Olas de pequeña altura y corta longitud de onda en las épocas que amainan los grandes temporales, suelen formar un redondeamiento de la playa en las proximidades de  $O$ . Esta pequeña concavidad no altera el equilibrio general estudiado, pues además no suele ser estable este pequeño trozo de playa.

#### APLICACIÓN DE LO ANTERIOR AL PUERTO DE ESTEPONA (MÁLAGA).

Lo que sucede en el puerto de Estepona está representado en la figura 15 y foto 2.<sup>a</sup>.

Desde  $A$  hasta  $B$ , la playa avanza hacia  $B$ , pues no llega a formarse el ángulo  $\alpha$  y por lo tanto no llega a ser  $a = b$ ; siempre en esta parte tenemos  $a > b$ .

En la alineación  $BC$ , nada se opone al avance de las arenas, pues  $b = 0$ , hasta que al llegar al punto  $O$ , por efecto de la  $b$  producida por la tercera alineación  $DC$ , que obra como pantalla, se anula el efecto de  $a$  y se llega al equilibrio.

Se da el caso de que cuando el temporal es flojo, como sucede con los "reinales", la ola cuya altura es pequeña no rompe al llegar a la pantalla, y entonces se anula el efecto previsto de barrido: las arenas, aunque lentamente, avanzan siempre por la playa, porque, a causa de la débil pendiente de ésta, la ola rompe siempre en ella. Todo esto sucede hasta que cesan los "reinales" y sobrevienen los "dominantes", con los que vuelve a producirse el efecto de barrido de la pantalla.

Por esto hay épocas en que, predominando los "reinales", la playa avanza exageradamente, pero luego retrocede con los "dominantes", y el resultado

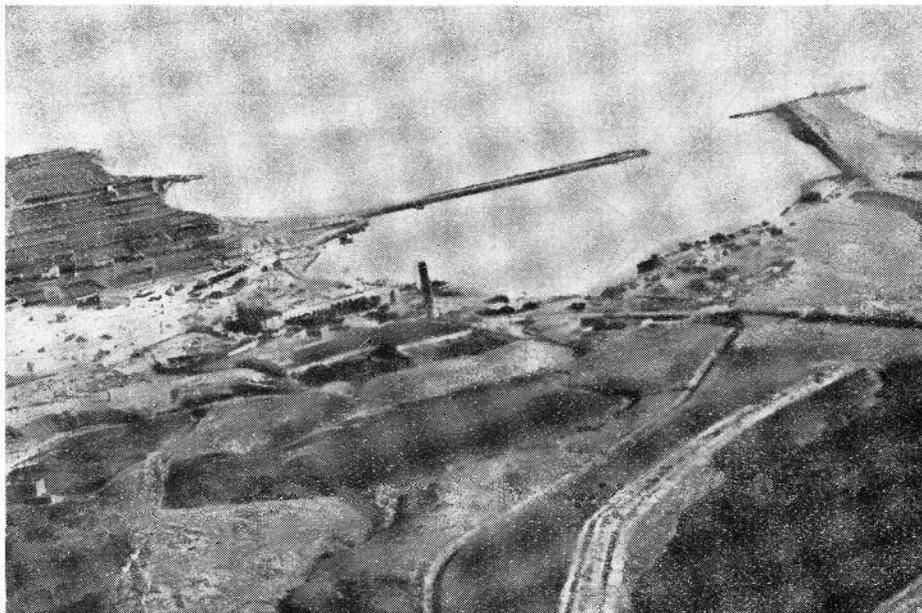


Foto 3.<sup>a</sup> — Puerto de Adra. Vista general aérea.

final dependerá de la mayor o menor duración de los "reinales" y de la intensidad de los "dominantes". En nuestras costas suele predominar, generalmente, el efecto de los "dominantes".

de alimentación", que está, como sabemos, a 45° aproximadamente de la "línea de expansión", pero desde este punto al indicado antes la erosión es pequeña.

En el caso de que se ofreciera duda desde dónde

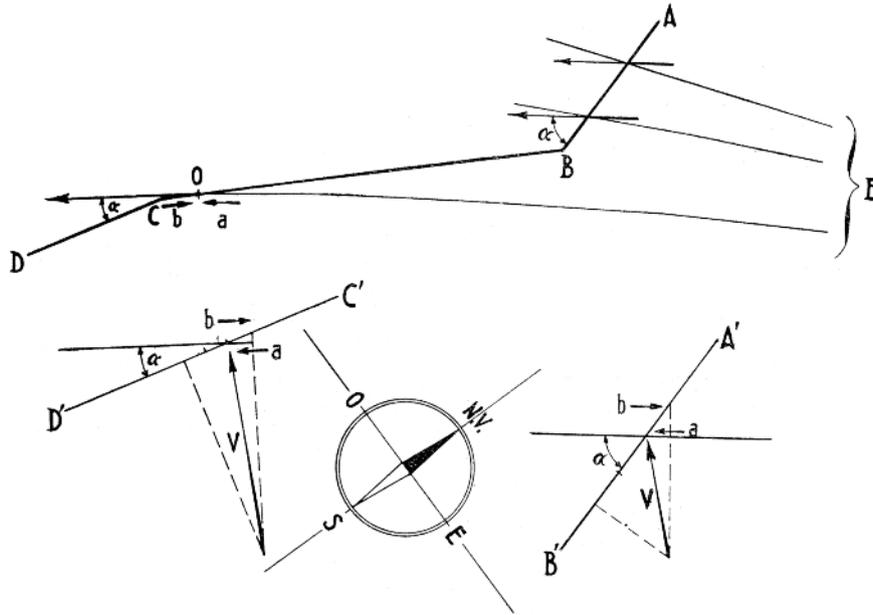


Fig. 15. — Estepona.

Recordaremos, para la mejor comprensión de lo anterior, que para una determinada altura de ola  $2h$  se obtiene la pendiente límite de rotura

$$i = 4:7 \sqrt{h/g},$$

para taludes más rígidos se refleja y para taludes más suaves rompe, si bien en la práctica hay una zona de taludes en los que la onda rompe y se refleja parcialmente (pág. 206, *Tratado de Obras Marítimas*, de Iribarren).

Observaremos, finalmente, que hemos indicado como punto desde donde gira la playa al crecer, el punto de encuentro con la costa de la línea paralela al temporal, pasando por el morro de la pantalla, o sea la línea "límite de la expansión".

Este punto es el origen de la erosión más pronunciada. En realidad, el origen de la erosión se produce en el encuentro con la costa de la "línea

gira la playa, puede observarse su crecimiento experimentalmente, y dibujada la forma de la playa después de dos temporales diferentes, calcular, aunque siempre aproximadamente, el punto de intersección de las dos playas que se forman.

Se puede prescindir también de este punto de giro, y teniendo en cuenta sólo la magnitud de los ángulos  $\alpha$  para una determinada posición de la playa, podremos saber si hemos sobrepasado o no en la misma pantalla el punto de equilibrio, pues si el ángulo de la playa con la pantalla es menor que  $\alpha$ , lo hemos sobrepasado, y si es mayor, no hemos llegado a dicho punto de equilibrio.

Hasta ahora, al parecer, la realidad va confirmándonos los resultados previstos en todos los casos que hemos estudiado, y esperamos que con el tiempo, la constante observación de los movimientos de la costa, nos permitirá estudiar, cada vez más a fondo, la manera de prever estos resultados.



“Desarrollo de un plan de obras en el puerto de Cádiz”

Marciano Martínez Catena

*Revista de Obras Públicas* vol. 104, nº 2.899,  
noviembre de 1956, pp. 571-578

vol. 104, nº 2.902, febrero de 1957, pp. 59-67

vol. 104, nº 2.903, marzo de 1957, pp. 124-133

vol. 104, nº 2.907, julio de 1957, pp. 370-382



# DESARROLLO DE UN PLAN DE OBRAS EN EL PUERTO DE CÁDIZ

Por MARCIANO MARTINEZ CATENA,  
Ingeniero de Caminos e Ingeniero Director del Puerto de Cádiz.

*El título basta para dar idea de la importancia del trabajo que vamos a dar a conocer a nuestros lectores en el presente y sucesivos artículos. Este primero reseña lo que constituye tan interesante plan de obras, las cuales se describirán en los siguientes.*

## I

### Preámbulo.

En 1946 y 1947 se inició por el Ministerio de Obras Públicas un vasto Plan Nacional de Obras Portuarias.

Nuestros puertos, que en su construcción y explotación se beneficiaron del gran impulso que el Conde de Guadalhorce imprimió a las obras públicas en la tercera década de este siglo, sufrieron con posterioridad no sólo una etapa de inacción constructiva y renovadora por falta de recursos económicos, sino también un mayor agotamiento y destrucción de sus instalaciones, causadas por explotaciones intensivas y forzosas durante esta etapa de inacción.

La falta de recursos económicos en plazo prolongado, unida a la escasez de materias primas necesarias y materiales de construcción, dificultades en el transporte y carencia de medios auxiliares, tan vitales en las obras marítimas, condujeron a una situación realmente grave en los puertos españoles que, por las circunstancias apuntadas, había que explotar de forma rudimentaria, con el consiguiente quebranto para la economía nacional.

Esta situación general, común a todas las obras públicas españolas, se agravó en algunos puertos con las destrucciones producidas en ellos por nuestra Guerra de Liberación. Y se prolongó en todos con las etapas subsiguientes de segunda guerra mundial, y bloqueos, diplomático y económico, que España sufrió después de ella.

En estas circunstancias, los organismos rectores de los puertos eran materialmente impotentes para corregir deficiencias tan graves. Y el Ministerio de Obras Públicas, con los pequeños recursos disponibles, sólo podía ayudarles cubriendo las más perentorias y accidentales necesidades. Sabia, prudente y obligada fué, pues, la iniciación de una política nacional tendente a corregir esta grave situación de carácter general.

El puerto de Cádiz era uno más de los que se encontraban en deplorable estado. Y su ya difícil situación vino a agravarse con la catastrófica explo-

sión que asoló a Cádiz en agosto de 1947, y que en el puerto destruyó las pocas instalaciones que tenía en uso.

El Gobierno, dentro del Plan Nacional Portuario, acordó impulsar las obras del puerto de Cádiz.

En 1949 quedó ultimado un Plan integral de Ordenación de este puerto, y desde 1950 se viene trabajando en su desarrollo, cuya sucinta exposición para la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS es el objeto de este trabajo.

\* \* \*

En el plano núm. I se representa la situación del puerto de Cádiz en 1948, antes de iniciarse el Plan de Obras. Su simple observación acusa una obra a medio hacer. Y así era, en efecto, al término de la que pudiéramos llamar constructiva etapa Guadalhorce, y esta obra, a medio hacer, fué materialmente esquilhada en la larga etapa de inacción posterior.

En el puerto de Cádiz no habían podido construirse las necesarias obras de abrigo; sus dársenas no tenían el calado debido; faltaban muelles, y en los construídos había que ordenar y establecer los Servicios necesarios para una buena explotación.

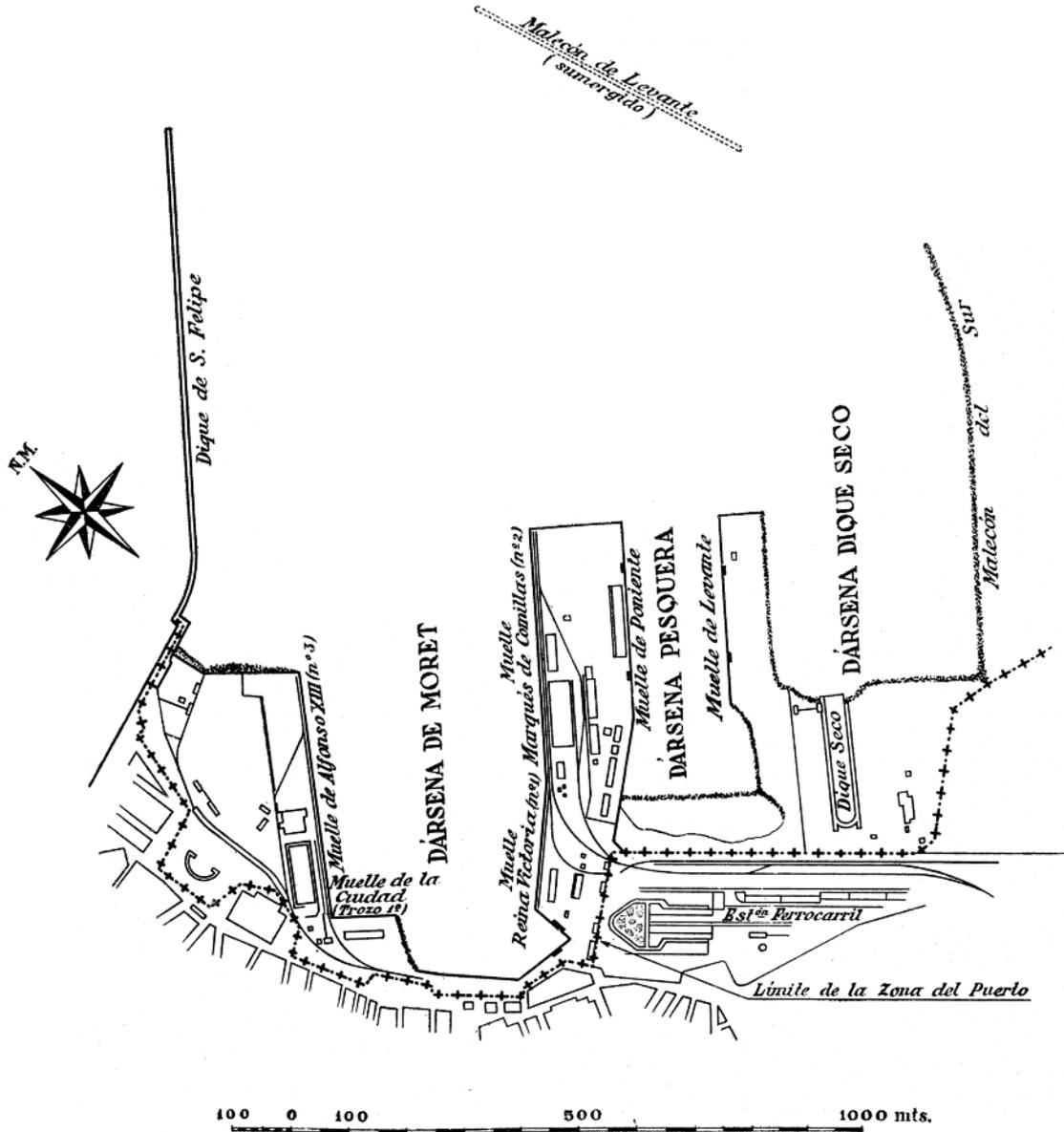
En estas instalaciones, de forma entremezclada, se desarrollaban los tráficos de pasajeros, carga general y pescado fresco. Todo ello de forma obligada por la falta material de sitio y medios; pero también con la secuela de desorden, lentitud y encarecimiento.

El Dique Seco de Nuestra Señora del Rosario, capaz para embarcaciones de más de 30 000 toneladas, el mayor de España, se encontraba prácticamente terminado y sin poderse explotar porque la dársena en que estaba emplazado carecía de calado suficiente y no tenía muelle alguno.

En estas circunstancias, el Plan de Obras y Servicios a realizar no podía circunscribirse a una faceta de la explotación del puerto, ni a una mejora de determinado sector, ni a una modernización de sus Servicios; como todo era necesario, el Plan forzosamente había de tener el carácter de integral, afectando al conjunto y a cada una de sus partes y detalles.

# PUERTO DE CADIZ

SITUACION EN 31 DICIEMBRE 1948



PLANO NÚM. 1.

### Plan general redactado en 1949.

En el plano núm. 2 se representa la ordenación general que, redactada en 1949 y sancionada por el Ministerio de Obras Públicas, viene desarrollándose desde 1950.

Con la base fundamental de aprovechamiento máximo de las construcciones existentes, el Plan afectaba al conjunto de obras clásicas en un puerto:

- a) Obras de abrigo.
- b) Dragados en la zona de flotación.
- c) Ordenación integral de la zona de servicios.

Y la planificación general se dispuso para cubrir las necesidades derivadas de los cuatro tráficos característicos del puerto de Cádiz, a cuyo efecto la zona de Servicios quedó dividida en cuatro sectores, completamente separados, para su correcta explotación, mediante la ordenación adecuada en armonía con el tráfico que en ellos había de desarrollarse. Estos cuatro sectores son:

- Sector Trasatlántico = Tráfico de pasajeros.
- Sector Comercial = Tráfico de mercancías.
- Sector Pesquero = Tráfico de pescado.
- Sector de Reparaciones = Tráfico del Dique Seco.

Conjugando y armonizando las bases señaladas, se llegó al Plan general que figura en el plano, con el que, para Cádiz, quedó resuelto el clásico problema portuario de ofrecer una zona adecuada que es nudo de conexión de los transportes marítimos y terrestres, con las debidas instalaciones y facilidades para ambos.

Así como la zona de Servicios quedó dividida en los cuatro sectores indicados, la zona de Flotación comprendía sólo tres dársenas:

Dársena del Dique Seco = Dragada a 9,50 m. en B.M.V.E., con muelles de este calado, para el servicio del sector de Reparaciones.

Dársena Pesquera = Dragada a 6,00 m. en B.M.V.E., para el servicio del sector Pesquero.

Dársena de Moret = Dragada a 10,00 m. en B.M.V.E., con muelles de este calado, para el servicio de los sectores Comercial y Trasatlántico.

Estas tres dársenas unidas al antepuerto, dragado a 10,00 m. en B.M.V.E., integran la zona de Flotación del puerto de Cádiz.

El conjunto está limitado y abrigado por los diques de San Felipe y de Levante, entre cuyos morros queda una bocana de acceso al puerto de 350,00 metros de anchura.

La superficie total de la zona de Servicios es de 45 hectáreas.

La superficie total de la zona de Flotación es de 125 hectáreas.

La longitud total de las obras de abrigo es de 2 850,00 metros.

La longitud total de línea de atraque es de 3 200,00 metros.

La realización de este Plan general suponía, en síntesis, lo siguiente:

A) Inversión de 250 millones de pesetas en la construcción de 2 kilómetros de diques de abrigo.

B) Inversión de 145 millones de pesetas en el dragado de 6 millones de metros cúbicos.

C) Inversión de 100 millones de pesetas en la construcción de nuevos muelles con línea de atraque de 1 200 m. y superficie de 11 Ha.

D) Inversión de 100 millones de pesetas en la construcción e instalación de toda clase de obras y servicios sobre muelles (vías, pavimentos, edificios, armamento, alumbrado, etc.).

Las inversiones y construcciones de los apartados C y D están prácticamente realizadas. Las de los apartados A y B se han realizado en un 20 y un 40 por 100, respectivamente, y continúan en la actualidad.

### Ordenación integral de la zona de Servicios.

En la concepción y desarrollo del Plan de Obras hemos pretendido que el orden, en sus más amplias acepciones gramaticales, lo presida todo, por estimar que sin él, muy a ultranza mantenido en todos y cada uno de los detalles, la instalación complejísima que es un puerto adolecerá de básicos y graves defectos.

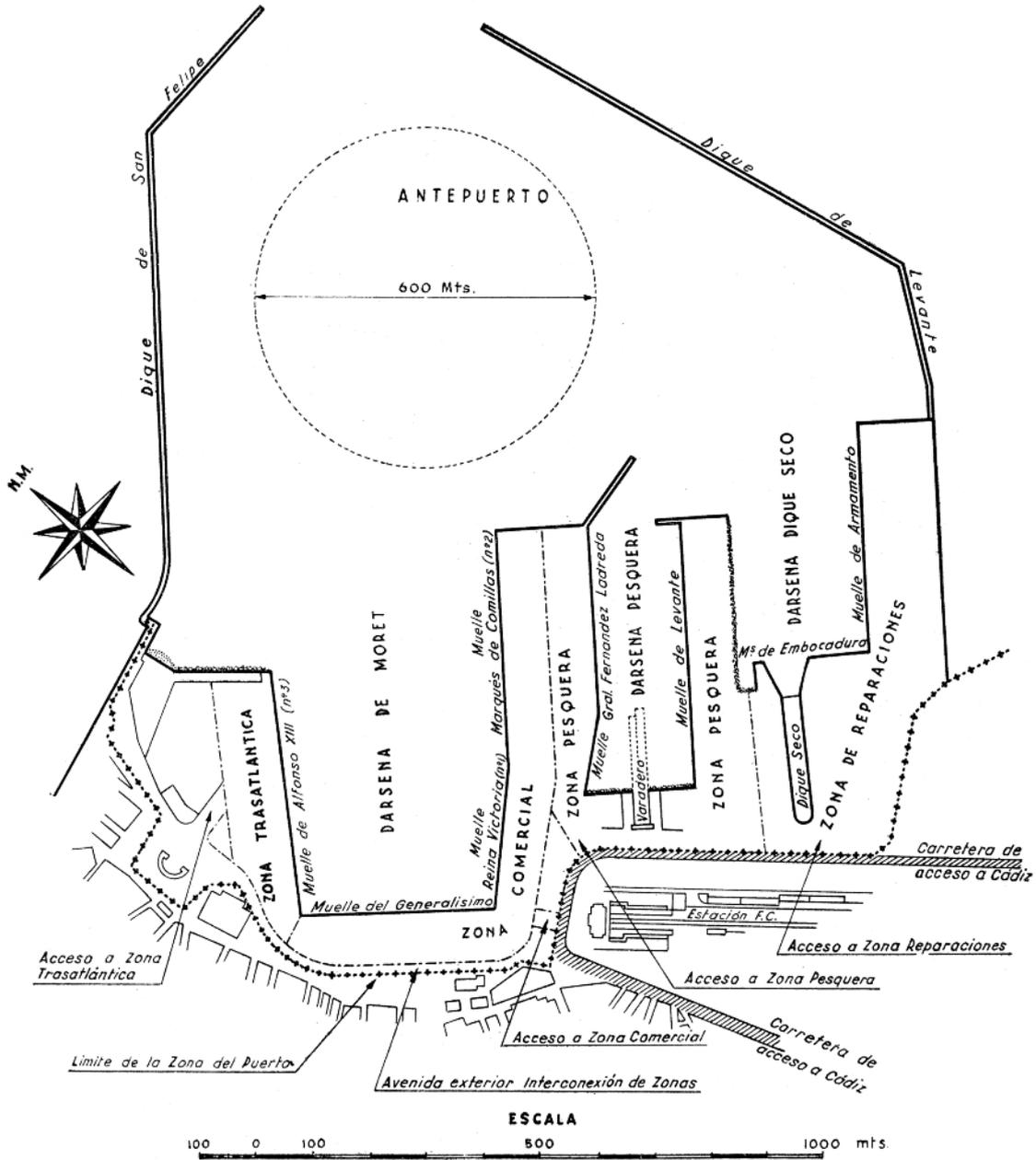
Sobre todo en el momento de su explotación, en la que hay, en todos los puertos, y singularmente en los españoles, una anárquica tendencia al desorden por parte de muchos usuarios, que conduce a una lentitud y encarecimiento de las operaciones, que sólo puede corregirse con una previsión correctamente ordenada y mantenida con decisión y energía en beneficio del interés general.

De aquí la reiteración que de esta palabra y sus derivadas hacemos en este trabajo.

Hemos expuesto cómo la zona de Servicios queda dividida en cuatro sectores en los que se desarrollan los cuatro tráficos característicos del puerto de Cádiz, con líneas de atraque respectivas que constituyen sus accesos marítimos. Los accesos terrestres a estos sectores, tanto carreteros como ferroviarios,

# PUERTO DE CADIZ

ORDENACIÓN GENERAL PROYECTADA EN 1949



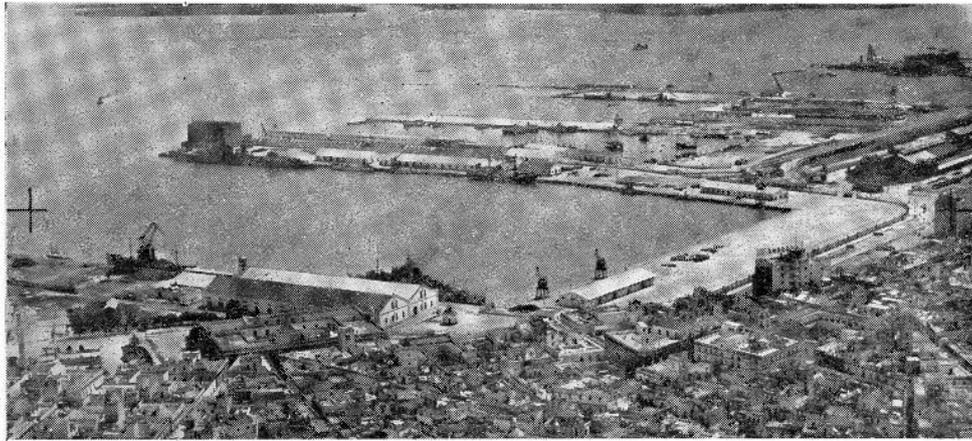
PLANO NÚM. 2.

igual que en todos los puertos, han jugado un papel fundamental en la planificación general que nos ocupa.

Y ello es perfectamente natural, pues si importante es una independencia y separación de tráficos, habilitando los sectores necesarios, es básico y fundamental que los accesos terrestres a estos sectores estén perfectamente resueltos, porque por ellos han de llegar y salir del puerto todos los transportes terrestres. No se deben crear embotellamientos por una viciosa disposición.

público a los mismos, medida de carácter universal, legal y razonable; pero bastante impopular en muchos puertos españoles, por una errónea tradición de utilizar como paseos públicos las zonas de Servicios portuarios, con la secuela muy actual de robos, destrozos, etc., que tanto perjudican y preocupan al comercio mundial y tanto desprestigian al puerto en que se producen.

Los puertos tienen altas funciones de carácter nacional; su destino es específico; cuesta mucho dinero su construcción y es cara su explotación; por



Panorámica del Puerto, en 1952; en curso de ejecución el Plan de Obras. Puede apreciarse la inexistencia de diques de abrigo. En primer plano la dársena de Moret con la zona comercial terminada de ordenar. En segundo plano las dársenas pesqueras y del dique seco en plena transformación.

En el aspecto ferroviario, dos ramales de la estación del ferrocarril cubren el servicio, haciéndose las interconexiones entre sectores en zonas acotadas y cercadas.

En el aspecto carretero, cada sector tiene su acceso, quedando todos interconectados con una avenida de cintura que, fuera de verjas, delimita la zona de Servicios, permitiendo el tránsito de unas zonas a otras sin salir de la jurisdicción del puerto.

Dos importantes principios de carácter general se han hecho efectivos con esta disposición:

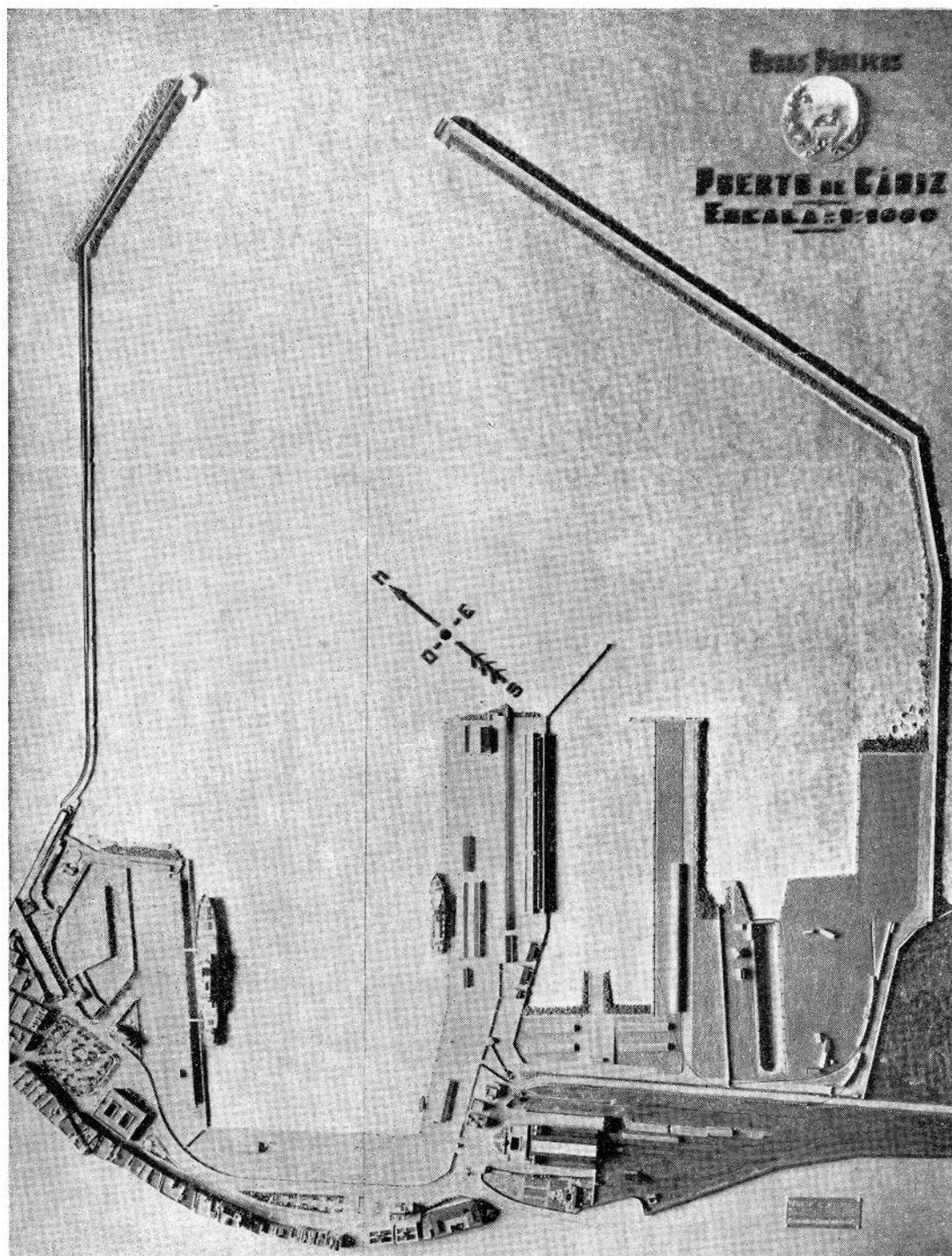
Es el primero la unidad e independencia de la zona de Servicios del puerto. El hecho legal de que los puertos son de interés nacional, obliga a una sumisión a ellos de los intereses regionales, locales o particulares, lo que, ilógicamente, no siempre es aceptado de buen grado.

Es el segundo la separación en sectores de la zona de Servicios y la cerca y control de acceso

ellos pasan cientos de miles de toneladas de mercancías de extraordinario valor. Como consecuencia, su ordenación general, fundamento de una buena explotación, es básica y trascendental, y se le ha dado extraordinaria importancia en el Plan que nos ocupa.

Como síntesis, señalamos a continuación las normas básicas que han presidido la ordenación general de la zona de Servicios:

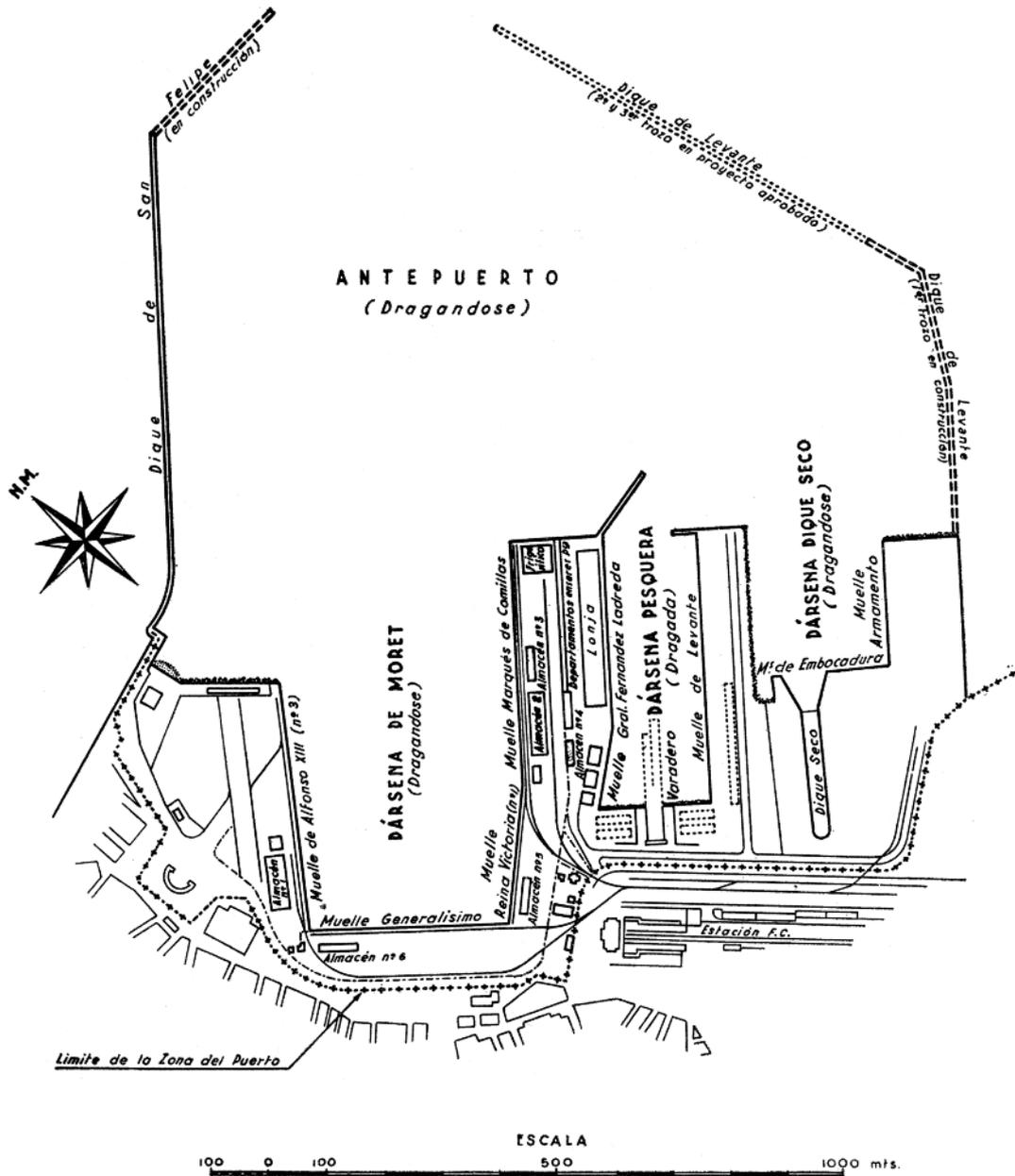
- a) Unidad e independencia del conjunto, para lograr una explotación autónoma.
- b) División del conjunto en tantos sectores como tráficos diferentes tiene el puerto.
- c) Dotar a cada sector de los necesarios accesos terrestres sin interferencias mutuas.
- d) Interconexión, con vías periféricas exteriores, de los diferentes sectores y accesos.



Aspecto general del Puerto de Cádiz, cuando se termine el Plan de Obras en ejecución.

# PUERTO DE CADIZ

SITUACIÓN EN 1956



PLANO NÚM. 3.

Una vez producida esta Ordenación general, se ha realizado el acondicionamiento de cada sector en consonancia con las normas clásicas de ingeniería portuaria para el tráfico que ha de soportar.

Mucho se ha logrado ya de esta ordenación; su detalle lo analizamos seguidamente, y el conjunto de realizaciones puede ser apreciado en el plano número 3 con la situación actual del puerto, al compararle con la situación de 1948.

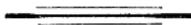
La longitud de línea de atraque disponible en 1948 era de 2 kilómetros y hoy es de 3,2.

Los sectores Comercial, Pesquero y de Reparaciones están prácticamente terminados y en plena explotación.

Intensamente se trabaja en la actualidad en las obras de abrigo y dragados, de lo que hay bastante realizado, que deberán quedar terminados en 1959.

Es decir, que a los diez años de la concepción y proyecto del Plan de conjunto, que nos ocupa, se habrá transformado éste en realidad.

*(Continuará.)*



# DESARROLLO DE UN PLAN DE OBRAS EN EL PUERTO DE CADIZ

Por MARCIANO MARTINEZ CATENA,  
Ingeniero de Caminos e Ingeniero Director del Puerto de Cádiz.

*Continúa en este segundo artículo el interesante trabajo que en nuestro número de noviembre, dedicado a la descripción de la ordenación llevada a cabo en los centros comercial y transatlántico, que pone de manifiesto la importancia del Plan de obras desarrollado en aquel puerto.*

## II

### Ordenación del sector comercial.

Esta zona comercial comprende tres muelles: Generalísimo, Reina Victoria y Marqués de Comillas, todos ellos con calado de 10 metros en B.M.V.E.

Su línea de atraque total es de 1 025 metros.

La ordenación, terminada, de este sector, ha exigido:

- 1.º Construcción del muelle Generalísimo.
  - 2.º Acondicionamiento integral de los tres muelles.
- El acondicionamiento de los muelles ha sido completo; ha afectado a todo, cuya total reposición ha sido necesaria:

- a) Alcantarillado.
- b) Pavimentos, vías férreas y de grúas.
- c) Red de agua potable para abastecimiento a barcos.
- d) Red de acometida de energía eléctrica, estaciones de transformación y redes de distribución para alumbrado, grúas e instalaciones.

- e) Reconstrucción de las grúas eléctricas.
- f) Adquisición de carretillas eléctricas.
- g) Reconstrucción de los tinglados destruidos por la explosión.

h) Alumbrado.

i) Verjas de cierre.

Transversalmente han sido tratados los tres muelles de forma igual y en armonía con las normas generales europeas para muelles comerciales, habiéndose dispuesto las tres zonas clásicas:

Zona delantera, de carga y descarga.

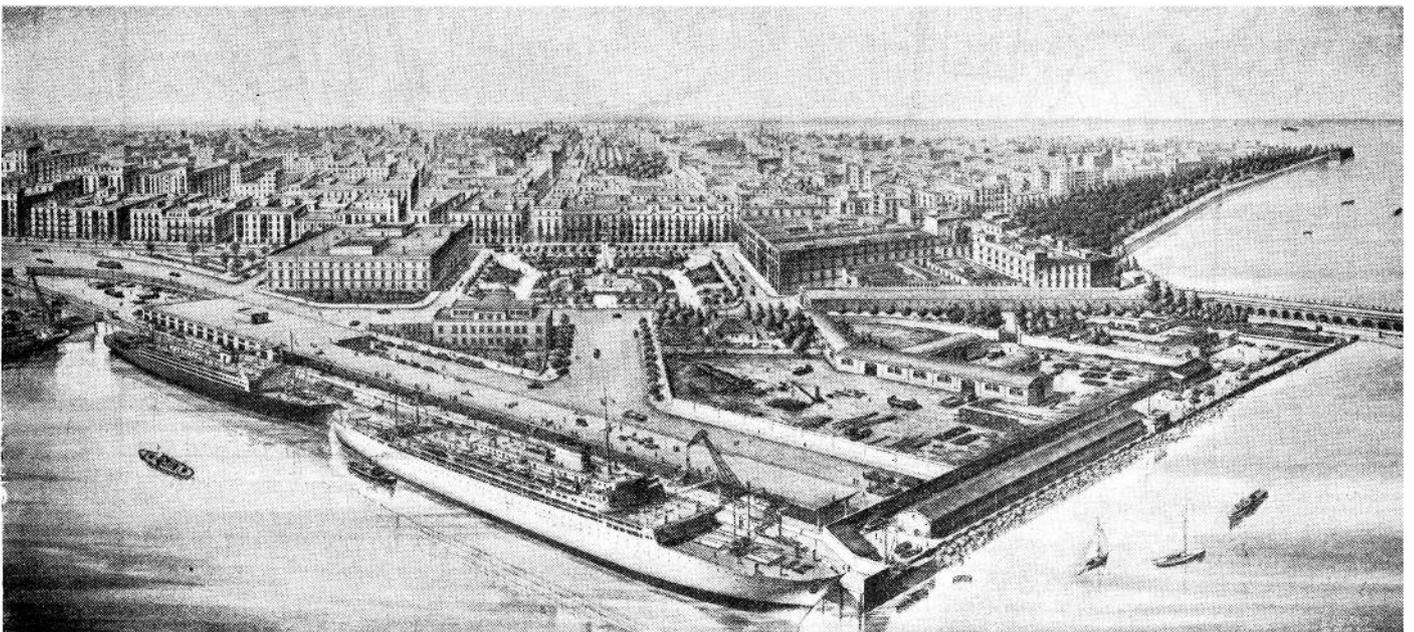
Zona intermedia, de depósito.

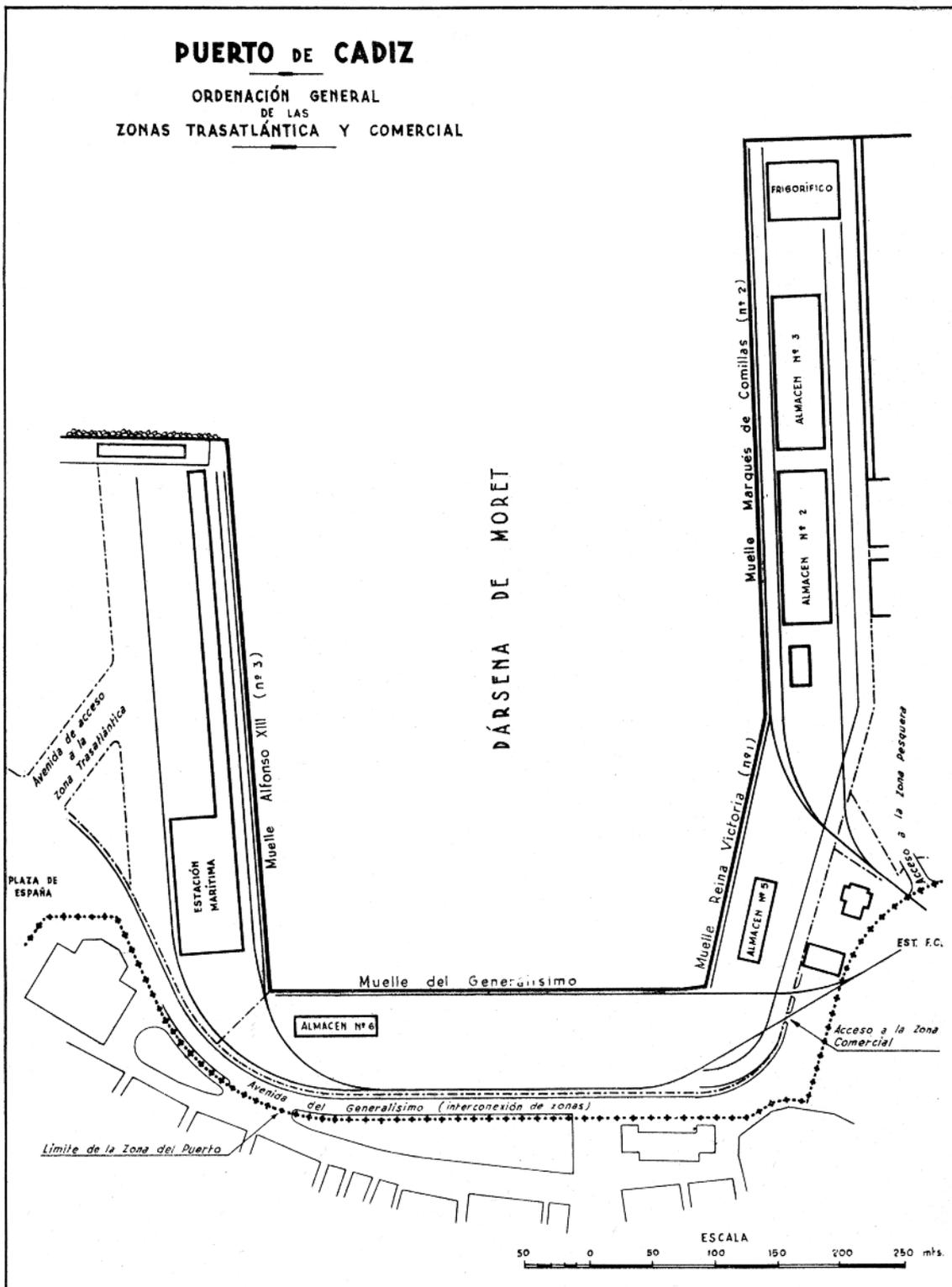
Zona posterior, de circulación.

En las secciones transversales pueden apreciarse estas tres zonas, así como sus dimensiones y distribución. El muelle Reina Victoria ha sido provisionalmente adaptado para el tráfico de pasajeros hasta que pueda acondicionarse el Alfonso XIII, que en la actualidad se explota como Zona Franca provisional.

Las dimensiones de las zonas y distribución en ellas de vías férreas y carreteras se han adaptado a las necesidades peculiares de este puerto, teniendo en

Proyecto de muelle de transatlánticos y acceso a la plaza de España.





cuenta el ancho general del muelle, importancia relativa de los transportes ferroviarios y con camión, tipos de mercancías más frecuentes y posibilidades de carga y descarga habituales de barco a muelle o a camión o vagón y viceversa.

Los carriles, instalados tanto para grúas como para ferrocarril son de tipo Phoenix; el pavimento en todas las zonas, incluso entrevías, es de adoquinado; ello da a la zona delantera de carga y descarga una elasticidad extraordinaria al consentir el acceso a la misma de vagones y camiones, indistintamente, o de forma simultánea.

La distribución de agua potable se ha dispuesto de forma a poder suministrar al mismo tiempo a los barcos atracados con una presión en boca de toma de 8 atmósferas. Las bocas están junto al atraque, espaciadas 30 metros, y su tipo es el normal, de 50 milímetros, prestándose los servicios de aguada con mangueras de este diámetro.

La energía eléctrica, corriente alterna, trifásica, 50 períodos, se distribuye mediante una acometida general a 6.000 voltios entre fases a tres subestaciones de transformación interconectadas en alta. En ellas se han instalado cuatro transformadores de 200 KVA. cada uno, que hacen la transformación a 500 voltios entre fases para el servicio de las grúas y cuatro transformadores de 50 KVA. cada uno, que hacen la transformación a 220 voltios entre fases para el alumbrado y demás instalaciones.

Para la mayor elasticidad en el servicio de grúas, a la red en baja pueden acoplarse en paralelo los transformadores necesarios, y esta misma red tiene dispuestos seccionadores que aíslan, cuando convenga, los sectores en que queda dividida por ellos.

Las grúas eléctricas de pórtico y 3 Tn., por su vejez y mal estado, han sido reconstruidas mecánicamente y sustituidos los motores de corriente continua por otros de alterna, con tensión de 500 voltios. Las cajas toma corriente son subterráneas y están espaciadas 30 metros.

El alumbrado general se ha dispuesto con sólo siete torres de 28 metros de altura, en cuya parte superior hay dispuestos cuatro reflectores en cada torre. Este sistema se ha mostrado altamente eficaz, siendo sus principales ventajas:

Reducción, al mínimo, de obstáculos para el trabajo de cualquier tipo de grúas, en toda la superficie del muelle.

Simplicidad de la red de distribución y práctica supresión de empalmes, con la importante consecuencia de reducción de averías y fácil localización y reparación.

Economía en la instalación.

Eficacia de iluminación, con supresión de sombras producidas por puntos bajos de luz en las zonas de depósito.

Supresión total de la perturbación causada a la navegación en las recaladas en puerto y en las operaciones de atraque nocturno, que se hacen con buena visibilidad y sin el deslumbramiento que producen los puntos bajos.

Este alumbrado general ha sido reforzado en las zonas de carga y descarga con un alumbrado suplementario, dispuesto en las fachadas de los tinglados, mediante brazos a ellas adosados.

El encendido y apagado general es automático y regulable, según la estación del año, y el de refuerzo es discrecional, como el del interior de los tinglados.

Para todo el alumbrado la tensión de servicio es de 220 voltios.

Los niveles medios de iluminación obtenidos son:  
Con el alumbrado general: 9 luxes.

En la zona de carga y descarga: 18 luxes.

Como medios auxiliares para manipulación de mercancías han sido adquiridas 12 carretillas eléctricas de 2 Tn. e instalada una estación de carga de baterías de las mismas, formada por cuatro grupos motor dínamo: una, capaz de cargar simultáneamente seis carretillas, y tres, iguales, para la carga de dos carretillas cada uno, habiéndose dispuesto así los grupos para el mejor rendimiento de carga, según el número de carretillas diarias empleadas.

Los tinglados destruidos por la explosión han sido totalmente reconstruidos, lo que ha exigido el desmontaje y reerección de la cubierta, rota y retorcida por la onda explosiva, sobre los muros de recinto y pilares, también reparados; las puertas prácticamente son nuevas, por haber sufrido grandes destrozos las existentes.

### Construcción del muelle Generalísimo.

Es la obra aislada más importante realizada en el sector comercial.

La parte de nueva construcción tiene una longitud de línea de atraque de 240 metros y una superficie de 23 750 metros cuadrados.

El muro de atraque está formado por un macizo de bloques de hormigón, con una superestructura de mampostería, careada en el paramento, rematada por imposta de sillería.

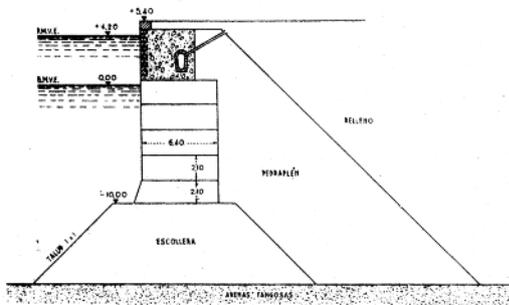
Este muro está cimentado a la cota 10 m. por bajo de B.M.V.E., sobre un macizo de escollera. A él va adosado un prisma de pedraplén que sirve de filtro y contención al relleno de arena que forma el muelle.

La sección transversal de esta obra es perfectamente normal en este tipo de construcciones, según puede apreciarse en los planos adjuntos.

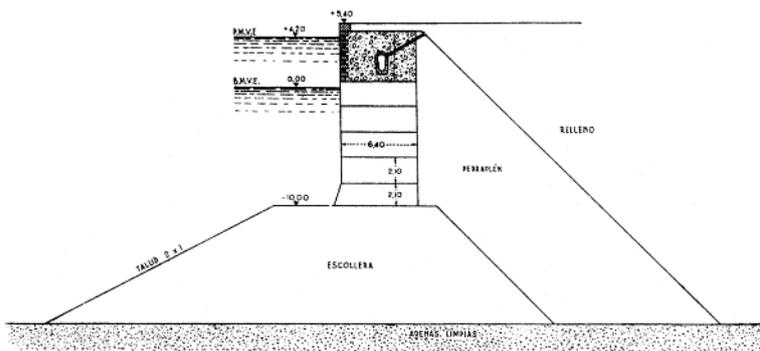
En ellos figuran dos secciones tipo: una primitiva y otra reformada. La primitiva fué proyectada, antes de la iniciación del plan general, idéntica a la

# MUELLE DEL GENERALÍSIMO

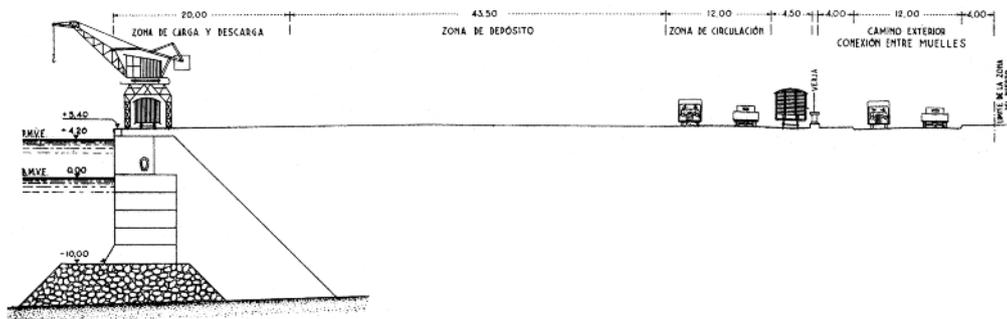
SECCIÓN TIPO PRIMITIVA

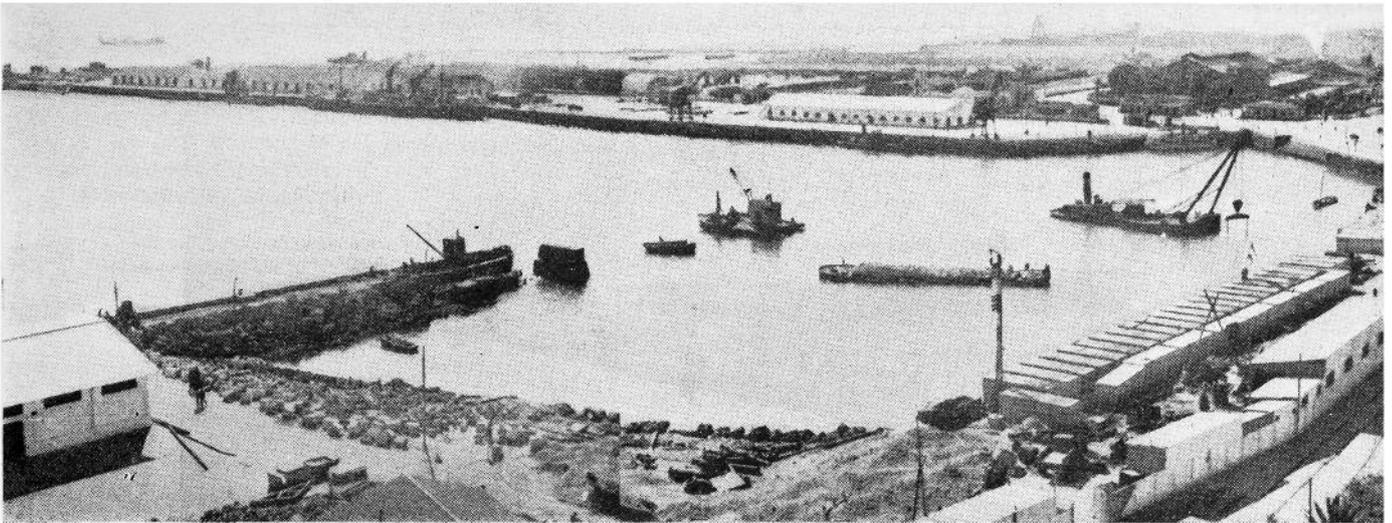


SECCIÓN TIPO REFORMADA



SECCIÓN TRANSVERSAL GENERAL





Año 1949. — Principio de las obras.

de un pequeño trozo de este muelle construido en los años 1931 a 1936, que se mostró satisfactorio, por estar emplazada en fondos de roca; pero que en esta nueva construcción acusó inestabilidad, porque los fondos arenofangosos del emplazamiento exigieron un dragado previo, y como consecuencia, una mayor cota de altura en el macizo de escollera base. Los desplazamientos, favorables al vuelco, pusieron de manifiesto que la inestabilidad era debida a insuficiencia de la berma y excesiva rigidez del talud de la infraestructura de escollera, lo que motivó un reformado que afectó exclusivamente a esta infraestructura, ensanchando la berma y suavizando el talud de esta banqueta cimiento, según se aprecia en la sección tipo reformada.

Esta obligada reforma elevó, naturalmente, el cubo de escollera en infraestructura y también el cubo del dragado previo, y pone de manifiesto la necesidad de asegurar, en este tipo de muelles, un cimiento eficaz, con la necesaria amplitud de berma y suavidad en el talud, capaz de producir el empuje pasivo que neutralice, sin asientos ni desplazamientos, el activo derivado de la acción natural de vuelco de todo el muro de contención.

El cimiento, vital en cualquier obra de Ingeniería, es también trascendente en las obras marítimas, la mayor parte de las cuales, dado su inmenso volumen y por razones de economía, trabajan en lo estricto y con casi supresión de coeficientes de seguridad.

La reforma introducida se mostró plenamente eficaz.

En el pequeño trozo construido, con la sección primitiva, se hizo la corrección debida simultaneando una sobrecarga de bloques en su parte trasera con el ensanche y recrecido de abajo arriba de la infraestructura de escollera; y terminadas estas dos opera-

ciones con el establecimiento de unos robustos tirantes embebidos en el relleno que unían la base de cada bolardo y zona solidaria, con unos macizos de anclaje dispuestos fuera del prisma de empuje de tierras. La corrección fué total y el resultado obtenido óptimo, comportándose el muelle perfectamente en todo el tiempo que lleva en explotación.

Zona particularmente difícil en la construcción fueron los 100 metros adyacentes al muelle Reina Victoria, en la que los sondeos previos habían acusado una capa de fangos de más de 12 metros de espesor. Fué preciso dragar una inmensa fosa, llegando hasta la cota de 20 metros en B.M.V.E., en que se encontraron arenas consolidadas, sobre las que se formó la infraestructura de escollera, que por esta causa alcanzó una altura de 10 metros, que produjeron los naturales asientos al ir colocando bloques, lo que exigió una sobrecarga excepcional sobre éstos para evitar ulteriores movimientos. Estas sobrecargas se simultanearon con el relleno de arena, que se hizo por elevación, impulsando productos dragados en bancos de arena limpia de la bahía.

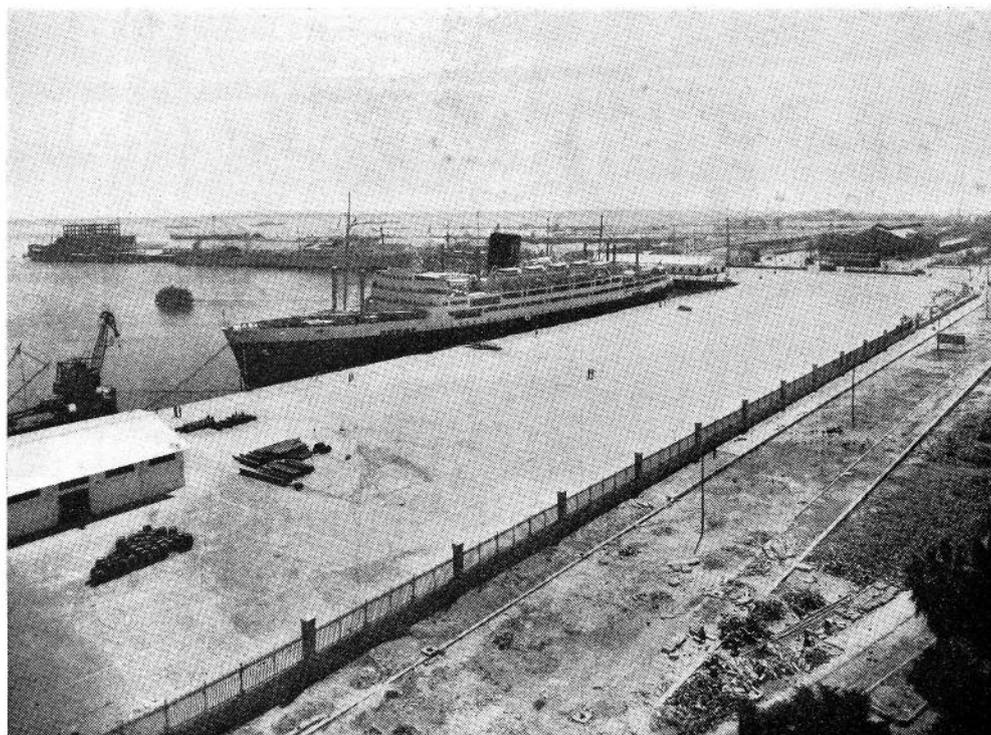
Los bolardos, espaciados 20 metros, se situaron 15 cm. retranqueados del paramento del muelle, para evitar la rotura de los mismos en el momento de atraque de un barco, avería frecuente cuando los bolardos se disponen en el mismo paramento.

El muelle está calculado para una sobrecarga de 5 Tn. por metro cuadrado y una tracción de amarras de 1,5 Tn. por metro lineal.

Como el relleno de arena se hizo sobre un fondo fangoso, se dispuso un pavimento provisional de adoquinado de arena, esperando que se produzcan los naturales asientos para colocar el pavimento definitivo.

La obra, terminada en 1951, se ha mostrado plenamente satisfactoria.

Línea de atraque construída: 240 metros.



Año 1952. — Atraque, terminado.



En explotación actual.

Superficie de muelle construída: 23 750 m.<sup>2</sup>.

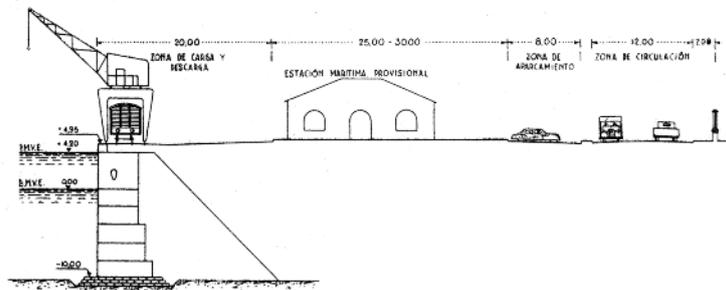
Coste por metro lineal de muelle: 124 000 pesetas.

La total ordenación del sector comercial quedó prácticamente terminada en 1953, desde cuya fecha se explota con normalidad.

El muelle Alfonso XIII, lindero con una de las zonas más nobles de la ciudad, ha venido destinándose desde su construcción, en 1921, a la manipulación de uno de los tráficos más molestos de un puerto, que es el carbón.

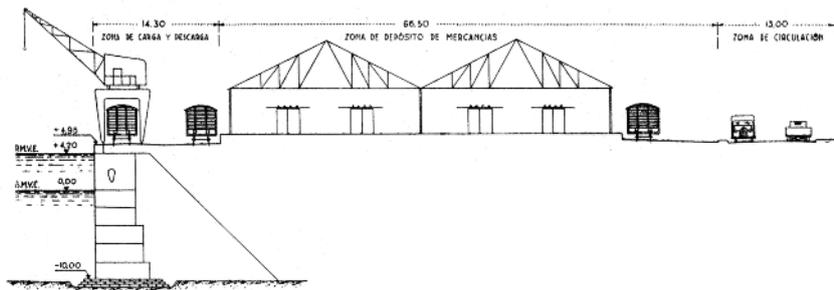
### MUELLE REINA VICTORIA

#### SECCIÓN TRANSVERSAL



### MUELLE MARQUÉS DE COMILLAS

#### SECCIÓN TRANSVERSAL



#### Ordenación del sector transatlántico.

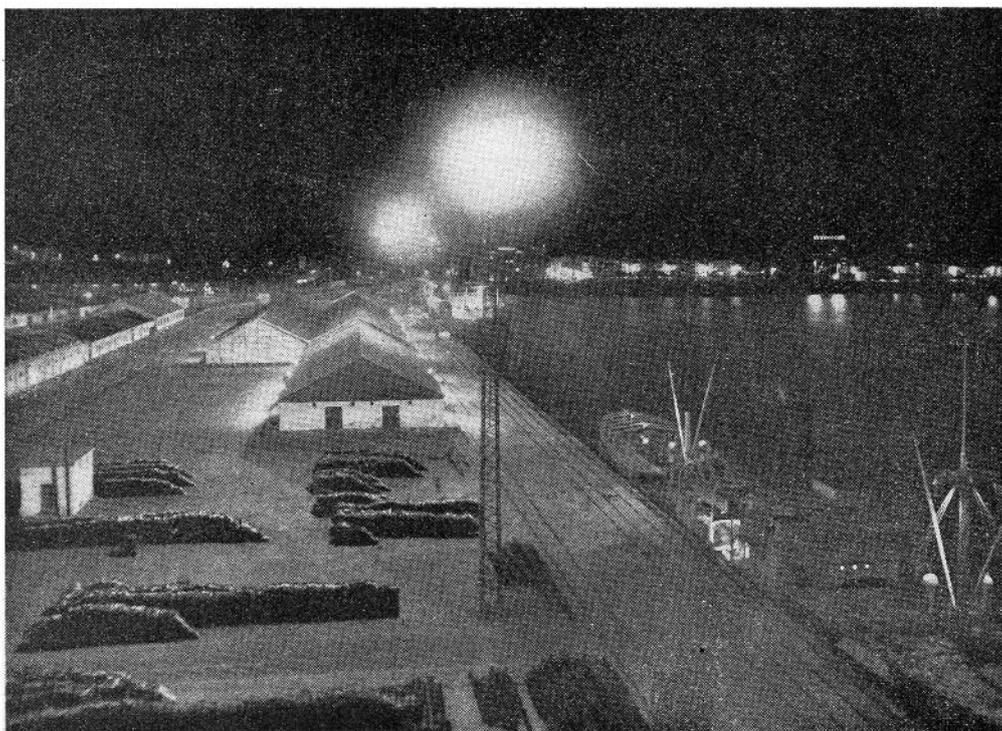
Esta zona comprende el muelle Alfonso XIII, con calado de 10 m. en B.M.V.E., longitud de línea de atraque de 440 m. y anchura de 100 metros.

Esta es una de las reformas más substanciales introducidas en el puerto con la planificación general.

Para corregir esta deficiencia se ha destinado este muelle al tráfico de pasajeros, el más noble de los del puerto, con lo que se ha logrado una correcta disposición que beneficia a éste y a la ciudad. La plaza de España, en que está emplazado el monumento a las Cortes, se verá libre del azote del carbón y adquirirá el realce merecido con un sector



Ordenación del sector comercial.—El muelle Reina Victoria, terminado.



Vista nocturna de la zona comercial.

portuario limpio y debidamente urbanizado, y los pasajeros que lleguen a Cádiz por mar entrarán en la ciudad por su plaza más monumental y no, como hasta ahora lo han venido haciendo, por una zona más comercial e industrial que residencial.

En este sector ha sido dispuesta una avenida de acceso, frente al monumento a las cortes, y el acondicionamiento del muelle se ha proyectado en armonía con el uso a que se destina. Los pasajeros desembarcarán en un andén elevado, enrasado con la azotea de la Estación Marítima, teniendo acceso a ésta mediante escaleras y ascensores.

La zona delantera del muelle, entre el andén elevado y el atraque, se reserva para el tráfico de las mercancías transportadas por los transatlánticos.

La Estación Marítima, con planta baja y azotea, tendrá sus instalaciones propias (Aduana, Policía,

Sanidad, Agencias, Moneda, salas de espera, restaurante-bar, etc.) y en su parte posterior zonas de aparcamiento y andenes ferroviarios.

En la planta de este muelle y en la perspectiva del conjunto, puede apreciarse la disposición general adoptada, de la que sólo se ha realizado la explanación de la avenida de acceso. Tan pronto como el Consorcio de la Zona Franca termine las obras de su puerto en construcción y deje libre el muelle Alfonso XIII, hoy explotado como Zona Franca provisional, se iniciará el desarrollo de las obras reseñadas.

Por las razones dichas, éste es el único sector de la zona de servicios del puerto en el que aún no han sido realizadas las obras proyectadas de acondicionamiento.

(Continuará.)



# DESARROLLO DE UN PLAN DE OBRAS EN EL PUERTO DE CÁDIZ

Por MARCIANO MARTINEZ CATENA,  
Ingeniero de Caminos e Ingeniero Director del Puerto de Cádiz,

*El tercer artículo de la descripción general del Plan de Obras en el Puerto de Cádiz, que presentamos a continuación, se refiere a la Ordenación de la zona Pesquera, como reza el epígrafe.*

## III

### Ordenación de la Zona Pesquera.

Comprende esta zona la dársena pesquera y los muelles y diques en ella emplazados, cuyo total acondicionamiento está prácticamente terminado.

La dársena, con calado de 6 metros en su interior y de 6,50 metros en su acceso; ambos en B.M.V.E.

Los muelles y diques, con calado variable, de 5 a 6,50 metros en B.M.V.E., y longitud de línea de atraque de 1 425 metros.

El muelle General Fernández-Ladreda se ha acondicionado para la manipulación del pescado fresco.

El muelle de Fondo, para reparaciones de la Flota Pesquera.

El muelle de Levante, para avituallamientos de la misma.

Esta Zona Pesquera ha sido ordenada de forma integral para atender en ella, de forma cíclica y con absoluta separación de funciones, todas las necesidades que se pueden producir en un puerto pesquero de altura, que es la característica principal del de Cádiz. Para ello se han tenido en cuenta las necesidades derivadas de lo que designamos con los nombres de Ciclo Portuario del Barco y Ciclo Portuario del Pescado.

Ciclo del Barco: Comprende las siguientes partes:

1.<sup>a</sup> Llegada a puerto, tras varios días de navegación y captura; teóricamente repleto de pesca y exhausto de combustible y pertrechos; atraque en el lugar designado.

Apaga calderas; descarga las artes de pesca para su recorrido y reparación; desembarca la tripulación para descanso; descarga del pescado fresco.

Todas estas operaciones las hace en el muelle General Fernández-Ladreda.

2.<sup>a</sup> El barco, en lastre, pasa a reparar, bien a flote, ya en varadero.

Estas operaciones las hace en el muelle de Fondo.

3.<sup>a</sup> Carga de vituallas, combustible, hielo y pertrechos. Embarca la tripulación y se hace a la mar para nuevas capturas.

Estas operaciones las hace en el muelle de Levante.

Ciclo del pescado fresco: Comprende las siguientes partes, que se desarrollan en la Lonja emplazada en el muelle General Fernández-Ladreda:

1.<sup>a</sup> Descarga, clasificación y depósito en la Lonja.

2.<sup>a</sup> Cambio de propietario: el armador, por venta directa o subasta, transfiere la propiedad al exportador o similar.

3.<sup>a</sup> Transporte a los Departamentos Exportadores para su preparación y envase.

4.<sup>a</sup> Transporte carretero o ferroviario al interior del país para su consumo.

Claro que estos ciclos señalados son los completos, pero en ellos puede faltar alguna parte (que el barco no necesite reparaciones, etc.) o tener alguna variante (que el propio armador haga las funciones de exportador, etc.).

Vemos que el barco y el pescado, con sucesivos desplazamientos, pasan por sitios especialmente acondicionados para la operación a realizar.

Teóricamente es una organización en cadena.

Para lograr esta ordenación se han realizado las obras necesarias, que son las siguientes:

1.<sup>a</sup> Acondicionamiento del muelle General Fernández-Ladreda y construcción de la Lonja y de departamentos para armadores.

2.<sup>a</sup> Construcción del muelle de Fondo, y en él el varadero y los talleres anejos al mismo.

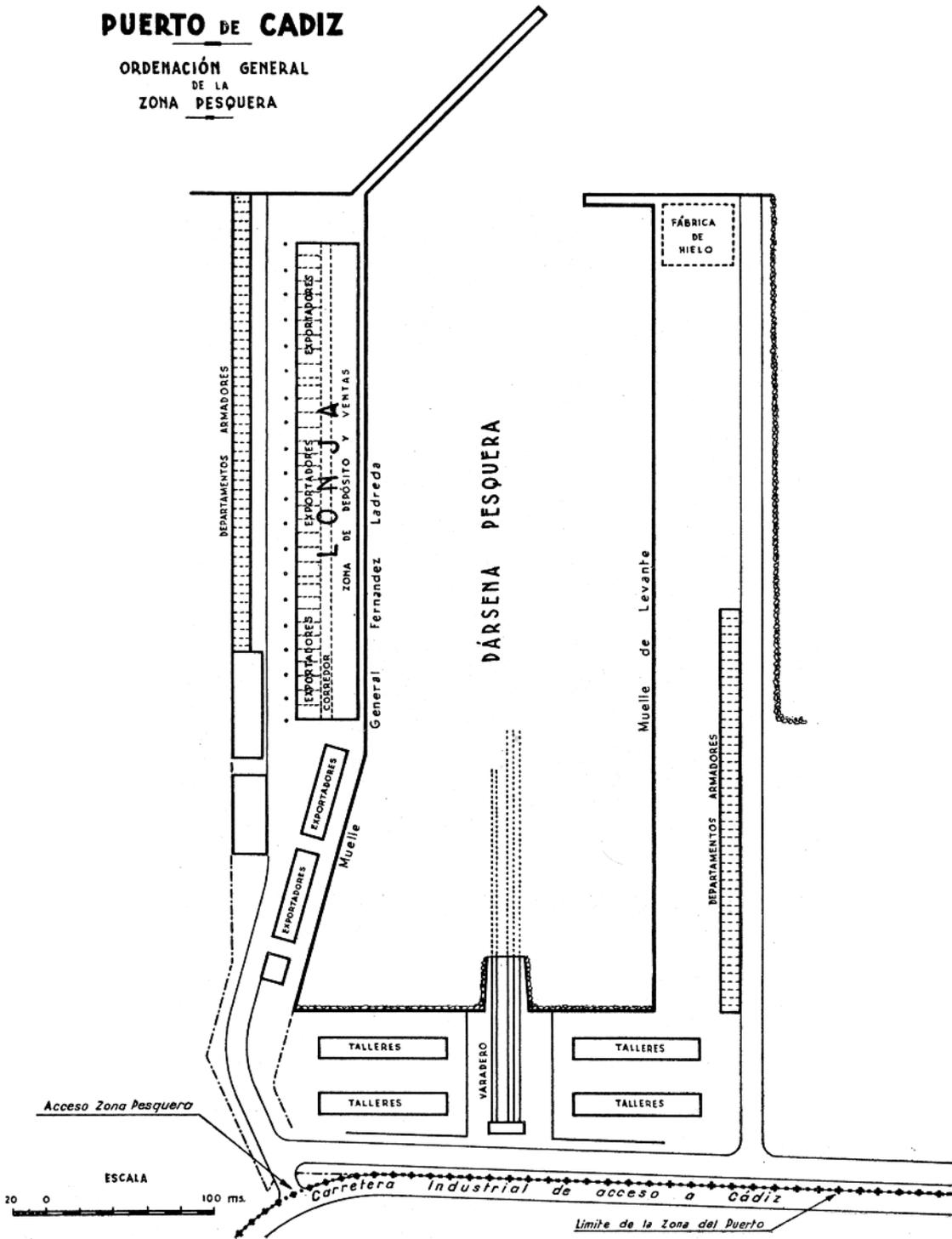
3.<sup>a</sup> Construcción del muelle de Levante y de departamentos para armadores.

4.<sup>a</sup> Construcción de los diques de abrigo y atraque.

*Obras en el muelle General Fernández-Ladreda.*— El acondicionamiento transversal puede apreciarse en la sección y se ha logrado con la división del muelle en tres zonas: la delantera, emplazamiento de la Lonja, en donde se desarrollan todas las operaciones del ciclo del pescado; la posterior, que es el emplazamiento de los departamentos de armado-

# PUERTO DE CADIZ

ORDENACIÓN GENERAL  
DE LA  
ZONA PESQUERA



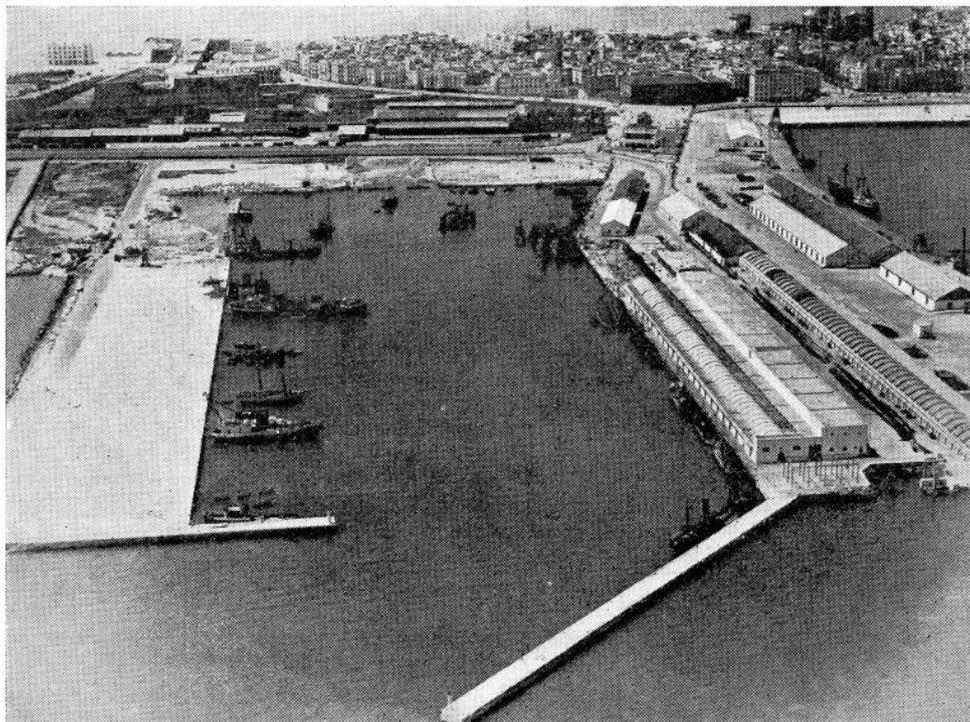
res, en los que éstos guardan sus artes y enseres de pesca, y la intermedia, que es de circulación.

Vemos que es una adaptación a este puerto de la solución clásica de muelle pesquero de altura.

Aunque la mayor parte del pescado manipulado en Cádiz procede de navegaciones de altura, hay también una pequeña flota de bajura, por cuyo motivo la primera alineación de este muelle, de menor longitud y anchura que la segunda alineación, ha sido

partamentos para exportadores; la intermedia es un corredor de circulación.

El pescado descargado, clasificado y depositado en la zona delantera por los armadores, es adquirido por los exportadores, que por el corredor longitudinal lo transportan a su departamento, donde es preparado y envasado y cargado en camión que se atraca al andén corrido y elevado dispuesto en la zona posterior de la Lonja.



Vista aérea de la zona pesquera, obtenida en 1952, durante la ejecución de las obras de acondicionamiento del conjunto.

adaptada para este tráfico, que se desenvuelve con instalaciones más rudimentarias y simplistas que el de altura, pudiendo apreciarse en la sección tipo la solución adoptada, que será perfeccionada cubriendo la zona de descarga que hoy está a la intemperie.

*Lonja.* — Es el edificio clave de esta zona portuaria, cuya construcción se realizó de 1951 a 1953; en él se manipula el pescado fresco desembarcado; su depósito, venta y preparación se hacen en su interior.

Su longitud es de 300 m. y su anchura de 36 m.

Es una estructura de hormigón armado con muros de cierre de fábrica de ladrillo.

Transversalmente está dividida en tres zonas: la delantera, de depósito; la posterior, dividida en de-

El edificio forma un conjunto cerrado y cubierto adosado a la línea de atraque, quedando junto a ésta una estrecha faja de 3 m. de anchura en la que se realizan las operaciones de descarga mediante maquinillas eléctricas móviles; también desde tierra se facilitan pequeñas bombas de agua salada, para la limpieza a bordo, y el alumbrado eléctrico necesario, con lo que la descarga se ejecuta con el barco totalmente apagado, lo que supone una gran economía para el armador.

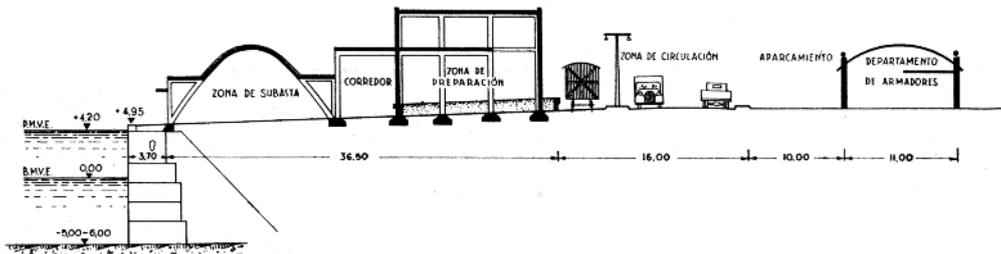
La fachada junto a línea de atraque está provista de múltiples puertas que facilitan el acceso a la Lonja de las cajas descargadas, que son arrastradas por el personal de la colla de descarga hasta la zona de Depósito, en donde se clasifican y agrupan para su

## MUELLE GENERAL FERNANDEZ LADREDA

### 1ª ALINEACIÓN SECCIÓN TRANSVERSAL

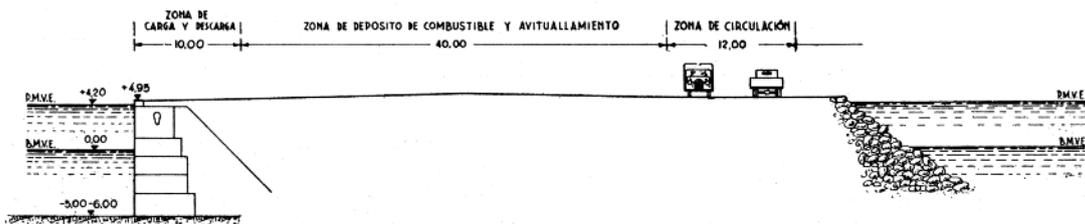


### 2ª ALINEACIÓN SECCIÓN TRANSVERSAL



## MUELLE DE LEVANTE

### SECCIÓN TRANSVERSAL

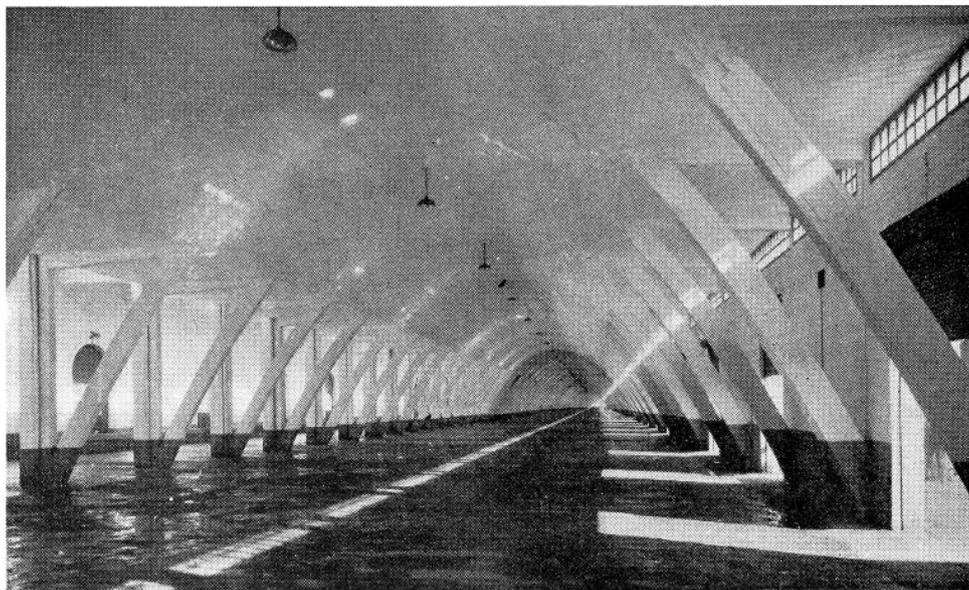
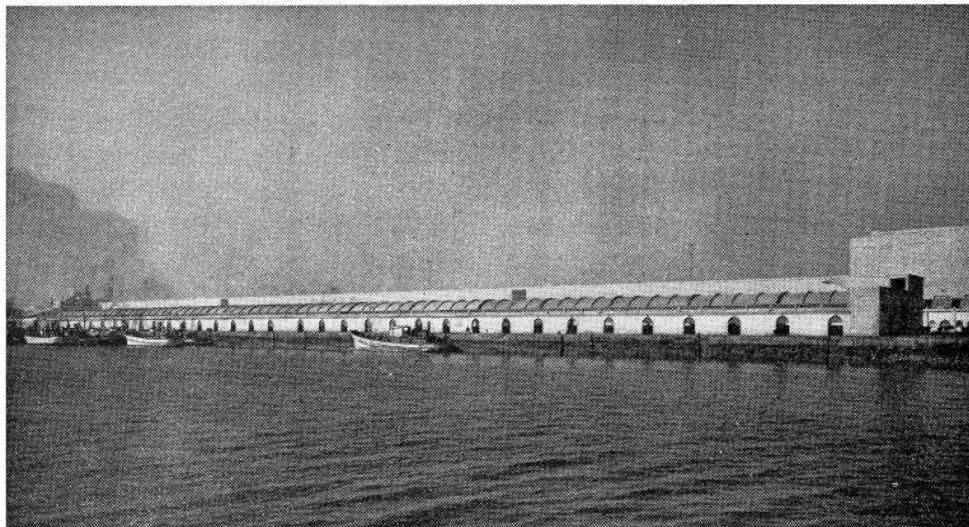


venta. Esta zona de Depósito o venta tiene una anchura de 15 m. y longitud igual a la de la Lonja.

El corredor adyacente de circulación tiene una anchura de 5,80 m. Cada departamento de expor-

ción; y el alto para depósito de cajas y útiles del exportador.

En la Lonja hay instalada una red general de energía eléctrica para el alumbrado, maquinillas y bombas.



Vista desde el mar e interior de la nueva Lonja, construída.

tador tiene una puerta que da al corredor y otra posterior para la salida del pescado preparado; estos departamentos tienen dos pisos: el inferior, con fuerte pendiente y buen desagüe, para la prepara-

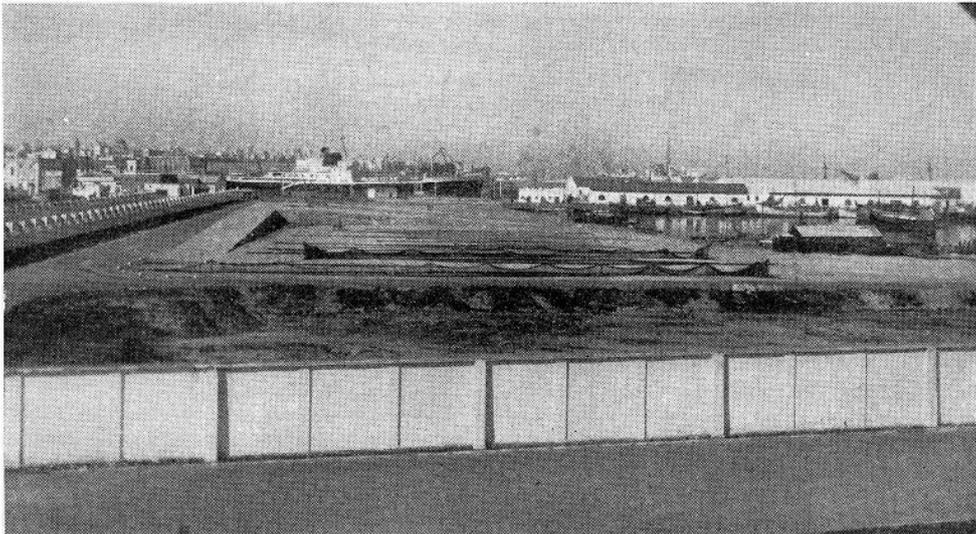
También una red general de agua potable con derivaciones en cada departamento de preparación.

Y una red general de agua salada, tomada de la dársena e impulsada por motobombas, con deriva-

ción en cada departamento, que sirve para baldeos y limpieza del pescado.

Los planos y fotografías relativos a esta obra completan la sucinta descripción anterior.

dreda, en toda la longitud de su segunda alineación, ha sido construída una gran nave de 12 m. de luz dividida en 52 departamentos independientes, cada uno de los cuales, además de la planta, enrasada con



El muelle de fondo y varadero, durante la construcción y terminadas las obras.

*Departamentos para armadores.*— Los armadores, cuyas flotas tienen por base un puerto pesquero necesitan, naturalmente, locales cerrados donde almacenar los enseres, artes, pertrechos y material de repuesto de su flota. Y para llenar esta necesidad en la zona posterior del muelle General Fernández-La-

el muelle, tiene un alto formado por un forjado de hormigón armado que sirve para el depósito y guarda de los materiales más ligeros; en la planta, a más de una pequeña oficina del armador, se almacenan los enseres y materiales pesados.

La nave está formada por dos muros de recinto

sobre los que se apoya una bóveda atirantada formada por roscas de ladrillo.

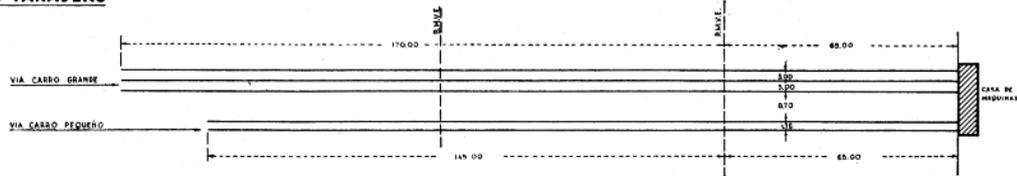
*Obras en el muelle de Fondo.* — Este muelle destinado a las instalaciones necesarias para reparar embarcaciones pesqueras, ha sido acondicionado con este exclusivo fin.

El muelle en sí carece de muro de atraque; en sustitución del mismo ha sido dispuesto un dique de

radero. Para mantener la uniformidad de construcción en la Zona Pesquera, las naves para talleres son similares a las destinadas para almacenaje de enseres de los armadores.

Los dueños de talleres que deseen instalarse en estas naves ocuparán la superficie que cada uno necesite, mediante el pago de un canon por metro cuadrado ocupado, separándose los diferentes talleres

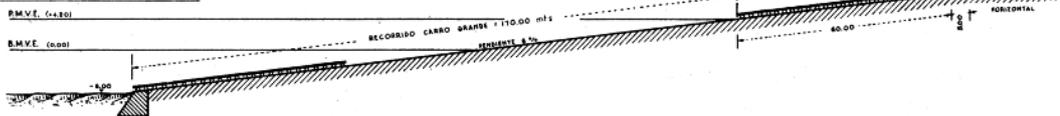
**PLANTA DEL VARADERO**



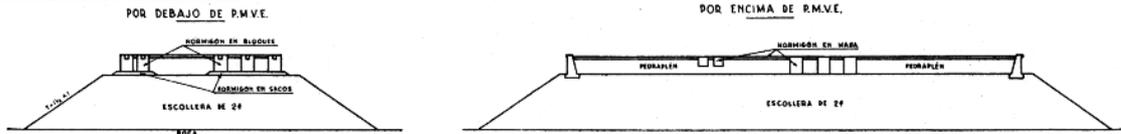
**RAMPA Y CARRO PARA EMBARCACIONES HASTA 100 Tns.**



**RAMPA Y CARRO PARA EMBARCACIONES HASTA 500 Tns.**



**SECCIONES TIPO DE LA RAMPA**



escollera que sirve de contención al relleno posterior y cuyo paramento frontal inclinado impide la reflexión de las pequeñas marejadas que puedan penetrar en la dársena, que rompen en este paramento, evitando el molesto chapoteo que siempre se forma en dársenas cerradas en todo su perímetro por paramentos verticales.

En el centro del muelle y coincidiendo con el eje de la dársena ha sido instalado el varadero.

En las explanadas, a un lado y otro del mismo, se han dispuesto cuatro naves de 75 x 12 m., en las que serán instalados los talleres mecánicos, de carpintería de ribera, pintura, etc., con que atender a cualquier posible reparación, bien a flote ya en va-

mediante los muros necesarios, dentro de la misma nave, que longitudinalmente quedará así dividida en tantas partes como talleres se soliciten.

De esta forma se evitan monopolios, que siempre son perjudiciales a este tipo de explotaciones.

El varadero será así explotado directamente por la Junta de Obras del Puerto, que cobrará subidas, bajadas y estadias; y las reparaciones serán libremente contratadas por el armador con el taller que le convenga, cuyo propietario pagará a la Junta el canon de ocupación de superficie de taller, y montará, en el trozo de nave ocupado, la maquinaria y útiles de su propiedad que estime adecuados.

Este conjunto de reparaciones estará servido por

las necesarias grúas locomóviles que consentirán el desmontaje y descarga de las piezas pesadas que hayan de ser reparadas en cualquier taller.

*Varaderos.*— Son la pieza clave de este muelle de fondo y están formados por dos rampas: una, para varar embarcaciones de hasta 500 Tn. de peso; otra, para varar embarcaciones de hasta 100 Tn. La primera está destinada a la varada de las grandes uni-

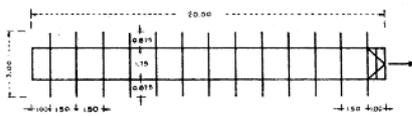
carro, las embarcaciones puedan quedar ahormadas sobre él.

El varadero grande tiene tres carriles sobre los que rueda el carro y el pequeño dos.

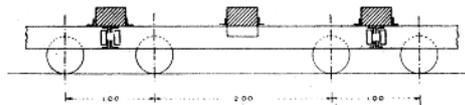
Ambas rampas están construidas, en su parte submarina, con una infraestructura de escollera sobre la que están dispuestos bloques de hormigón en masa en los que quedan sujetos los carriles.

**PARA CARRROS DE 100 Tns.**

TIPO DE ESTRUCTURA PARA LA PLATAFORMA DEL CARRRO Y DIMENSIONES DE LA MISMA



LONGITUDINAL DE UN TROZO DEL CARRRO

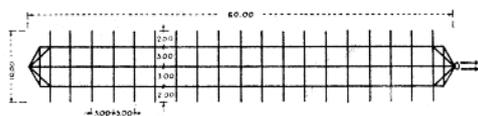


SECCIÓN TRANSVERSAL

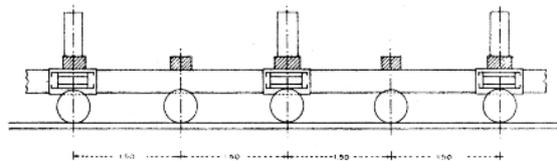


**PARA CARRROS DE 500 Tns.**

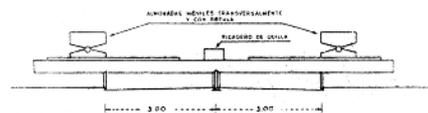
TIPO DE ESTRUCTURA PARA LA PLATAFORMA DEL CARRRO Y DIMENSIONES DE LA MISMA



LONGITUDINAL DE UN TROZO DEL CARRRO



SECCIÓN TRANSVERSAL



dades de altura (*trawlers* o parejas) y la segunda para el resto de embarcaciones pequeñas.

El varadero grande está concebido en peso y dimensiones para que se pueda hacer la varada del mayor *trawler* o la varada simultánea de las dos unidades que forman una pareja de pesca. Este tipo de grandes embarcaciones permanecen sobre el carro de varada todo el tiempo que dura ésta.

El varadero pequeño está concebido para, con un sólo carro, tener varadas al mismo tiempo cuatro o cinco embarcaciones, que se apean del carro por deposición lateral y quedan depositadas en la zona adyacente a la vía.

Ambas rampas tienen una pendiente de 6 %, prolongándose por encima de pleamar hasta la casa de máquinas, y por debajo de bajamar, hasta calado bastante para que, teniendo en cuenta la altura del

Cada varadero está formado por la rampa, el carro y la maquinaria de elevación, formada esta última por grandes tambores acanalados de fundición, en los que se arrolla el cable que arrastra el carro, siendo movidos dichos tambores por motores eléctricos, realizándose la transmisión de par motor con la interposición de adecuados engranajes; para seguridad en las maniobras, están previstos los necesarios frenos mecánicos y electromagnéticos.

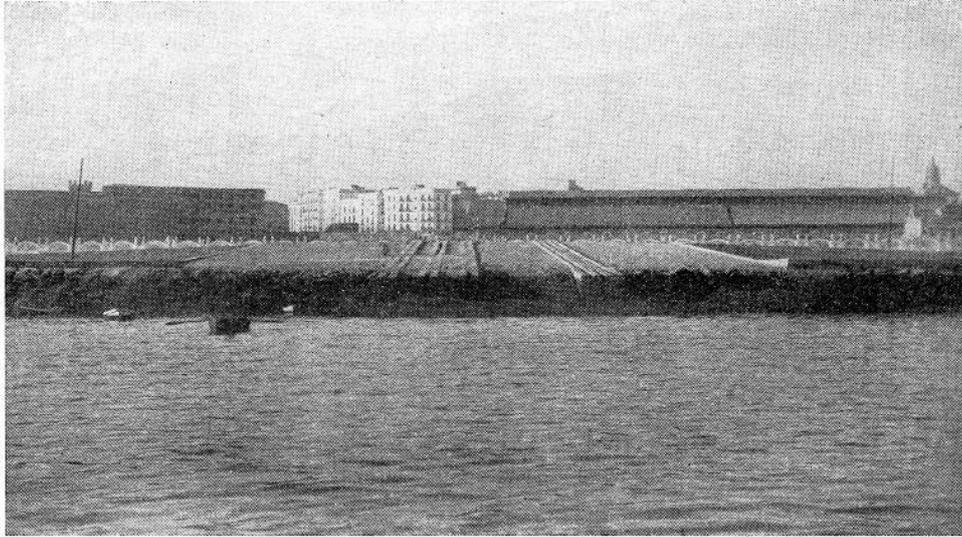
Las dimensiones, disposición estructural y detalles de los carros, pueden ser apreciados en los planos adjuntos, así como la disposición general del varadero y secciones de las rampas.

Las rampas, iniciadas al terminarse el muelle de fondo, han sido terminadas el pasado año de 1955, y los carros y maquinaria se encuentran en ejecución.

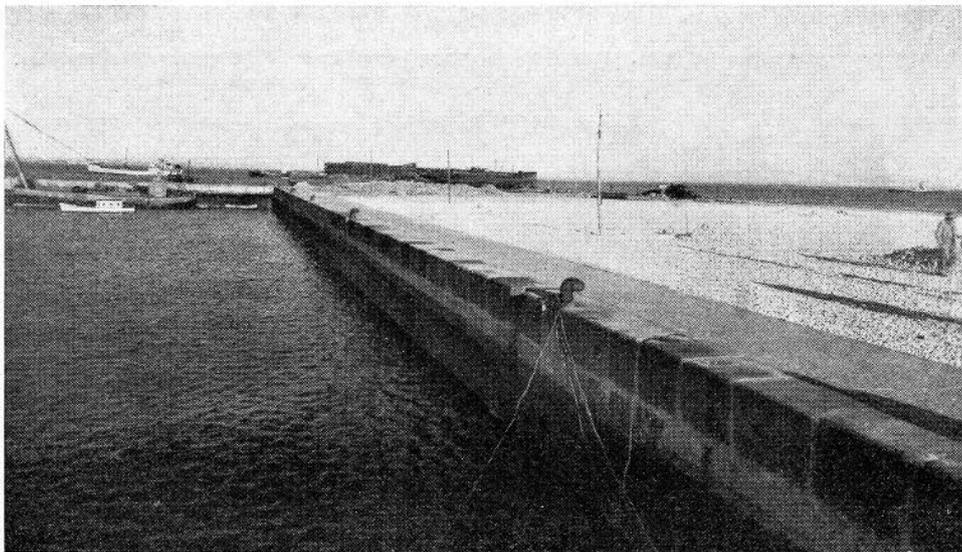
*Obras en el muelle de Levante.* — Este muelle ha sido acondicionado para toda clase de suministros y avituallamientos, y en su parte posterior se ha previsto la construcción de departamentos para ar-

es de nueva construcción, que simultáneamente se realizó con la construcción del muelle de Fondo; ambas en 1952 y 1953.

El muro de atraque está formado por una infra-



La rampa del varadero durante su construcción.



Vista parcial, durante la construcción, del muelle de Levante del puerto pesquero.

madores, idénticos a los construídos en el muelle General Fernández-Ladreda.

Las dos terceras partes de la longitud de este muelle han sido reconstruídas y el tercio restante

estructura de bloques sobre base de hormigón en sacos, por ser el fondo roca, y una superestructura de mampostería coronada con imposta de sillería.

El relleno posterior, como el del muelle de Fondo,

es de arena procedente de dragados e impulsada con bombas.

Los bolardos están separados 20 metros entre sí.

Para el cálculo del muro se ha considerado una sobrecarga en el muelle de 3 Tn./m.<sup>2</sup> y una tracción de amarras de 1,5 Tn./m. l.

En el extremo de este muelle está en construcción una fábrica de hielo con producción diaria de 200 Tn. A este efecto, se ha otorgado una concesión de la superficie necesaria, mediante el pago de un canon por metro cuadrado y otro canon de producción.

Las instalaciones de agua potable y alumbrado serán iguales a las descritas en los muelles de la Zona comercial.

Como queda dicho, en la parte posterior del muelle se encuentran en construcción 48 departamentos para armadores, integrados en una nave de 240 × 12 m., que oportunamente será prolongada para nuevos departamentos y para almacenes de enseres y efectos navales necesarios a la flota pesquera.

Estos nuevos departamentos son idénticos a los del muelle General Fernández-Ladreda, que fueron construídos durante 1949 y 1950, con un coste por departamento de 42 000 pesetas. Los que actualmente se construyen costarán 57 500, lo que acusa un encarecimiento de la tercera parte de aquéllos.

El resto de la superficie del muelle está dedicado a la instalación de depósitos de combustibles sólidos y líquidos.

Adyacente a este muelle, y en segunda línea, hay una parcela que se viene ocupando mediante concesiones otorgadas al amparo de la Ley de Puertos, con instalaciones para subproductos de la pesca, tinado de redes, etc.

*Construcción de los diques de abrigo y atraque.* Careciendo el puerto de Cádiz de los diques de abrigo necesarios, todos los temporales que lo azotan penetraban libremente en la dársena pesquera, que más que refugio y seguridad era ratonera donde las embarcaciones menores sufrían grandes averías, de ser sorprendidas en su interior por un temporal.

Como anticipo de las obras generales de abrigo, que sólo a largo plazo y gran coste podrían realizarse, fueron construídos en 1950 y 1951 los diques atracables en ambos paramentos, con los que la dársena pesquera quedó perfectamente protegida, haciéndose desde entonces las operaciones pesqueras con absoluta seguridad.

El de Poniente tiene una longitud de 150 m., y el de Levante, 40. La bocana de acceso a la dársena es de 90 m.

El doble atraque que ofrecen es, en la actualidad, muy beneficioso al disponerse de 380 m. de línea de atraque, en la que se amarran los barcos ociosos que no ocupan zonas activas, cuyo rendimiento es cada día más elevado.

Estos diques tienen una anchura de 6 m. y están construídos con bloques de hormigón de esta longitud, colocados a tizón. La superestructura es de manipostería, careada en paramentos y coronada con impostas de sillería.

Están cimentados a 6,50 m. por bajo de B.M.V.E., sobre banqueta de escollera, o sacos de hormigón, según la naturaleza del fondo.

La coronación está a 0,75 m. sobre la B.M.V.E., siendo la carrera de marea de 4,20 m.

El coste por metro lineal de dique, incluso dragado de la fosa de emplazamiento del cimiento, fué de 49 000 pesetas.

# DESARROLLO DE UN PLAN DE OBRAS EN EL PUERTO DE CADIZ

Por MARCIANO MARTINEZ CATENA,  
Ingeniero de Caminos e Ingeniero Director del Puerto de Cádiz.

*La descripción del importante plan de obras del puerto de Cádiz, que fué iniciada en nuestro número de noviembre del pasado año, y que continuó en febrero y marzo, concluye en el presente artículo, que se refiere especialmente a la ordenación de la zona de reparaciones, como indica el subtítulo.*

## IV

### Ordenación de la zona de reparaciones.

Este sector comprende la Zona de Servicios del Puerto de Cádiz, lindera con la dársena del dique seco, y ha sido ordenado para permitir la debida explotación de esta obra, cuya construcción realizó el Ministerio de Obras Públicas en los años de 1926 a 1941.

El dique seco, que es el mayor de España, tiene las siguientes características:

|  |           |
|--|-----------|
| Eslora .....                               | 232,00 m. |
| Manga .....                                | 34,00 »   |
| Calado sobre picaderos en B. M. V. E. .... | 6,00 »    |
| Calado sobre picaderos en P. M. V. E. .... | 10,20 »   |

Sus interesantes detalles de proyecto y construcción fueron descritos en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, en diversos números, siendo de los más interesantes los publicados en 1930 por el Sr. Entrecanales.

Para la debida explotación de este dique han sido construídos los muelles de armamento y emboadura, con longitud de línea de atraque de 470.00 metros, calado de 9,50 m. en B. M. V. E. y superficie de 5 Ha.

*Construcción del muelle de armamento.* — Es la obra complementaria del dique seco más importante de las construídas; iniciada en 1950, quedó terminada el pasado año.

En realidad es un dique muelle por coincidir en toda su longitud con el origen del dique de Levante, que fué construído al mismo tiempo.

Transversalmente está integrado por el muro de atraque, el dique posterior y un relleno intermedio.

El dique, que es de paramento inclinado, tiene igual sección tipo que dicha obra de abrigo, de la que nos ocuparemos más adelante.

El muro de atraque está cimentado sobre roca, y para su construcción fué preciso un dragado previo, para obtener la cota proyectada de cimentación. que

fué de 9,50 m. en B. M. V. E.; en la zanja dragada se dispuso el cimientado de hormigón en sacos, colocados con buzo, enrasados a esta cota, y sobre él la infraestructura de cinco hiladas de bloques de hormigón enrasados a + 2,00 m. sobre la bajamar y a - 2,20 m. bajo la pleamar. Aunque por razones naturales de prudencia esta infraestructura fué sobrecargada, no se acusaron asientos algunos. Sobre los bloques se dispuso una superestructura de hormigón ciclópeo y mampostería, careada en paramentos, coronada con imposta de sillería enrasada a 1,00 m. sobre P. M. V. E.

Los bolardos, espaciados 20 m., se retranquearon 15 cm. del paramento de atraque.

El muro fué calculado para una sobrecarga en el muelle de 5,00 Tn./m.<sup>2</sup> y una tracción de amarras de 1,5 Tn./m. l.

El peso de los bloques mayores, que son los de la hilada inferior, es de 90 Tn.

Adosado al muro se dispuso el clásico pedraplén, y el relleno, entre éste y el dique posterior, se hizo con arenas limpias dragadas en la proximidad de la obra, e impulsadas y elevadas por la propia draga a través de una instalación flotante de tubería.

En las fotografías puede apreciarse la organización del patio de bloques y el transporte de éstos hasta su colocación en obra, y también el gran relleno con arenas impulsadas.

El ancho del muelle, entre su arista de coronación y el paramento interior del espaldón del dique, es de 120 m.

La longitud de muro de atraque es de 200 m.

La longitud de dique construída es de 280 m.

La superficie útil ganada al mar es de 33.600 m.<sup>2</sup>.

El muro de atraque, incluso dragado y pedraplén adyacente, ha sido construído a un coste de 124.000 pesetas por metro lineal.

El relleno, a 140 ptas. por metro cuadrado.

El dique adyacente, a 21.500 ptas. por metro lineal, incluso el espaldón; este precio, francamente bajo, resultó tan reducido por las escasas cotas existentes en el emplazamiento.

Los 100 m. delanteros de este muelle construído, linderos con el atraque, se destinan a las instalacio-

nes de talleres, vías y grúas, propios de un muelle de armamento; y los 20 m. restantes adyacentes al espaldón, quedan como zona de servicio, circulación y acceso al dique de Levante, en construcción.

toda ella paramentos verticales de muelle, de suficiente calado, que permitiesen la fácil entrada y salida de los barcos a carenar. Los rellenos adyacentes al dique estaban contenidos en el frente del mar con



La dársena del dique seco, sin muelles ni abrigos, al iniciarse su ordenación. A la izquierda, el cuenco y la puerta del dique.

Terminada esta obra, ha sido proyectada su prolongación, en otros 200 m., con igual sección tipo.

*Construcción de los muelles de embocadura.* — Fue realizada de 1951 a 1955.

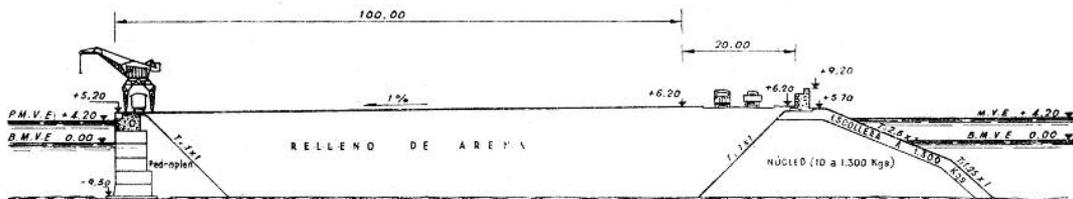
Esta obra, complementaria del dique seco, era el remate obligado de la boca del mismo y su conexión con el muelle de armamento.

Era forzoso hacer navegable con absoluta seguridad esta zona de acceso al dique, disponiendo en

diques de escollera, cuyo paramento inclinado, en su parte submarina, ofrecían un peligro manifiesto a todo tipo de embarcaciones.

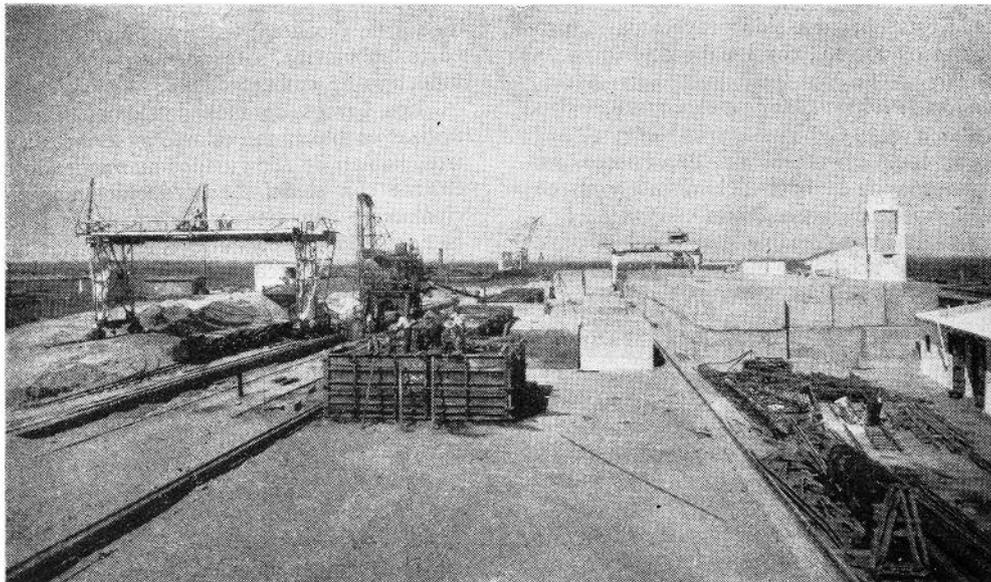
Los barcos de más de 30.000 Tn. que pueden utilizar el dique, con esloras superiores a los 200 metros, habían de ser guiados manteniendo su eje coincidente con el del dique, operación imposible, principalmente con vientos de través, si no se disponía la necesaria embocadura, formada por muelles a los que el propio barco pudiera dar sus amarras, fijando

### MUELLE DE ARMAMENTO Y DIQUE DE LEVANTE

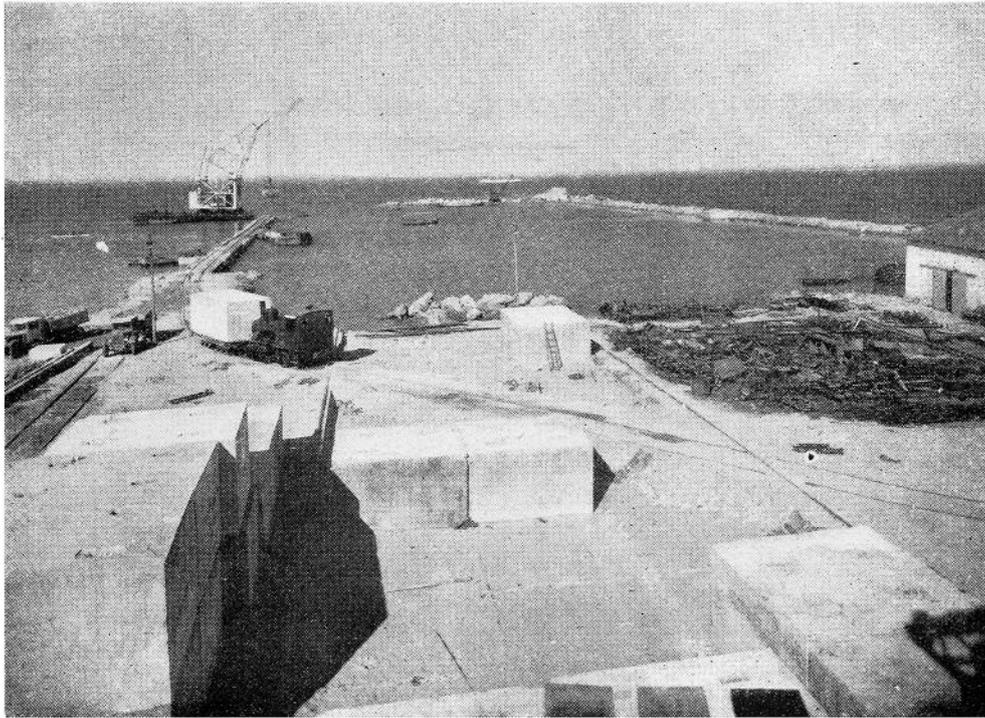




Vista aérea de la dársena del dique seco, durante la construcción de los muelles de armamento y embocadura.  
En segundo término, el fondo de la dársena pesquera con los muelles en construcción.



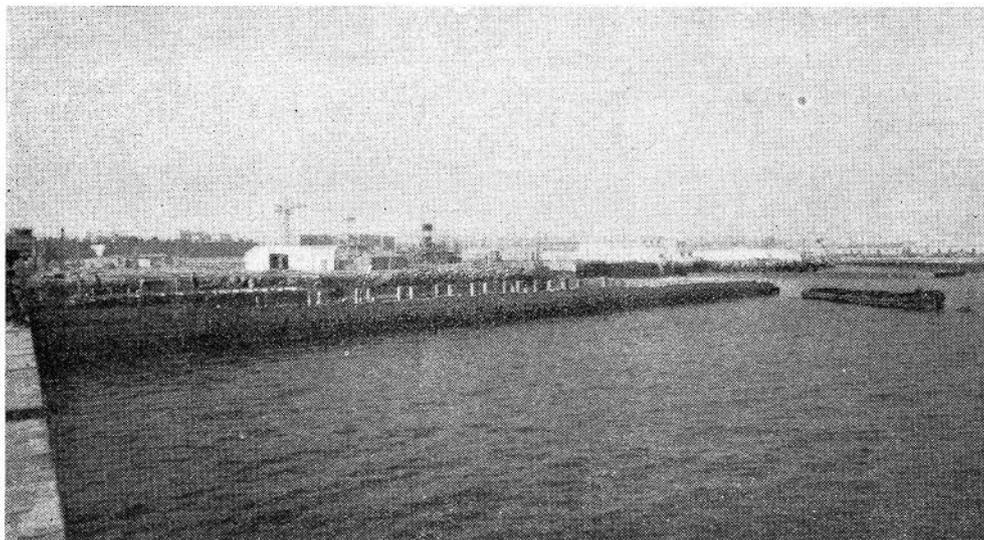
El taller de bloques.



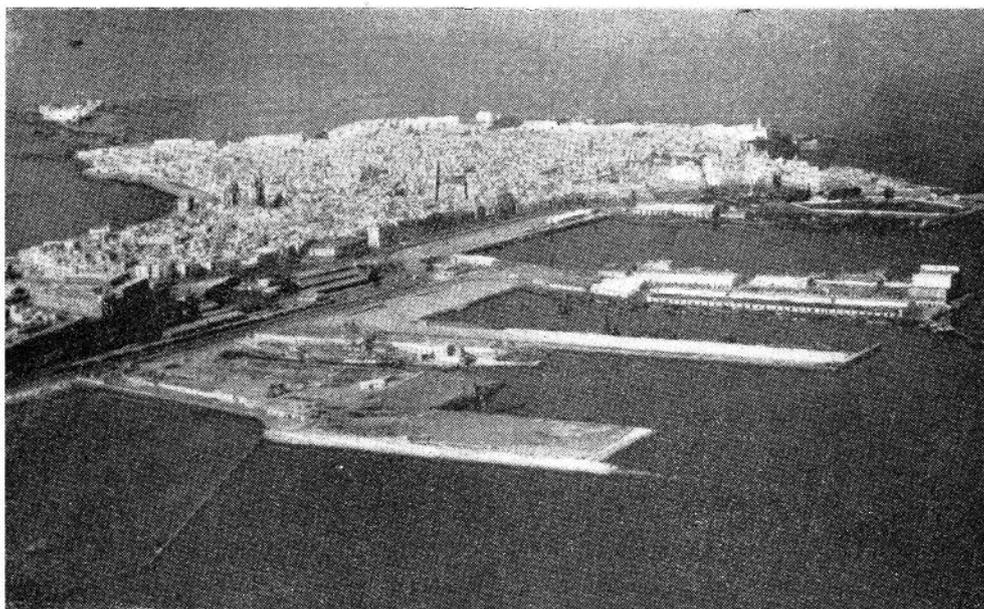
Vista del muelle en construcción, desde el patio de bloques.



Vista, desde el dique seco, del muelle en construcción y taller de bloques.

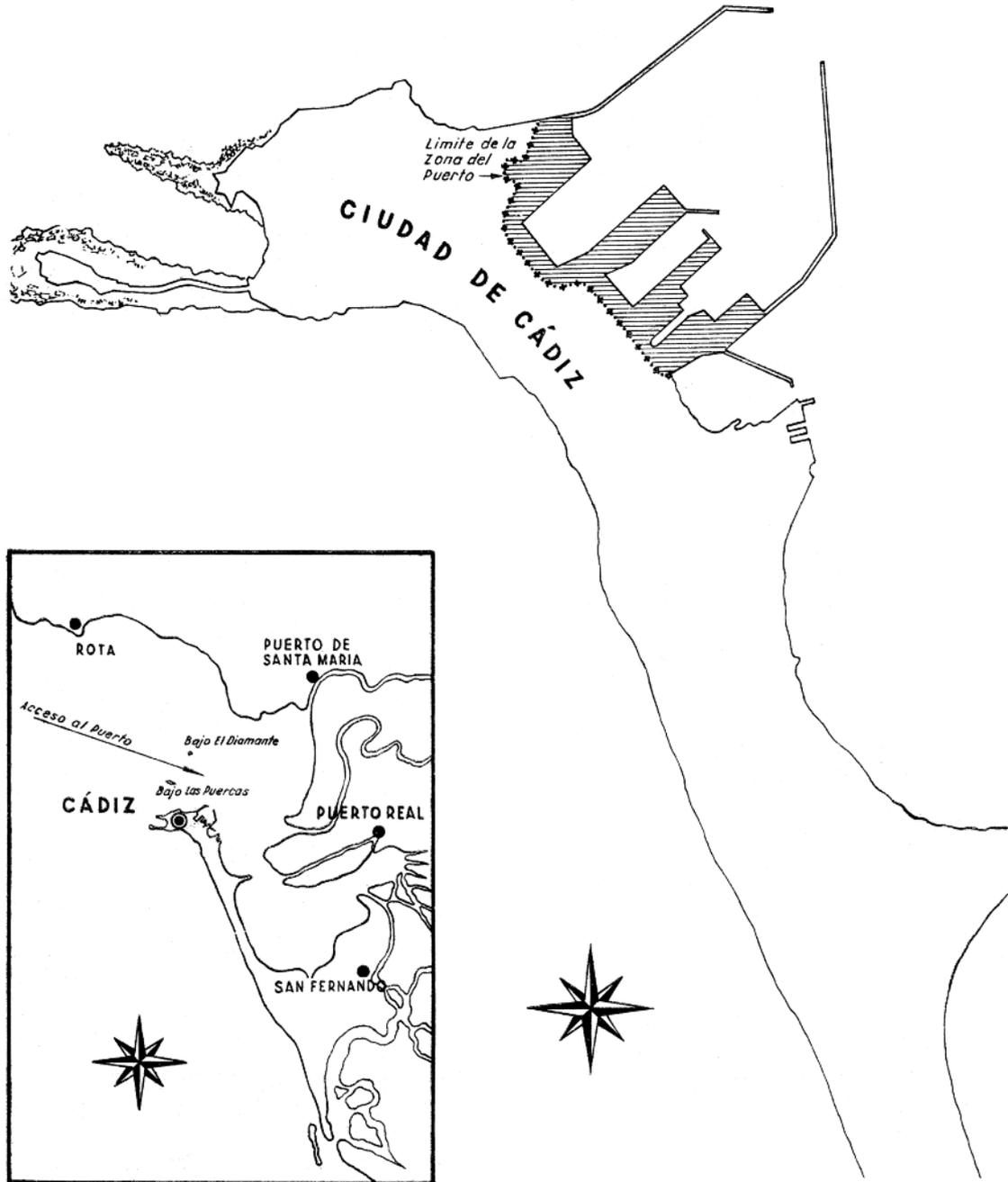


Los muelles de embocadura, durante su construcción, vistos desde el muelle de armamento.



Vista aérea del conjunto de la zona de servicios del puerto, con todos los muelles terminados.  
En curso de ejecución, las obras de abrigo y dragados de la zona de flotación.

### SITUACIÓN DEL PUERTO DE CÁDIZ



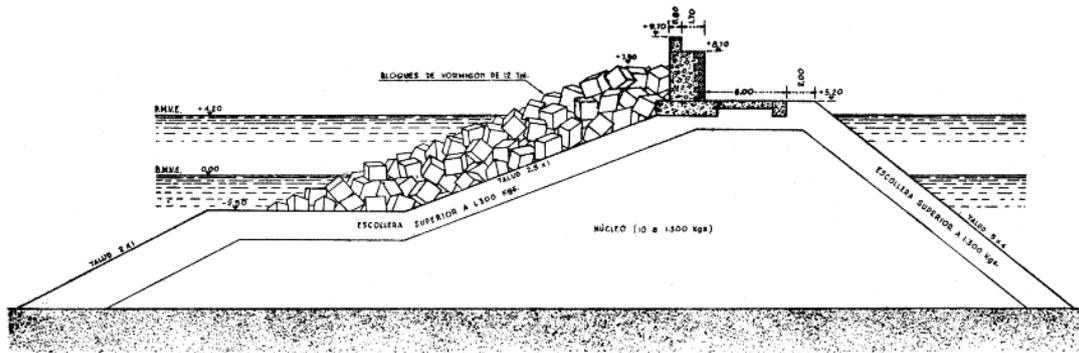
con ellas uno de sus extremos y permitiendo así el acceso al cuenco del dique, de anchura poco mayor que su propia manga.

Para la resolución de los inconvenientes existen-

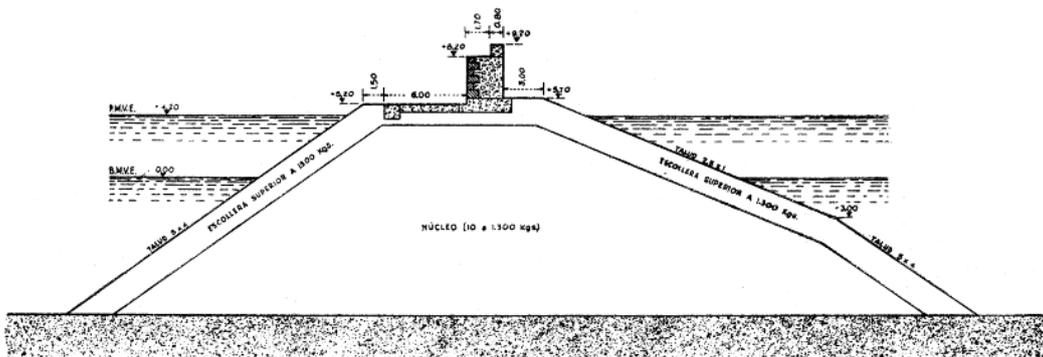
**Dragados de la zona de flotación.**

Toda la zona marítima ocupada en la actualidad por el puerto de Cádiz era, antes de construirse éste,

**DIQUE DE SAN FELIPE**  
2ª ALINEACIÓN



**DIQUE DE LEVANTE**



tes, fueron construídos estos muelles de forma abocinada en planta, quedando unido el de Levante con el muelle de armamento mediante una alineación de 110 m. de longitud.

La sección transversal de estos muelles es idéntica a la del de armamento. Su calado, de 9,50 m. en B. M. V. E., es también igual y el mismo que tendrá toda la dársena.

mar litoral de muy escaso calado, prácticamente utilizable sólo por embarcaciones de remo.

Con las sucesivas obras ejecutadas, de forma paulatina, se fueron haciendo los dragados de los sectores precisos, que se ensancharon y profundizaron para ir cubriendo las necesidades perentorias.

Al redactarse, en 1949, el Plan general de obras, había que acondicionar debidamente la zona de flo-

tación para la que se fijaron los siguientes calados, en armonía con las características de los barcos que atracarían en los muelles proyectados o construídos:

|                      |                                   |
|----------------------|-----------------------------------|
| Dársena pesquera ... | Calado de 6,00 m. en B. M. V. E.  |
| Dársena dique seco.  | Calado de 9,50 m. en B. M. V. E.  |
| Dársena Moret .....  | Calado de 10,00 m. en B. M. V. E. |
| Antepuerto .....     | Calado de 10,00 m. en B. M. V. E. |

dique seco; esta obra hizo posibles el acceso al dique seco de carena y el principio de la explotación de esta importantísima obra. El cubo dragado fué de 1 250 000 m.<sup>3</sup>. Este dragado era una parte alicuota, y fué un anticipo necesario del previsto en la totalidad de la dársena.

En la ejecución de este dragado fué encontrado el casco de madera de un velero de gran porte, hun-



Vista general.

La carrera de marea en Cádiz es de 4,20 m.

Con los escasos calados disponibles, la realización de este acondicionamiento de la zona de flotación exigía el dragado de unos 6 millones de metros cúbicos, de los cuales un 6 por 100 eran en roca y el resto en fangos y arenas.

Este inmenso cubo a dragar, con presupuesto de unos 145 millones de pesetas, era forzoso atemperarlo a las posibilidades económicas, coordinándolo con las obras de construcción de muelles y con las de abrigo, de inmensa cuantía ambas, como todas las obras marítimas.

La primera obra de dragado, realizada de 1950 a 1952, fué la de una canal de 80 m. de anchura y 9,50 m. de calado en B. M. V. E., en la dársena del

dido, por avería, el pasado siglo. El conjunto se encontraba por encima de la cota de 9,50 m. y, como consecuencia, era precisa su remoción. Realizado un detenido reconocimiento con buzos, quedó desechada la posibilidad de salvamento, dado el estado ruinoso del casco; también hubo que desecher, por excesivamente onerosa, la solución de desguace submarino y extracción de restos. Con relativamente poco gasto quedó resuelto este problema dragando una gran fosa adyacente al casco en la que éste quedó enterrado, quedando su punto más alto bastante por debajo de la cota de 9,50 m. en B. M. V. E., que es la general de la dársena.

La segunda obra de dragado, realizada en 1952, fué la totalidad de la dársena pesquera. Las obras de

acondicionamiento del sector terrestre pesquero, impulsadas a gran ritmo, exigieron el complemento de la habilitación de la dársena que, por su escaso calado, ofrecía dificultades a la navegación de los pesqueros de altura en las bajamares. Esta dársena, en su interior, fué dragada hasta la cota de 6 m. en B. M. V. E., y en su acceso hasta los 6,50 m. en B. M. V. E. El cubo dragado fué de 200.000 m.<sup>3</sup>.

### Obras de abrigo.

*Acceso al puerto.* — La costa atlántica española, en las proximidades de Cádiz, sensiblemente, es una línea orientada SE.-NO.

Entre Cádiz y Rota (situada al NO. de Cádiz y a una distancia de unos 10 Km.) está la entrada a la bahía de Cádiz, que se extiende e interna a Le-



Detalle del manto principal de bloques de hormigón.

En 1955 ha sido empezado el dragado de la dársena de Moret y parte lindera del antepuerto; y en el año 1956 el resto del antepuerto y dársena del dique seco, con lo que quedará cumplimentado el programa de dragados necesarios. Estas dos obras, en curso de ejecución, suponen un dragado total de 4,5 millones de metros cúbicos.

Los precios unitarios a que se han realizado estos dragados, según época y proyecto, han variado de 14,80 a 18,40 ptas. m.<sup>3</sup> para el dragado en arenas y fangos, y de 92,14 a 128,86 ptas. m.<sup>3</sup> para el dragado en roca; en ellos están incluidos los porcentajes de contrata, revisiones y la baja de subasta, y todos ellos comprenden un vertido a 6 millas.

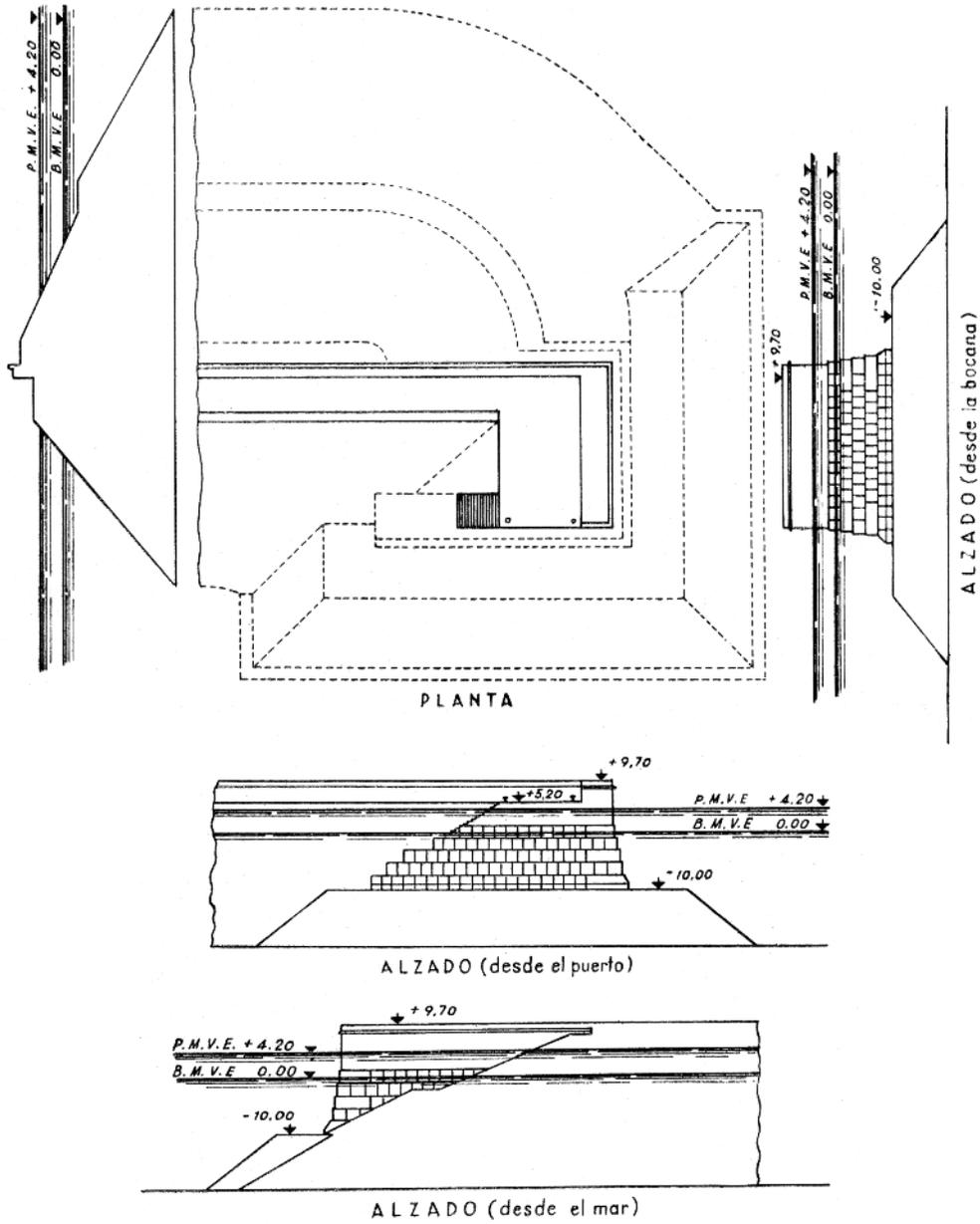
vante y SE., quedando separada del Atlántico por un estrecho istmo de 8 Km. de longitud, en cuyo extremo NO. se encuentra Cádiz bañada en todo su perímetro por el mar.

El puerto de Cádiz está situado del lado de la bahía, orientado sensiblemente al NE.; es decir, que en vez de estar cara al Atlántico, como podría suponerse por la orientación general de la costa, le está dando la espalda.

Como consecuencia, el barco con destino a Cádiz, que navega en el Atlántico con rumbo NE., ha de contornear la ciudad describiendo un semicírculo completo, recalando en puerto con rumbo SO.

*Temporales.* — Como el puerto se encuentra fren-

### DETALLE DE LOS MORROS

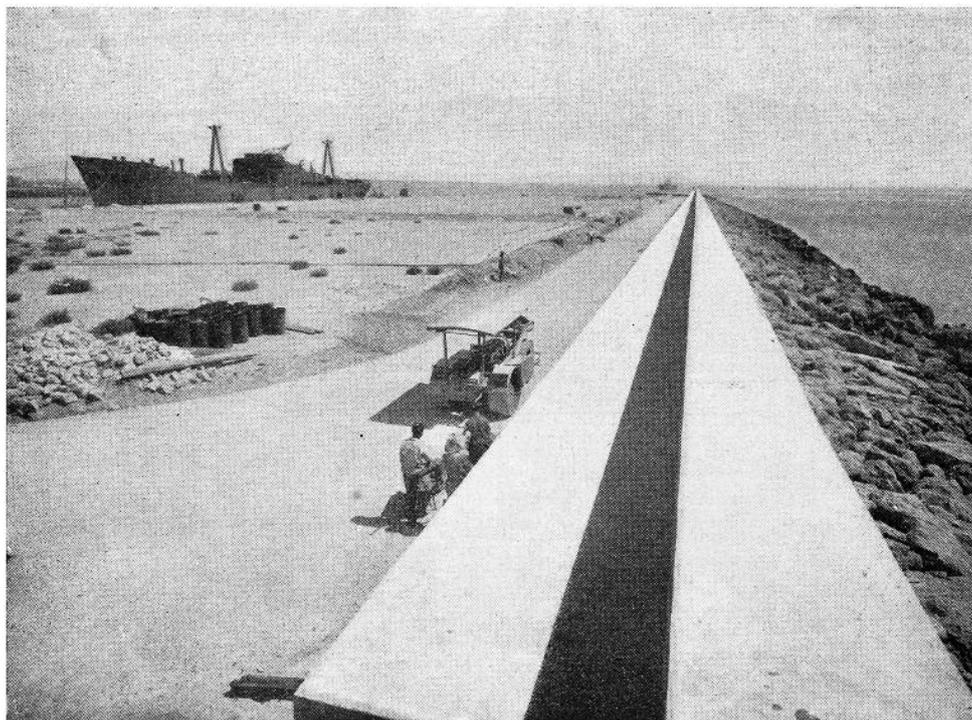


te a la bahía, sólo los temporales de Levante le baten directamente. Los más temibles temporales del Atlántico (SO. y O.) llegan al puerto por desviación gradual, con considerable reducción en la altura de ola.

Los temporales de Levante son muy frecuentes, pero poco peligrosos, pues siendo la línea de agua sobre la que actúa este viento de sólo 3,5 Km., la ola producida es de altura de 1,65 m. y longitud de

Conjugando y armonizando el fácil acceso al puerto con el abrigo necesario contra los temporales, han sido dispuestos los dos diques rompeolas de San Felipe y de Levante, que se encuentran en ejecución.

El dique de San Felipe, cuya primera alineación construída tiene una orientación sensible SO.-NE., se quiebra con una segunda alineación, orientada



Construcción del dique de Levante. Trozo adosado al muelle de armamento, terminado.

9,50 m., y esta es la ola máxima a considerar con los Levantes.

Los temporales de O. y SO., teniendo en cuenta el anticiclón de las Azores y el límite de los alisios, pueden formarse por la acción del viento sobre línea de agua con longitud de 2.300 a 2.400 Km., lo que produce olas de alturas de 8,30 a 8,40 m. y longitud de 240 a 250 m. Estas olas, por desviación gradual, se internan en la bahía, en cuya entrada hay grandes zonas sucias o de pequeño calado, lo que produce una considerable reducción de las características de las olas que en la P. M. V. E. llegan al dique de San Felipe, avanzando sensiblemente en la dirección NO. y con altura de 4,40 m. En B. M. V. E. esta altura queda reducida a 2,50 m.

O.-E., con longitud de 300 m., que es la que se construye en la actualidad.

El dique de Levante, que en su arranque tiene orientación paralela a San Felipe, es decir, SO.-NE., quiebra también en su última alineación, orientada sensiblemente Sur-Norte.

Ambos diques terminan en sendos morros iguales, entre los que queda una bocana de acceso al puerto de 350 m. de anchura y orientada al NE.

*Construcción del dique de San Felipe.*— Este dique, del que se encuentra en construcción su segunda alineación, con longitud de 300 m., defiende el puerto de los temporales más violentos, que, como hemos dicho, son los ponientes procedentes del Atlántico, que penetran en la bahía y, por desviación gra-

dual, cuando llegan al dique de San Felipe, sensiblemente avanzan en P. M. V. E. en dirección SE., con altura de ola de 4,40 m.

Para esta segunda alineación, en construcción, se adoptó una sección tipo de dique de paramento inclinado, por las siguientes razones fundamentales: el fondo, en el emplazamiento, está formado por fangos y arenas, lo que hace prohibitiva la solución de dique de paramento vertical; los temporales de Poniente se presentan ante San Felipe incliniendo contra la segunda alineación, con ángulo superior a 45 grados, lo que también obligó a proscribir la solución vertical.

La sección tipo adoptada puede apreciarse en la figura adjunta y está dispuesta para las olas de 4,40 metros de altura.

Está formada por un núcleo con cantos de peso comprendido entre 10 y 1.300 Kg., un manto general de protección con escollera de peso superior a 1.300 Kg. y un manto principal de protección de bloques de hormigón de 12 Tn.

La escasez y mala calidad de las canteras de los alrededores de Cádiz justifica la adopción de escolleras de tan poco peso, y obligó a disponer el manto principal de defensa con bloques de hormigón.

Para esta obra se trae la escollera de canteras situadas a 5 Km. de Puerto de Santa María, lo que obliga a un transporte terrestre, con camión, de esta longitud y un transporte marítimo posterior de 8 kilómetros, desde Puerto de Santa María a Cádiz.

En P. M. V. E. hemos visto que la altura de ola,  $2h$ , a considerar es de 4,40 m.; el manto principal de protección se corona a  $\frac{3h}{2} = 3,30$  m., sobre el nivel de P. M. V. E.; el espaldón se corona al nivel de  $h = 2,20$  m. sobre la cota anterior; en la parte sumergida se prolonga hasta la cota de 2,50 metros bajo la B. M. V. E., que es precisamente la altura,  $2h$ , de las olas con este nivel de marea. En esta misma cota de enrase se dispone una banquetta con berma, por ser solución muy constructiva y que impide el posible rodamiento hasta el fondo de los bloques que forman el manto principal de protección, que siempre quedan llenando su función en la zona peligrosa.

La clasificación de escolleras se hace en cantera y Puerto de Santa María; el transporte marítimo, mediante gánguiles remolcados, que vierten por el fondo, en el emplazamiento, los productos transportados; por encima de B. M. V. E. se coloca en obra, mediante una grúa "Titán" de 25 m. de alcance, de forma concertada en el paramento interior; este mismo "Titán" coloca en obra los bloques de hormigón

que forman el manto principal, que por tener aquellos dimensiones de  $1,75 \times 1,75 \times 1,75$ , resulta éste con un espesor mínimo de 3,50 m., que es el doble de la arista de cada bloque.

En el extremo de este dique va el correspondiente morro, de forma rectangular y con paramentos verticales. Los muros de contención que lo forman tienen una infraestructura de bloques de hormigón, colocados sobre banquetta de escollera, enrasada a 10 m. bajo la B. M. V. E., que es precisamente la cota de dragado del antepuerto; sobre estos bloques está dispuesta una superestructura de mampostería que se corona con el espaldón y pretil, los cuales se prolongan en todo el contorno exterior del morro, incluso el paramento que forma la bocana. La explanada del morro queda enrasada a la misma cota que el andén del dique.

Para el morro fué adoptada esta solución de paramento vertical, en vez de la inclinada, obtenida prolongando los mantos de protección del dique y envolviendo el núcleo central del morro, porque si bien esta segunda solución es más barata, resulta más peligrosa para la navegación, que, con morros verticales, puede ceñirse a ellos sin peligro, lo que no sucede en los paramentos inclinados, que obligan a darles un gran resguardo, lo que exige una anchura de bocana que en el caso de Cádiz era proscritable por ir con grave detrimento del abrigo necesario. El peligroso y posible aconchamiento de los grandes trasatlánticos que entran en puerto contra el paramento inclinado sumergido, que podría dañar la obra viva de la embarcación, fué un factor decisivo, agravado por los vientos y marejadas de través que forzosamente había que considerar, y que obligó a la adopción de la solución más costosa de paramento vertical. Con esta solución adoptada el ancho de bocana es integralmente utilizable por la navegación, y por otro lado resulta una dimensión mínima en lo que a abrigo se refiere.

De esta obra, iniciada prácticamente hace un año, han sido construídos más de 150 metros y debe quedar terminada en 1958.

Los planos y fotografías a ella referentes completan la resumida descripción que antecede.

El precio medio de construcción de este dique resulta a 300 000 ptas. por metro lineal, incluso valor del morro, mucho más elevado que el dique de Levante, como veremos a continuación, debido a los mayores calados y al encarecimiento del manto principal de bloques de hormigón.

*Construcción del dique de Levante.* — También se ha adoptado la solución de dique de paramento in-

clinado, porque en numerosos puntos había ya vertida escollera de acuerdo con planes anteriores, proyectados en la época Guadalhorce y no terminados.

La sección transversal tipo es única, y como la ola a considerar es la correspondiente a los temporales de Levante, con altura de 1,65 m., el dique está formado por un núcleo con material de peso comprendido entre 10 y 1 300 Kg. y un manto único de protección de escollera con peso superior a 1 300 kilogramos, y el correspondiente espaldón.

Vemos que la clasificación de escolleras es idéntica a la del dique de San Felipe, y también de obligado escaso peso por la inexistencia de canteras adecuadas.

Esta sección tipo es simplista en extremo y, con la base de cantos de igual peso, quedan resueltas las diferentes zonas con las consiguientes variaciones de taludes.

Los primeros 300 m. de este dique, que son los adyacentes al muelle de armamento, están terminados, y se construyeron al precio medio de 21 000 pesetas por metro lineal.

Actualmente están en construcción los 650 m. si-

guientes, con coste medio por metro lineal de 50.000 pesetas.

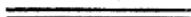
El resto, con longitud de 750 m., incluso el morro, están pendientes de subasta y tienen un presupuesto medio de 160.000 pesetas por metro lineal.

La gran diferencia de precios unitarios para igual sección tipo es debida a la variedad de calados y al material ya vertido con anterioridad en numerosas zonas. Los dos primeros son francamente bajos, puesto que había en los emplazamientos mucha escollera vertida; el último se aproxima más a la realidad de coste medio en sondas de 9 a 10 m. en B. M. V. E.

La construcción es, en todo, idéntica a la del dique de San Felipe, con la simplificación de no ser necesarios los bloques de 12 Tn., lo que reduce la potencia de los medios auxiliares de construcción.

En el extremo de este dique va dispuesto el consiguiente morro, idéntico al del dique de San Felipe.

Terminados los primeros 300 m. de este dique, se construyen los 650 m. a continuación, que deben quedar terminados en 1958; los 750 m. que restan para completar las obras de abrigo están pendientes de subasta.



“Pasado, presente y posible porvenir del  
puerto de Algeciras”

Pedro Gaytán de Ayala

*Revista de Obras Públicas* vol. 111, nº 2.984,  
diciembre de 1963, pp. 781-790



# PASADO, PRESENTE Y POSIBLE PORVENIR DEL PUERTO DE ALGECIRAS

Por PEDRO GAYTAN DE AYALA

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

*Escribí este artículo en diciembre de 1957; en mayo de 1958 obtuve mi nombramiento para Ingeniero Jefe de Logroño. Por entonces no fué publicado por el Boletín de Información del Ministerio de Obras Públicas, para el que lo escribí. En el voluminoso informe del Banco Internacional sobre Obras Públicas en España, se aconseja el abandono de todo plan de obras en el puerto de Algeciras. Este consejo me parece desacertado, y me cuesta trabajo creer que, con conocimiento de causa un organismo internacional de la talla del Banco aconseje a una nación independiente que deje para siempre improductivo el riquísimo venero de muchos bienes y de prestigio internacional, que será el puerto de Algeciras si se pone en valor, con criterio racional y nacional, para explotar todas sus posibilidades. Con un plan de desarrollo que, sin perder ni abandonar cosa de lo poco ya hecho, llegue a ser, en plazo más o menos largo, un puerto funcional completo. Creo que el tema no carece de interés para los Ingenieros de Caminos españoles, y como le tengo cariño porque plasma mi labor durante los diez últimos y menos infecundos años de mi carrera portuaria, me decido a enviarlo a la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS suplicando su inserción.*

El puerto de Algeciras está en embrión todavía; sus obras se ejecutaron a impulso de la necesidad de transportar a África tropas y material de guerra para las que España sostuvo en Marruecos: 1860, 1909, 1912, 1921 que fueron las principales.

Algo semejante ocurrió con Ceuta, si bien este puerto supo y puede desarrollarse más completamente por explotar bien y con eficacia su situación en el Estrecho de Gibraltar, en el pingüe tráfico de abastecimiento de barcos — extranjeros en su gran mayoría — en combustible, agua, víveres, pertrechos, etc. Por eso es Ceuta hoy un puerto que puede considerarse terminado; y aunque resulta chico para su gran tráfico de abastecimiento, porque le falta línea de atraque, no parece prudente invertir más dinero español en él, a menos — cosa que no parece fácil — que en Marruecos un Gobierno efectivamente responsable y dueño del país, concierte con España algún tratado, válido en el campo internacional, que la asegure para siempre la soberanía sobre la plaza y el puerto.

Algeciras, quizá a causa de la sombra de "manzanillo" que sobre todo el campo proyecta Gibraltar desde hace siglos (Tratado de Utrecht y lo que siguió) no ha podido aún aprovechar su situación en el Estrecho, como instrumento del interés y el prestigio de España, para dedicar el puerto a todas las actividades que esa situación, el abrigo natural casi completo de que goza, la extensión y calado de su bahía, navegable sin olas perturbadoras, ni bajos ni otro obstáculo alguno en toda su extensión, y con tenederos excelentes le brindan.

Los pasos marítimos entre mares: Panamá, Estrecho de Gibraltar, Suez, Aden, Singapoore, etc., se caracterizan por tener puertos dedicados a abastecimiento de buques como actividad típica, que les proporciona su situación geográfica en puntos de paso

obligados en las rutas ordinarias de muchas Compañías de Navegación.

Entre todos estos pasos que hay por el mundo, es el Estrecho de Gibraltar, con muy grande diferencia, el más concurrido; en él existen cuatro puertos, de los cuales dos: Algeciras y Ceuta, españoles; Gibraltar, que aunque en territorio de España pertenece a Inglaterra, y Tánger internacional, aunque económicamente es el capital francés privado el dueño mayoritario de las obras del puerto.

Tánger, hasta la fecha, a causa del régimen político especial de su zona internacional, complicado recientemente con la independencia de Marruecos, no se ha desarrollado como puerto comercial ni de abastecimiento, y su importancia es escasa; aunque no debe subestimarse el riesgo de que, puesto en otras manos se desarrolle muy rápidamente haciendo no poca sombra a sus vecinos. Sus condiciones naturales no son comparables a las de Ceuta y menos a las de Gibraltar y Algeciras.

Sus actividades principales como puerto son: el tráfico con Algeciras, con línea regular servida por "Trasmediterránea" con uno de los dos magníficos *ferry-boats* construido por la Unión Naval de Levante en Valencia, capaces para cien coches grandes cada uno y también para vehículos de todas clases y tamaños, incluyendo vagones de ferrocarril; los transbordadores hasta el presente trabajan en régimen de un viaje diario (ida y vuelta) en invierno y dos viajes diarios en verano. Por esta vía transita todo el pasaje de Marruecos a España y viceversa, y también — naturalmente el de Marruecos a Francia y regreso —, que carga mucho durante la época veraniega de vacaciones. Este tráfico, pese a todos los racionales augurios que se hicieron el año 1956 al ser Marruecos declarado independiente, lejos de disminuir ha aumentado, como se verá por el resumen estadístico que se

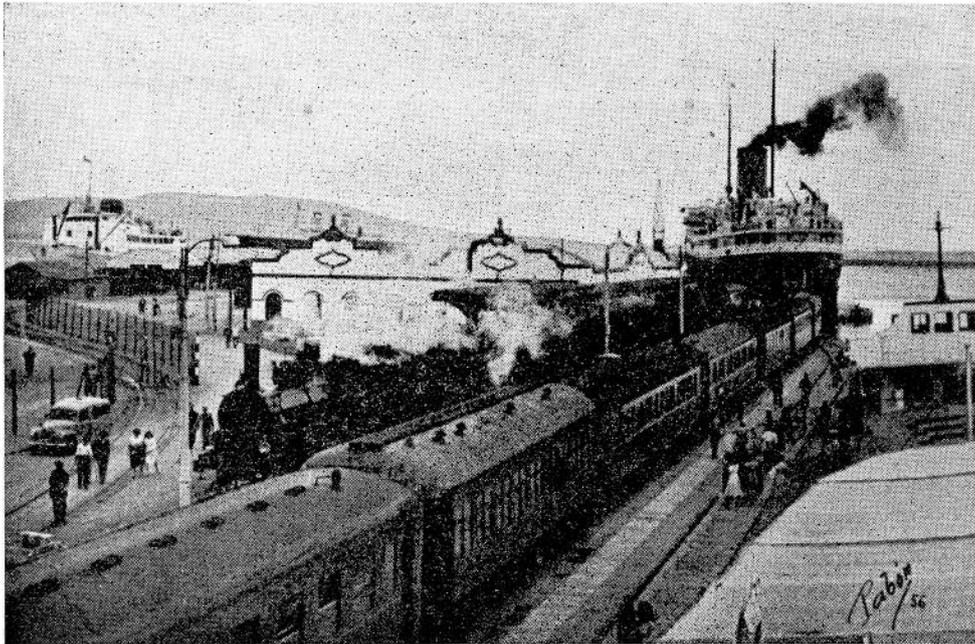
insertará más adelante. Aparte este tráfico, el de Tánger es muy variado y... singular; aunque de poco volumen, alcanzándolo sólo muy escaso en abastecimiento de barcos para el que no posee condiciones, y en los demás; si bien es grande el valor de la mercancía que mueve... incluyendo las divisas. En Tánger se ha practicado siempre y en abundancia el contrabando, a merced de su calidad de puerto franco e internacional.

Cuando Algeciras tenga terminado su muelle para transbordadores con acceso ferroviario y estación marítima, podrán vagones procedentes de cualquier

nes, S. A." se estableció, poco después que "Ibarrola", para suministrar carbón; más adelante, fué la "CEPSA" quien construyó y explota otra gran factoría para el suministro de petróleos.

Y en breve va a ser puesta en servicio otra factoría de la "Compañía General de Carbones", también para suministro a barcos extranjeros de combustible líquido.

Esta actividad, el suministro de barcos extranjeros, completada con la de agua, víveres y pertrechos, es la que ha dado y da vida intensísima a Ceuta y a su puerto y es fuente caudalosa de divisas; si bien



Esta vista del puerto de Algeciras, en un momento de aparente tranquilidad, es, sin embargo, índice de su extraordinaria actividad como punto de partida y de llegada de distintos puertos del globo. En el conjunto se han reunido, a la derecha, los barcos *Aline* y *Alcántara*, que realizan servicios Gibraltar y a Inglaterra, respectivamente; al fondo, el *Independence*, que cubre el servicio con América, y, a la izquierda, uno de los transbordadores que unen a la Península con Tánger. Los dos trenes son el ascendente y el descendente de Madrid, y el apenas visible en la foto, el Castellano Exprés.

punto de Europa ser transbordados a Tánger sobre vías del Tánger-Fez que los hagan circular por toda la red de Marruecos de ancho de vía internacional.

Ceuta, que como Algeciras, inició sus obras y sus actividades portuarias con el tráfico militar debido a las guerras, adquirió pronto las ventajas de puerto franco, y a merced de ellas vió, en el año 1927, a S. M. el Rey D. Alfonso XIII inaugurar oficialmente la Factoría de "Ibarrola, S. A." con magníficos depósitos de combustible líquido e instalaciones para recibirlo y para suministrarlo a los barcos; poco después amplió su actividad con la de suministro de carbón extranjero; la "Compañía General de Carbo-

hubiera sido mucho más caudalosa si las tarifas no se hubieran mantenido demasiado bajas, en absoluto y en relación con las que rigen en puertos extranjeros de análogas actividades.

Esto aparte, el tráfico comercial de Ceuta no es importante y se limita al de personal y materiales militares y al abastecimiento de lo que fué Marruecos español.

Mas merece especial mención el servicio regular, por la "Trasmediterránea", entre Ceuta y Algeciras, igual que el que se ha descrito al tratar de Tánger; este tráfico, de pasajeros y correo principalmente, es menos intenso que el de Tánger con Algeciras, y por

no contar Ceuta con ferrocarril de vía de ancho internacional no puede enlazar con la red que se puede llamar Red Francesa; mas sería conveniente, en su día, esto es, para cuando en Algeciras pueda servirse al transbordo de vagones, habilitar una vía en el muelle para recibirlos, para ahorrar operaciones de carga y descarga, reduciéndolas al 50 por 100, como en el 100 por 100 se ahorrarán entre Tánger y Algeciras.

*Gibraltar* es, ante todo, un puerto militar con diques secos capaces para mayores unidades navales y

dores españoles, sino a su "importación" en España, naturalmente clandestina? Otros tabacos, también actualmente de mucho consumo en España se venden en Gibraltar y también en ciudades españolas no muy próximas a esta costa, a precios inferiores a los de Inglaterra, a causa de que gozan de primas a la exportación y no pagan los gravísimos impuestos de lujo y otros que en Inglaterra se pagan; otro tanto ocurre con el whisky y otras bebidas alcohólicas de fabricación británica, y algo parecido con el café, las especias y muchos productos de la industria del área de



con magnífico arsenal y parques militares muy completos; como puerto comercial no alcanza importancia grande y no está habilitado para serlo, pues carece de muelles comerciales capaces de tráfico de mediano volumen. Su número de habitantes no llega normalmente a 25.000, incluyendo la guarnición, bastante numerosa; este dato demográfico es elocuente como índice de que el volumen total del comercio calpense no puede ser comparado con los de la mayoría de los puertos, v. gr., españoles, y no de los de más categoría.

Pero el "género" de ese comercio es singular y quizá único en el mundo. Algunos datos, que en el Campo de Gibraltar son del dominio público, existen en el Peñón: no una sino unas cuantas fábricas o fabriquillas de tabaco de picadura, negro, que ningún inglés del Peñón o de otra parte fuma; ¿a qué se dedica ese tabaco, predilecto de la mayoría de los fuma-

la libra o que como tales han adquirido naturaleza.

Tan evidente es esto y tan del dominio público desde siempre, que en el Diccionario se hallan las palabras "Jarampa" y "Jarampero", a saber: Jarampa, nombre que dan en Algeciras los contrabandistas a la pacotilla comprada en Gibraltar, y Jarampero, bote muy pequeño usado por los contrabandistas de Algeciras para transportar la jarampa.

Y es muy de notar que esta defraudación, que en los últimos tiempos parece se ha reducido bastante, perjudica a España y a su erario, pero tributa religiosamente a la Administración británica; ejemplo de ello es que su "Almacén del Rey" (denominación equivalente a la muestra de "Depósito Franco") produce una renta equivalente a doce o catorce millones de pesetas, sólo por ocupación de superficie en un local no mayor ni más lujoso que los más corrientes en puertos españoles; y eso que los géneros, comprados

en el almacén mismo, cosa que puede hacerse y se hace, como sea para exportación por mar o por tierra, se adquieren a precios extraordinariamente baratos, como se ha dicho en el párrafo anterior.

Aparte este tráfico peculiarísimo, cuenta Gibraltar con el muy importante de abastecimiento de barcos de todas las naciones que pasan por el Estrecho, en combustible sólido y líquido, en viveres y pertrechos y en agua... cuando la hay, que no es siempre, y que se suministra a precio equivalente a *más de cien pesetas la tonelada*.

Pero el abastecimiento se efectúa en malas condiciones, pues no hay atraque para los barcos y el combustible líquido se recibe y se da en pontones fondeados, por cierto en aguas que se consideran en España como españolas, de acuerdo con el Tratado de Utrecht. El carbón para la navegación ha desaparecido casi totalmente del mercado, y el agua se da por medio de aljibes flotantes de pequeña capacidad al tiempo de tomar el petróleo o en otro momento, según los casos.

Y otro tráfico típico de Gibraltar, de mucha importancia económica, es el de los transatlánticos de pasajeros, en gran parte los que hacen los viajes entre América y el Mediterráneo, con terminales en Italia o más allá o en viajes de crucero de turismo.

De estos barcos, la mayoría — casi la totalidad —, los pasajeros no desembarcan en Gibraltar, donde lo hacen únicamente los que por allí entran en España.

Ya los transatlánticos *Constitution e Independence* de 30 000 toneladas, de la "American Export Lines" abandonaron su escala en Gibraltar, y desde enero de 1956 la hacen regularmente en Algeciras.

### El presente y el porvenir del puerto de Algeciras.

En Algeciras se encuentran las rutas de las tres Américas y de Canarias y toda el Africa Occidental al Mediterráneo, con la gran corriente — casi toda de pasajeros y vehículos — de Marruecos a España, por Tánger y Ceuta.

Como puerto de pesca, Algeciras está clasificado desde hace años como el tercero o el cuarto de España, con mayor cantidad de pescado que sus vecinos, Huelva, Cádiz, Barbate, Tarifa, Málaga, y que todos los demás del Mediterráneo del Sur y de Levante. Esto, a pesar de que casi carece de obras e instalaciones para esta industria.

Con estos datos fundamentales y lo que se aprecia en las fotografías panorámicas que ilustran estas líneas, se traza el Anteproyecto General de Obras a ejecutar en el puerto para explotar integralmente todas sus posibilidades en el futuro próximo y en el remoto.

Se determinan, en primer lugar, las funciones que puede y debe ejercer el puerto, deducidas de lo expuesto en párrafos anteriores.

*Escala de transatlánticos.* — Ya se ha iniciado que

a partir de enero de 1956 esta modalidad del tráfico de transatlánticos de pasajeros de gran tonelaje, con los dos barcos de la "American Export Lines" — que dejaron Gibraltar por Algeciras, con otros dos de "Ibarra" (Buenos Aires-Nápoles) y con el *Alcántara* de bandera inglesa, que ha hecho algunos cruceros de turismo con escala en Algeciras. Todos estos barcos hallan grandes ventajas en escalar en Algeciras: a merced de las facilidades y comodidades, tales como supresión de una Aduana; de la necesidad de trasladarse de Gibraltar a Algeciras por tierra o por mar para tomar el tren (perdiendo una fecha) o para continuar viaje por España; contar con el magnífico Expreso Castellano, combinado con los barcos, etc., etcétera. Y en consecuencia es más que probable que transatlánticos de otras Compañías, nacionales y extranjeras, modifiquen sus itinerarios para aprovechar las excepcionales ventajas que Algeciras ofrece en relación, no sólo con Gibraltar, sino con cualquiera otro puerto de los vecinos, que les forzarían a desviar de sus rutas naturales, alargando sus recorridos, como ocurriría, v. gr., en relación con Cádiz, que alargaría el recorrido en 25 Km. para América del Norte y en 90 Km. para América del Sur o Africa Occidental o Canarias.

Hasta ahora, el servicio, aunque muy satisfactoriamente y con mayor rapidez y facilidades que en Gibraltar, se hace provisionalmente, embarcando y desembarcando a los pasajeros con un tónder de los que se utilizan de ordinario para la comunicación con el Peñón, y los automóviles y equipajes con una embarcación "ad hoc" adquirida expresamente por el Ministerio de Obras Públicas para la Junta de Obras del Puerto, autopropulsora (660 HP.) y capaz para quince a veinte coches de una vez; muy superior a los elementos similares ingleses, que con barcas no autopropulsoras y capaces sólo de llevar un par de coches cada vez.

Pero no sólo es interesante este negocio de la escala de transatlánticos de pasajeros, sino que más interesante y provechoso ha de ser, a la larga, el tráfico de mercancías organizado a base de la racional explotación por la Junta de Obras de "Depósitos Francos" por fin concedidos, para toda la jurisdicción del puerto, después de laborísima y perseverante gestión.

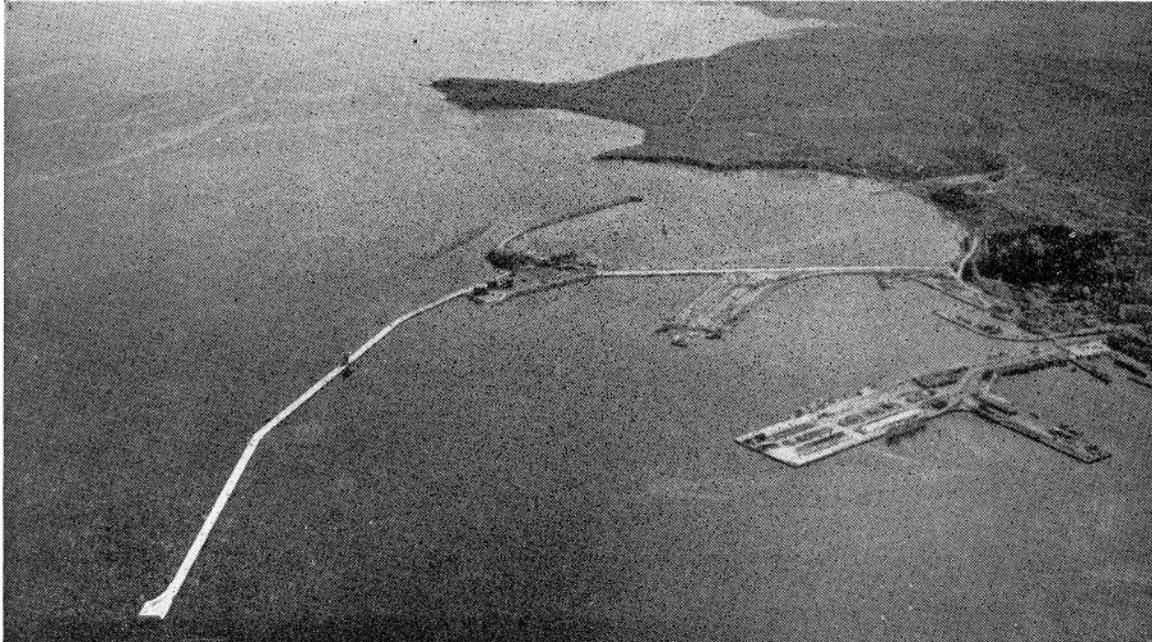
Es de esperar que el mundo, más pronto o más tarde, vuelva a conocer tiempos de paz y de libertad de comercio; y, si es así, la situación geográfica de Algeciras brinda con todas las condiciones deseables para:

a) Recibir transatlánticos procedentes de las tres Américas y del Africa Occidental que es el Continente del porvenir, que descarguen la totalidad de sus cargamentos y reciben los de retorno, sin pagar derechos de aduana hasta tanto que las mercancías hayan de ser importadas en España; y nunca, si se destinan a la reexportación.

b) Distribuir, en cabotaje y gran cabotaje, las

partes de esas mercancías destinadas definitivamente a otros puertos del Mediterráneo y del Norte de España y aun más allá tal vez. Y recibir en la misma forma los cargamentos de retorno de larga singladura.

c) Tomar petróleo, agua, víveres y pertrechos, siempre con las ventajas de Depósito Franco, en sus atraques, simultáneamente con sus operaciones de carga y descarga.



d) Efectuar las reparaciones de máquinas, etc., que no requieran la varada de los barcos.

Con esta disposición, es evidente que todos los barcos interesados, los transatlánticos como los de cabotaje y gran cabotaje, verían sus gastos y su tiempo reducidos al mínimo, y su rendimiento al máximo; porque muchos transatlánticos de carga, especialmente homogénea, que la van dejando por partes de puerto en puerto podrían dejarla de una vez en su primera escala en Algeciras y volver a sus terminales de allende sin perder minuto ni moneda.

*Líneas regulares con Tánger y Ceuta.* — No es discutible que sea otro puerto que Algeciras el apropiado para este tráfico; actualmente se efectúa por medio de los magníficos transbordadores "Victoria" y "Virgen de África", gemelos, de 4 000 toneladas, con vías férreas de tres carriles (para vía española y vía internacional); pero el muelle es provisional, y aunque el servicio es satisfactorio, mucho más completo, rápido y eficaz lo será en el futuro. Por la estadística que se inserta más adelante, se comprobará cuán grande y rápido viene siendo el incremento de este tráfico a partir de hace unos diez años.

*Tráfico ordinario de mercancías.* — Es la única modalidad portuaria que prácticamente no ha experimentado variación; así lo acusa la estadística. Se efectúa por el muelle de La Galera o de Alfonso XIII, que es actualmente mixto de mercancías y pasajeros, con todos los inconvenientes que de ello resulta; es, como toda la zona de servicio, susceptible de que en él se establezcan Depósitos Francos y, en efecto, en

él se establecerá el primer almacén — bien en breve — para iniciar esta actividad, que es de esperar aumente pronto el volumen del tráfico mercantil.

*Pesca.* — El resumen estadístico acusa una gran prosperidad en este aspecto, colocándose Algeciras a la cabeza de los puertos pesqueros españoles en cuanto a cantidad de pescado. Los servicios, en la actualidad, son deficientísimos, pues prácticamente no existen obras adecuadas para servir a la industria pesquera.

Seguidamente se tratará del Plan de Obras, y de las que en él se prevén para el ejercicio de las diversas funciones del puerto que se han enumerado.

#### **Obras que integran el anteproyecto general.**

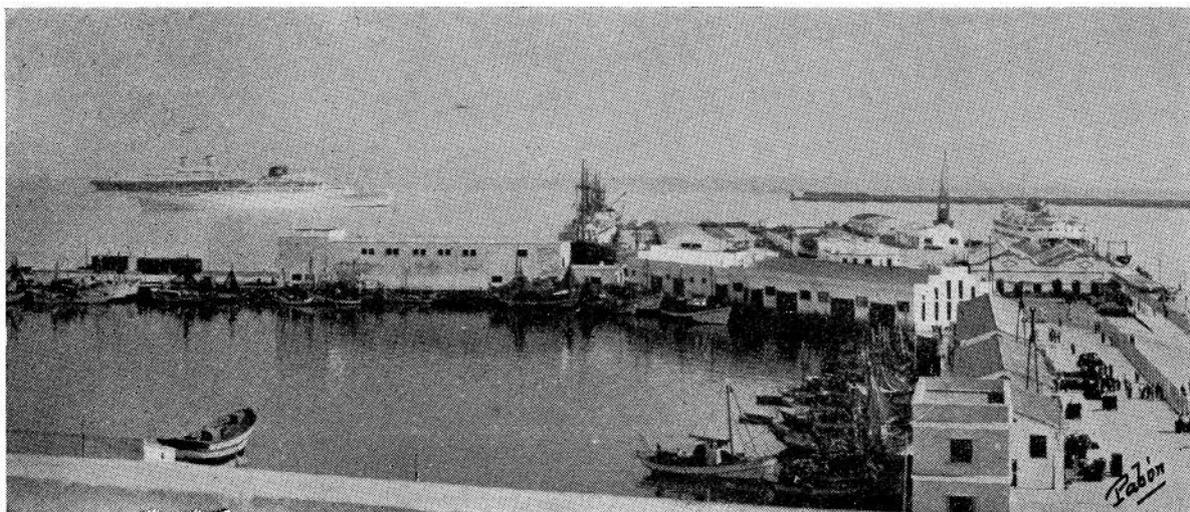
En párrafos anteriores se han examinado sucintamente las actividades de los cuatro puertos existentes en el Estrecho, y la manera en que tales actividades se desenvuelven.

Se han señalado más marcadamente las deficiencias — el gran retraso pudiéramos decir — del puerto de Algeciras.

Atendiendo a lo cual, se redactó años atrás un

Anteproyecto General, que fué aprobado por la Superioridad en 8 de abril de 1953, que, por diversas circunstancias, se estudia como modificado y va a ser en breve sometido también a la Superioridad.

En la perspectiva en fotocopia que ilustra este trabajo se oírece el conjunto del puerto en futuro, a desarrollar en tres etapas, de las cuales la más importante es la primera. Para más facilidad, se han numerado los grupos principales de obras, cada uno con función propia y determinada, y formando entre todos el conjunto orgánico y funcional que debe ser un puerto.



*Grupo número 1.* — Lo integran el dique actual Norte, válido ya para suministro de agua y petróleo, pero no para tráfico comercial ni para escala de transatlánticos; se proyecta su ensanche y su prolongación en mil metros conservando el tipo vertical que ha dado muy buen resultado; el dique-muelle resultante, con calados de diez y once metros, se destinará a escala de transatlánticos de pasajeros, construyendo en el tramo correspondiente la estación marítima adecuada, y a abastecimiento de éstos en agua, petróleo, víveres y pertrechos; al mismo objeto para todos los demás barcos y a tráfico comercial transatlántico y de retorno y distribución en grande y pequeño cabotaje en régimen de Depósito Franco; el ancho será de cien metros, y los almacenes en dos series, con doble vía férrea delante y detrás y la completa habilitación y armamento; tanto los almacenes, como las del incremento de las necesidades de los servicios.

*Grupo número 2.* — Complementario del anterior; lo forman la Isla Verde y su ampliación y se destinan a depósitos de combustible líquido, para lo cual ya la "Campsa" está construyendo una factoría con capacidad para 30.000 Tn., en terrenos de concesión

de Obras Públicas. Ganando terreno al mar, lo que puede lograrse en buenas condiciones técnicas y económicas, tanto por el interior como por el exterior, hay espacio para nuevas concesiones a Compañías petrolíferas que se dediquen al abastecimiento de barcos extranjeros en régimen de Depósito Franco.

*Grupo número 3.* — Acceso a la Isla Verde y al dique Norte y al muelle para transbordadores a Ceuta y Tánger y para pasajeros de cercanías, con estación de cambio de ejes de vagones, estación marítima y acceso por ferrocarril a dicho muelle.

De este grupo está terminada la infraestructura

del acceso a la isla y casi terminada la del nuevo muelle.

A merced de estas obras, el tráfico de transbordadores y de cercanías, que hoy perturban enormemente el de mercancías del muelle de la Galera y hasta el de la pesca, además de servirse con perfección, eliminará por completo tan grave defecto del puerto.

El acceso ferroviario es obra costosa y que debe ser acometido juntamente con la desviación, saneamiento y relleno del río de la Miel — obra urbana y portuaria esta última sumamente necesaria y también costosa — para aprovechar los productos de sus túneles necesarios en el relleno, cuyo volumen casi completan con la siguiente economía en el total de los gastos. (La obra del río no se representa en la fotocopia).

*Grupo número 4.* — En la explanada (4) existen la Administración de la Aduana, la Dirección de Sanidad Exterior, y, en construcción, la Comandancia de Marina; se prevén ampliación de las oficinas y otros servicios de la Junta de Obras, para ser instalados en la misma explanada, y dejando entre los edificios zonas de jardín.

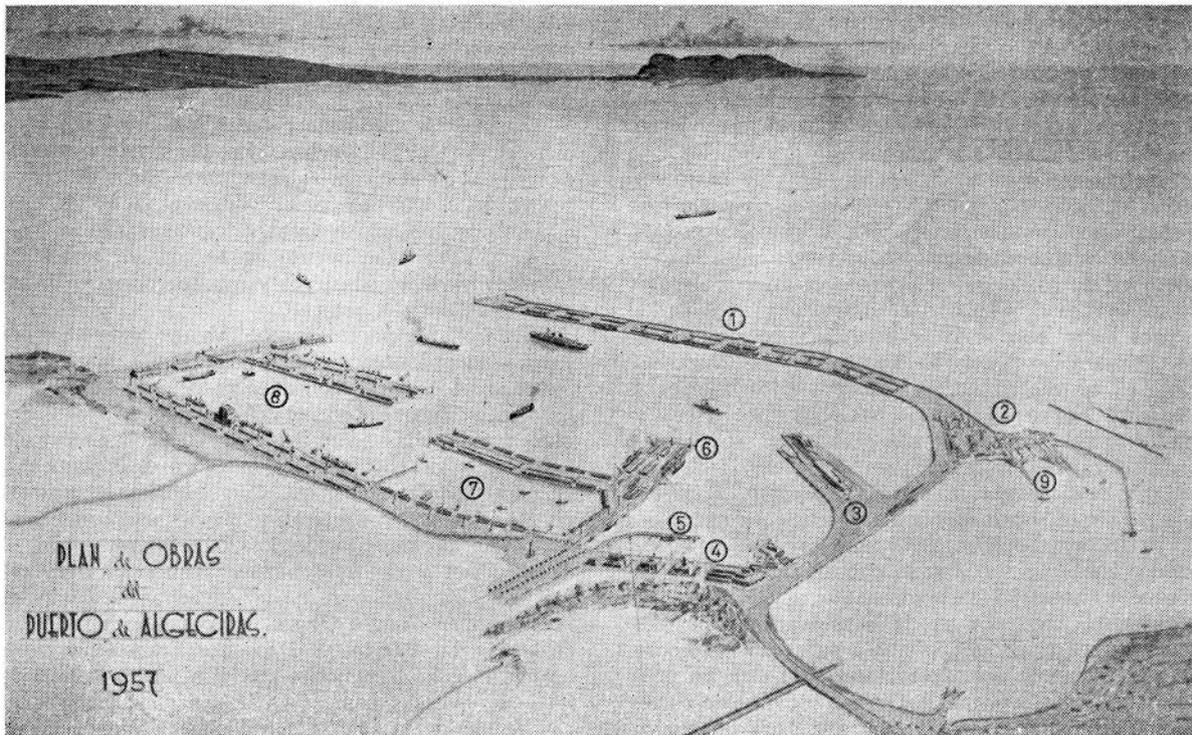
*Grupo número 5.* — Lo forma una pequeña dár-

senas para embarcaciones de la Junta de Obras y para refugio de balandros deportivos y otras embarcaciones menores. Es obra casi terminada y de pequeña importancia.

*Grupo número 6.*— Lo forman el muelle de la Galera, actualmente mixto y de acceso separado al muelle pesquero; en su día será exclusivamente comercial, y completado con más almacenes, alguno

y secaderos y tinteros de redes; en su día, después del dragado necesario, estos servicios auxiliares pasarían al muelle de costa que completará la dársena, y el muelle en construcción, de noventa metros de ancho, ensanchándolo algo más, serviría, separado del pesquero, para muelle comercial y para almacenes comerciales las que ahora son casetas de armadores.

Una vez prolongado el muelle pesquero en cons-



1. Dique. Muelle Norte: agua, depósitos francos, transatlánticos, pasajeros y estación marítima.— 2. Isla Verde y su ampliación: depósitos francos de combustibles líquidos.— 3. Acceso a la Isla Verde. Estación de cambio de ejes, muelle y estación marítima para transbordadores.— 4. Zona de oficinas y jardines.— 5. Dársena para embarcaciones menores.— 6. Muelle comercial, en parte depósito franco.— 7. Muelle pesquero y dársena de pescadores.— 8. Dársena y muelles comerciales.— 9. Varaderos.

de los cuales se destina ya a iniciar el tráfico en régimen de franquicia. Mediante un pequeño dragado en su banda Norte, este muelle puede servir para que en él atraquen los transatlánticos de 30.000 toneladas, lo que les afrecherà grandes ventajas y economías, haciendo posible, además, que los viajeros de paso desembarcarán durante unas tres horas para visitar la Ciudad y efectuar en ella compras, con muy sensibles beneficios y producción de dólares.

*Grupo número 7.*— Lo integra la futura dársena de pescadores; cuando esté completa, según la traza que se aprecia en la fotocopia. Muelle pesquero completo, con lonjas y suministros de combustibles; fábrica de hielo en el extremo, con cámaras de conservación de hielo y de pescado, y casetas para armadores

trucción, podrá ser terminado el relleno de la pequeña dársena de Villanueva, hoy al servicio de los botes para las luces, que podrán guarecerse al abrigo del muelle pesquero, y dar así mayor espacio al intensísimo tráfico de peatones, coches, camiones y autobuses, que gestionan la llamada Plaza de la Marina.

*Grupo número 8.*— Integran este grupo el contradique, atracable por el interior con actividad de muelle comercial que, además de completar el abrigo del puerto, haciéndolo perfecto respecto a todos los vientos, formará con el muelle comercial e industrial de costa y con otro de igual carácter y de doble atraque, una dársena doble para la futura expansión del puerto, que se completará con una gran zona in-

ustrial adyacente al muelle de costa; todos estos muelles y zonas de servicios podrán beneficiar en todo o por partes del régimen de franquicia, puesto que la concesión de Depósito Franco a la Junta de Obras del Puerto, se ha otorgado para toda la jurisdicción del puerto, que comprende todos sus muelles y zonas de servicio (terrenos adquiridos por adquisición, ganándolos al mar o por expropiación).

OTRAS OBRAS. — Está ya construída y en servicio la traída y distribución de agua al puerto, con estación de depuración bacteriológica; el agua se toma directamente del río de la Miel, y actualmente gran parte del caudal derivado se da al Ayuntamiento para abastecer a la Ciudad. Como consecuencia de grandes desprendimientos de tierras ocurridos en el invierno anterior, se estudia una estación de clarificación.

En construcción se hallan las obras de pavimentación de accesos al puerto, y el varadero en la isla Verde, como complementaria ésta del muelle pesquero; y en estudio el dragado adyacente al muelle pesquero en su prolongación, para asegurar el atraque de los barcos de altura con seguridad y facilidad y para hacer posible la construcción de la dársena de pescadores completa, esto es, con muelle de costa y, en él, las casetas para armadores y los tinteros y secadores de redes y otros servicios auxiliares; y también para fábricas de conservas, para cuya finalidad podrán servir también en su día los locales en los que actualmente se vende y prepara la pesca, que para esto son inadecuados y deficientísimos.

Se incluye también en el anteproyecto, el armamento, que debe ser tratado con alguna parsimonia, porque es material caro, no tanto por el coste de adquisición, sino por el de conservación y explotación; pues si el tráfico no lo sufraga es ruinoso para la economía del puerto; aprobado está un proyecto de adquisición de dos grúas móviles de torre, que se estiman las más convenientes para un puerto que ve todavía muy limitado su tráfico mercantil; y parece que ese tipo es el que debe utilizarse, por su agilidad, hasta tanto el tráfico en muelles determinados aconsejen el establecimiento en ellos, por razones de economía de explotación, grúas eléctricas de pórtico.

En el armamento se incluyen también carretillas y otros elementos de trabajo portuario, que aumentan el rendimiento de los muelles comerciales y pesqueros.

Y se prevé la necesidad, a más o menos corto plazo, de una central térmica para producción de energía eléctrica para asegurar los servicios portuarios.

Finalmente, se incluyen el alumbrado y redes de energía subterráneas, y otras obras, de ornato, que parece deban ser las últimas.

El avance del presupuesto total de las obras a ejecutar excede de los 1 500 000 000; el de las obras comprendidas en lo que ha de ser primera etapa es del orden de 850 000 000. Más claro está que la ejecución del Plan puede atemperarse a las posibilidades financieras de la Nación.

A este propósito, no estará de más decir que es tópico bastante difundido el de que en España hay demasiados puertos y no es posible atender a todos en sus necesidades o pretensiones; dado que esto sea cierto, de ello parece deducirse, que en buena política conviene hacer una selección previa con carácter objetivo y prescindiendo de circunstancias ajenas al interés nacional; y dedicar luego los recursos, con toda la preferencia necesaria, a los puertos que resulten elegidos; advirtiendo que una clasificación, quizá original de ellos, sería: Puertos que fueron, puertos que fueron y son y deben ser, y puertos que no han sido ni son, pero que *pueden* y *deben* ser grandes puertos, por útiles y rentables.

Es muy de notar que, dadas las funciones propias del puerto de Algeciras, si se construye y acondiciona para desempeñarlas bien, entre otros objetivos se logrará el muy interesante, desde el punto de vista español, de que en Algeciras se concentrarán los tráficós de aprovisionamiento de barcos, de escala de transatlánticos de pasajeros y mucho comercio transatlántico de ida y retorno.

Sin quitar a puerto español alguno tráfico propio suyo, sino únicamente a expensas de Gibraltar, cuya importancia comercial quedará reducida a cero.

Prueba de que esto no va descaminado: las enérgicas y reiteradas protestas inglesas, en la prensa de Gibraltar y de Inglaterra, y hasta en el Parlamento, cuando los americanos, tras muy laboriosas gestiones en Madrid, en Wáshington y New York, con fuerte oposición diplomática inglesa, decidieron que el *Constitution* y el *Independence* abandonaron la escala de Gibraltar por la de Algeciras; cuando se publicó en el *Boletín Oficial* la concesión a la Junta de Obras del Puerto, de Depósitos Francos; y hasta cuando circuló el rumor — que aún no ha pasado de tal — de que las compañías italianas iban a seguir el ejemplo de la "American Export Lines".

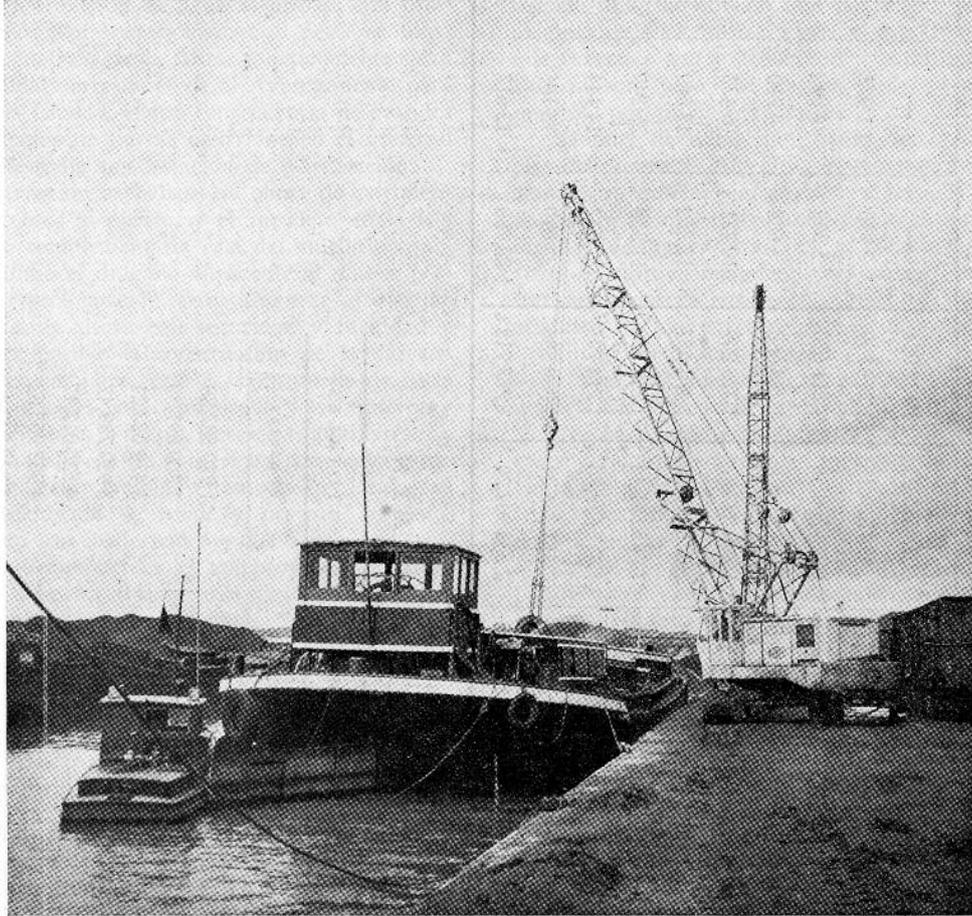
Y es también muy de notar que conviene mucho a España establecerse sólida y eficazmente en el Estrecho con un puerto netamente español, que lo sea siempre; porque servirá para descongestionar a Ceuta, supliendo ventajosamente a su puerto en cuanto en él se nota falta de línea de atraque, mientras Ceuta sea de España ¡ojalá lo sea siempre!; y reemplazándolo por completo, si así conviene, para que, en todo caso y en todo tiempo, España triunfe comercialmente en el Estrecho contra toda competencia extranjera.

Y, para dar idea de la vida presente del puerto y de cuánto es agradecido a lo poco que ya se ha hecho en él, vaya el siguiente resumen estadístico: advirtiendo que los ingresos totales de la Junta, en 1956, hubieran excedido de la cifra apuntada en unos tres millones de pesetas si no fuese por ciertas bonificaciones injustificadas que conviene suprimir, no sólo en Algeciras, sino en todos los puertos españoles, cuyas tarifas son, en general, bajas y ruinosas; en absoluto y en relación con las de puertos extranjeros.

| AÑOS | BUQUES |           | IMPOR-<br>TACION | EXPOR-<br>TACION | P E S C A  |              | PASAJEROS | A U T O M O V I L E S |        |        |         |
|------|--------|-----------|------------------|------------------|------------|--------------|-----------|-----------------------|--------|--------|---------|
|      | Número | Toneladas |                  |                  | Toneladas  | Pesetas      |           | Tánger                | Ceuta  | Trans. | Totales |
| 1947 | 1 134  | 473 404   | 53 094           | 35 946           | 23 529 160 | 633 355,23   | 1 137 084 | —                     | —      | —      | —       |
| 1948 | 905    | 512 428   | 49 754           | 32 662           | 21 183 300 | 598 629,25   | 1 218 899 | 2 956                 | 1 972  | —      | 4 928   |
| 1949 | 2 749  | 1 366 552 | 44 329           | 40 091           | 20 638 310 | 1 276 760,56 | 1 211 620 | 5 309                 | 4 060  | —      | 9 369   |
| 1950 | 2 713  | 1 676 158 | 33 297           | 35 124           | 22 730 060 | 1 668 739,98 | 1 258 668 | 5 688                 | 4 710  | —      | 10 398  |
| 1951 | 3 221  | 1 829 801 | 34 315           | 36 937           | 26 597 112 | 1 860 097,72 | 1 315 249 | 10 471                | 6 433  | —      | 16 904  |
| 1952 | 4 975  | 2 809 565 | 40 506           | 37 722           | 27 023 110 | 1 871 417,30 | 1 474 657 | 12 362                | 13 569 | —      | 25 931  |
| 1953 | 7 378  | 3 419 701 | 46 197           | 50 469           | 25 179 340 | 1 785 591,42 | 1 719 070 | 11 358                | 25 249 | —      | 36 607  |
| 1954 | 7 048  | 3 952 846 | 45 895           | 54 600           | 24 091 970 | 1 812 628,86 | 1 714 795 | 21 532                | 14 444 | —      | 35 976  |
| 1955 | 5 001  | 4 106 119 | 42 788           | 60 192           | 27 886 140 | 2 351 356,24 | 1 738 586 | 23 019                | 15 185 | —      | 38 204  |
| 1956 | 7 178  | 6 105 584 | 53 908           | 59 886           | 25 053 450 | 2 538 902,79 | 1 787 718 | 28 780                | 15 617 | 208    | 44 605  |

## R E S U M E N

| INGRESOS | T O T A L E S |         |
|----------|---------------|---------|
|          | Años          | Pesetas |
| 1947     | 1 979 582,88  |         |
| 1948     | 1 809 897,39  |         |
| 1949     | 3 474 023,21  |         |
| 1950     | 3 929 789,47  |         |
| 1951     | 4 526 017,17  |         |
| 1952     | 4 962 965,62  |         |
| 1953     | 5 230 292,42  |         |
| 1954     | 5 611 875,49  |         |
| 1955     | 6 510 483,50  |         |
| 1956     | 8 078 950,37  |         |



Grúa Nordeste G 80, sobre orugas, en servicio en el Puerto de Givet.

“El puerto de Carboneras”

Antonio Linares Sánchez, José María Sánchez  
Lastra, Federico Rey Saínz-Rozas

*Revista de Obras Públicas* vol. 132, nº 3.232,  
enero de 1985, pp. 3-8



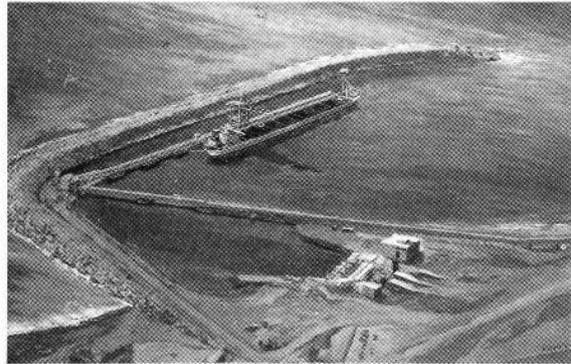
# El puerto de Carboneras

**ANTONIO LINARES SANCHEZ**  
**JOSE MARIA SANCHEZ LASTRA**

Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

**FEDERICO REY SAINZ-ROZAS**

Ingeniero Técnico de Obras Públicas



## 1. RESUMEN

La Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA) ha construido en Carboneras (Almería) el primer grupo de 550 MW de una central térmica de dos grupos iguales, que podrá consumir, cada uno, hasta 1,5 M. t/año de carbón de importación. Para el atraque y descarga de los barcos que lo traigan de ultramar (Estados Unidos, Africa del Sur, Colombia) se ha construido un puerto, más bien un terminal, con un muelle exento, un dique rompeolas rebasable, que abriga el muelle y el área de maniobra de los barcos, con un calado de -15 m., para barcos hasta 70-75.000 TPM (Panamax), dragable a -17 m. para barcos hasta 120-130.000 TPM cuando se construya el segundo grupo de 550 MW. Los cajones del muelle están fondeados en zanja a -19 m. La descarga se hace con un pórtico de 35 T. y rendimiento de 15.000 T/día, que vierte a una cinta que lleva el carbón al parque de la central. El dique rompeolas abriga también la toma de aguas para refrigeración de la central, y un muelle auxiliar con -8,50 m., para petroleros, cabotaje y ro-ro. Las obras del puerto se iniciaron en abril de 1982 y estaban operativas en agosto de 1984. La inversión realizada es del orden de 7.000 millones de pesetas. Ya se han descargado ocho barcos con 366.820 T. de carbón. El puerto auxiliar de obra, por orden de la Administración, se ha terminado como puerto pesquero para Carboneras.



Temporal del 20-I-83. Altura de ola máxima 4,50 m.

## 2. ANTECEDENTES

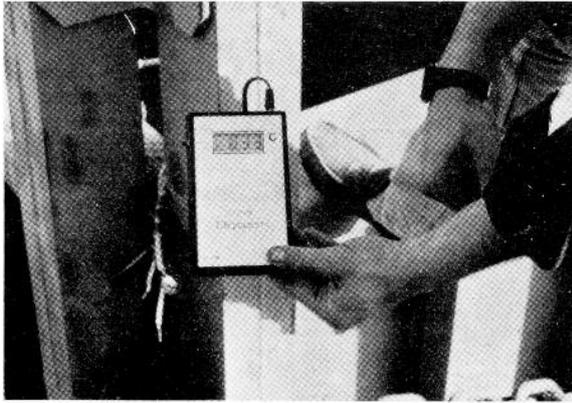
Los primeros tanteos del terminal fueron soluciones clásicas, con un gran óvalo de maniobra al lado de la playa y, al otro lado, paralelo a la costa, el muelle de atraque superpuesto en planta al talud interior de un dique de abrigo no rebasable, con talud exterior 1:1,75, coronado a +13,50 m. y con el morro del mismo talud ya en aguas profundas, más de 30 m. El primer ensayo de la sección de este dique se hizo en el CEEPYC de Madrid para  $H_s = 6,50$  m. y oleaje regular, y resultó satisfactorio.

Esta solución no pudo ser retenida porque el «fetch» en Carboneras es de 1.500 km. para el viento de Levante, desde el estrecho de Mesina, y el estudio del temporal que, la noche del 28 de diciembre de 1980, destruyó el puerto argelino de Arzew, que está en frente a Carboneras, más los datos de oleaje de la boya que se había instalado en Carboneras, con el asesoramiento del CEEPYC, con una recurrencia de cien años, dieron  $H_s = 7,10$  m. Ensayada la sección del dique en el CEEPYC, con oleaje irregular, ya para  $H_s = 6$  m., resultaba rebasable, y por ello no viable su muelle adosado al talud interior con pórticos de descarga, cintas, etc., e insuficiente su talud exterior y del morro 1:1,75.

En el Congreso del PIANC, de Edimburgo; mayo de 1981, donde se conocieron las averías de San Ciprián, Punta Lucero y otros, los estudios sobre el temporal que destruyó Arzew y la aportación portuguesa sobre el arrasamiento de su gran dique de Sines, recién construido en aguas profundas, se tomó conciencia de que el ya tradicional diseño de diques rompeolas no era extrapolable a las aguas profundas con oleaje irregular, muy complejo, sin un respaldo teórico y práctico adecuado.

## 3. DESCRIPCION DE LAS OBRAS CONSTRUIDAS

- Un dique rompeolas rebasable de 1.080 m. de longitud y hasta 28 m. de profundidad en el morro, construido con escollera y bloques paralelepípedos de hormigón, que abriga una dársena de 45 hectáreas.
- Un muelle de atraque de 240 m. de longitud, exento, construido con cajones de hormigón armado, que soporta el pórtico de descarga y la cinta transportadora.



Control de temperaturas del hormigón en su proceso de endurecimiento.

- Un dragado para perfilar el fondo al calado necesario: 15 m. ahora, 17 m. cuando se construya el segundo grupo de 550 MW. En la bocana un metro más.
- Un puente de acceso al muelle, para tráfico, cintas y servicios.
- Un contradique para crear y proteger la toma de agua de la central térmica y soportar la cinta transportadora.
- Un pórtico de descarga de 35 T. y rendimiento 1.500 T/h. Otro pórtico gemelo previsto para el segundo grupo.
- Una cinta transportadora, de 950 m. de longitud, para 2.000 T/h., ahora con un grupo y, para 3.200 T/h., en su día, con dos grupos.
- Un muelle auxiliar en la ribera, con calado 8,50 m.

El puerto se ubica al norte del puerto existente de una fábrica de cemento, formando con él una bocana de 350 metros.

El dique de abrigo, en forma de C, tiene su tramo principal en dirección Este 80° Sur, perpendicular a la dirección del máximo oleaje que se puede presentar.

El muelle de descarga está 50 m. separado y paralelo al dique, lo cual, para los buques atracados, representa las solicitaciones mínimas a las olas que en cualquier caso entren por la bocana. Los cajones de hormigón se apoyan en una base de grava a la cota - 19 m., permitiendo así un futuro dragado hasta - 17 o - 18 m.

#### 4. SOLUCION DE PANTALAN EN MAR ABIERTO

Por su economía y avance tecnológico se estudió la solución de realizar la descarga del barco desde un pantalán en mar abierto, sin dique de protección, como han construido los israelitas el terminal de Hadera.

Los profesores Losada y Giménez Curto, del Laboratorio de Puertos de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Santander, analizaron el problema en su «Estudio del clima marítimo de la zona de Carboneras (Almería). Análisis del coeficiente de utilización de un atraque abierto a 25 m. de profundidad».

Para el análisis del oleaje se utilizaron los datos del «Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut» y del «Imcos Marine Ltd.», con observaciones de alturas de ola, períodos y direcciones durante veinte años. Se concluyó que el número esperado de días durante los cuales no iba a poder descargarse barco era setenta y un días, esto es, un coeficiente de operatividad media anual de 0,8.

Para la descarga de 3.000.000 T. anuales que consumirán los dos grupos de 550 MW de la central térmica, resultaría una tasa de ocupación del atraque de 74 por 100, que es excesiva, dando lugar a grandes e incontrolables demoras y costes. Estimada como muy baja esta operatividad anual de 0,8, se consideró necesario abrigar el terminal de carbón con un dique rompeolas.

En Hadera (Israel) la operatividad es alta porque el viento y las olas son muy constantes en su dirección, y el barco está atracado proa al viento.

#### 5. LA SOLUCION ADOPTADA

La central térmica está a la orilla del mar y allí la costa, casi recta, mira a Levante. El lugar está completamente expuesto a los vientos y olas procedentes del sector NE a SE, con un «fetch» de 1.500 km.

Como estudios preliminares para evaluar y decidir la solución definitiva del puerto se redactaron tres anteproyectos someros, con alternativas muy diferentes, en las que colaboraron los consultores españoles INITEC, CARMOA, CIGSA, Laboratorio de Puertos Ramón Iribarren; Christiani & Nielsen y Danish Hydraulic Institute. Una solución era convencional en su dique de abrigo de escollera, con espaldón de hormigón y el muelle de cajones de hormigón, si bien se situaba sobre el talud interior del dique; las otras dos consistían en un dique de escollera rebasable y un muelle exento del dique ya en su cimiento, de pilotes en una y de cajones en otra. El área de maniobra era el óvalo del PIANC en la primera y, en las otras dos, un área poligonal diseñada en laboratorio con prácticos y simulador del movimiento del buque remolcado.

El concurso de adjudicación de la obra se realizó sobre las tres alternativas, y abierto a nuevas soluciones que pudieran proponer las nuevas empresas invitadas.

La selección se ha basado en criterios estructurales, funcionales, económicos, de plazo y seguridad de construcción y de explotación.

Entre las variantes anteproyectadas y ya valoradas en el concurso, se eligió la de estructuras independientes para el dique de abrigo y el muelle de atraque. La idea ha sido separar la estructura flexible, que admite y sufrirá

ciertos movimientos, de la rígida, con sus carriles y pórticos de descarga que pesan 1.000 T. y no admiten movimientos diferenciales.

La solución es buena, y ya clásica en el último lustro, para un puerto cuya única función es la de terminal de descarga de carbón para una central térmica, que tiene su parque de carbones en la orilla, a 1 km., y, por tanto, sin necesidad de la clásica esplanada para acopios tras el muelle.

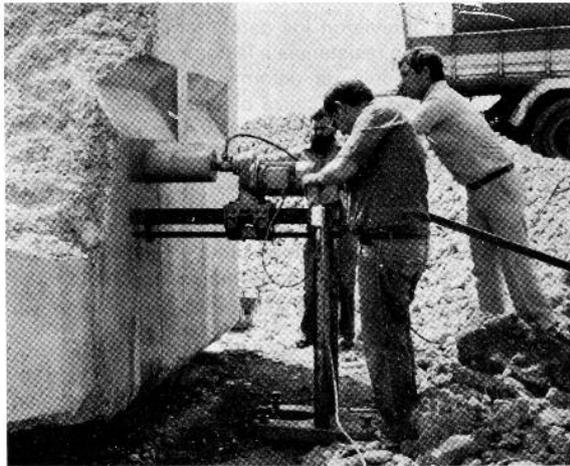
Respecto al coste y al plazo, del estudio de las ofertas del concurso de adjudicación se deducía que la construcción de un dique de escollera y muelle independiente era más económico, más rápido y menos arriesgada, que la de un dique con espaldón y muelle superpuesto al talud interior.

En el Laboratorio de Puertos Ramón Iribarren se realizaron ensayos en modelo reducido de la solución de dique con espaldón, su informe de diciembre de 1981 concluía:

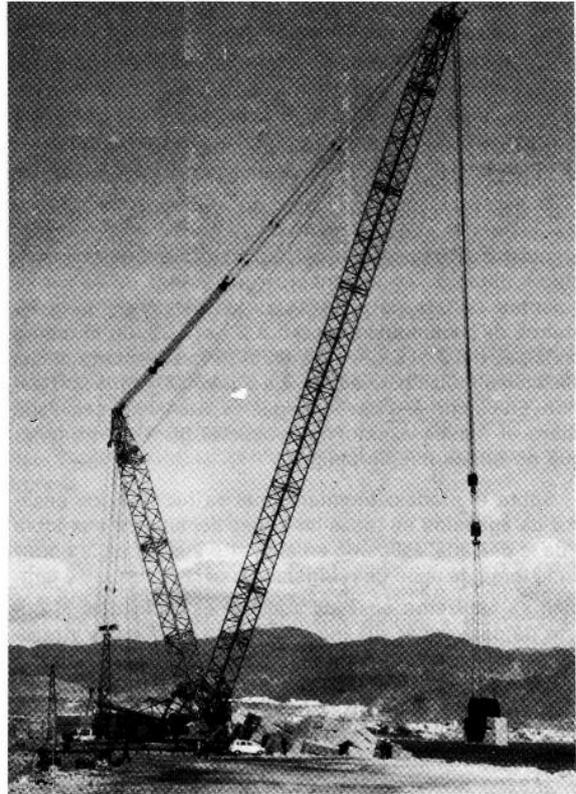
«Respecto de los rebases, la cota de coronación del espaldón ensayado (+ 13,50) puede considerarse aceptable para un dique exclusivamente de abrigo. En caso de disponerse un muelle adosado al dique, la validez de la cota anterior dependerá de la anchura del muelle y de los elementos de explotación que sobre este se dispongan». Esta conclusión avaló, ya definitivamente, la solución de dique rebasable, independiente del muelle.

## 6. ENSAYOS EN MODELO REDUCIDO

Durante el período del proyecto se han ejecutado ensayos en modelo reducido, con el objeto de definir todos los elementos estructurales con las máximas garantías de estabilidad y seguridad. Fueron los siguientes: ensayo de estabilidad de las secciones bajas del dique, de las sec-



Extracción de testigos de hormigón de un bloque fracturado. Resistencia media a 128 días = 288 kg/cm<sup>2</sup>.



Grúas Demag 2.000-C. Capacidad: 100 Tn. a 75 m.

ciones principales del dique, del morro del dique y de la sección curva del dique. Ensayo de rebase en las zonas de tráfico, ensayo de agitación en la dársena, de agitación en el puerto auxiliar de obras y un estudio de la estabilidad y protección de taludes de la dársena.

Fueron realizados por el Danish Hydraulic Institute, con la supervisión de los señores Losada, Conde y Corniero, del Laboratorio de Puertos de la Escuela de Santander.

Los ensayos de estabilidad de las secciones transversales del dique han sido realizados en canal, a escala 1:40 las bajas y a 1:60 las principales. Al mismo tiempo la coronación del dique se ha probado con rebases de agua. Para la estabilidad del morro y de la zona curva del dique se han realizado los ensayos en un modelo tridimensional, a escala 1:70, en un estanque de 30 X 33 m.

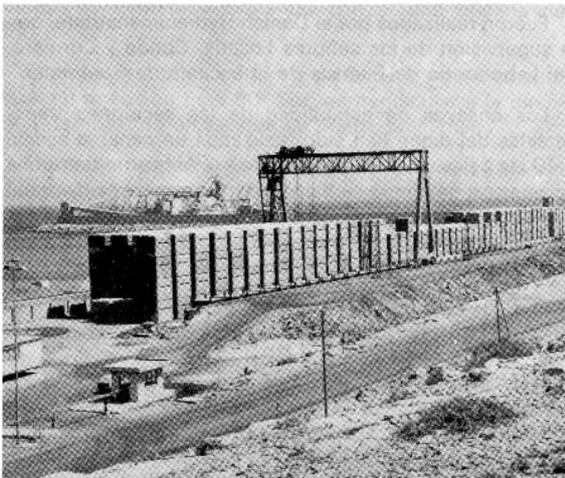
El dique ha sido proyectado para una altura de ola significativa de  $H_s = 7,0$  m. y períodos de pico de oleaje irregular  $T_p = 13 - 14$  s., que corresponden a un período de retorno de cien años. Para asegurar que el dique tenga una suficiente reserva de estabilidad, fue también ensayado para un oleaje  $H_s = 8,0$  m. y  $T_p = 14$  s., que corresponde a un período de retorno de mil años, equivalente a un 5 por 100 de probabilidad de concurrencia cada cincuenta años.

Los ensayos han ayudado a definir y comprobar las distintas cotas de coronación del dique, el tamaño de los bloques paralelepípedos de hormigón del manto, la escollera de coronación y del manto del trasdós, las bermas de protección de los mantos exteriores, el cálculo de rebase de agua sobre coronación, la configuración y tamaño de los bloques del morro.

El dique se ha proyectado con el criterio de obtener una estructura con alto grado de seguridad ante el oleaje irregular del temporal de cálculo, por lo que se han exigido y obtenido en los ensayos, los límites de daños siguientes: de 0,5 a 1 por 100, en las secciones hasta 10 metros de profundidad; de 0,5 a 2 por 100, en el manto principal; del 2 al 5 por 100, en el desplazamiento de las escolleras de las bermas; de 2 a 5 por 100, en la coronación. En cuanto al rebase de agua, la intensidad calculada sobre el muelle exento no excederá de  $10^{-5}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s., que no ofrece ningún peligro.

Sobre el modelo tridimensional se hicieron los ensayos de agitación en todas las zonas del área de maniobra y de la dársena, así como en el puerto auxiliar de la obra y en la toma de agua de refrigeración para la central; y también se realizaron ensayos con barcos atracados, al objeto de determinar sus movimientos y las fuerzas y reacciones que aparecen en las amarras y defensas, con el fin de definir el sistema de atraque y amarre más conveniente. Fueron analizadas varias alternativas de la geometría del dique, área de maniobra, estructura del muelle, defensas y amarras.

En el Danish Ship Research Laboratory se ha realizado un ensayo de simulación de maniobras en la dársena. Maniobras de llegada, viraje, atraque y salida fueron simuladas en un computador con pantalla, en la que se dibuja el contorno del puerto y sobre la que se mueve el barco obedeciendo las órdenes dadas a uno de los mandos por el práctico que lo remolca por la bocana, lo revira en el área de maniobra y lo atraca. Todas las órdenes son registra-



Parque de bloques. Piezas de 80 Tn.

das y quedan dibujadas las trayectorias del barco. Su envolvente, más una zona de seguridad, es el área de maniobra poligonal a dragar a - 15 m.

## 7. GEOLOGIA DEL SUELO

La ingeniería Control y Geología, S. A. (CYGSA) realizó el estudio del suelo y cimentaciones del puerto. El área marina elegida para la implantación portuaria fue objeto de una extensa investigación, mediante sondeos mecánicos, lanza de agua y pruebas de hincas de pilotes *in situ*.

En la zona del puerto existe un depósito de suelos que se apoya sobre formaciones rocosas; el máximo espesor del suelo es del orden de los 21 m. en la zona norte y 15 m. en la sur, y disminuye, tanto hacia la costa como mar adentro, para volver a aumentar a 700 m. de la costa. El estrato más próximo a la superficie está constituido por arenas, en general, densas. Debajo existe otro gran estrato de arena limosa, densa a muy densa, que se extiende hasta alcanzar la formación rocosa, constituida por un estrato de conglomerado y una formación de caliza bioclástica. El conglomerado presenta variación de espesor con una distribución heterogénea, así como variación de facies, tanto lateralmente como en profundidad, y numerosas oquedades con materiales detríticos no cementados.

Las arenas dan un módulo de deformación de 120 kp/cm<sup>2</sup> de 0 a 2 m., de 170 a 185 kp/cm<sup>2</sup> de 2 a 15 m., disminuyendo a 165 kp/cm<sup>2</sup> a partir de 15 m. De coeficientes de permeabilidad  $8,35 \times 10^{-5}$  para los 17 m. Como coeficiente de consolidación se obtuvieron valores comprendidos entre 10 y 20 cm<sup>2</sup>/seg. para los 10 primeros metros y de 3,5 cm<sup>2</sup>/seg. de 10 m. en adelante.

Con esos coeficientes de consolidación los asentamientos que se pueden producir en el depósito de arena serán muy rápidos.

También se obtuvieron los datos correspondientes al conglomerado, con resistencia a la compresión simple de 125 kp/cm<sup>2</sup> y módulo de deformación entre 20.000 y 50.000 kp/cm<sup>2</sup>; los de la caliza bioclástica con compresión simple de 29 kp/cm<sup>2</sup> en la playa y 4 kp/cm<sup>2</sup> en zonas de mayor calado; con 2.000 y 6.000 kp/cm<sup>2</sup> de módulo de deformación, respectivamente.

Podría, pues, estimarse que el dique de escollera será estable para las cargas estáticas, produciéndose la mayor parte de los asentamientos en un corto período de tiempo, del orden de días y con asentamientos diferenciales fácilmente asimilables por la estructura.

En cuanto al muelle de atraque se estudiaron las soluciones de estructura en cajón, sobre pilotes y recintos de tablestacas. El sistema de pilotaje se desechó, puesto que, aunque el depósito de arenas era apto para alcanzar calados del muelle de 17 o 18 m., había que atravesar el conglomerado y apoyar o anclar los pilotes en la formación de caliza bioclástica, y eso limitaba el tipo de pilo-



Reconocimiento del manto de bloques.

tes y técnicas constructivas. En cuanto a las tablestacas, al tener que ser de 30 m. o superiores, y con resistencia especial en la pestaña, sería de difícil ejecución al tener que usar medios de hinca poco comunes, con riesgo importante de deshenebrado de las tablestacas. Por tanto, se ha adoptado la clásica estructura en cajón, que producirá asientos en el depósito de arenas que serán rápidos, por lo que los asientos diferenciales serán corregidos durante el proceso constructivo, en la fase de relleno de sus celdas.

## 8. PROYECTO DEL PUERTO

La dársena está protegida por el dique de abrigo, excepto en la dirección SE, donde está la bocana, de donde proceden olas menos frecuentes y menores. El ancho de la bocana es de 350 m., unos 80 m. más que el teórico, igual a la eslora del mayor barco esperado, 270 m. y 120.000 TPM.

La configuración y dimensiones de la dársena se han adaptado al viraje en su interior de un barco de 120.000 TPM, y han sido determinadas en base a los ensayos de simulación de maniobras en pantalla.

Los niveles de dragado se han obtenido para barcos de 70.000 TPM, con un calado de 13,80 m. y para 120.000 TPM, con 16,5 m., considerando: asiento longitudinal 0,2 m., nivel mínimo de agua 0,2 m., movimiento vertical del barco 0,5 y 0,4 m., reserva por sedimentación 0,0, pie de práctico 0,3 m.

La distancia entre el dique de abrigo y el muelle, 79,6 metros entre ejes, ha sido determinada de modo que el dragado de la cuna para los cajones del muelle se realice después de la construcción del dique, con su abrigo y sin riesgo para su estabilidad. A esa distancia ya queda reducido al nivel aceptable que hemos citado el caudal de agua que llegará al muelle, cuando el dique sea rebasado por las olas. Y se asegura que eventuales daños o asientos del dique, por improbables o pequeños que sean, no se propaguen al muelle.

## 9. DIQUE DE ABRIGO

Una serie de factores han influido en la determinación de la sección transversal del dique:

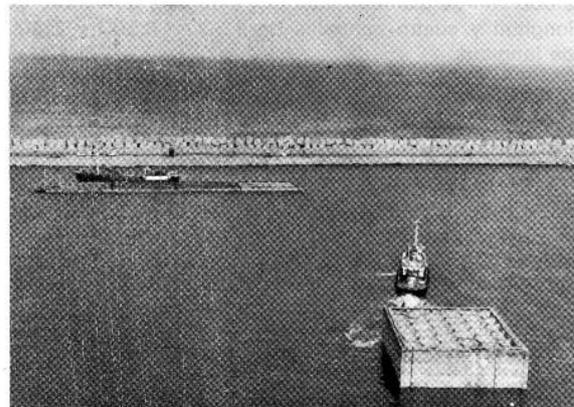
- La escasez de roca de buena calidad y tamaño adecuado en la zona hizo indispensable el uso de elementos de hormigón como escollera.
- Los recientes desastres en diques de escollera a grandes profundidades hacían sospechar que se había extrapolado a tamaños demasiados grandes los elementos de escollera artificial (tetrápodos, dolos, etc.) y también a taludes demasiado fuertes.

Se optó por un perfil con talud de 1:2, con escollera de bloques paralelepípedos de hormigón en el manto exterior. Se eligieron coeficientes de daños muy bajos, que determinaron bloques con pesos de 37, 58 y 80 T., para las secciones poco profundas, el tramo principal y el morro.

La sección transversal adoptada tiene el talud 1:2 en el lado mar y 1:1,5 en el trasdós. Está formado por un núcleo de «todo uno», con un filtro de escollera de 0,2 a 4 T. y sobre él un manto de bloques de 37 o 58 T., en dos capas. En su parte inferior, el manto de bloques está protegido por dos bermas de escolleras de 2 a 4 T., con un ancho de 10 m. Los ensayos de estabilidad demostraron que una sola berma era susceptible de daños, por lo que se decidió proteger más con una segunda berma.

El manto de bloques llega hasta la cota + 10,00. Entre este nivel y la coronación, así como en el trasdós, el manto se forma con escollera de roca entre 2 y 4 T., que en los ensayos resultó estable. El nivel reducido del rebase de agua permite que el manto del trasdós, que normalmente es la parte más expuesto al ataque de la cresta de las olas en un dique rebasable, pueda construirse con roca entre 2 y 4 T. en vez de los costosos bloques de hormigón.

Las cotas de la coronación del dique, obtenidas en los ensayos en función del volumen de rebase de agua, va-



Transporte y fondeo del cajón en el muelle.

rían de 4,50 m. a 12,00 m. en los primeros 350 m. (tramo inicial perpendicular a la costa, hasta - 10 m. de profundidad), de 12,00 a 13,50 m. en los siguientes 150 metros (hasta una profundidad de - 16,00) y se mantiene a la cota 13,50 en los restantes 480 metros.

## 10. EL MORRO

La configuración del morro y su estabilidad fueron objeto de una serie especial de ensayos. Dos morros fueron ensayados: uno, construido con cajones prefabricados de hormigón y, otro, con escollera de bloques de hormigón.

En los ensayos de agitación, las dos formas de morro mostraron igual capacidad para reducir el oleaje en la dársena. El coste del morro de cajones resultó, en las estimaciones preliminares, 100 m/ptas. más caro que el otro.

Además, para evitar la introducción de un nuevo elemento de construcción en el dique de abrigo, se optó por la solución de escollera, que fue sometida a ensayos de estabilidad, resultando adecuados los bloques de 80 T. La escollera encima del nivel + 10 m. fue cambiada a bloques de 36 T., pues resultó insuficiente la escollera de roca colocada en el tramo principal del dique. También la parte interior del morro lleva bloques de 36 toneladas.

## 11. MUELLE

El muelle de descarga es una plataforma de 240 m. de longitud por 21,20 m. de ancho. Está construido con once cajones prefabricados de hormigón armado y, sobre ellos, una superestructura de hormigón armado de 2,50 m. de canto y voladizos por ambos cantiles de 1,30 m., formada por vigas longitudinales y transversales hormigonadas *in situ*. Cada cajón, de 21,85 X 18,60 y 19 m. de altura, está formado por 39 celdas de 3,30 de diámetro rellenas todas ellas, incluidas las del cantil, con arena procedente del dragado.

Las defensas son cilíndricas, de caucho SBR BUTADIENO STIRENO de tipo VREDESTEIN. Seis de 1.400 y 2.600 cm. de diámetro interior y exterior y 3.500 cm. de longitud y cuatro centrales de 1.300 X 2.300 y 2.600 de longitud.

Se han colocado ocho bolardos de 150 toneladas y cinco ganchos de disparo rápido de 3 X 100 toneladas. Tres de estos ganchos están situados unos sobre el dique y dos sobre los dos duques de alba de apoyo de la pasarela de acceso.

La pasarela de acceso al muelle está formada por tres tramos de 22 y 4 m. de ancho, con losa de 0,20 cm. de espesor sobre vigas PACADAR.

## 12. LA CONSTRUCCION DEL PUERTO

En la primavera de 1982, partiendo de cero, la construcción estaba condicionada por el cumplimiento del

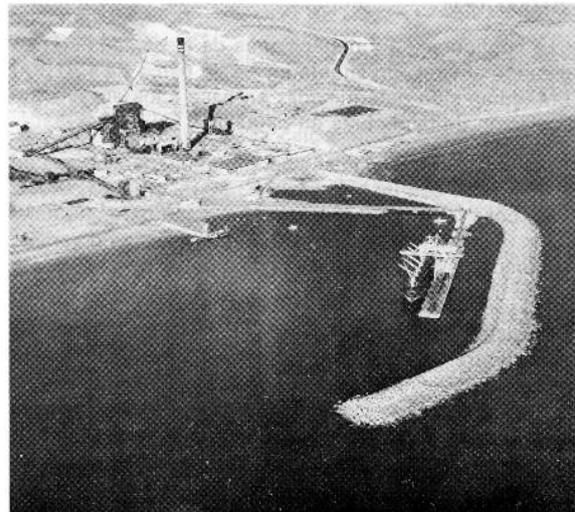
plazo, ya que el montaje de la central térmica avanzaba rápidamente y necesitaría carbón en el verano de 1984.

Se disponía de veinticuatro meses para extraer, transportar y colocar 1,5 millones de metros cúbicos de escollera, fabricar y colocar más de 8.000 bloques de hormigón, construir los cajones, el muelle y su acceso, dragar 1,5 millones de metros cúbicos, construir, montar y probar un pórtico de descarga de 35 T., sus vías de rodadura, cintas transportadoras, defensas, etcétera.

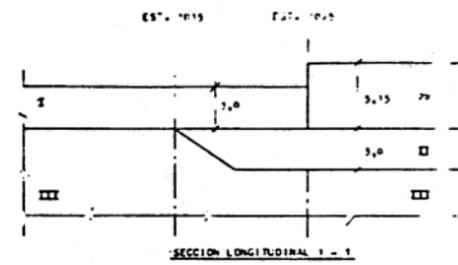
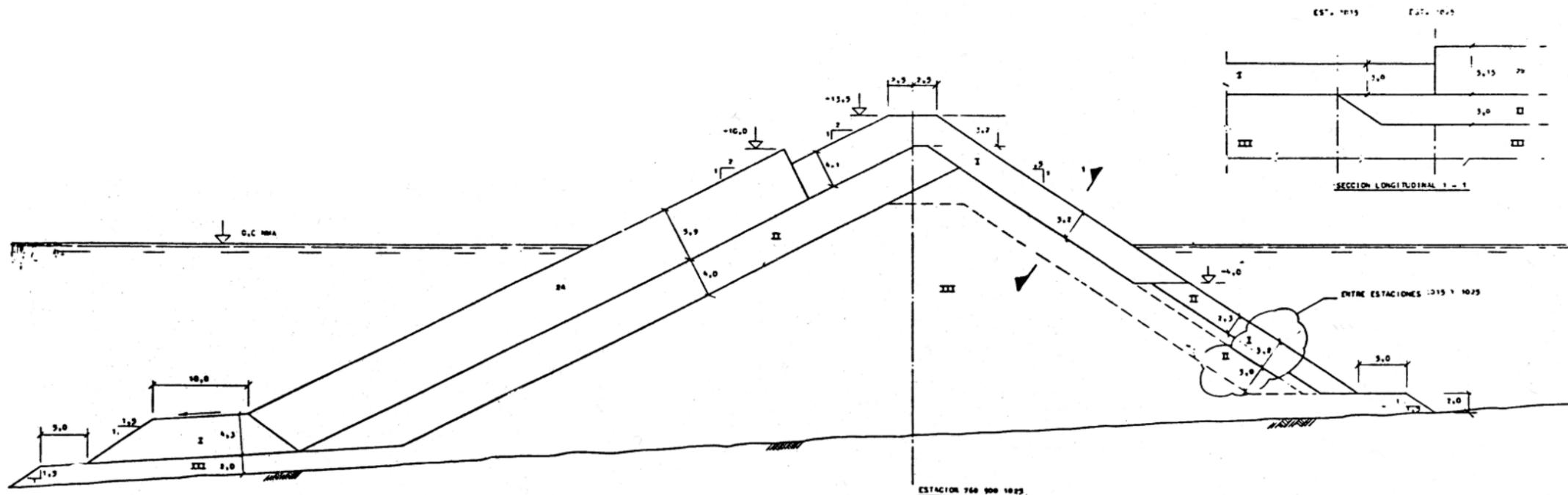
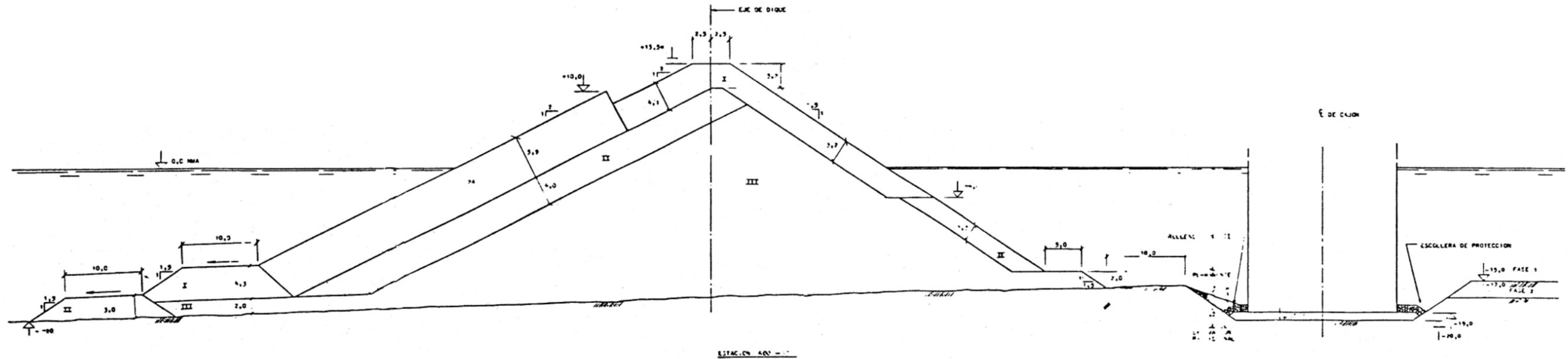
Adjudicada la obra civil en la primavera de 1982, se colocó la primera piedra de escollera del dique el 15 de julio de 1982. En agosto de 1984 el puerto ya era operativo para buques de 80.000 TPM. Hasta ahora, el mayor barco descargado ha sido el «Mightious» de 104.750 TPM, con una eslora de 256 m. y calado de 13,72 m., en el límite de lo permitido por el dragado a - 15 m. Trajo 90.377 T. de carbón de Estados Unidos y la plancha obtenida en su descarga ha sido de 13.577 T/día.

En todo caso, la construcción es un largo capítulo, que pudiera ser objeto de otro artículo. La obra civil ha sido realizada, en agrupación, por las empresas Auxini, Entrecanales y Tavora y Dragados y Construcciones. Debemos mencionar al gerente de la agrupación, el ingeniero de Caminos, Canales y Puertos don Antonio García Herreros, quién, acompañado de un buen equipo de colaboradores de las tres empresas, ha tenido una brillante actuación, a nuestro juicio, en esta interesante obra portuaria.

El pórtico de descarga ha sido suministrado e instalado por Krupp y Astano, y la cinta transportadora por ERPO.



Vista general del puerto.



- LEYENDA:**
- 24: 2 CAPAS DE BLOQUES DE CATEGORIA A
  - A: BLOQUES DE HORMIGON DE 50 T
  - B: " " " " 30 T
  - C: " " " " 15,5 T
  - I: ROCA DE 2 T HASTA 5 T
  - II: " " 0,3 T " 1 T
  - III: TODO LADO DE CANTERA

- REFERENCIAS:**
- NOTAS GENERALES PL. NO. 1-01
  - DIQUE DE ABRIGO. TRAMO PRINCIPAL. PLANO GENERAL. PL. NO. 2-02
  - DIQUE DE ABRIGO. MORRO. PLANO GENERAL. PL. NO. 2-03

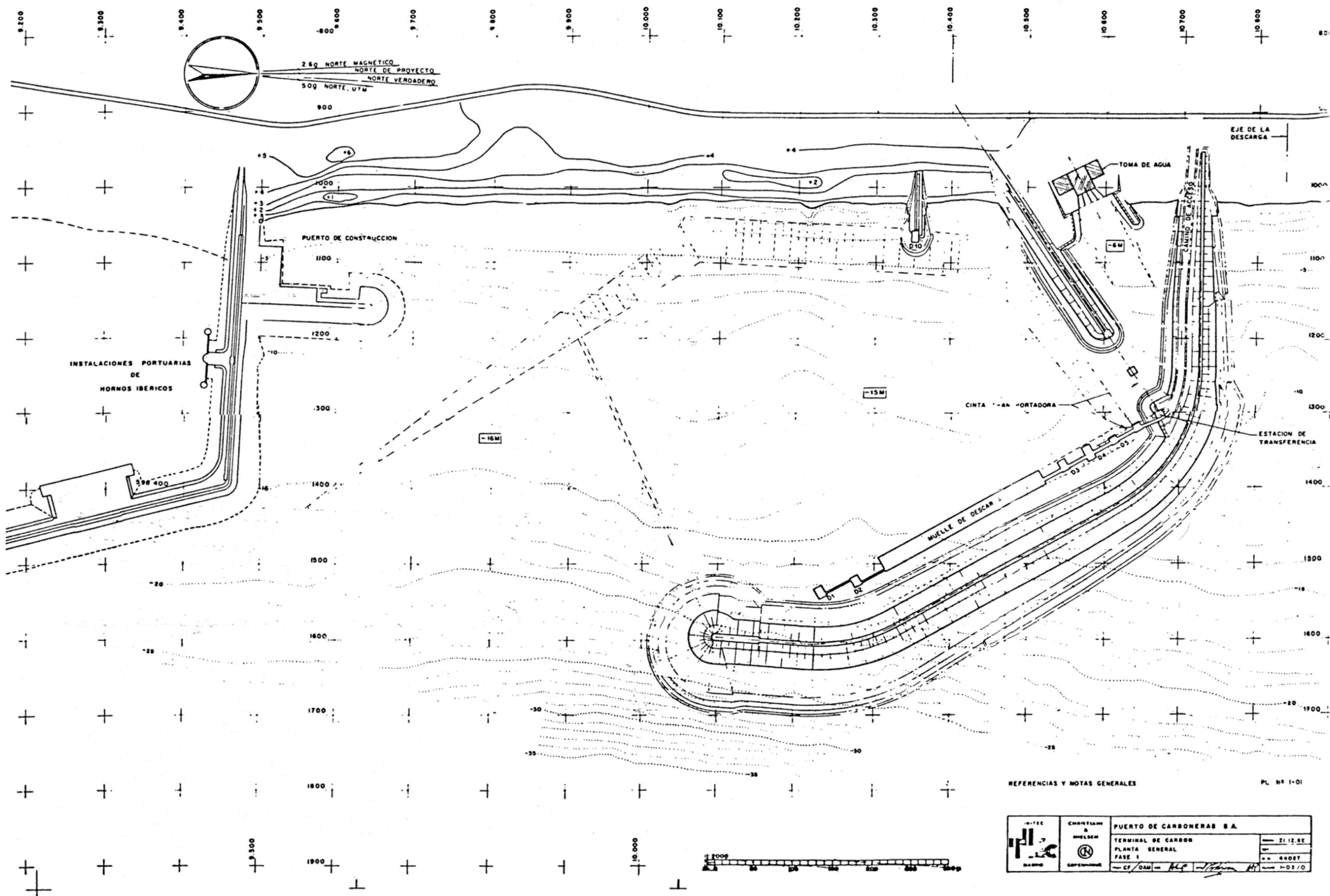
**NOTAS:**  
 DIMENSIONES Y COTAS EN METROS.  
 EL NIVEL 0.0 NMA = NIVEL MEDIO DEL MAR EN ALICANTE.

| REVISION | FECHA    | DESCRIPCION   | PROY.  |
|----------|----------|---|--------|
| 4        | 21-12-82 | RELOCALIZACION DEL MORRO                                  | DAM/CF |
| 3        | 2-12-82  | MODIFICACION DE BATIMETRIA Y DE LOCALIZACION DE SECCIONES | DAM/CF |
| 2        | 25-11-82 | AMADIDO CAJON DEL MUELLE                                  | DAM/EX |
| 1        | 3-10-82  | MANTA DEL TRASOS ENTRE EST. 1015 Y 1025 REVISADO          | DAM/EX |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <b>PUERTO DE CARBONERAS S.A.</b><br>TERMINAL DE CARBON<br>DIQUE DE ABRIGO TRAMO PRINCIPAL<br>SECCIONES TRANSVERSALES EST. 400-405 | M. G. RZ<br>E. I. E. RZ<br>44DET<br>2-23/84 |
|--|---|---|





REFERENCIAS Y NOTAS GENERALES

PL. N° 1-01

|              |  |                                  |       |
|--------------|--|----------------------------------|-------|
|              |  | <b>PUERTO DE CARBONERAS S.A.</b> |       |
|              |  | TERMINAL DE CARBON               |       |
|              |  | PLANTA GENERAL                   |       |
|              |  | FASE I                           |       |
| - CF / OAM - |  | 21.12.82                         | 44087 |
| 1-02/0       |  |                                  |       |

“La flecha litoral de Punta Umbría (Huelva)”

José María Medina Villaverde

*Revista de Obras Públicas* vol. 140, nº 3.317,  
enero de 1993, pp. 55-61



# LA FLECHA LITORAL DE PUNTA UMBRIA (HUELVA)

José María Medina Villaverde<sup>1</sup>  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

## 1. Introducción

El caso de la flecha de Punta Umbría es uno de los más didácticos que se pueden encontrar en la costa española. El problema, que surgió en su día, y que, debido a que la solución que entonces se adoptó no fue completamente correcta desde todos los puntos de vista, como se verá a continuación, ha tomado relevancia nuevamente, debido a la dificultad de navegar por el interior de la canal.

A causa de ello, entonces *Dirección General de Puertos y Costas del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo*<sup>2</sup> encargó al **Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas** (Organismo Autónomo del Ministerio de Obras Públicas y Transportes), la realización de un estudio que delimitase el problema a través de un estudio de Dinámica Litoral de la zona, lo que se realizó en las instalaciones de que el **Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX** dispone en Madrid.

## 2. Estudios realizados

La realización de un informe de Dinámica Litoral trae consigo la ejecución de un cierto número de estudios que van arrojando luz al trabajo. En el caso concreto de Punta Umbría, los distintos capítulos que se fueron realizando pueden glosarse como sigue:

- Evolución histórica de la región costera
- Estudio geográfico y geológico de la región costera
- Inspección *«in situ»*
- Estudio de clima marítimo
- Estudio de propagación de oleaje
- Estudio hidrodinámico de mareas

<sup>1</sup> Director del Programa de Modelos Matemáticos del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (M.O.P.T.).

<sup>2</sup> Hoy Dirección General de Puertos del Ministerio de Obras Públicas y Transportes

**La región litoral de Huelva está compuesta, realmente, por una única playa, desde la frontera de Portugal hasta la desembocadura del Guadalquivir**

Finalmente, con toda la información que proporcionaron las actividades anteriores, pudo procederse a extraer una serie de conclusiones finales y a efectuar las recomendaciones precisas para paliar el problema.

En los siguientes apartados se comentan brevemente los estudios citados.

## 3. Evolución histórica de la región costera

La región litoral de Huelva es una zona que actualmente puede caracterizarse por el gran movimiento de arenas que en ella se verifica, consecuencia lógica de la abundancia de este material a lo largo de su borde litoral. Tanto es así que realmente está compuesta por una única playa, desde Ayamonte, en la frontera con Portugal, hasta la Punta del Malandar, en la desembocadura del río Guadalquivir y frontera con la provincia de Cádiz; esta inmensa formación arenosa se encuentra interrumpida únicamente en las desembocaduras de los ríos y caños, y sobre todo en la formación marismal del Odiel, precisamente en los accesos al mar de Punta Umbría y Huelva.

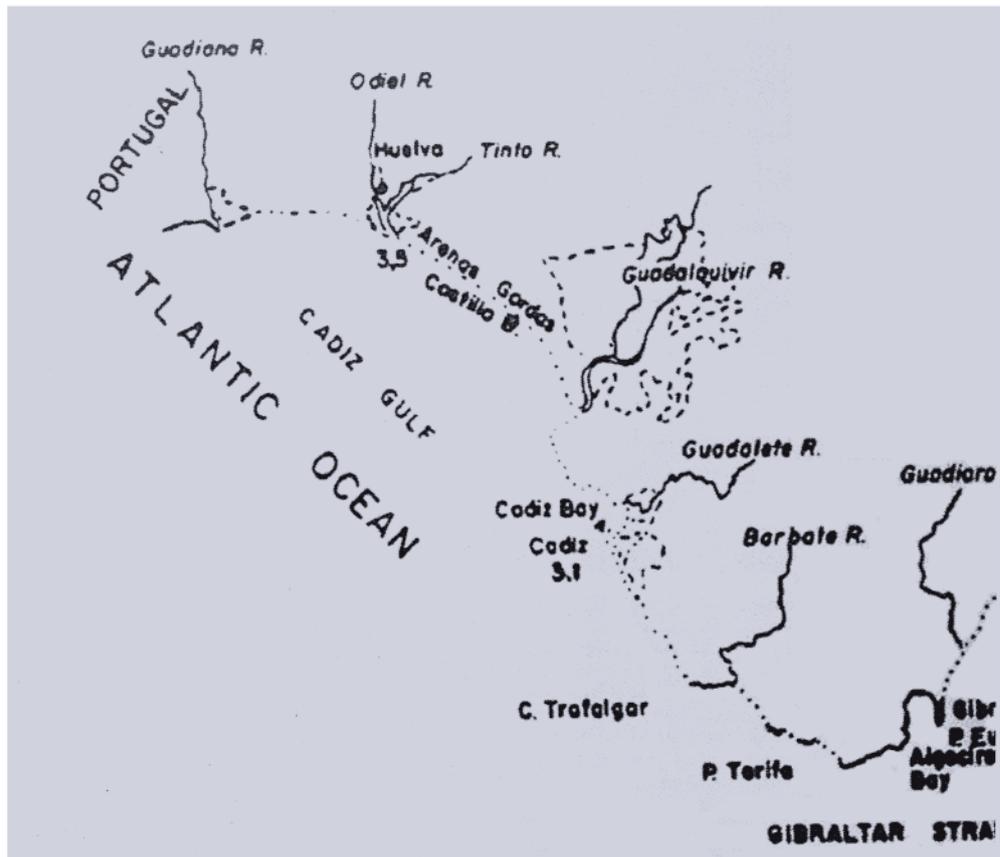
En la figura 2 se muestra, *«a grosso modo»* la evolución sufrida por el litoral onubense desde la antigüedad hasta nuestros días. Rodeada con un círculo, se muestra en ella la zona que actualmente ocupa la flecha de Punta Umbría. La flecha indica la dirección y sentido de la corriente de transporte sólido en suspensión longitudinal neto.

Como se desprende de las figuras, las antiguas rías han ido sufriendo un paulatino proceso de relleno, transformándose en lo que hoy son zonas marismales.

En la antigüedad, debido a la acción del mar, que ocupaba las zonas bajas de los valles fluviales, la costa se configuraba a base de estuarios y acantilados, formándose verdaderas rías al estilo de la gallega, en lo que hoy son valles marismales.

Paralelamente a este estado de cosas, la corriente de transporte sólido litoral neto, inducida, entre otros, por un oleaje dominante del cuadrante SO, se une a la acción de la marea, produ-

Figura n.º 1. La región litoral onubense.



ciéndose dos corrientes sólidas bien diferenciadas: la primera, debida al oleaje, en sentido O->E<sup>3</sup> y la segunda, causada por la marea, en dirección NS y sentidos alternativamente opuestos, según el movimiento mareal sea de flujo o reflujo.

En esta situación, comienzan a aparecer las barras litorales; la isla Agónida —ver la figura 2A—, en la desembocadura del río Ana (actual Guadiana, del árabe, *wadi Ana*) se convierte en la actual Isla Cristina; la «ría del Piedras» se transforma en valle-marisma y comienza a tomar forma la flecha del Rompido.

Existen numerosos textos antiguos que datan del S-VI a. C. que confirman la existencia de un gran estuario en la confluencia de los ríos Tinto y Odiel, denominado por algunos autores «*Laguna Erebea*» (Ver figura 2A). El crecimiento de la actual flecha de Punta Umbría en sentido NO-SE colaboró a la colmatación del estuario y a la formación de la actual marisma del Odiel, lo que a su

vez ayudó al crecimiento en anchura de la flecha. Al mismo tiempo, se fue formando un extenso campo de dunas en la playa seca.

Ya no el S-XIX existen islas barrera a cuyo abrigo se forman marismas. Entre aquellos se abren bocas, pasos, golos o *rompidos* (de aquí el nombre del actual pueblo de pescadores de El Rompido, y posiblemente también de la Flecha del Rompido, pocas millas a poniente).

La corriente de transporte litoral neto es hoy día notable, como lo atestiguan las progresivas acumulaciones de arena a poniente de los diques de Punta Umbría y Huelva, así como la citada Flecha del Rompido, cuyo extremo (la *Punta del Gato*) ha registrado avances medios de alrededor de 35 m/año, punto que, aparte de ser citado en estudios geológicos consultados<sup>4</sup>, ha podido ser medido en el CEPYC sobre series fotogramétricas recientes.

#### 4. Geomorfología del país costero

La costa onubense se extiende, como se ha especificado anteriormente, entre las desemboca-

<sup>3</sup> Es curioso observar, actualmente en días de temporal de poniente, incluso no muy fuerte, un verdadero río de arena ciñéndose al dique de contención de arenas que conforma la margen derecha del canal de Huelva, haciéndose progresivamente más estrecho, hasta alcanzar unos 30 m —dependiendo de la intensidad del temporal— en el morro, para expandirse posteriormente a lo ancho de la bocana.

<sup>4</sup> De la obra «Historia y Dinámica de nuestra costa» (C.J. Dabrio. Cartaya. 1982)

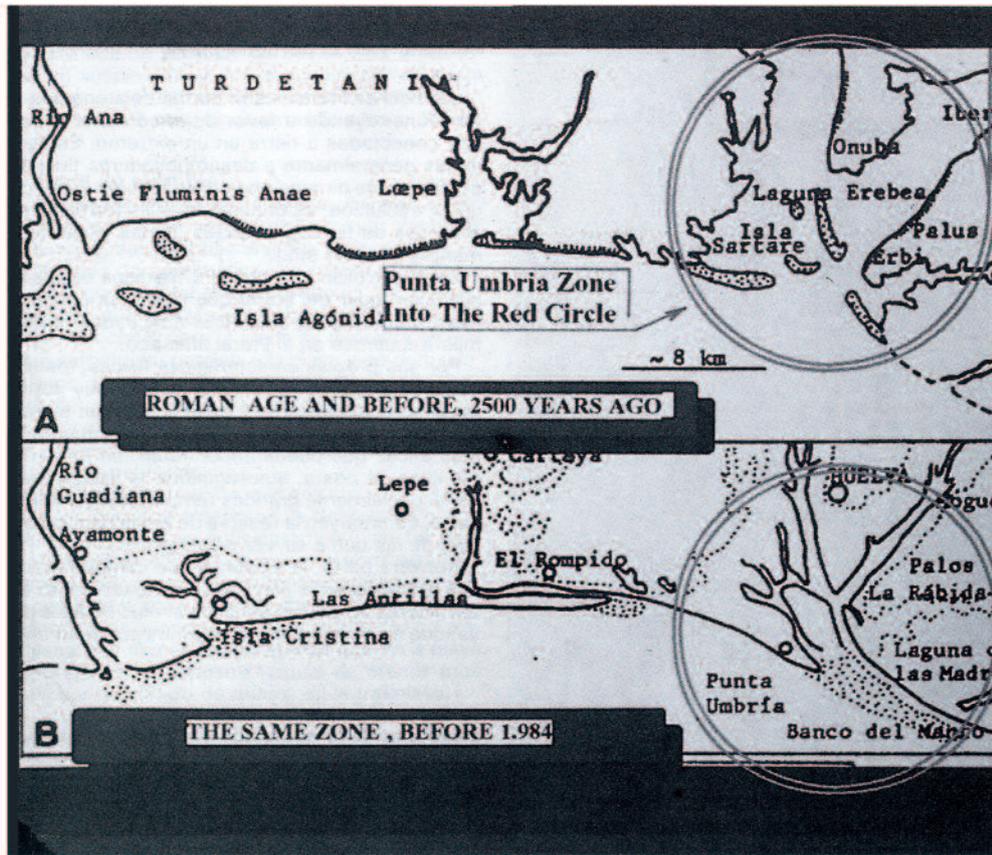


Figura n.º 2. Evolución de la costa onubense desde la época romana

duras de los ríos Guadiana y Guadalquivir, en una longitud en torno a los 145 Km, formando un arco suave, cóncavo hacia el SO, orientado en su extremo occidental en dirección N-80°-O y E-70°-S en el oriental. Las aguas que la bañan son las del Golfo de Cádiz.

Debido a los procesos geológicos históricos, suficientemente descritos en el apartado anterior, se han creado unas formas costeras típicas de desembocaduras de cauces fluviales en régimen prácticamente continuo y de perfil de equilibrio suave en su último tramo, siendo frecuentes las formaciones de barras, puntas, flechas y esteros fangosos.

En la zona objeto de estudio, el perfil de la franja costera adquiere dos particularidades que se han de resaltar:

- ◆ Por un lado, los cauces fluviales llevan asociada en su desembocadura, una extensión apreciable de marismas, separadas del mar por barreras arenosas. Estas formaciones son creadas a merced de la corriente litoral.
- ◆ Entre Ayamonte y Punta Umbria se ha formado una franja de sedimentos arenosos recientes que protegen el cantil de arenas silíceas, dejándolo inactivo e inhábil para aportar material a la dinámica litoral, al menos, de forma directa, al no ser atacado por el mar.

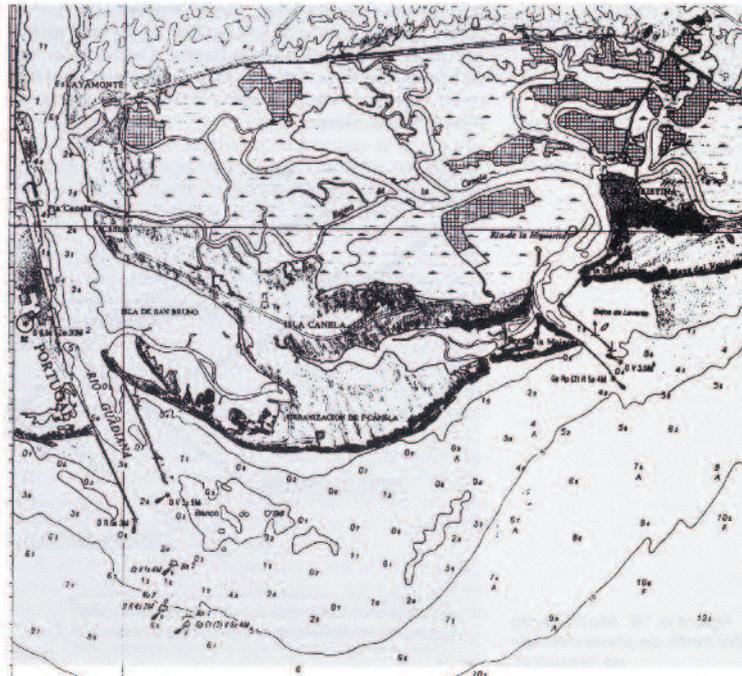


Figura n.º 3. Desembocadura del Guadiana. Limite oeste de la unidad fisiográfica

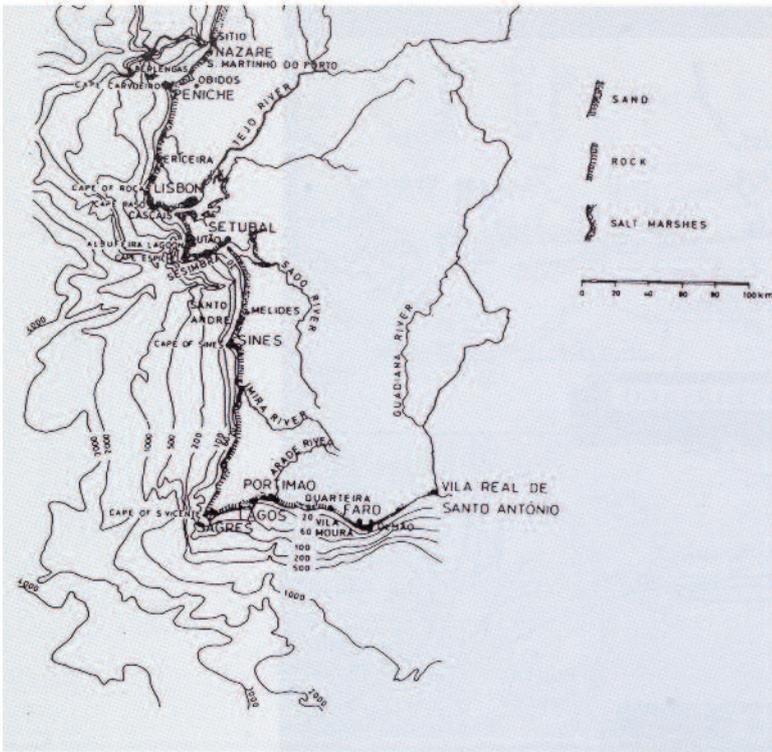


Figura n.º 4. Zona portuguesa del Golfo de Cádiz.

La localidad de Punta Umbría ha sido edificada directamente sobre una flecha litoral, en la desembocadura de los ríos Tinto y Odiel, invadiendo en numerosos casos la zona marítimo-terrestre. Es fácil comprobar, por el trazado de numerosas calles, como la población se ha ido adaptando al crecimiento de la flecha. Debido a la importancia de este tipo de formaciones en la dinámica litoral, merece la pena profundizar un poco más en este punto.

Las flechas litorales, los arenales costeros y su influencia en el perfil de playa

Las flechas litorales son barras de arena que se van construyendo a favor de la corriente y quedan conectadas a tierra en un extremo. Están ligadas generalmente a desembocaduras fluviales de diferentes dimensiones, y en función de su origen y evolución, se generan en ellas formaciones arenosas de tipología variada (dunas vivas, fijas, mantos eólicos, etc.).

Se desarrollan a pequeña y mediana escala en cualquier lugar del litoral que reúna las condiciones topográficas y dinámicas adecuadas, siendo más frecuentes en el litoral atlántico.

Por sus propias características físicas, los arenales costeros tienen un significado muy importante en el ecosistema y dinámica litoral: ejercen el papel de «muro defensivo», probablemente, el más eficaz que pueda encontrarse, en primerísima línea de costa, amortiguando la acción marina, especialmente grandes temporales, y por otra parte, constituyen la reserva de arena para las playas, de las que a su vez se surten.

Por otra parte, la existencia de campos de dunas ubicados en la playa seca tiene un efecto determinante en el ciclo anual de evolución de la playa, que a continuación se describe someramente.

Esquema de la evolución del perfil de playa

a) Perfil de SWELL

El oleaje, en su aproximación a la playa, deja sentir sus efectos sobre el fondo aproximadamente a partir del momento en que la profundidad es menor que una semilongitud de onda. Desde ese momento, las partículas arenosas comienzan a agitarse alternativamente hacia adelante y hacia atrás. El perfil de playa se va modificando hasta equilibrar fuerzas sobre las partículas, con un balance neto que es generalmente de avance

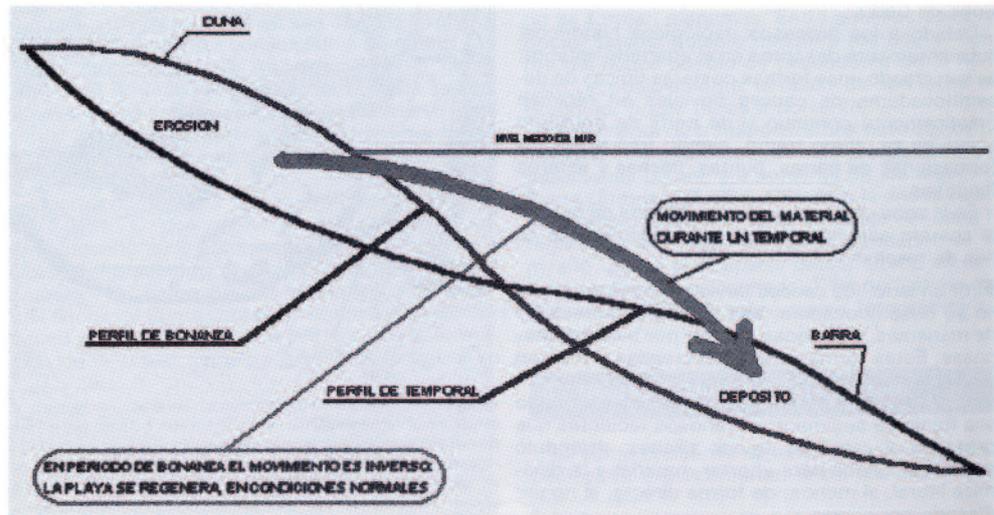


Figura n.º 5. Movimiento del perfil de playa durante un temporal.

hacia la orilla. En la zona de rompientes (también denominada de *surf*), las partículas más finas entran en suspensión y son arrojadas por el oleaje a lo ancho del estrán. Una parte vuelve al mar, pero el balance neto sigue estando a favor del depósito.

**b) Perfil de temporal**

Cuando tiene lugar un temporal, las olas llegan a la orilla en mayor número y con mayor transporte de agua, saturándose la arena y elevando el nivel freático, lo que implica una menor filtración y se traduce finalmente en corrientes de retorno mayores, que fuerzan erosiones más fuertes. La playa retrocede, pero la arena se deposita en una barra sumergida, paralela a la playa y no demasiado lejos de la orilla. Esta barra ejerce un papel de filtro del oleaje, dado que, en función de sus dimensiones, no permite pasar a olas superiores a una determinada altura, obligándolas a romper por efecto del fondo.

La figura 5 ilustra este mecanismo

De los párrafos anteriores se desprende que si una playa no es lo suficientemente ancha para permitir tomar el perfil de invierno con barra (por ejemplo, por permitirse la construcción demasiado cerca de la línea de orilla), las olas seguirán pasando y erosionando lo que va quedando de playa seca. Por ello es **fundamental** que cada playa disponga de su depósito natural de arenas (que suele ser un campo de dunas) en la trasplaya.

**5. Punta Umbría: El problema**

**■ La Naturaleza**

La disponibilidad de arenas en la costa onubense es inmensa, lo cual supondrá, a efectos de insuficiencia de calados, un problema *constante* en numerosos puntos del litoral, a la par de una eficaz defensa de la costa en la mayoría de su trazado, siempre que se permita su evolución de forma natural en la medida de lo posible.

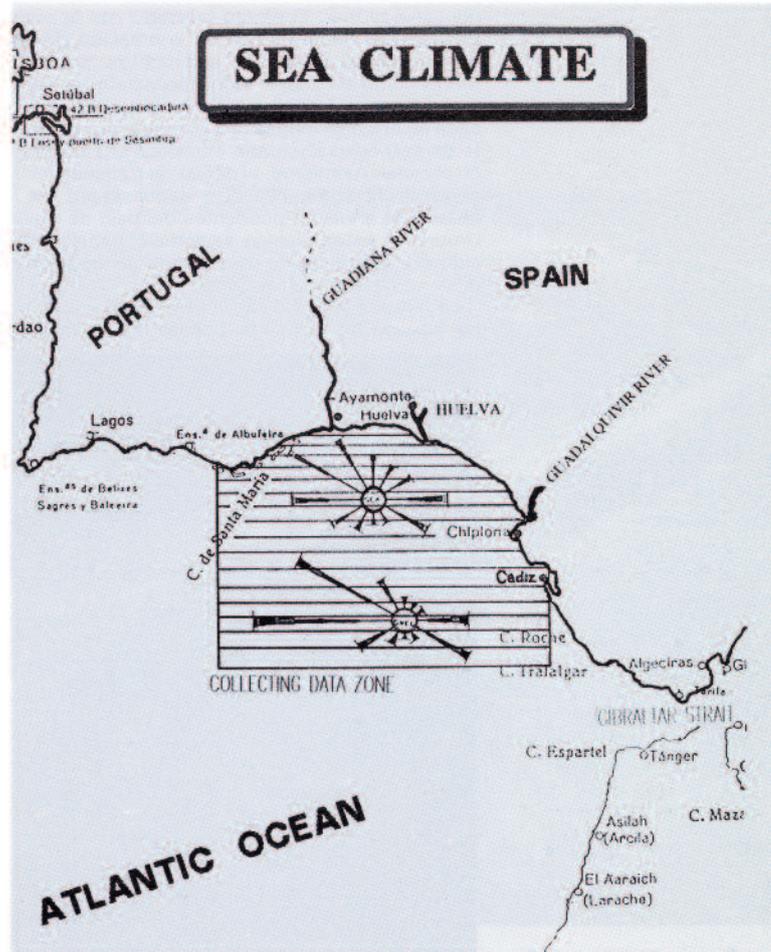
**■ El desarrollo urbanístico**

Como gran parte de las localidades costeras con ingresos relevantes procedentes de la actividad turística, Punta Umbría ha visto crecer su estructura urbana muy rápidamente, y como también ha ocurrido en numerosos puntos del litoral español, con poca consideración a sus formaciones arenosas costeras, bien por desconocimiento de su funcionamiento<sup>5</sup>, o bien por otras razones de dudosa catalogación en cuanto al respeto a la Naturaleza.

El crecimiento de la localidad ha ido asociado al crecimiento de la flecha, como el trazado de sus calles, paralelo a las sucesivas alineaciones de la línea de orilla, denuncia.

El problema de **regresión** de la playa de Punta Umbría parece provocado artificialmente por la

<sup>5</sup> No hay que olvidar que la Ingeniería de Costas es aún hoy ciencia muy joven y en desarrollo; alguno de sus campos, como es el conocimiento de la evolución del perfil transversal de playa, no está lo suficientemente desarrollado.



histórica invasión de la zona marítimo-terrestre y sus depósitos de arena por la primera línea de edificación, dificultando o impidiendo la formación completa del perfil de temporal de la playa y por tanto, la regeneración de su perfil de bonanza.

Figura n.º 6. Clima marítimo en el Golfo de Huelva.

**■ La construcción del dique**

La actual planteamiento del dique de Punta Umbría provoca que el oleaje dominante incida con una oblicuidad muy pequeña, lo que facilita la casi detención de la corriente, con la consecuente decantación del material sólido en suspensión, que queda a merced de la llenante y vaciante, facilitándose así su entrada y deposición en la ría, por difracción del oleaje y corriente de marea.

El trazado del dique de Punta Umbría ha cortado literalmente la progresión de la flecha litoral. Ello ha provocado que el trozo de flecha situado a levante del dique se transforme en lo que hoy es el *Bajo de Nueva Umbría*.

El objeto perseguido inicialmente (lograr la progresión de la playa), se ha visto coronado por el éxito; sin embargo, no se ha tenido en cuenta la circulación de las arenas, con vistas al efecto causado a levante del mismo, en la desembocadura

del canal al mar. El efecto buscado con la construcción del dique estriba en la creación de una barrera parcial al paso de sedimentos, tanto por fondo como en suspensión, facilitando su depósito a poniente; no obstante, la difracción provocada en el oleaje induce una corriente por gradiente de sobreelevación que introduce el sedimento en el canal. Asimismo, el déficit de transporte longitudinal se compensa con la puesta en movimiento de arenas procedentes del bajo de Nueva Umbría. A estos efectos se suma el papel producido por el prisma de marea, que tiende a introducir sedimentos en la Canal.

La hidrodinámica de la desembocadura del canal hoy día no es buena, puesto que la vaciante

de marea incide casi normalmente a la corriente de transporte sólido litoral inducida por la oblicuidad del oleaje en rotura, creando a la salida de la ría un punto singular.

#### ■ Elevación del nivel del mar

La elevación del nivel del mar debida a cambios climáticos tendría mayor importancia en las costas bajas, como serían en España, la del Golfo de Cádiz y Delta del Ebro además de tramos aislados en otras zonas. Sin embargo, dado que se trata de un efecto a medio-largo plazo, no se ha tenido en cuenta en el presente estudio.



Figura n.º 7. Vista aérea de la playa y el dique.



## 6. Estudios realizados

### ■ Clima marítimo

El estudio del clima marítimo, basado en observaciones visuales del oleaje, permitió establecer las rosas de oleaje, tipo SEA y SWELL, con objeto de determinar los temporales que habían de ser estudiados.

### ■ Propagación de oleaje

Se efectuó un estudio de propagación de oleaje con un modelo<sup>6</sup> matemático parabólico de refracción-difracción, basado en la resolución de las ecuaciones de Berkhoff, con el que se pudieron delimitar las pautas de conducta del mismo en su aproximación a la costa. Para ello se utilizaron varios temporales, de diferentes rumbos y períodos, en condiciones de pleamar y bajamar.

### ■ Comportamiento hidrodinámico de las corrientes de marea

Con ayuda del modelo matemático MIKE21<sup>7</sup> se procedió a efectuar una simulación de las condiciones de marea en el sistema marismal de la desembocadura del Odiel. Para ello se tuvo en

cuenta el prisma de marea comprendiendo incluso la ría de Huelva.

## 7. Posibles soluciones

Ante todo, es preciso tener en cuenta que una solución ideal no existe. La gran abundancia de arenas en la costa hace temer que las operaciones de dragado no puedan ser evitadas.

No obstante lo anterior, se estima que la solución ideal para minimizar los problemas existentes en la actualidad pasaría por restituir el primitivo canal de salida al mar, dado que se trata de la salida natural de la ría. La mejor forma de hacerlo consistiría en construir un dique de encauzamiento, efectuar un dragado en el antiguo eje del canal, y verter entre los dos diques, el actual y el nuevo, siguiendo el esquema indicado en la figura adjunta. Con ello se restablecería la flecha y se minimizaría el ángulo de incidencia entre las dos corrientes. ■

<sup>6</sup> José María Grassa Garrido. Centro de Estudios de Puertos y Costas. Madrid 1990.

<sup>7</sup> Danish Hydraulic Institute

Figura n.º 8. Vista aérea del dique de Punta Umbria.

“La Bahía de Algeciras y su zona de influencia”

Francisco Benjumea Heredia

*Revista de Obras Públicas* vol. 141, nº 3.328,  
enero de 1994, pp. 77-79



## DEBATE

# La Bahía de Algeciras y su zona de influencia

Por Francisco Benjumea

El puerto allí establecido es el más importante del Mediterráneo en el tráfico de contenedores, habiendo recaído en la bahía durante el año 1.992 unos 12.000 barcos de los 70.000 que cruzaron el estrecho. Se ha desarrollado muy rápidamente pues hasta que se cerró la verja con Gibraltar en 1964 sólo había un puerto pesquero y una línea de ferrys que unía África con Europa. A partir de esta última fecha se han establecido en su contorno la refinería de CEPSA, la central térmica de los Barrios -las dos con pantalán para la descarga de crudos y carbón respectivamente- otra central térmica inmediata a CEPSA, que le suministra el fuel-oil, la importante factoría de Acerinox y las empresas de transporte mayores del mundo "Sea Land" y "Mærsk, P.", que han reconocido las magníficas características de esta bahía por su emplazamiento entre dos mares, dos continentes, y el buen calado en todo su perímetro.

Por este motivo, aunque ahora parece aquello muy amplio, es de temer que en un futuro no muy lejano se encuentre al límite de su capacidad, como le ocurre al puerto de Rotterdam, y para sacarle el máximo provecho conviene disponer de un Plan preciso completado con unas ordenanzas severas que afecten tanto a las posibles nuevas instalaciones portuarias como a los terrenos que deben reservarse para depósitos de mercancías, industrias y cualquier otro servicio que guarde relación con el movimiento marítimo.

Aunque la mayor parte de los contenedores que llegan a este puerto se dis-

tribuye en barcos de menor capacidad a otros más pequeños, como Valencia, Marsella y Casablanca, hay que pensar y desear que también se beneficie el territorio español de sus ventajosas condiciones para las importaciones y exportaciones de toda clase de mercancías, lo que no puede aprovecharse actualmente por sus malas comunicaciones con el interior, tanto ferroviarias como por carretera, temas que trataré más adelante con detalle. Pero empiezo ahora a señalar los problemas que presenta la población de Algeciras para los accesos al puerto, manteniéndose los pasos a nivel para el primitivo, y evitado para el construido no hace muchos años en los Muelles de "Sea Land", con un túnel bajo el hotel Cristina y cruces a distinto nivel. Ahora bien, esta población va creciendo y lo mismo ocurrirá con las instalaciones portuarias, por lo que debe preverse cuanto antes soluciones que satisfagan los intereses urbanos y portuarios. Posiblemente pudieran conectarse las vías existentes de los dos muelles para suprimir el acceso primitivo ferroviario y concentrarlo todo en el posteriormente realizado que no perturba el tráfico urbano. Y pensando en el desarrollo futuro quizá fuera conveniente prever la construcción de tramos de vía ferroviaria paralelos a la orilla del mar que se enlace con el interior por los lugares que menos trastorno ocasionen.

Las infraestructuras de transporte terrestre están muy influidas por los desplazamientos de los grandes puertos y a tal efecto puede apreciarse en los planos de carreteras y ferrocarriles, como se

acumulan en las proximidades del citado de Rotterdam y en el de Amsterdam. Desgraciadamente no ocurre esto respecto a Algeciras, cuya bahía no ha sido apreciada en su verdadero valor hasta hace poco tiempo y es ahora cuando debería contemplarse este tema en el Plan Director de Infraestructuras.

Bajo dos puntos de vista considero que debe estudiarse esta cuestión: pensando sólo en los intercambios de mercancías que les pueda favorecer este puerto y como atractivo para la implantación de industrias que les resulte beneficioso las citadas circunstancias.

Esto último, implica también un estudio de ordenación del suelo, lo cual es muy transcendente en este caso ya que hay que evitar perjuicios para la franja turística de la Costa del Sol, que por su lado occidental está prácticamente lindando con la bahía. Consideraré por separado los accesos por ferrocarril o carretera.

El trazado de la línea Algeciras-Ronda-Bobadilla para enlazar con la línea Málaga-Córdoba no es fácil en su primer tramo, pero podría mejorarse mucho suprimiendo el bucle que se hace para llegar a la estación de Ronda, que está a cota alta, construyendo una nueva, aunque está distante del centro urbano, y también es preciso electrificarla.

Con ello los enlaces con Málaga, Granada, Córdoba y Sevilla quedarían atendidos, pero valdría la pena considerar la conexión con Levante, asunto que tiene un especial interés para la mayor parte de Andalucía. Esto se conseguiría enlazando la estación Baza-Linares con Albacete o mejor con la estación de La Encina

## DEBATE

y en todo caso en un punto intermedio de ese línea.

Con ello estimo que se podrían ahorrar unos 100 km. de recorrido y suprimir la molesta maniobra que hay que realizar en la estación de Alcázar de San Juan, donde en la actualidad se cambia el sentido del tren. Por otra parte, en la revista "Trenes de Hoy" del mes de febrero de 1988 se dice que "la línea férrea de Baeza a Albacete está siendo inventariada para ser posteriormente desmantelada y subastados los materiales".

También se informa que se encuentra construida toda la infraestructura y tendida la vía en 80 km. Es lamentable que no se haya estudiado este asunto para efectuar la conexión que cito anteriormente, que por lo que se refiere al puerto de Algeciras, facilitaría transportes más rápidos que los que actualmente se efectúan por barcos pequeños.

Respecto a las comunicaciones por carretera de la repetida bahía con el interior es muy importante utilizar lo menos posible la autovía de la costa para respetar la zona turística, a cuyo efecto propongo que sólo quede afectada en lo más indispensable que es, para pasar al valle del Guadalhorce por el puerto de Ojén, donde deberán construirse túneles de cierta importancia. pasado este lugar, de difícil trazado, se continuará hasta las proximidades del Alora para seguir aproximadamente la C-337, que pasa por el Valle de Abdalajiz, y para acortar su recorrido y eludir la travesía de Antequera, sugiero desviar su trazado en el último tramo hacia el oeste, que probablemente exigirá la construcción de otro túnel, estableciendo el cruce y conexión con la autovía Sevilla-Granada donde ésta enlaza con la N-331 y a partir de ese punto conectar con la autovía proyectada Córdoba-Antequera, que estimo no debiera utilizar la calzada de la N-331, reservándola para aquella rica zona agrícola.

Al llegar a las proximidades de Luceña convendría efectuar una bifurcación manteniendo la prevista para Córdoba y construyendo otra nueva con dirección a Torredongimeno-a 17 Km. de Jaén-y conectando las proximidades de Mengibar con la autovía aprobada de Bailén a Granada. Parecido a lo tratado para el ferro-

carril planteo la gran conveniencia de enlazar Andalucía con Levante con una vía de gran capacidad, lo que pudiera conseguirse convirtiendo la N-322-Bailén-Albacete en autovía o mejor un nuevo trazado sin condicionar el paso por Linares, Ubeda, Villacarrillo y Albacete para conectar con N-430 lo más cerca que se pueda de Almansa y conseguir el menor recorrido hasta Valencia. Pudiera objetarse que no he considerado la conexión de Granada con Murcia por Puerto Lumbreras, pero este recorrido resulta más largo sobre todo para las cuatro capitales de la Andalucía Occidental, que les representaría alargarlo en unos 120 km.

El enlace propuesto Marbella-Bailén acortaría aproximadamente 110 Km. el recorrido actual, lo que además de ser muy interesante para el puerto de Algeciras, beneficiaría extraordinariamente a la Costa del Col, dejando su centro -Marbella- a unos 500 km. de Madrid, lo que unido a circular por una pista de primera clase y evitar las circunvalaciones de Córdoba y Málaga supondría una reducción muy sensible del tiempo que se invierte en este recorrido, representando una justa reivindicación para Málaga, que es de las muy pocas capitales de provincia que carece de una conexión directa con Madrid por autopista o autovía.

También interesa por atravesar zonas de posible emplazamientos industriales, no afectar a urbanizaciones existentes y dar acceso a lugares de interés turístico como son el Torcal de Antequera, los embalses del Guadalhorce y el desfiladero de los Gaitanes. Para terminar el tema de carreteras que ayudarían a utilizar mejor el puerto de Algeciras es interesante la mejora o conversión en autovía de la C-440, entre los Barrios y Jerez de la Frontera, conectando con la autopista Sevilla-Cádiz.

En cuanto a la ordenación del suelo considero que lo más urgente es la delimitación de las zonas que queden reservadas a la expansión urbana de Algeciras y los diferentes servicios relacionados con el puerto, incluyendo almacenamientos e industrias, lo que pudiera extenderse por autovía de la costa hasta San Roque.

Por otra parte deben de estudiarse los

posible emplazamientos por el valle del Guadalhorce de manera que afecte lo menos posible a los lugares pintorescos y regadíos, así como les resulte fácil el suministro de agua, que puede conseguirse en las proximidades del río Grande o elevándola de los canales de riego. El establecimiento de industrias en esta zona favorecería extraordinariamente a Málaga que teniendo antecedentes de estas actividades vive en la actualidad de los Servicios principalmente, lo que es peligroso para una ciudad cuya población excede ampliamente del medio millón de habitantes.

No quiero terminar estas consideraciones generales sobre el puerto de Algeciras sin hacer referencia al paso por nuestro territorio de los marroquíes que en sus vacaciones veraniegas se trasladan de distintos países europeos a su patria. Aunque se ha intentado organizar estos viajes de forma que se eviten concentraciones que les perjudican, igual que a los usuarios españoles que utilicen las mismas carreteras, así como a la población de Algeciras cuando no pueden embarcar rápidamente, hasta ahora no se ha conseguido una solución satisfactoria.

Estimo que con las nuevas autopistas o autovías he propuesto se acortaría sensiblemente el tiempo que actualmente invierten en atravesar España, lo que debería mejorar la situación existente, pero sugiero además una alternativa ferroviaria con trenes que puedan transportar pasajeros y vehículos, partiendo de las fronteras de Irún y Port-Bou hasta Algeciras y permitan introducir los vagones cargados en "ferrys" que los conduzcan a Tánger, para continuar por la línea marroquí Tánger-Fez. Como el ancho de esta vía es como la francesa deberían estar preparados esos barcos para efectuar el cambio de ejes u otra operación durante la travesía. Para la financiación de este programa e incluso para ofrecer tarifas reducidas en estos transportes especiales estaría justificado un acuerdo entre la CE y los Gobiernos Español y de Marruecos donde se hiciesen las aportaciones económicas y se dicten normas sobre su funcionamiento, así como se estimularía la utilización del ferrocarril exigiendo el pago de peaje tanto en las autopistas como en las autovías. ■

“Reparación del dique de abrigo de  
Carboneras”

Joaquín Navajas Vega, Manuel Ignacio  
Hernando Martín, Juan Miguel Pérez  
Rodríguez y otros

*Revista de Obras Públicas* vol. 147, nº 3.398, mayo  
de 2000, pp. 83, 85, 87 y 89



## OBRAS DE ACTUALIDAD

# Reparación del Dique de Abrigo de Carboneras

Joaquín Navajas Vega. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

*Autor del proyecto, Director de Proyectos del Departamento de Puertos y Obras Marítimas de Alatec.*

Manuel Ignacio Martín Hernando. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. *Director de Obra del Dique Hisalba (Alatec).*

Juan Miguel Pérez Rodríguez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. *Jefe de Obra de Dragados Construcción P.O.*

Edmundo Balbontín Bravo. Ingeniero Industrial. *Jefe del Servicio de Métodos de Dragados Construcción P.O.*



Dique Hisalba. Casi finalizada la obra.

**E**l análisis del proceso, la consideración de los objetivos de producción diaria que corresponden a cada una de sus fases y la sensatez al evaluar la dificultad de alcanzarlos, constituyen una firme plataforma en la que apoyar las inquietudes de mejora.

La reparación del dique de abrigo de Hisalba en Carboneras (Almería) ha proporcionado un ejemplo de la aplicación de estas ideas sencillas, con resultados notables en la productividad y coste del proceso.

### PLANTEAMIENTO

El Proyecto de Reparación del Dique de Abrigo de Hisalba en Carboneras (Almería) definía la solución de refuerzo mediante la colocación de bloques de 5 y 30 t. De acuerdo con la medición inicial, se aportarían 31.230 unidades, siendo 22.930 de 5 t y el resto, 8.300, de 30 t.

Los bloques de 5 t y el 36% de los de 30 t se habían de colocar por vertido marítimo. El resto se colocaría con grúa

desde tierra. El compromiso de plazo obligaba a una producción diaria media superior a 130 y 50 unidades de 5 t y de 30 t, cifras que se corresponden con un consumo diario de unos 950 m<sup>3</sup> de hormigón.

Por el volumen de hormigón, y el presupuesto acorde con éste, la obra puede considerarse relativamente modesta entre las de su tipo, por lo que su ejecución no debería ser problemática diseñando el proceso según el modelo de algunas de las abundantes experiencias anteriores de mayor envergadura.

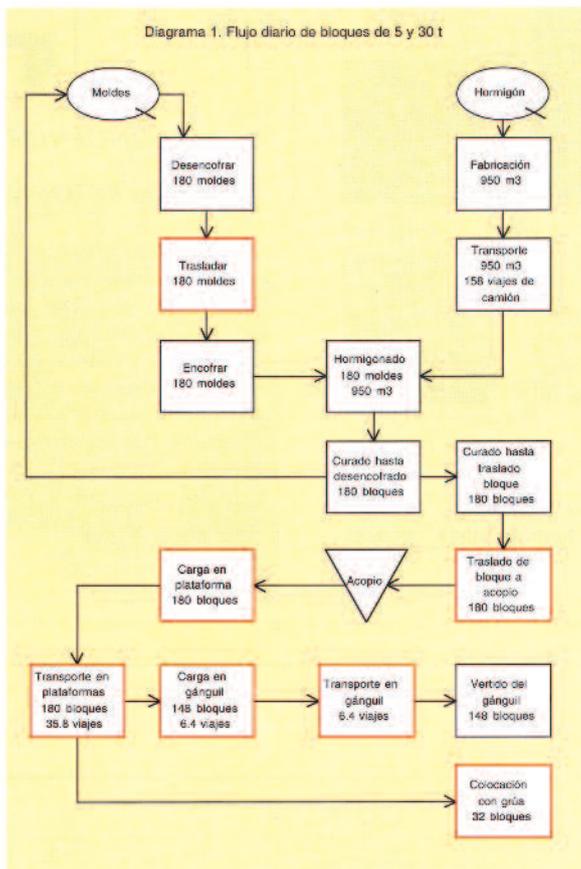
No obstante, hay una diferencia importante a considerar: los bloques habituales de obras portuarias suelen ser de tamaños superiores a 30 t, sin que sean excepcionales los de 100 t, por lo que se pueden conseguir grandes volúmenes diarios produciendo 40 o 50 bloques. Esta obra, en cambio, debe procesar 180 bloques al día, cifra que cuadruplica las habituales.

## PRIMERA APROXIMACIÓN AL PROCESO

En el Diagrama 1 se cuantifica, en las diferentes fases del proceso, el flujo diario total congruente con la producción mínima requerida. Se destacan en rojo las manipulaciones y transportes de moldes y bloques.

Para sopesar los aspectos de este objetivo que puedan presentar dificultades, las cifras siguientes pueden ser suficientemente significativas:

- ▼ Manipulaciones. Cada día habrá que realizar 720 movimientos de piezas, con la siguiente descomposición:
  - ◆ 180 traslados de moldes a encofrar.
  - ◆ 180 bloques a acopio.
  - ◆ 180 bloques cargados en plataformas o góndolas.
  - ◆ 148 bloques cargados en gánguil.
  - ◆ 32 bloques colocados con grúa.
- ▼ Transportes. Se deberá conseguir las medias siguientes:
  - ◆ 35.8 viajes de góndola.
  - ◆ 6.4 viajes de gánguil.



▼ Volumen de hormigón. Se colocarán 950 m<sup>3</sup>/día.

Como era de esperar, por tratarse de bloques de poco volumen, el sub-proceso del hormigón resulta de unas dimensiones manejables. En cambio, la manipulación es el aspecto más digno de atención y, por tanto, la dirección prioritaria de cambio del proceso debe ser la reducción de los ciclos de las manipulaciones y de su número, lo que provocará también la reducción de los ciclos de transporte y, en consecuencia, de las dotaciones necesarias de medios.

## PROCESO INNOVADO

La mejora del proceso se ha fundamentado en la idea básica de reducir las manipulaciones, tanto de los encofrados como de los bloques. Esta idea sólo puede concretarse en métodos que afecten bien al número de etapas del proceso o bien al número de piezas manipuladas a la vez. La primera vía no ha ofrecido

oportunidades de cambio, pero la posibilidad de tratar conjuntos de piezas en lugar de unidades sueltas abrió dos vías posibles:

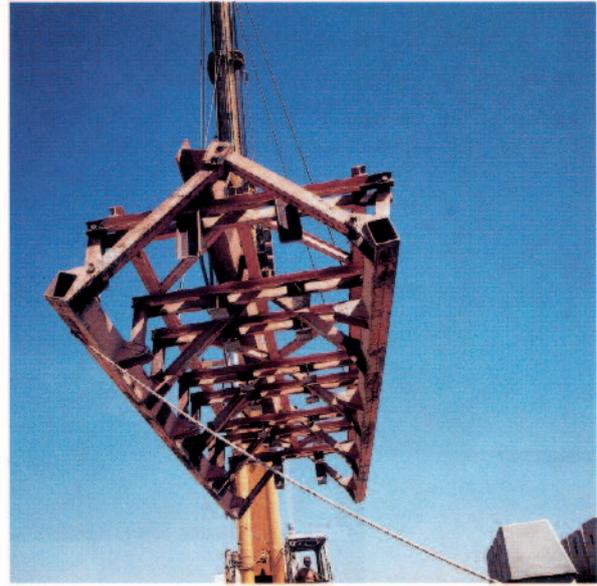
- ▼ Procesar conjuntos de 5t y unidades sueltas de 30 t.
- ▼ Definir conjuntos para los dos tipos.

Se ha considerado que elevar la carga a 60 t, moviendo de dos en dos los B30, no tenía gran interés por los siguientes motivos:

- ▼ La producción de bloques de 30 t no es importante.
- ▼ Los medios de manipulación serían de tamaño y coste horario mayores.
- ▼ El número de bloques de 5 t que se pueden asociar en un conjunto debe ser tal que el encofrado múltiple no se deforme al desencofrar de modo apreciable para evitar problemas en esta operación. Esta consideración haría que la capacidad de carga de los medios estuvieran bien aprovechados con pares de bloques de 30 t (pocos) y muy mal con conjuntos de B5 (muchos).



Desmoldeo de un grupo de 4 bloques.



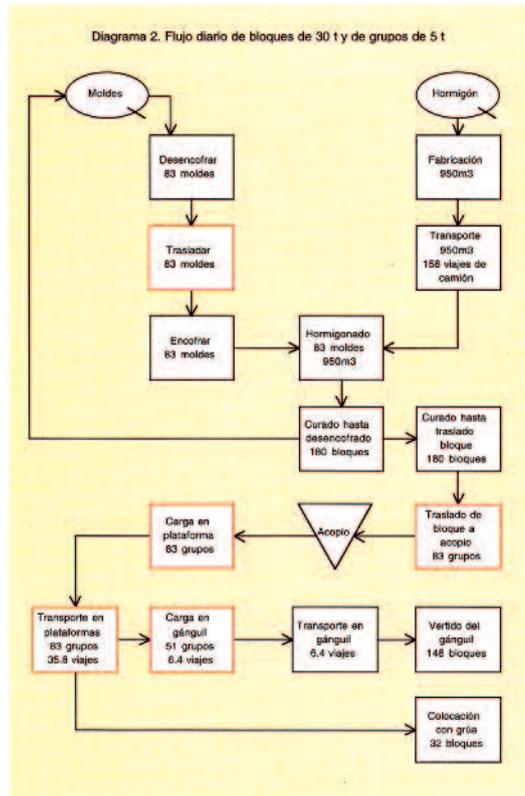
Pinza para manipular un grupo de 4 bloques.

En estas reflexiones se basa la elección de manejar los bloques de 30 t de uno en uno y los de 5 t en conjuntos de 4 unidades. De este modo, las cargas son bastante parecidas y pueden ser utilizadas grúas similares e intercambiables.

El trabajo sobre conjuntos de 4 bloques a lo largo de todo el proceso requería solucionar dos aspectos:

- ▼ elección del tipo de encofrado de más fácil adaptación a la idea de un molde múltiple.
- ▼ La definición de las pinzas para la manipulación segura de los conjuntos de bloques.

La solución habitual de encofrados con laterales giratorios daría lugar a moldes complicados y caros. Esto motivó la elección de un sistema de moldes fijos, a modo de flaneras, tanto para los conjuntos de 4 B5 como para los B30. Para asegurar la extracción de los encofrados se previó el uso de hi-

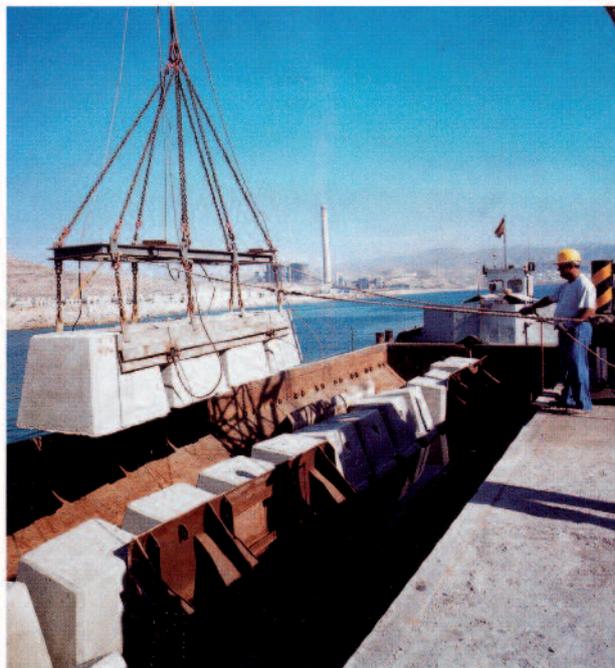


dráulicos, montados en el balancín del pórtico. En la práctica, la concididad dada a las piezas ha sido suficiente para reducir su uso a casos excepcionales.

Por otro lado, la naturaleza fija de los moldes ha simplificado el trabajo de pórtico y de mano de obra con el encofrado, reduciéndose su ciclo al orden de la mitad.

En relación con la elección del tipo de pinzas, se ha adoptado el de presión para los bloques de 30 t. Para mover conjuntos de 4 B5 no se consideró seguro utilizar este tipo ante la eventualidad de que las posibles deformaciones de los moldes dieran lugar a presiones irregulares de la pinza sobre los bloques. Se decidió sujetar por forma, dotando con dos uñas por bloque a la pinza.

El Diagrama 2 indica el flujo diario total en cada fase. Las operaciones afectadas en su frecuencia o duración se han destacado en rojo, quedando las siguientes cifras:



Manipulaciones de grupos de 4 bloques.

▼ Manipulaciones. Cada día habrá que realizar 332 movimientos de piezas, un 46 % de los previstos inicialmente, con la siguiente descomposición:

- ◆ 83 traslados de moldes de 30 t o de conjuntos de cuatro unidades de 5 t a encofrar.
- ◆ 83 bloques de 30 t o grupos de 4 bloques de 5 t a acopio.
- ◆ 83 bloques o grupos cargados en plataformas o góndolas.
- ◆ 51 bloques o grupos cargados en gánguil.
- ◆ 32 bloques colocados con grúa.

▼ Transportes. No se altera el número pero sí la duración:

- ◆ 35.8 viajes de góndola. Para cargar 12 bloques de 5 t en una góndola bastan 3 ciclos de grúa. Igualmente en la descarga. El ciclo de transporte se reduce muy notablemente.

◆ 6.4 viajes de gánguil. Debido a la influencia del tiempo de carga en el ciclo del gánguil, ha sido suficiente un solo gánguil trabajando un turno.

Una vez finalizada la fabricación, la producción media diaria ha sido superior al objetivo inicial: con el taller funcionando a régimen, durante varios meses, se han superado cifras diarias de 200 unidades de 5 t y de 60 de 30 t.

El proceso implantado es fruto del esfuerzo compartido por el equipo de Supervisión y Dirección de Obra de Alatec con la organización de Dragados para lograr el objetivo común de optimizar el coste en las fases del proceso que no añaden valor al producto y de asegurar la calidad del proceso en las que sí lo afectan.

El logro del alto nivel de calidad requerido se ha asegurado mediante el control sistemático de los parámetros de densidad y compacidad del hormigón en bloques mediante ensayos con ultrasonidos, correlacionados con los resultados de resistencia a compresión simple de probetas testigo extraídas a diferentes edades. ■

“Remodelación del Puerto de Málaga”

Juan Pablo Gómez de la Fuente

*Revista de Obras Públicas* vol. 148, nº 3.411,  
junio de 2001, pp. 67, 69, 70, 71, 73



## OBRAS DE ACTUALIDAD

# REMODELACIÓN DEL PUERTO DE MÁLAGA

JUAN PABLO GÓMEZ DE LA FUENTE. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. *Director de Obra.*



Vista general de las obras.

La Autoridad Portuaria de Málaga tiene prevista una remodelación del puerto, en el que se contemple un cambio de uso de los muelles más próximos al casco urbano y la consecución de superficies de tierra que permitan una moderna y óptima explotación de las instalaciones portuarias.

### PROYECTO NUEVA SOLUCIÓN SUR, OBRAS DE ABRIGO Y 1ª FASE MUELLE Nº 9

Las obras del proyecto de " Nueva Solución Sur, Obras de Abrigo y 1ª Fase Muelle nº 9" ocupan una zona de unas 20 Ha situada al Sur del dique de Poniente actual y limitada al Oeste por la margen izquierda del río Guadalmedina.

#### Descripción de las obras:

Están integradas por:

1. Un muelle de 350 m de longitud de 16 m de calado, apto para atraques de buques de  $\geq 300$  m de eslora. El muelle cuen-

ta con una explanada trasera de 540 m de fondo para el almacenamiento y manejo de mercancías.

2. Un dique de cierre de la explanada de aproximadamente 1440 m de longitud con tres tramos diferenciados.

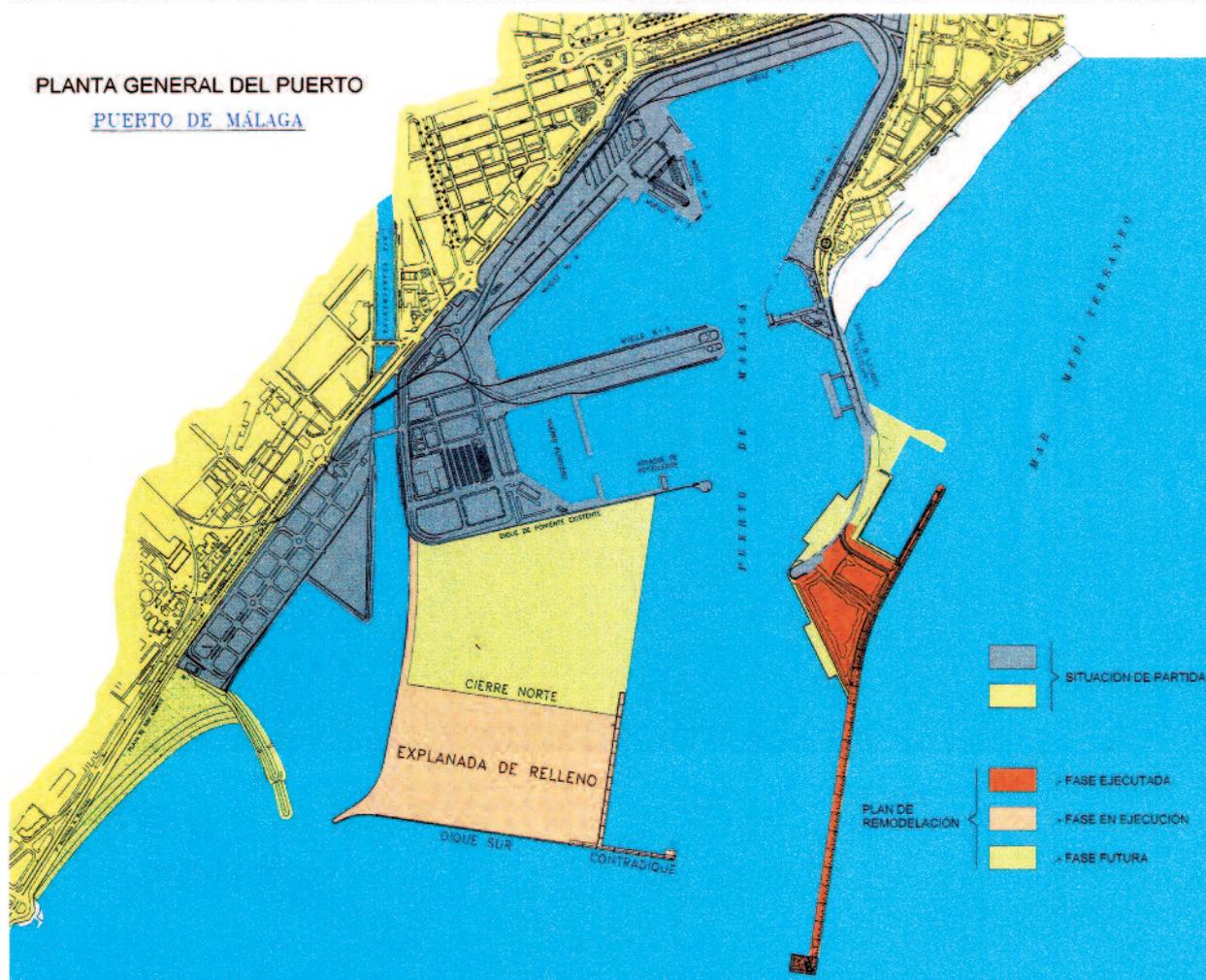
- Dique margen izquierda en talud, protegido con escollera de 1 tn., de 730 m de longitud, con origen en el inicio de la explanada adosada al contradique de Poniente actual.
- Dique Sur en talud, protegido con escollera de 6 tn., perpendicular al anterior, con origen en el mismo y que se extiende hasta el borde la alineación del muelle, con una longitud de 540 m
- Contradique vertical, como prolongación del anterior de unos 173 m, para dar abrigo al muelle.

El muelle está formado por 8 cajones de hormigón armado de 42,41 x 12,664 x 17,50 m cada uno.

El contradique está formado por 8 cajones de hormigón armado de estora variable x 12,664 x 17,50 m cada uno.

La ejecución de los cajones se efectúa mediante un Dique Flotante de gran capacidad.

PLANTA GENERAL DEL PUERTO  
PUERTO DE MÁLAGA



El dragado de la zanja se ejecuta con draga de succión en marcha de 6.000 m<sup>3</sup> de cántara, con vertido en una zona exterior a 5 millas de la costa determinada por la Autoridad Portuaria. El material fue caracterizado determinándose la aptitud para su vertido.

El vertido de la escollera de cimentación de los cajones se realizará mediante 2 gánguiles de 400 m<sup>3</sup> autopropulsados, de apertura por fondo.

El enrase de la banqueta de los cajones se ejecuta en dos fases, primero se desbasta la escollera 100-300 Kg de banqueta con una draga de succión en marcha, se recarga toda la superficie de apoyo con balasto y por último se refina el enrase con la misma draga y con una trailla submarina denominada *plough*, controlándose su acabado por hombras rana.

Una vez fondeados los cajones se rellenan mediante vertido terrestre con camiones.

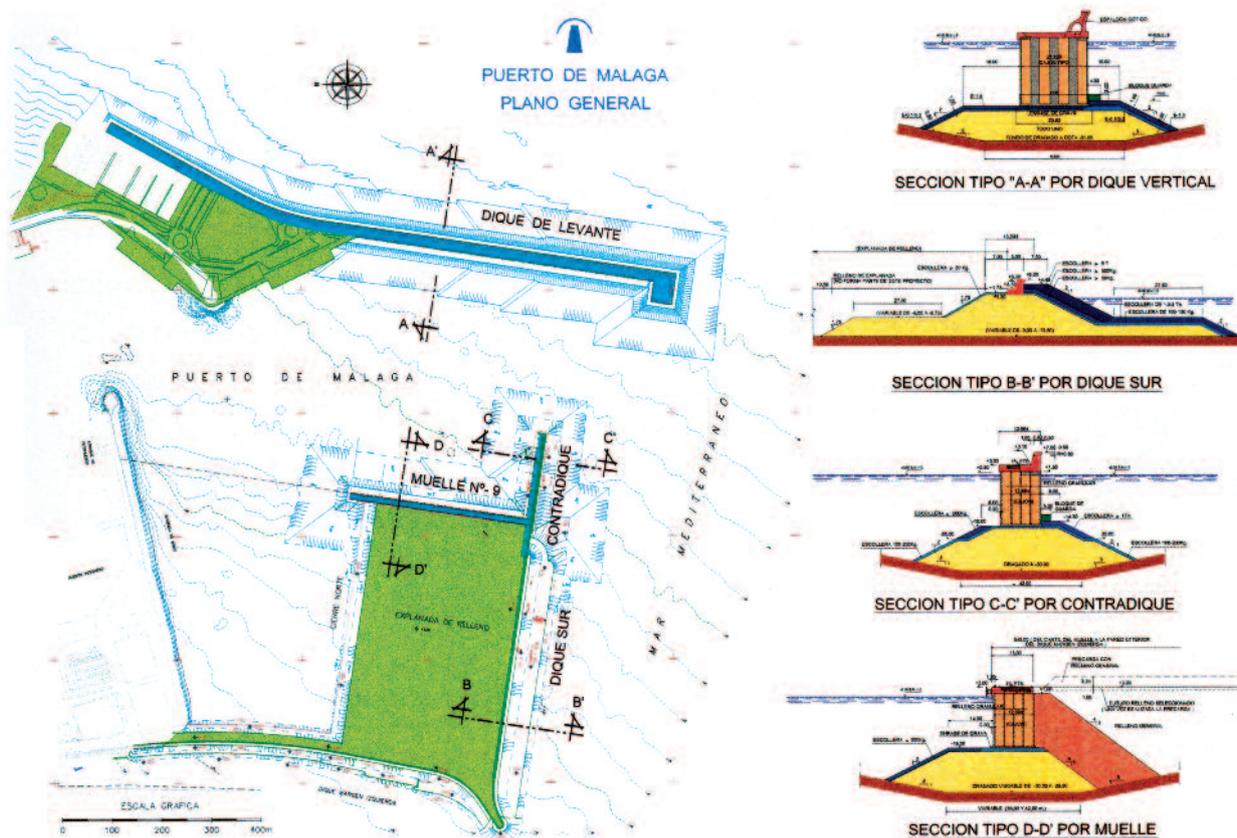
El acuerdo entre el dique en talud y el dique vertical, se ha resuelto protegiendo el talud con bloques de 20 tn.

La superestructura del dique de cierre consta, en el lado del mar de un espaldón coronado entre la +3.5 a +5 m, en la margen izquierda, a la +6 en dique sur y la +7 en contradique, en el lado tierra con una viga cantil.

Las unidades de obra más importantes de esta 1ª fase son:

|                                |                          |
|--------------------------------|--------------------------|
| - dragado: .....               | 1.736.000 m <sup>3</sup> |
| - Escolleras < 1t: .....       | 2.478.000 t              |
| - Escolleras > 1t: .....       | 138.000 t                |
| - Relleno celdas: .....        | 95.000 m <sup>3</sup>    |
| - H-250 cajones: .....         | 35.500 m <sup>3</sup>    |
| - H-200 superestructura: ..... | 12.000 m <sup>3</sup>    |
| - H-250 superestructura: ..... | 10.400 m <sup>3</sup>    |
| - H-200 bloques: .....         | 1.440 m <sup>3</sup>     |
| - Armaduras: .....             | 2.000.000 Kg             |
| - Cajones: .....               | 16 UD                    |
| - Pavimento HP: .....          | 4.000 m <sup>2</sup>     |





### PROYECTO DE PROLONGACIÓN DEL DIQUE DE LEVANTE

El proyecto adopta para la prolongación del Dique de Levante la configuración del dique vertical. Este dique está conformado por 30 cajones de 42,65 m de eslora, 21,128 m de maga en el fuste y 21,50m. de puntal, resultando una longitud total de 1.200 m. En el lado dársena del dique se habilita una línea de atraque con una longitud de 800m. y un calado de 20 m el resto de la longitud de dique, el tramo casi paralelo al dique actual, se recinta mediante dos motas y se rellena posteriormente. El plazo de ejecución es de 28 meses.

Para la realización del dique se tuvo que comenzar por el dragado de una zanja en el lecho marino que llegara al estrato resistente. Esta capa se encuentra en su parte más profunda a la cota -36 y en la menos profunda a la cota -25. El lecho marino se encuentra situado entre las cotas -20 y -15 respectivamente, resultando de esto unas profundidades de dragado comprendidas entre los 10 m y los 16m El ancho medio del fondo de la zanja va-

ría entre 43 y 50 metros, siendo los taludes laterales de la zanja 5H:1V.

Más del 80% de los materiales de cantera se han vertido por vía marítima, empleando para ello unas instalaciones auxiliares construidas para tal fin y situada a dos millas de la zona de vertidos, constando de un muelle de atraque de 100 m con dos rampas de carga, explanada para acopios intermedios y báscula. Se emplearon tres gánguiles de 400 m<sup>3</sup> de capacidad de cántara.

La banqueta para la cimentación de los cajones se formó con el vertido de 1,5 millones de Tm., de todo-uno, protegido por sendas capas de escolleras de 100 a 300 Kg. El enrase de la banqueta a la cota -20 se ejecutó mediante el empleo de una draga de orario.

Los cajones se fabricaron en el dique flotante, instalado en el interior del puerto, remolcándose tras la botadura directamente a su lugar de fondeo. Estos cajones, de 4.446 m<sup>3</sup> de hormigón son de los más grandes ejecutados en España por sus dimensiones, ejecutándose en un ciclo medio de 5 días, sin ninguna interrupción desde el inicio del hormigonado del fuste.



Ejecución del espaldón del dique de Levante.

Una vez conectado, a través de la mota sur, el dique existente con los primeros cajones fondeados, se procedió a rellenar las celdas, basculando directamente los camiones en ellas.

Los cajones se coronan con la superestructura del dique formada, en el lado del mar, por el elegante "espaldón gótico". En el lado de la dársena, en el tramo con atraque, se corona con la viga cantil del muelle, que soporta todos los accesorios: defensas, bolardos, escalas, etc.

Simultáneamente a estas operaciones se construye la otra mota del cierre del recinto, ejecutándose a continuación el relleno general de la explanada. Este relleno general y la zona central de la superestructura del dique se terminan con el afirmado.

Los taludes exteriores de las motas se protegen con escollera, colocada parte con grúa y parte mediante vertido con gánguil, del mismo modo que la escollera en mantos de la banquetta. La colocación de los bloques de guarda, con un peso unitario de 38 Tm., última protección externa del pie de dique.

Las obras ejecutadas desde el punto de vista de la explotación han aportado a las características del puerto fundamentalmente:

- Lámina de agua abrigada adicional de 50 hectáreas
- Línea de atraque interior de 600 metros, con calado operativo de 20 m<sup>2</sup>.

#### MEDICIONES MÁS SIGNIFICATIVAS

|                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Dragado en zanja y limpieza ..... | 2.301.703 m <sup>3</sup> |
| Todo-uno .....                    | 1.130.113 m <sup>3</sup> |
| Escolleras .....                  | 614.814 Tm.              |
| Hormigón .....                    | 191.015 m <sup>3</sup>   |
| Acero.....                        | 10.989.404 Kg            |
| Relleno de celdas.....            | 430.899 m <sup>3</sup>   |

#### FICHA TÉCNICA

**TÍTULO:** REMODELACIÓN DEL PUERTO DE MÁLAGA  
**OBRAS:** PROLONGACIÓN DEL DIQUE DE LEVANTE  
 NUEVA SOLUCIÓN SUR, OBRAS DE ABRIGO  
 Y 1ª FASE MUELLE Nº 9

**EMPRESAS:**

- UTE DIQUE MÁLAGA
- UTE 1ª FASE MUELLE Nº 9

La forman:

- DRAGADOS Obras Y Proyectos S.A. (Grupo DRAGADOS)
- Construcciones SANDO S.A. (Grupo SANDO)
- DRACE (Grupo DRAGADOS)
- URBASER (Grupo DRAGADOS)

**DIRECTOR DE OBRA:** ICC y P. Juan Pablo Gómez de la Fuente.  
 AUTORIDAD PORTUARIA DE MÁLAGA.

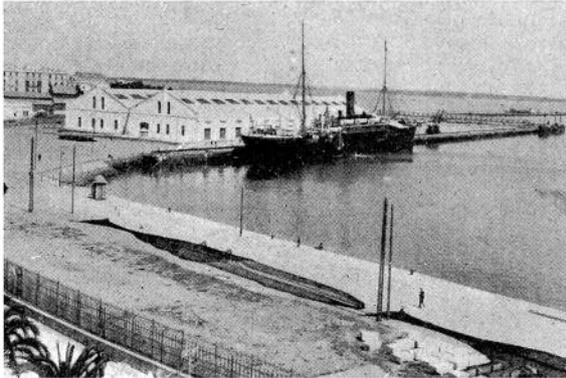
**GERENTE UTE**  
**DIQUE MÁLAGA:** ICC y P. Rafael Mey Alamela  
**GERENTE 1ª FASE**  
**MUELLE Nº 9:** ICC y P. Luis Aznar Alamazán  
**JEFE DE OBRA:** ICC y P. Diego Jiménez Jiménez

NOTAS DE  
REDACCIÓN  
(1923-2002)



### Depósito franco del puerto de Cádiz.

La zona del Depósito Franco comprende una superficie aproximada de ochenta y cuatro mil metros cuadrados, estando cercada por un muro de mampostería



de una longitud de 430 metros y una doble verja de 573 metros.

El muro de atraque tiene una longitud de 440 metros, con un calado mínimo de ocho metros en baja mar viva equinoccial.

Toda la zona está urbanizada, desde su comienzo, en las puertas de entrada, hasta el emplazamiento del tinglado número 1, y desde dicho punto hasta el final, en una anchura de 80 metros solamente.

El edificio construido para depósito de mercancías es un tinglado de 112 metros de longitud por 50 metros de ancho, formado por dos naves. Los muros son de hormigón; los cimientos, de hormigón armado, sobre pilotajes; las columnas, de hormigón armado; la armadura, de hierro y la cubierta de uralita (eternite). Tiene 28 lumbreras en los faldones de la techumbre que miran a Levante y 33 puertas metálicas correderas, de dimensiones comprendidas entre 2,50 metros y cuatro metros.

El pavimento, que se halla a 1,20 metros sobre la rasante del muelle, está constituido por una capa de 15 centímetros de hormigón de cemento y otra de tres centímetros, de asfalto.

En sus proximidades hay instalada una báscula para pesar carros hasta de seis toneladas.

La zona estará en breve surtida de agua para el servicio de incendios y aguada de los barcos que atraquen a su muelle.

*Vol. 71, nº 2.394, diciembre de 1923, p. 261*

\* \* \*

### Dique seco de carena en el puerto de Cádiz

En el importante concurso de proyectos y ejecución de un dique seco de carena para el puerto de Cádiz, han presentado proposición:

La Sociedad "Omnium Iberico" en nombre de don Eugenio Schneider.

La Empresa de Construcción de Sager y Werner, Sociedad Limitada.

La Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles.

D. Pío Ezcurra, y

La "Unión Naval de Levante".

Cuando cerramos este número, no ha sido resuelto el concurso.

*Vol. 73, tomo II, nº 2.422, febrero de 1925, p. 76*

\* \* \*

### El puerto de Sevilla

En Consejo de ministros ha sido aprobado un proyecto de reforma del puerto de Sevilla, con cuya ejecución, se convertirá en uno de los mejores y más seguros puertos españoles.

La navegación por el Puerto viejo y la Corta de Tablada, difícil en muchas ocasiones por la velocidad torrencial, se hará de manera segura, convirtiendo este trozo en una verdadera dársena de 10 kilómetros de longitud, por la que podrán navegar y en la que fácilmente atracarán los grandes navíos, que tendrán acceso a la misma, por una esclusa de 200 metros de longitud, colocada casi en el encuentro del Canal de Alfonso XIII (final de la Corta de Tablada) con el cauce antiguo del Guadalquivir.

El desagüe del río se logra abriendo un cauce nuevo que arrancará poco antes de llegar a Sevilla, en La Cartuja, y encontrará al antiguo en la vuelta de San Juan. Este cauce se abrirá por detrás del barrio de Triana, quedando éste incorporado a la población de Sevilla, y en las proximidades del mismo, se construirán muelles para el servicio de pequeñas embarcaciones.

El cauce que se describe, tendrá una longitud de 3 200 metros, en su parte nueva y una anchura de 150 metros.

Como el río Guadaira desemboca ahora en el Canal de Alfonso XIII, perturbaría la navegación por la extensa dársena y para evitarlo, se proyecta desviarle hasta más allá de la unión del Canal con el cauce del río; algo más lejos todavía, se llevará el desagüe del alcantarillado de la población.

Como complemento de esta magna obra, se construirá un dique de defensa en el que han de quedar comprendidos con Sevilla, el barrio de Triana y el Hipódromo, prolongando aquél hasta los terraplenes del Canal de Alfonso XIII.

Con el cauce nuevo, se cruzará la línea férrea de Sevilla a Huelva, la de la Sociedad de Minas de Aznalcóllar y la carretera a San Juan de Aznalfarache. En este último paso se proyecta un transbordador y un puente en cada uno de los otros dos.

El dique de defensa se hará en parte con las tierras excavadas en la apertura del cauce nuevo.

La ejecución de este proyecto, que puede realizarse en un plazo de cuatro años, alcanza una cifra aproximada a los 42 millones de pesetas, gasto que está compensado con las obras que falta ejecutar en el Canal de Alfonso XIII, que para su definitivo uso ya no son precisas, y que suponen un importe poco menor que el antedicho.

Este proyecto, tan sugestivo como prácticamente realizable, honra a su autor, tanto como al Gobierno que lo lleve a la práctica.

*Vol. 75, nº 2.472, marzo de 1927, p. 103*

\* \* \*

### La reforma del Puerto de Sevilla.

Próximamente saldrá a concurso la ejecución de parte de las importantes obras que va a ejecutar la Junta de Obras del Puerto de Sevilla, para la transformación y mejora del mismo.

Del conjunto del Plan aprobado, que importa cerca de cuarenta y tres millones de pesetas, se van a cursar obras por valor de veintiséis millones y entre ellas se encuentra la apertura del nuevo cauce por la vega de Triana, la defensa de este pueblo y la construcción de una barriada, en sustitución de las de "Vázquez Armero" y de "San José", que desaparecen con las obras proyectadas.

A su debido tiempo insertamos en esta sección una ligera descripción del Plan, que ha de convertir el puerto de Sevilla en uno de los puertos fluviales de mejores condiciones.

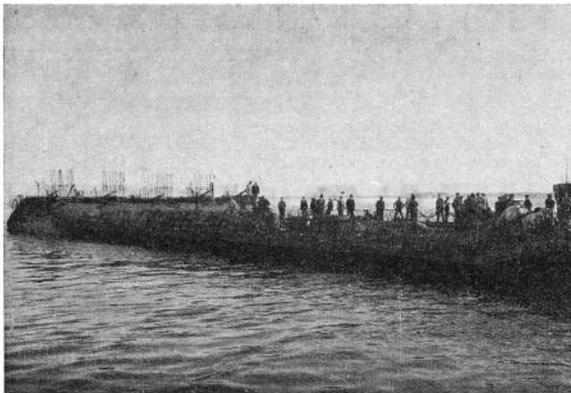
*Vol. 76, n° 2.509, septiembre de 1928, p. 335*

\* \* \*

### El dique seco de Cádiz

El día 5 de noviembre de 1929 ha sido botado en Cádiz el primer cajón de los trece constituyentes del dique seco de 30 000 toneladas, propiamente dicho. Se ha puesto a flote únicamente el fondo de uno de los elementos que forman el dique, con dimensiones de 53,00×17,00 por 6,50 metros de puntal, y un desplazamiento en botadura de 3 200 toneladas, siendo actualmente el cajón más grande del mundo, construido de hormigón armado, con análogo objeto.

Ha sido construido de hormigón de cemento fundido y botado en el dique flotante de 2.000 toneladas que se ha utilizado para su construcción, suplementando, en la última época de la construcción, la fuerza ascensional del dique con parte de la flotación del cajón.



Las paredes de los cajeros del dique han de ser recercadas a flote para el ulterior fondeo y relleno de todo el cajón en el cuenco previamente dragado.

*Vol. 77, n° 2.538, diciembre de 1929, p. 458*

\* \* \*

### Estación Marítima en el Puerto de Algeciras.

Los correspondientes Servicios de la Dirección General de Puertos y Señales Marítimas, han iniciado la tramitación económica del expediente para la futura construcción de la estación marítima para pasajeros en el puerto de Algeciras, con un presupuesto inicial de 37,6 millones de pesetas y un plazo de ejecución de treinta meses.

En el mismo puerto de Algeciras acaba de efectuarse la recepción provisional de carros y maquinaria en el varadero, por un importe de 10 millones de pesetas, lo que contribuirá a la mejora de los servicios de aquel puerto.

*Vol. 114, n° 3.015, julio de 1966, p. 573*

\* \* \*

### Obras de alumbrado en el puerto de Almería.

Por un importe de más de 9 millones de pesetas han sido adjudicadas las obras de alumbrado e instalación de energía eléctrica en los muelles de Ribera y Levante, del puerto de Almería, con un plazo de ocho meses para su ejecución, como resultado del concurso-subasta convocado por la Dirección General de Puertos.

*Vol. 114, n° 3.016, agosto de 1966, p. 632*

\* \* \*



## NUEVO ASTILLERO EN LA BAHIA DE CADIZ

Astilleros Españoles ha proyectado y llevado a cabo una gran instalación en la Bahía de Cádiz —Factoría de Puerto Real— para la construcción de buques de dimensiones varias, hasta un máximo teórico de 1.000.000 T.P.M., aunque cabe suponer que las dimensiones normales varíen entre las 200.000 y 400.000 T.P.M.

Pieza fundamental de este astillero es el dique seco, concluido el año pasado, cuya fotografía figura en la portada de este número de la Revista, y que tiene las siguientes características geométricas: 525 m de eslora, 100 m de manga y un calado de 9 m en B.M.V.E. sobre el plano de solera.

La construcción se llevó a cabo por la Agrupación de Empresas (A.E.D.E.), integrada por Dragados y Construcciones, S. A.; Entrecanales y Távora, S. A.; Auxini y Efyrsa.

La primera operación a llevar a cabo fue el establecimiento de una pantalla continua que contuviera los bordes de la excavación a realizar en terrenos limosos muy inestables.

Esta pantalla, ejecutada en hormigón armado con el empleo de lodos bentoníticos, tuvo una superficie de 27.150 m<sup>2</sup>, con la forma en planta de tres lados de un rectángulo, abierto por la parte del mar.

Las pantallas hubieron de afirmarse mediante la ejecución de 575 unidades de anclajes pretensados de 90 Tm de capacidad de aguante de cada uno. El escaso ángulo de rozamiento interno de los limos cuaternarios así lo exigió. Las pantallas llegaron en profundidad hasta penetrar ampliamente en el substrato de arenisca conchífera, que en forma brusca subyace bajo la gran capa de limos. Un sistema de 900 drenes verticales hizo posible la eliminación del agua para aliviar el empuje hidráulico sobre las pantallas.

El dragado del recinto alcanzó un volumen de extracción de 1.100.000 m<sup>3</sup>, operación que se llevó a cabo con una draga de succión dotada de cortador.

Ante las características tan heterogéneas del suelo para drenar bajo solera se construyeron 79 pozos complementados con un gran filtro horizontal bajo aquélla, que asegura la evacuación de los caudales de agua que incidan directamente a través del terreno.

Los muros cajeros del dique son de hormigón en masa, trabajando por gravedad, y sirven de cimentación para las vías de los pórticos o grúas, y en su parte alta, una amplia galería de servicios.

Para la explotación del dique seco se han montado dos pórticos de 600 Tm de carga máxima cada uno y 175 m de luz, cuyo recorrido es de, aproximadamente, 850 m.

La obra se comenzó en agosto de 1972, acabándose en mayo de 1975.

*Vol. 123, n.º 3.133, mayo de 1976, pp. 441-442*

\* \* \*

### SE ANUNCIA UN PLAN DE INVERSIONES EN EL PUERTO DE CADIZ

Según un diario madrileño, el director general de Puertos, Pascual Pery Paredes, ha asegurado, en el transcurso de una conferencia de Prensa, que se va a realizar un proyecto armónico global de todas las fases de las distintas obras que afectan al puerto de Cádiz, en el que participará el Ayuntamiento en lo relativo a todo lo que no sea zona portuaria. Asimismo ha afir-

mado que el polémico relleno tras el espigón de San Felipe es tan sólo una fase más de todas las obras para la mejora de la infraestructura del puerto con objeto de adecuarlo a las exigencias actuales. El señor Pery informó que los proyectos serán revisados por la comisión de control creada recientemente.

En torno a una de las exigencias del Ayuntamiento de Cádiz, una nueva vía de penetración a la ciudad, Pascual Pery ha indicado que no es un tema de su competencia, sino que corres-

ponde al Ayuntamiento y al Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (M.O.P.U.). Este tema es una reivindicación de los partidos de izquierda del Ayuntamiento para evitar los problemas de tráfico que traería consigo el aumento de la circulación proveniente del nuevo muelle de contenedores.

Por otra parte, Pascual Pery ha informado que el próximo mes se va a iniciar un estudio con objeto de realizar un proyecto para la protección y mejora del conjunto amurallado de la ciudad.

*Vol. 127, nº 3.184, septiembre de 1980, p. 743*

\* \* \*

## PLAN DE OBRAS EN EL PUERTO DE MÁLAGA

Hace más de cien años, se iniciaban las obras que configuraron a su terminación lo que podemos considerar el primer puerto moderno de Málaga. Desde esa fecha hasta el día de hoy han sido muchas las mejoras que se introdujeron en el puerto de la bella capital andaluza.

Con el fin de poner de manifiesto el trabajo desarrollado, la Junta del Puerto de Málaga, ha editado una interesante publicación, en la que se resumen los veinte últimos años de la historia del Organismo, historia que como dice en la presentación el Presidente de la Junta, Sr. López Barrionuevo, "no es otra cosa que la historia misma de la ciudad y de las personas que han dedicado al Puerto sus esfuerzos, aquéllas que han conseguido la hazaña técnica y humana de, con una idéntica geometría, triplicar la capacidad de nuestro Puerto y convertirlo en un instrumento idóneo e imprescindible para el desarrollo de nuestra economía"

En la publicación se recogen los rasgos principales del Plan de obras del Puerto y de cada una de las obras que en aquél se integran.

En la presentación de la obra, el Ingeniero Director del Puerto, Don Javier Peña Abizanda, expone así los rasgos principales del Plan:

«En el puerto de Málaga se tuvo en cuenta, prioritariamente, la peculiar circunstancia de que su morfología era, en 1963, en lo esencial, la misma de que se disponía a principios de siglo, con importantes limitaciones de calados,

con instalaciones ya obsoletas que habrían de ser sustituidas, y con un déficit de instalaciones para tráficos previsibles en los años horizonte del estudio. Por tanto, la política del planeamiento del Plan de obras del Puerto de Málaga conducía a la fijación de los siguientes objetivos:

- 1.º Consolidación de obras exteriores y ampliación de calados.
- 2.º Mejora de las infraestructuras pesadas existentes.
- 3.º Creación de nuevos atraques en la infraestructura existente.
- 4.º Adecuación y sustitución de superestructuras (edificios, pavimentaciones y servicios) y del armamento pesado (grúas eléctricas de pórtico).
- 5.º Obras menores varias.

Con las obras ya realizadas, las que están en curso de ejecución y parte de las que están en proyecto se podrá atender un tráfico de 7.000.000 Tm. de productos petrolíferos, 1.850.000 Tm. de graneles sólidos, 900.000 Tm. de carga general, 100.000 T.E.U. de contenedores y 450 a 500.000 pasajeros, así como 23.000 Tm. de pescado fresco, estimado para el año 1990 frente al obtenido en el año 1981 que fue, respectivamente, 6.000.000 Tm. de productos petrolíferos, 700.000 Tm. de graneles sólidos, 800.000 Tm. de carga general, 236.000 pasajeros y 14.000 Tm. de pescado fresco.

En suma, en 1962 el puerto de Málaga de tener tan sólo unos calados, al pie de sus muelles, de 7,50 metros, salvo dos puestos de atraque de 9,30 metros en el muelle número 1, pasa a disponer, al finalizar las obras en curso, de un canal de acceso de 14,00 metros; una

dársena del antepuerto con 13,50 metros; unas zonas de maniobra en las dársenas interiores de 11,00 metros; seis atraques de 10,50 metros; uno más, para petroleros, de 13,50 metros; otro más, para graneleros de 60.000 T.P.M., de 13,50 metros también; otro más, para buques de cruceros, de 12,50 metros, y seis más, de tráfico variados, de 9,30 a 9,50 metros. Todo ello, unido a la renovación total del parque de grúas eléctricas de pórtico (con la adquisición de una, polivalente, de 30 Tm.; de diez de 12 Tm.; de seis de 6 Tm., y de cuatro de 3 Tm.), la pavimentación definitiva de toda la zona de servicio del puerto en la margen izquierda del río Guadalmedina, y la mejora de la red de suministros de agua y energía, hacen del puerto de Málaga una infraestructura capaz de servir al tráfico marítimo de los modernos buques que transportan volúmenes de carga muy importantes.

En el cuadro siguiente se resumen las diferentes obras incluidas en el Plan.

### Acondicionamiento de la zona de los muelles números 3 y 4 para el tráfico de transbordadores

Esta es una de las obras más importantes de las que se han abordado. Se trata de una remodelación del antiguo muelle n.º 3, con el fin de establecer cuatro atraques para transbordadores —en lugar de los dos existentes—, de disponer de una amplia explanada para vehículos de turismo y cargas rodantes y de edificar una nueva Estación Marítima con acceso directo a los buques de pasaje mediante andenes elevados y tres pasarelas mecánicas de acoplamiento a los portales. Esta ordenación se acompaña y complementa con el aprovechamiento del área del fondo del muelle número 4 para el tráfico TIR, TIF y para el centro de consolidación de cargas.

El conjunto resultante responde a los criterios de explotación de los terminales de cargas rodantes más modernas, de los que

| CONCEPTOS   | REALIZADAS<br>miles de ptas.<br>de cada año | %            | EN<br>EJECUCION<br>miles de ptas.<br>de cada año | %            | EN<br>ESTUDIO<br>miles de ptas.<br>de 1982 | %            | SUMAS<br>miles de ptas. | %            |
|---|---|--------------|--|--------------|--|--------------|-------------------------|--------------|
| OBRAS<br>EXTERIORES ..                                | 229.626                                     | 16,5         | —  | —            | 2.300.000                                  | 55,4         | 2.529.626               | 30,8         |
| DRAGADOS .....  | 134.016                                     | 9,6          | —  | —            | —  | —            | 134.016                 | 1,6          |
| OBRAS<br>INTERIORES<br>(muelles) .....                | 261.173                                     | 18,8         | 1.216.402  | 67,8         | 675.000                                    | 16,3         | 2.752.575               | 33,5         |
| EDIFICIOS,<br>PAVIMENTA-<br>CIONES<br>Y SERVICIOS ... | 483.814                                     | 34,8         | 550,822  | 20,6         | 632.000                                    | 15,2         | 1.666.636               | 20,2         |
| ARMAMENTO   | 253.233                                     | 18,2         | 224.972  | 8,4          | 227.000                                    | 5,5          | 705.205                 | 8,6          |
| OBRAS VARIAS ..                                       | 29.340                                      | 2,1          | 87.336   | 3,2          | 317.000                                    | 7,6          | 433.676                 | 5,3          |
| <b>Totales .....</b>                                  | <b>1.391.202</b>                            | <b>100,0</b> | <b>2.679.532</b>                                 | <b>100,0</b> | <b>4.151.000</b>                           | <b>100,0</b> | <b>8.221.734</b>        | <b>100,0</b> |

Entre las obras más significativas podemos señalar las siguientes:

#### Reconstrucción del muelle número 2

La reconstrucción del antiguo muelle número 2, que sólo disponía de 7,50 metros de calado, consistió en la realización de un nuevo muro de gravedad de 10,50 metros de calado, avanzando su paramento para mejorar la zona de maniobra de tan importante muelle.

pueden ser ejemplo los de los puertos de Nagoya (Japón) y Helsinborg (Suecia).

#### Mejora del muelle número 6

Se pretendió con estas obras, coordinadas con los importantes dragados ejecutados en las dársenas, transformar el viejo muelle número 6, de 7,50 metros de calado, en otro que dispusiera de 10,50 metros y de una capacidad portante de 5 Tm/m<sup>2</sup>.

**Mejora del muelle número 7**

Esta obra, en curso de ejecución, consiste en una solución similar a la construida en el muelle número 6 frontero, pero de mayor importancia por pretender disponer de un atracadero con 13,50 metros de calado, y con

una sobrecarga operacional de 5 Tm/m<sup>2</sup>.

Para garantizar la estabilidad del conjunto se proyecta consolidar el antiguo muelle mediante el cosido con micropilotes, lo que permitirá, además, la absorción de esfuerzo en atraques de buques graneleros de 60.000 T.P.M.

*Vol. 129, nº 3.209, diciembre de 1982, pp. 777-778*

\* \* \*

## **COMENTARIO al «Plan de obras del puerto de Málaga» publicado en el número de diciembre de 1982.**

**Por Francisco Benjumea Heredia** (Conde de Guadalhorce) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Como explicación de la «portada» se comenta una publicación editada por la Junta del Puerto de Málaga, haciéndose un breve resumen del Plan de obras —con un presupuesto de más de ocho mil millones de pesetas— que se refieren exclusivamente a las mejoras para el movimiento de viajeros y mercancías que vengan por mar, sin mencionar nada de las comunicaciones con su zona de influencia, que son muy deficientes, ya que carece prácticamente de ferrocarril —existía un ramal desde la estación ferroviaria de viajeros que creo no se utilizaba— y el acceso de camiones es muy difícil y produce una seria congestión del tráfico urbano. Supongo que ello justifica que sea el puerto de menor movimiento de Andalucía, prescindiendo de los productos petrolíferos, para los que las obras que se prevén tienen una importancia secundaria. Aún reconociendo que las comunicaciones terrestres no son de la incumbencia de las Juntas de los Puertos, debería indicarse que su existencia en buenas condiciones es condición indispensable para sacarle rendimiento a las instalaciones portuarias.

Ya en 1929 la Compañía de los Ferrocarriles Andaluces —siendo su director don Manuel Giménez Lombardo— presentó un «Proyecto de Estación en el puerto de Málaga y Ramal de Enlace» en el que se señala que «el tráfico del puerto de Málaga se realiza ac-

tualmente por una vía de radios reducidos, cuyo trazado es difícil de mejorar por desarrollarse entre edificios y que enlaza con la actual estación contribuyendo a congestionarla. Se vé la utilidad de proporcionar una salida expedita e independiente, cuyo punto de enlace más adecuado con la vía general sería la estación de clasificación de los Prados, construida a tres kilómetros de la actual y completamente fuera de la población. Este proyecto que no prosperó por la caída del Gobierno de Primo de Rivera, volvió a intentarse por mi padre siendo Presidente de Renfe en el verano de 1952, pero su inmediata muerte tampoco permitió su ejecución. Yo he recordado estas soluciones en varios artículos publicados en el diario «Sur» de Málaga, sugiriendo que se estableciera también un nuevo acceso por carretera sin cruces a nivel, que además de enlazar con la autopista de circunvalación de la ciudad proyectada llegara hasta la estación de los Prados, en cuyo entorno se encuentra la zona industrial.

Me ha parecido conveniente hacer este comentario, porque considero que no se le presta la debida atención a la coordinación de los transportes terrestres y marítimos, tema que debiera ser estudiado en profundidad por los ministerios de Transportes, Turismo y Comunicaciones y de Obras Públicas y Urbanismo.

*nº 3.211, año 1983, p. 184*

\* \* \*

## ESTUDIO DE ACONDICIONAMIENTO DEL PUERTO DE SEVILLA

La Confederación Empresarial Sevillana ha presentado al ministro de Obras Públicas y Urbanismo, Luis Ortiz, un proyecto de mejora del puerto. El informe, elaborado por la Asociación de Consignatarios de Buques y otras empresas portuarias pretende resolver las deficiencias del puerto, que le hacen perder competitividad de un año a otro.

El tema más importante a resolver es el del calado del río Guadalquivir, ya que en la actualidad para llegar a Sevilla hay que recorrer 100 kilómetros de vía fluvial con un calado medio de 18 a 21 pies. Los trabajos de dragado del fondo, que periódicamente se realizan, cuentan con una subvención de 113,5 millones de pesetas anuales por parte del MOPU, subvención que se pide que se aumente o que el Ministerio se haga cargo del dragado del río desde Sevilla. Se pretende que el calado aumente en uno o dos pies más para posibilitar la entrada de otros buques al puerto sevillano.

Ya a más largo plazo se pide que concluyan los 13 kilómetros de canalización que aún quedan en el Guadalquivir.

Un tercer apartado hace referencia a las mejoras que deben efectuarse en las dársenas y muelles, donde aún se mantienen en funcionamiento grúas que se instalaron en 1927 y 1934. Esto hace que las tarifas del puerto sevillano sean un 50 por 100 más elevadas que las de otros puertos, cuestión que se pretende evitar.

*Vol. 129, marzo de 1982, pp. 205-206*

\* \* \*

## DRAGADO DEL CANAL DE ENTRADA AL PUERTO DE CADIZ

El Pleno de la Junta del Puerto de Cádiz acordó adjudicar la obra de mayor importancia económica de toda su historia, «el dragado del canal de entrada», en 700 millones de pesetas, que supondrá obtener un calado de once metros en bajamar. El actual calado del puerto gaditano es de nueve metros y esta obra, que se inicia inmediatamente y estará finalizada en el próximo mes de febrero, abre grandes posibilidades a la actividad comercial, al permitir la llegada de buques graneleros principalmente, que hasta ahora desviaban su ruta por falta de calado.

Según informó el presidente de la Junta del Puerto, Carlos Bernal, la longitud de la canal es de 3.600 metros y la anchura, de 250 metros.

En el dragado, en el que se emplearán medios y técnicas muy avanzadas que harán posible su realización en un plazo de tiempo muy reducido, se extraerán 50.000 metros cúbicos de roca y 1.280.000 de arena. El calado en la zona rocosa que se va a dragar será de once metros y treinta centímetros. Al concurso optaron dos empresas, una española y otra francesa, adjudicándosele a la primera.

Del cúmulo de estas extracciones se utilizarán 800.000 metros cúbicos para la obra que se viene realizando de relleno de un nuevo dique en la punta de San Felipe, para contenedores, que ampliará considerablemente las posibilidades de este tráfico.

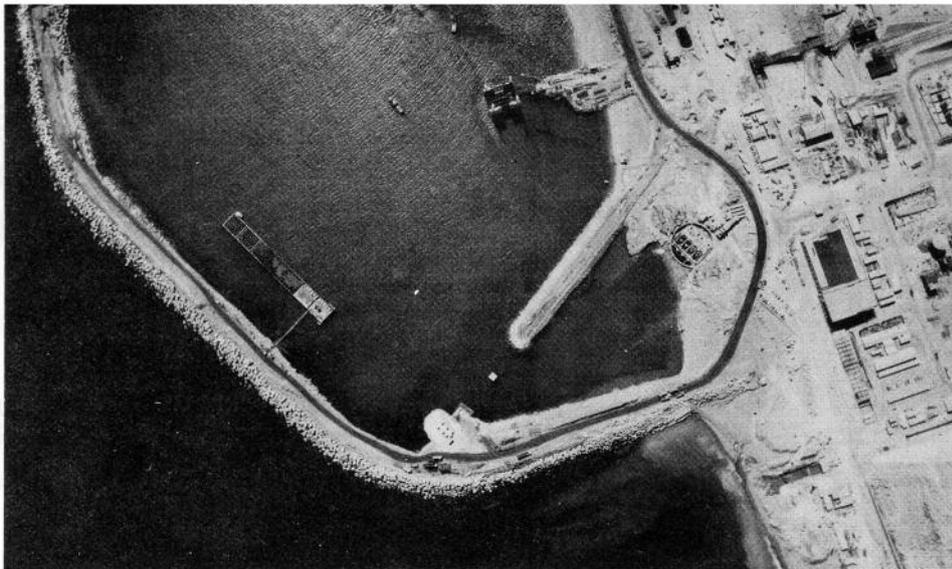
El presidente de la Junta del Puerto ha ofrecido al Ayuntamiento de Cádiz el resto de la arena que se va a extraer, para recuperar la playa de la Victoria, que presenta graves problemas en su configuración, cada vez más acentuados, sin que por el momento se haya recibido una respuesta por parte municipal.

El aumento del calado de la canal de entrada es una necesidad que se planteó hace dieciocho años, aunque no obtuvo la consideración de las autoridades de Obras Públicas hasta ocho años después, en que estuvo a punto de acometerse el proyecto, sin que finalmente se consiguiese. Fue a raíz de la toma de posesión del actual presidente, en 1978, cuando vuelve a plantearse, concretamente en la visita realizada a Cádiz por el entonces ministro de Obras Públicas y Urbanismo, Joaquín Garrigues, que presidió un Pleno Extraordinario de la Junta del Puerto y dio luz verde a la realización de un nuevo proyecto que, una vez superadas las distintas fases administrativas, se ha convertido en realidad al adjudicarse su ejecución.

Por otra parte, el Pleno aprobó también prestar la colaboración precisa al Departamento de Arqueología de la Federación Andaluza de Actividades Subacuáticas, atendiendo la recomendación de la Comisión Provincial del Patrimonio Artístico, para la recuperación de objetos de interés histórico-artístico depositados en el fondo de la bahía y que, afirman los expertos, son numerosos y de indudable valor.

*Vol. 129, marzo de 1982, p. 206*

\* \* \*



## PUERTO DE CARBONERAS (ALMERIA)

La Empresa Nacional de Electricidad, S. A. (ENDESA) está construyendo en Carboneras una central térmica con un primer grupo de 550 MW, que consumirá carbón de ultramar que llegará en barcos al puerto —realmente un terminal para la descarga de carbón—, que al lado de la central construye su filial Puerto de Carboneras, S. A. (PUCARSA).

La obra, definida a través de anteproyectos, laboratorios de hidráulica, proyecto y amplia licitación, está siendo construida por la agrupación de empresas ENTRECANALES, DRAGADOS y CONSTRUCCIONES y AUXINI, con grandes medios y en el breve plazo de veinticinco meses: Febrero del 82 a mayo del 84, en una zona inhóspita, sin infraestructura.

La obra consiste en un dique de 1.080 metros de longitud en una zona con calados de hasta 28 metros, que abriga una dársena de 45 Ha. El núcleo está constituido por un «todo uno», reforzado con una primera capa de roca de 0,2 a 2 T. y una segunda de 2 a 4 T., protegida con bloques de hormigón de 60 T. y en el morro de 80 T. Las escolleras suponen 2,5 millones de toneladas y el hormigón en bloques 185.000 m<sup>3</sup>.

El muelle de atraque y descarga, exento, tiene una longitud de 240 metros, y está unido al dique por una pasarela de 120 metros que soporta el acceso rodado, la cinta y los servicios. El muelle está formado por 11 cajones flotantes de hormigón armado de los que en noviembre de 1983 están colocados nueve.

El dique rompeolas y el contradique, que soporta la cinta, crean el espejo de agua necesario para tomar el agua de mar que refrigera la central térmica.

El volumen total dragado será de 1,4 millones de m<sup>3</sup> en la primera etapa, para conseguir en la dársena calado de - 15 metros que permita el acceso a barcos PANAMAX (70.000 TPM); y en una segunda etapa (2.º grupo de 550 MW. en la central térmica) se podrá ampliar el dragado en la dársena hasta - 17 metros, que permitiría ya el acceso a barcos de 120.000 TPM.

La descarga del carbón se hará por medio de un pórtico con capacidad de 1.500 T/H., y desde el muelle hasta el parque central se está construyendo una cinta transportadora de 900 metros de longitud y 2.000 T/H. de capacidad.

Para el segundo grupo de 550 MW. se ampliará la capacidad de descarga con otro pórtico y la velocidad de la cinta para descargar 3.000 T/H.

*Vol. 130, nº 3.218, octubre de 1983, p. 717*

\* \* \*

## Puerto deportivo. Puerto Sherry

El puerto deportivo más avanzado de Europa está construyendo en plena Bahía de Cádiz, concretamente en el Puerto de Santa María.

Más de mil atraques a flote y otros tres mil en marina seca constituirán el núcleo central de un ambicioso proyecto, que cambiará la fisonomía de la región y potenciará el desarrollo turístico y por consecuencia el nivel social y económico de esta zona costera de Andalucía.

El pasado día 24 de diciembre se cumplió un año de la inauguración de las obras de Puerto Sherry por el alcalde de El Puerto de Santa María. La inversión total prevista, incluido el puerto deportivo, instalaciones en tierra, zona hotelera y pueblo marinero es de diez mil millones de pesetas, de los que van invertidos hasta la fecha más de mil millones.

El Puerto Sherry contará con mil cómodos atraques flotantes para embarcaciones de 10 a 50 m de eslora, dotados de agua, electricidad, teléfono y TV por cable, así como servicio de ayuda a la navegación y estación meteorológica en el propio faro.

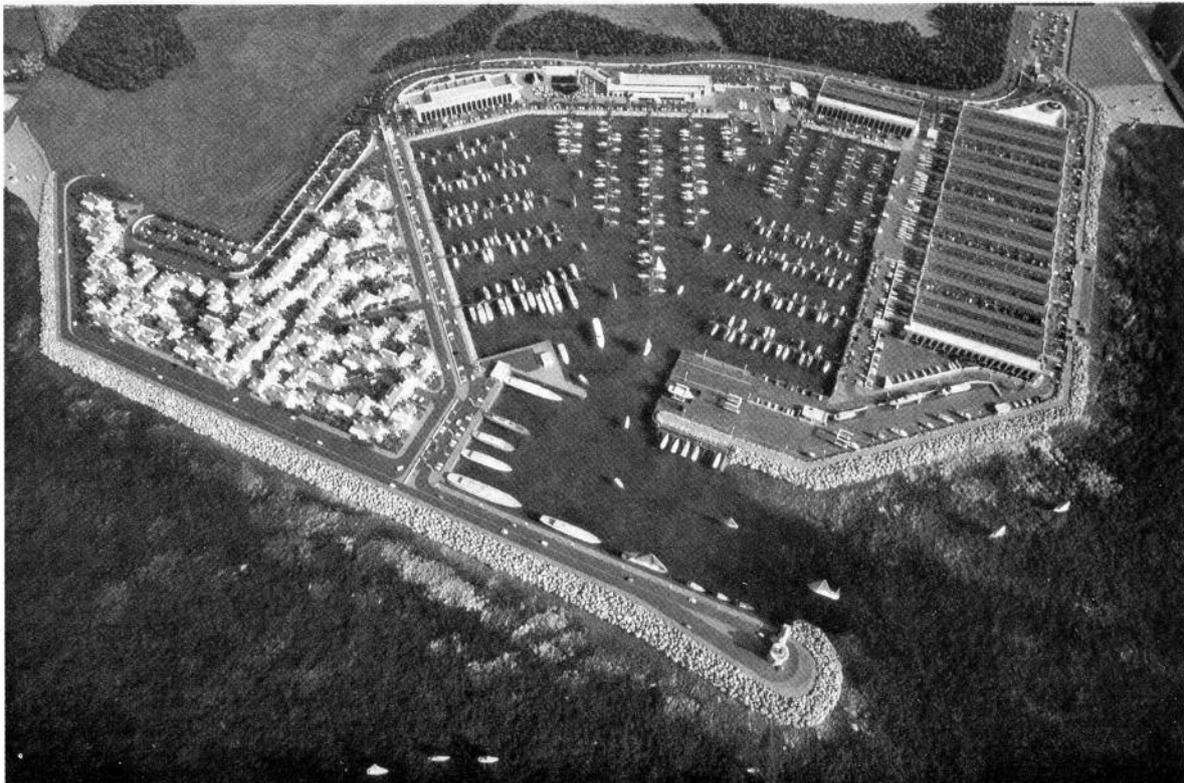
La marina seca podrá acoger más de tres mil embarcaciones de hasta 8 m de eslora fuera del

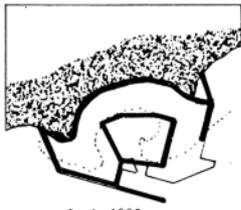
agua y bajo techado, evitándose con ello costosos gastos de mantenimiento e impidiéndose así su deterioro. Estará dotada del auxilio técnico necesario para cualquier embarcación y la seguridad de contar con un servicio a bajo costo, rápido y eficaz, que permitirá en pocos minutos que las embarcaciones pasen de la marina al agua o viceversa.

Puerto Sherry dispondrá también de una playa asfáltica, al pie de la marina seca, para la varada y botadura de las embarcaciones de vela ligera, manejadas a mano. La extensión de dicha playa será superior a los doscientos metros, con un 8 por 100 de pendiente, permitiéndose así la salida y entrada del agua con toda comodidad.

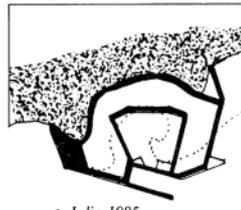
Está prevista asimismo una amplia zona de varadero con «travellifts» de 30, 60 y 100 toneladas, y un total de 10 talleres reuniendo todas las especialidades de auxilio náutico: mecánica, electricidad y electrónica, poliéster y pintura, carpintería de ribera, ebanistería, tapicería, jarcia y velería.

En cuanto a las instalaciones turístico-hoteleras Puerto Sherry dispondrá de su propia

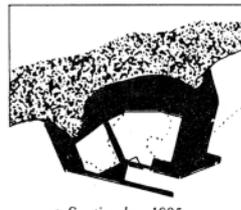




• Junio 1985.



• Julio 1985.



• Septiembre 1985.



• Noviembre 1985.

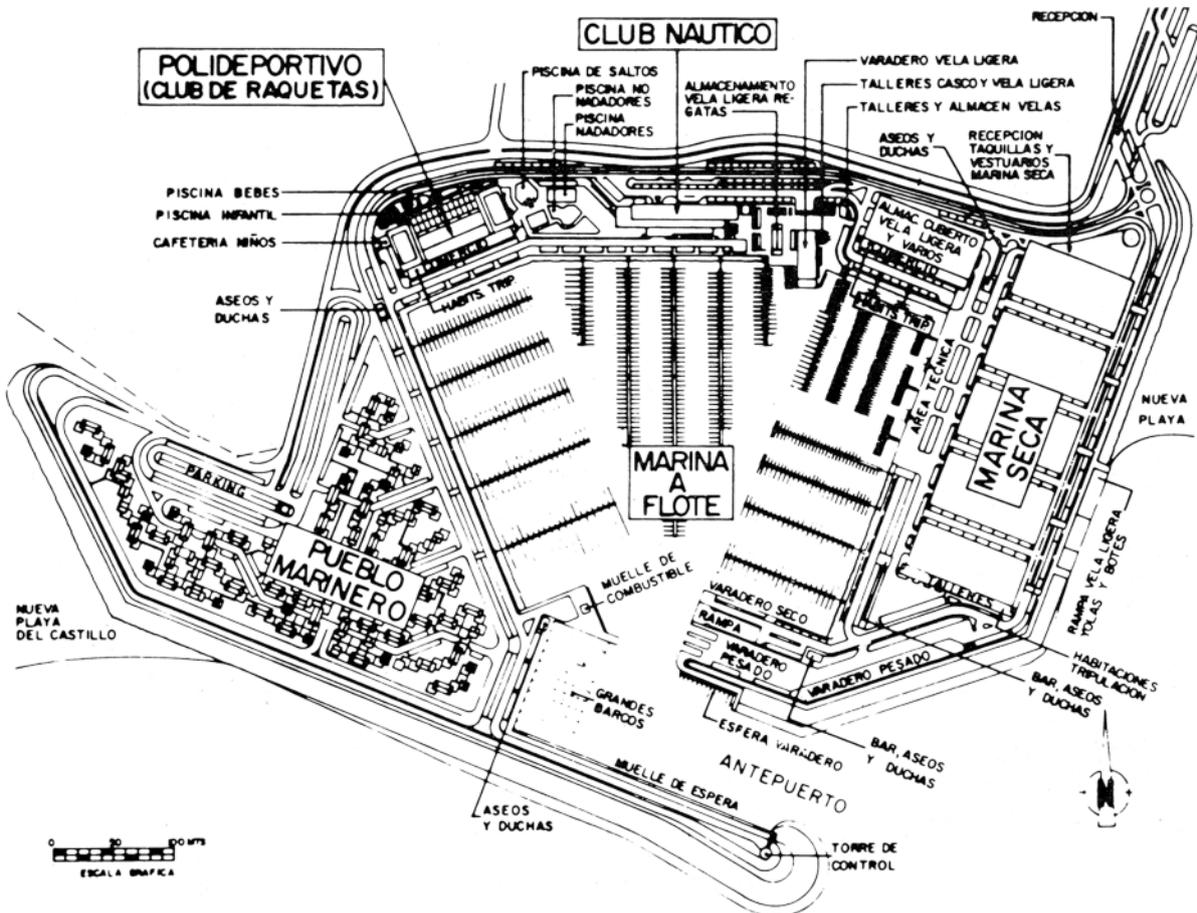
zona residencial, con 1.500 viviendas repartidas entre el Pueblo mariner y la urbanización contigua. El proyecto comprende asimismo tres edificios de hotel con 300 camarotes en la dársena del puerto, así como una completa infraestructura deportiva, recreativa y social, incluyendo piscinas cubiertas y al aire libre, gimnasios, saunas, canchas de «squash» y «paddle-tenis», polideportivo, tiendas, cafetería, restaurantes, teatro, cine, salas de reuniones y sala de prensa.

Existirán escuelas de aprendizaje y perfeccionamiento en vela ligera y de crucero, motonáutica, remo y piragüismo. Finalmente más de 8.000 taquillas y un conjunto de embarcaciones de todo tipo propiedad del Club Náutico estarán a disposición de los usuarios.

La realización del proyecto se ha dividido en tres etapas básicas: construcción del puerto deportivo y servicios; club náutico, club social y pueblo mariner y por último, la zona residencial. El puerto propiamente dicho entrará en servicio en 1986.

### CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PROYECTO DEL PUERTO

De acuerdo con la ubicación geográfica del puerto, su defensa fundamentalmente radica en el Espigón de Poniente de 900 metros de longitud, con sección variable —de 2,6 a 4,8 metros— debido a la sensible disminución de la altura de las olas a lo largo del mismo.





Marina a flote.

En este tramo más desfavorable —frente a los temporales— su sección transversal está formada por un núcleo compacto de «todo uno», con un filtro de escollera de 300 kg. y 1,5 m de espesor. Y sobre él, un manto de escollera caliza de más de 10 toneladas en tres capas.

La densidad del material de la escollera ha superado siempre las 2,65 Tm/m<sup>3</sup>.

Con respecto a las obras en el Dique de Levante, lo más importante fue la construcción de una rampa de varada y botadura para embarcaciones ligeras —Playa Asfáltica— con 250 metros de longitud y una pendiente del 8 por 100. Cimentada a base de aglomerado en frío y con una superficie absolutamente antideslizante y blanda, que la hace apta para su utilización todos los días del año.

Tras el análisis de resultados del detallado plano batimétrico de la zona, que se elaboró por medio de computadora a bordo de una embarcación especial y de sucesivos sondeos, se comprobó que la disposición de los materiales permitía el dragado en seco. Y para hacerlo posible, se procedió a construir los diques de abrigo, al tiempo que se configuraba el perímetro de la dársena con material de préstamos.

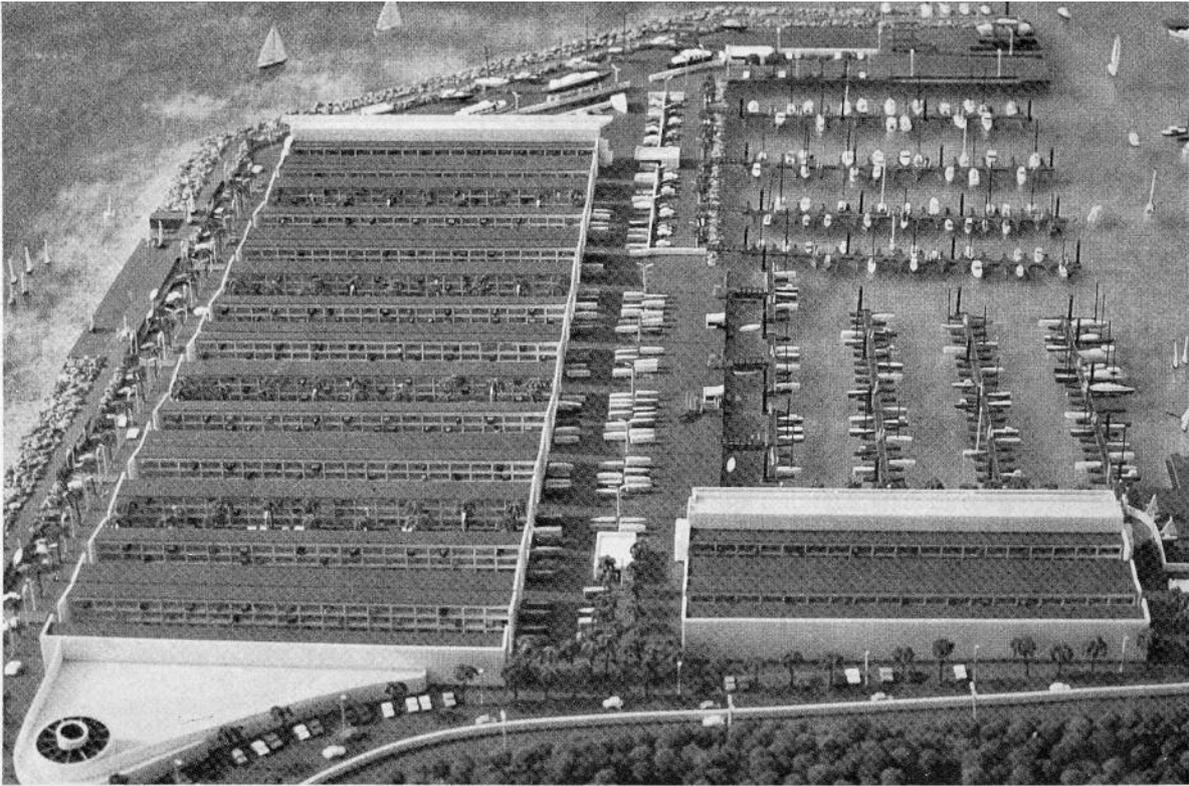
Aprovechando la bajamar se practicó el cierre de la dársena. Y el agua que quedó en el interior fue achicada.

Para el dragado, propiamente dicho, se emplearon los medios y maquinaria clásica, siendo de especial mención el trabajo de 4 mototráilas, con una media de extracción, de más de 7.000 m<sup>3</sup>/día.

Estos materiales, junto a los procedentes del dragado del canal de entrada, se están empleando en consolidar la parte firme del puerto.

Las características técnicas más importantes del puerto son las siguientes:

- 545.000 m<sup>3</sup> de dragado de dársena, antedársena y canal de entrada.
- 278.000 m<sup>3</sup> de relleno procedente de préstamos.
- 26.000 m<sup>3</sup> de hormigón en bloques para muelles y espaldón.
- 62.000 Tm de escollera superior o igual a 10 Tms en diques.
- 72.000 Tm de escollera superior o igual a 6 Tms en diques.
- 16.000 Tm de escollera superior o igual a 3 Tms en diques.
- 66.000 Tm de escollera superior o igual a 1,5 Tms en diques.
- 400.000 Tm de «todo uno» en núcleo de dique.
- 66.000 Tm de 300 kg para capa filtro en diques.



Marina seca.

Cota coronación muelles 4,5 m sobre B.M.V.E.  
Cota coronación diques 7,5 m sobre B.M.V.E.  
Calados 3,5 m hasta 5 m.  
Plazo construcción 14 meses.

Previamente a la realización del proyecto se llevó a cabo un detenido estudio batimétrico de la zona, que permitió la elaboración de un mapa del fondo marino de la zona de la Bahía de Cádiz donde se ubica el puerto deportivo.

Dicho batimétrico cubre cerca de 2 kilómetros cuadrados, contando con márgenes exteriores a ambos lados del futuro puerto de alrededor de trescientos metros, y seiscientos metros hacia el mar. Para la realización de este plano se utilizó una sonda de precisión que electrónicamente enviaba la información sobre coordenadas y profundidad del fondo marino a la central donde se transcribían directamente al mapa.

Según el ingeniero director de obra «el plano ha demostrado que el fondo es un terreno horizontal». Lo que será Puerto Sherry era casi un puerto natural, con arrecifes sobre los que van los diques.

La costa es muy regresiva, ya que ha perdido más de cien metros en los dos últimos siglos. La acción del mar fue rellenando de are-

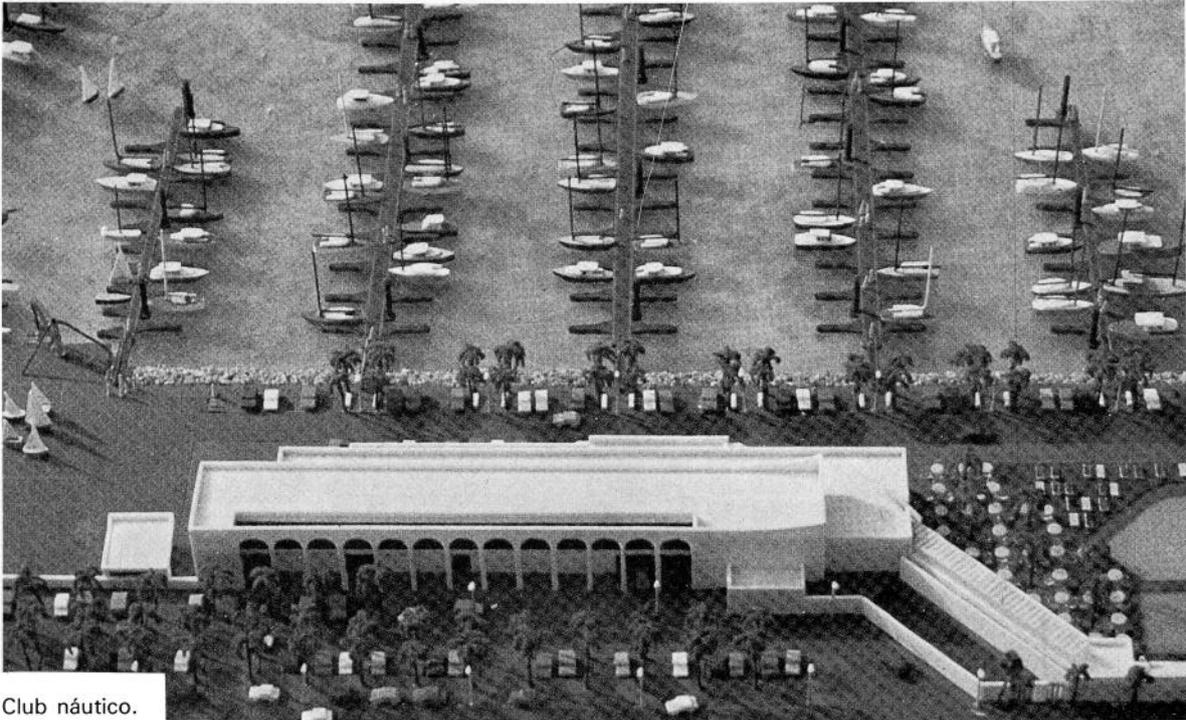
na la zona de «El Aculadero» — el puerto natural de espigones, conglomerado de rocas y depósitos —, zona que tiene una curiosa historia ya que parece ser que el navegante Juan de la Costa, preparando su viaje a América hizo, según cuentan las crónicas, una salida en falso, ocultando que su objetivo era, precisamente la Bahía de El Aculadero donde recaló para hacerse con una nao, allí fondeaba y que le era precisa para su viaje.

El fondo marino que está junto a la costa es terreno procedente de la socavación sufrida, por lo cual en las prospecciones rotativas de todo el puerto aparecen arenas grises y arcilla marrón verdosa.

#### REALIZACION DE LA OBRA

Las obras se están realizando por la Empresa Cubiertas y Tejados S. A. En la actualidad los diques de Levante y Poniente se encuentran prácticamente terminados, a falta del morro de Poniente.

Para la construcción de los muelles interiores se han fabricado unos veinte mil metros cúbicos de hormigón distribuidos en bloques de veinte toneladas aproximadamente. De estos bloques se encuentran colocados cerca de ochocientos, estando formados el muelle de la ma-



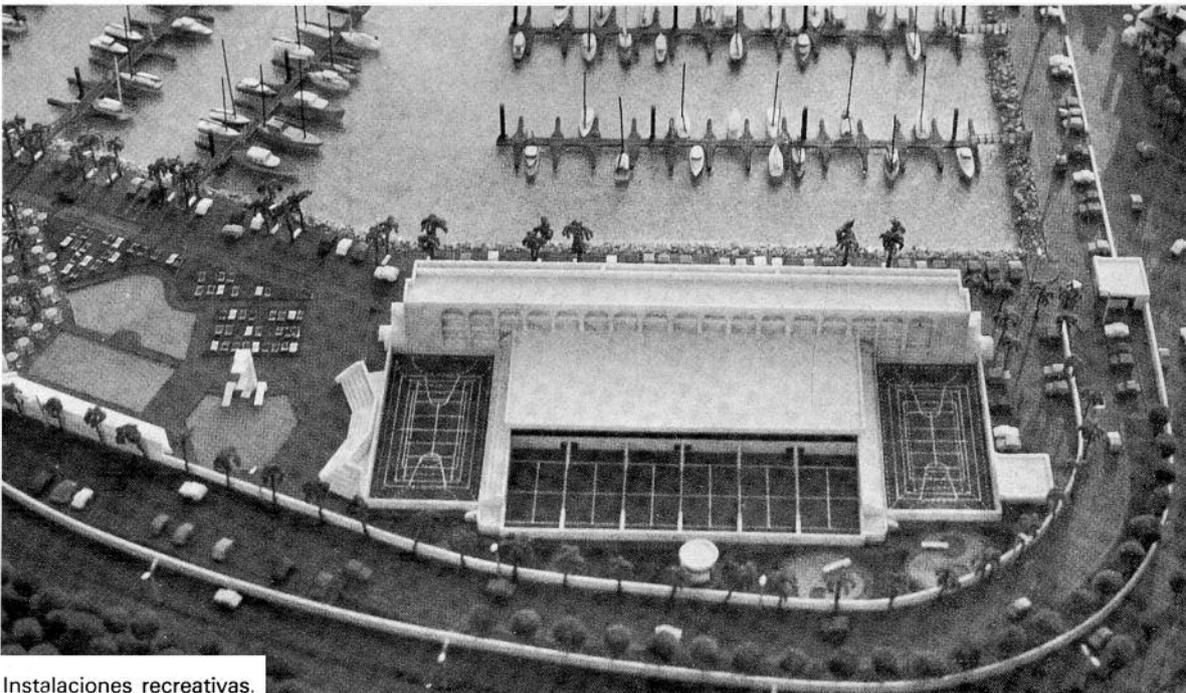
Club náutico.

rina seca con su «travellift» y el varadero seco de marea.

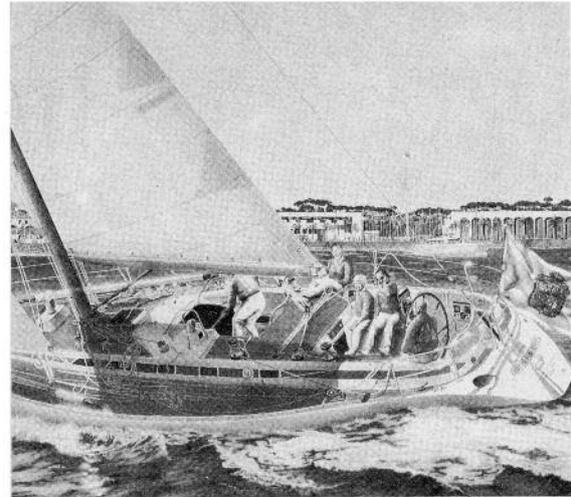
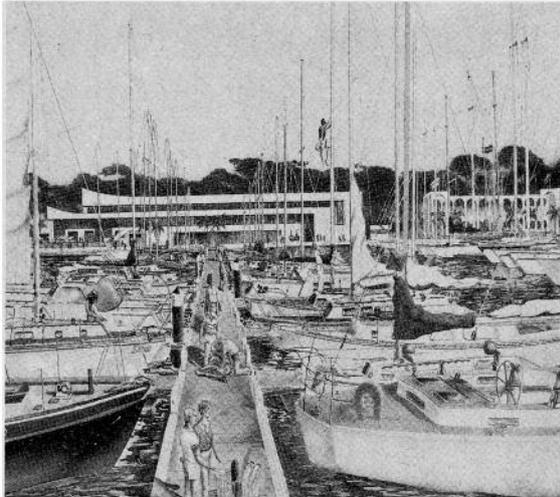
Para la realización de estos muelles se ha efectuado una excavación de unos once mil metros cúbicos y colocado unos seis mil metros cúbicos de escollera de enrase, hasta la cota de asiento de los bloques.

En la actualidad se está realizando la colocación de escollera en el interior de la dársena.

El dragado previo, que se realizó en seco, para mejor estudio del suelo y precisión del trabajo, alcanzó más de doscientos cincuenta mil metros cúbicos, los cuales han servido para rellenar distintas zonas del puerto, pueblo mari-



Instalaciones recreativas.



nero, marina seca, etc. Junto con esos doscientos cincuenta mil metros cúbicos de dragado para relleno se han colocado otros doscientos cincuenta mil metros cúbicos de material procedente de préstamos (material seleccionado). Se han movido, por tanto, más de quinientos mil metros cúbicos de material de dragado y relleno.

Recientemente se ha comenzado a dragar en la boca de entrada al puerto, totalizando otros cien mil metros cúbicos de dragados.

A las obras citadas hay que añadir la carretera de acceso al puerto y el camino que conduce a los diques, los cuales se realizaron al comienzo de las obras.

### ESTRUCTURA EMPRESARIAL

La Empresa promotora, Marina Puerto de Santa María, S. A., con participación del capital extranjero al 50 por 100, tiene una participación oficial, a través de dos sociedades: Sodian (un 5 por 100 del capital, suscrito el 29 de noviembre pasado), empresa auspiciada por el I.N.I.; y Soprea (un 3 por 100, suscrito el 4 de diciembre pasado) entidad perteneciente a la Junta de Andalucía.

La Gerencia del proyecto total, corre a cargo de la Sociedad Arabe Española de Servicios (Areservice) filial del Banco Arabe Español, que se hizo cargo inicialmente de la captación de capital para el proyecto y está en la actualidad en-

cargada de la puesta en marcha, construcción y comercialización de Puerto Sherry.

El día 11 de diciembre pasado el Consejo de Ministros autorizó la concesión de un crédito turístico de novecientos millones de pesetas a la Empresa promotora, dentro del marco de beneficios reconocidos para el Gran Area Industrial de Andalucía.

Según los estudios realizados por SODIAN la entrada en funcionamiento del Puerto creará 898 puestos de trabajo fijo y si se tienen en cuenta los puestos indirectos de trabajo en función de las temporadas turísticas se superarán ampliamente los 1.000 puestos.

La entrada en funcionamiento de Puerto Sherry está prevista para el presente año, si bien todavía continuarán las obras del pueblo marino y otras instalaciones turístico-hoteleras en tierra. En menos de un mes se vendieron más de trescientos títulos de explotación de Puerto Sherry, por un valor unitario de salida de un millón quinientas mil pesetas.

La promotora de este Puerto Deportivo estima que la Bahía de Cádiz se convertirá en el más importante campo de regatas de invierno de Europa, tanto de competición, como de entrenamiento. Asimismo se piensa que Puerto Sherry puede ser el motor para el despegue turístico de Cádiz. Desde luego, dado que en cuatrocientos kilómetros de litoral no existe ningún puerto deportivo, la Bahía de Cádiz es el enclave ideal para la ubicación de un puerto de estas características.



*Vol. 133, nº 3.244, febrero de 1986, pp. 85-91*

\* \* \*

## EL MOPU INVERTIRA 6.000 MILLONES EN EL PUERTO DE ALGECIRAS HASTA 1992

El Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, por medio de su programa de infraestructura y explotación portuaria, realizará inversiones en el puerto de Algeciras y hasta el año 1992 por un valor de 6.007 millones de pesetas, de los cuales ya se han gastado 1.004 millones y para el próximo año están previstos 940 millones de pesetas.

Las obras que están consignadas con mayor presupuesto son el acceso al puerto y la primera fase del muelle de Santiago, dotadas con 900 millones de pesetas cada una de las cuales. El siguiente proyecto, con presupuesto de casi 407 millones de pesetas para los próximos cuatro años, es la obtención de nueva superficie para el muelle del Navío, que estaría cumplimentada por el previsto de habilitación de la zona norte del mismo muelle para 1988 y con una inversión cercana a los 300 millones de pesetas.

Para 1988 se presentan como proyectos destacados el tramo terrestre del ramal de carretera norte del puerto, para el que se han presupuestado 100 millones de pesetas, más otros 220 que se gastarán a lo largo de 1989.

En menor cuantía, aunque igualmente destacable, se presenta el proyecto de acceso al dique de abrigo de Tarifa, dotado también con 100 millones de pesetas para 1988 y 50 millones para el año siguiente.

*Vol. 134, nº 3.264, diciembre de 1987, pp. 857-858*

\* \* \*

## EL PUERTO DE CADIZ SERA AMPLIADO EN 120.000 M<sup>2</sup>

Dentro de dos meses se espera que esté aprobado inicialmente el Plan Especial de Puertos de la Bahía de Cádiz que significará, en lo que se refiere a las instalaciones de la capital, una ampliación de unos 120.000 m.<sup>2</sup> Para Agustín

Domínguez, presidente de la Junta de Puerto, la Administración planea así lo que serán los muelles del 2.000.

La colaboración entre los Ayuntamientos y la Junta del Puerto es el elemento fundamental que valora el presidente del organismo portuaria de la Bahía. Agustín Domínguez, a la hora de redactar este plan que diseña el futuro de las instalaciones portuarias y sus relaciones entre la ciudad y los muelles.

Los trámites del Plan Especial de Puertos comenzaron en 1988, año en el que fue puesto a exposición pública. Durante ella se presentaron varias alegaciones de los colectivos implicados.

Agustín Domínguez espera que dentro de unos dos meses el Plan esté ya aprobado en su fase inicial, después de la cual se tendrá que someter a un nuevo período de alegaciones, para proceder después a su puesta en marcha definitiva.

La Junta del Puerto mantiene en la actualidad diversas reuniones con los Ayuntamientos de la Bahía con instalaciones portuarias para dar los últimos toques al documento final que fijará la imagen de los muelles del año 2.000.

Este Plan fijará los objetivos del puerto de Cádiz y lo definirá en el ámbito de la Bahía.

En lo que se refiere a Cádiz este programa significará un cambio importante del borde marítimo.

La puesta en marcha del plan significará la ampliación de dos zonas concretas del puerto: La ampliación de la terminal de contenedores Reina Sofía y la del puerto pesquero.

La ampliación, que no está prevista hasta 1992, significará la puesta en marcha de 350 nuevos metros lineales de muelle y el incremento de la zona destinada a almacenamiento de contenedores.

Esto permitirá operar en la terminal a tres o incluso cuatro buques a la vez. El sector portuario espera también otra obra complementaria a ésta: el dra-

gado de la canal de entrada al puerto.

Agustín Domínguez afirma que en el próximo pleno de la Junta del Puerto, que tendrá lugar a finales de este mes o principios del siguiente, se aprobará el proyecto definitivo de esta obra que significará una inversión de unos 3.000 millones de pesetas. La Junta espera que las obras comiencen en este año.

El dragado de la canal también tendrá consecuencias para la ciudad puesto que la arena del fondo marino será utilizada para regenerar la playa Victoria.

En el puerto comercial desaparecerán los almacenes dos y ocho. Domínguez resalta que también se recuperará para el almacenamiento de mercancía general la zona del «Marqués de Comillas» que es ahora utilizada para la descarga de graneles sólidos, un tipo de mercancía que será estibada en el Bajo de la Cabezuela.

El puerto de Cádiz quedará especializado en el tráfico de pasajeros, contenedores y mercancía general.

El plan también establece un cambio de ubicación de la Estación Marítima que quedará finalmente situada en la zona colindante con el muelle Reina Victoria, formando parte del intercambiador de transportes que piensa poner el Ayuntamiento en la zona de la actual estación de Renfe.

Otra de las actuaciones más importantes previstas en el Plan Especial de Puertos es la ampliación del puerto Pesquero. Como ya adelantó este periódico el pasado mes de febrero, en esta zona portuaria se invertirán más de 700 millones de pesetas.

El Pesquero tiene actualmente 132.500 m<sup>2</sup>, por lo que la ampliación aumentará notablemente el terreno disponible, en unos muelles que tienen actualmente problemas para albergar nuevas instalaciones.

El presidente de la Junta del Puerto manifestó el pasado mes de febrero que dentro de cinco años el Pesquero puede tener una

imagen totalmente diferente con la nueva lonja y los nuevos muelles.

Los nuevos muelles se crearán mediante pequeños rellenos interiores en el antiguo varadero, el muelle Duque de Alba y el final de la actual lonja.

También está prevista una actuación en la Zona Franca donde se creará un nuevo muelle, que vendrá a aumentar la línea de atraque de los dos existentes.

*Vol. 137, nº 3.291, mayo de 1990, pp. 92-93*

\* \* \*

## EL PUERTO DE ALGECIRAS INVIERTE 6.200 MILLONES

La Junta del Puerto de Algeciras-La Línea ha aprobado inversiones por valor de 6.200 millones de pesetas para la construcción de un nuevo muelle de atraque con una longitud de 640 metros y un calado de dieciséis metros. La financiación de este proyecto la realizará la Junta del Puerto con recursos propios. La ampliación, que incluye la construcción de un dique de trescientos metros, dotará al puerto con un muelle de 1.180 metros de longitud.

Por otra parte, la Junta del Puerto obtuvo durante el pasado año 3.500 millones de pesetas en su mayoría provenientes de las tarifas por el uso de las instalaciones.

*Vol. 137, nº 3.294, septiembre de 1990, p. 64*

\* \* \*

### PROYECTO N.º 4

## FARO DE CASTELL DE FERRO GRANADA (ESPAÑA)



*Perspectiva general del faro de Castell de Ferro.*

### 1. Antecedentes

Este faro de Castell de Ferro se construyó para eliminar una zona de sombra existente en la costa granadina, dentro del «Plan de Señales Marítimas 1985-1989» de la desaparecida Dirección General de Puertos y Costas del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

En dicha localidad sobre un promontorio a 225 metros sobre el nivel del mar y en un terreno con fuerte pendiente hacia el Sur, prácticamente cortado hacia el mar en el lado Norte, se encontraban los restos de una torre vigía árabe llamada Torre de la Instancia, que ha sido adaptada para faro de señales marítimas. De esta forma se ha dado respuesta a dos objetivos: por una parte, rehabilitar la torre de vigilancia que se encontraba en muy mal estado respetando al máximo su aspecto original y por otra, dotarla de toda la tecnología necesaria para hacer posible su funcionamiento como faro.

### 2. Proyecto

La Torre de la Instancia tiene 9,40 m. de altura, forma troncocónica de 8,50 m de diámetro en la base y 5,70 m. de la zona supuesta, muros de fábrica de piedra caliza, sin concertar. El acceso, tiene lugar a través de un hueco en el lado Norte, a considerable altura del suelo, siendo sólo posible mediante una escalera de cuerda. Además de este hueco de entrada, la torre tiene, en sus cuatro ejes cardinales, cuatro aspilleras de reducido tamaño.

El principal condicionante a la hora de acometer el proyecto ha sido su ubicación, aislamiento y lejanía de cualquier zona urbanizada, lo que requería dar respuesta adecuada a la alimentación de

energía eléctrica y garantizar la seguridad del faro ante posibles actos incontrolados o de vandalismo.

El primer problema se ha resuelto mediante la alimentación de energía con paneles fotovoltaicos y el segundo mediante la previsión de distintas barreras de defensa de la linterna.

Aprovechando el fuerte desnivel del terreno y considerando el condicionante de los paneles fotovoltaicos se ha proyectado una construcción exenta, separada de la torre y comunicada con ésta a través de una pasarela, que sirve a la vez de acceso al faro y de soporte a los mencionados paneles. Esta construcción está formada por dos láminas de hormigón visto, paralelas, separadas 0,80 m. que alojan en su interior las puertas y escaleras que actúan como barreras sucesivas de protección de la linterna dificultando el acceso hasta ella. Un balcón cuadrado empotrado en dichas láminas, orientado al Sur, sirve de base a los paneles solares y debido a la fuerte pendiente del terreno resultan prácticamente inaccesibles.

La adaptación de la torre ha tratado de ser respetuosa, manteniendo su aspecto original. Se ha reconstruido su muro, que estaba muy deteriorado y todo el remate de ladrillo de tejar tanto en la cornisa previa al peto que protege la terraza como en las embocaduras de las aspilleras. El paso entre muros, descubierto, enlaza con la pasarela que lleva la torre, donde una de las aspilleras, la del eje Sur, se ha abierto conformándola como hueco de paso. Esta pasarela que comunica los muros de hormigón en la torre, da acceso a la misma de una forma sutil, que permite siempre visualizar como exento el volumen troncocónico de la misma.

Interiormente, la torre tiene dos niveles: el de acceso al que dan luz las tres aspilleras restantes y uno superior, conformado mediante una plataforma de trames

que señala de esta forma la cota de acceso original, cuando se empleaba la escalera de cuerda y se accedía por el hueco situado al norte de la Torre.

Se ha construido en el interior de la torre una escalera metálica sin tocar los muros de la misma, enlazando los dos niveles antes mencionados, hasta el nivel de la terraza.

Sobre ella, se ha construido un cilindro de hormigón que aloja en su interior una escalera de barco que, enlazando con la anteriormente mencionada helicoidal, llega desde el nivel de la terraza hasta el nivel de la cámara de iluminación o linterna. La linterna va recibida en el cilindro de hormigón antes mencionado y un balconcillo circular al que se accede a través de una gatera horadada en dicho cilindro, sirve de base a la escalera metálica, solidaria a la linterna para la limpieza y mantenimiento de sus cristales y cúpulas.

Con este faro, se «ilumina» una zona oscura de la costa española para ofrecer más seguridad a los navegantes y se ha recuperado un vestigio de la cultura árabe. Esta torre árabe del siglo XI, construida como vigía, también es hoy, así como faro de señales marítimas, un vigilante tecnológicamente preparado, de finales del siglo XX para todos los barcos que, en la noche, busquen su luz. ■



**Vista del faro.**

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Proyecto:</b>              | <b>Faro de Castell de Ferro</b>   |
| <b>Ubicación:</b>             | Castell de Ferro. Granada (España)  |
| <b>Promotor</b>               | Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo  |
| <b>Director del proyecto:</b> | Arquitecto: Rita Lorite Becerra   |
| <b>Constructor:</b>           | Ferrovial   |
| <b>Características:</b>       | Altura 9,40 m.<br>Diámetro en base 8,50 y el superior 5,7<br>Linterna semiesférica de 1,75 m. de diámetro<br>Alcance luminoso 14 millas<br>Alimentación de luz: Paneles fotovoltaicos |
| <b>Tiempo de ejecución:</b>   | 8 meses   |

*Vol. 139, nº 3.316, diciembre de 1992, pp. 68-69*

\* \* \*

## OBRAS DE ACTUALIDAD

### LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE LA CONDAMINE (Mónaco) TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN DEL LOTE II-DIQUE SEMIFLOTANTE en San Roque (Cádiz)

POR LA REDACCION DE LA ROP



#### PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El Principado de Mónaco acomete en el presente años la ampliación de su puerto deportivo (Puerto de La Condamine), en el que se dan unas condiciones hidrográficas, geotécnicas y estéticas incompatibles con las soluciones tradicionales. Esta conjunción de factores de diseño ha conducido a la concepción de una obra portuaria de características acentuadamente singulares.

Las empresas constructoras españolas Dragados Obras y Proyectos y Fomento de Construcciones y Contratas, las francesas Bec Frères y Triverio, junto con la monegasca S.M.M.T. desempeñarán un papel de primer orden en las obras de ampliación, construyendo la estructura principal del dique de abrigo del nuevo Puerto.

#### ANTECEDENTES

Para la definición de la obra, el Departamento Ministerial de Obras Públicas del Principado encomendó a la empresa DORIS Engineering la misión de desarrollar un Anteproyecto Detallado que sirviera de base para la licitación de los trabajos de construcción. La recepción de ofertas de los primeros grupos constructores a nivel mundial tuvo lugar durante el año de 1997. Finalmente, en el año 1999 se produjo la adjudicación definitiva de los contratos que harán posibles la culminación del proyecto.

Los objetivos que pretende cumplir la ampliación son múltiples:

- por un lado, incrementar de forma significativa la protección del puerto contra el oleaje, creando una extensa área de aguas tranquilas en la bocana actual;
- a la vez, posibilitar el atraque de embarcaciones de recreo, cruceros de 30.000 t de desplazamiento y de más de 200 m. de eslora. En tiempos de calma meteorológica, grandes paquebotes podrán acostarse por la borda exterior del cajón;
- por último, ganar al mar una considerable superficie de tierra, que será destinada al desarrollo de nuevas actividades inmobiliarias y recreativas

#### DESCRIPCIÓN DEL NUEVO PUERTO DE LA CONDAMINE

El abrigo del área de antepuerto creada, se pretende lograr mediante dos grandes construcciones:

- La Digue: dique rompeolas de una longitud total de 490 m, compuesto por distintos cajones de hormigón pretensado;
- Contre-jeté Nord: un contra-dique que completa la protección del antepuerto y flanquea la futura bocana de acceso.

El dique de abrigo representa una solución con una vocación decididamente innovadora y con escasos precedentes de realización a nivel mundial.

Las estructuras que lo componen son las siguientes:

#### A. Delimitando la nueva zona de terreno ganada al mar:

- Un cajón estribo fondeado a la cota -40,00 m, de planta trapezoidal, con un puntal de 48,0 y unas dimensiones en superficie de 69,4 m x 22,0 m.
- Este cajón, a su vez, sirve de apoyo a otros dos (caisson coté port y caisson coté large) que semejan, cada uno de ellos, la viga de un puente, y que tienen el estribo opuesto en roca excavada en el Peñón del Fuerte Antonio I. El Cajón del lado mar tiene su apoyo a la cota -17,50 m y el del lado puerto a la cota -10,50 m.

El recinto delimitado por estos tres cajones se cerrará mediante gaviones de grandes dimensiones, que permitirán rellenar el interior y crear una superficie de tierra antes inexistente.

Los tres cajones son de hormigón pretensado con armaduras post-tensas.

El conjunto de tales obras se ha agrupado en un solo lote para su adjudicación (Lote I). Los trabajos de construcción serán llevados a cabo por un grupo integrado por las empresas Bouygues, Bouygues-Off Shore, Grands Travaux de Marseille, Dumez, Impregilio y Serimer.

#### B) La digue: el mayor dique rompeolas flotante del mundo.

Con toda probabilidad, la ampliación del Puerto de La Condomine será recordada en el futuro por la concepción, singularmente atrevida, de su principal obra de abrigo: el dique semiflotante.

La energía del oleaje incidente será absorbida por un solo cajón, cuyas dimensiones quedan fuera de lo común:

- Eslora = 352,0 m
- Manga = 28,0 m (44,0 m. al nivel de la losa inferior)
- Puntal = 19,0 M. (que suman 24,5 m. si incluimos superestructuras).

El desplazamiento total en servicio del cajón es de 163,000 t.

La obra civil del dique semiflotante será ejecutada en su totalidad por las empresas Bec, Dragados, FCC, Triverio y S.M.M.T., constituyendo el Lote II de la Ampliación del Puerto de La Condomine. Estas empresas asumen, así mismo la responsabilidad de desarrollar el Anteproyecto de DORIS Engineering realizando el Proyecto de Construcción del dique.

### FILOSOFÍA DE DISEÑO DEL DIQUE FLOTANTE

#### Funcionalidad

Al margen de prestar las funciones ya mencionadas, el dique asumirá un papel determinante en la actividad portuaria: su interior servirá de aparcamiento para casi 400 vehículos, en la mitad próxima al estribo y de almacén de mercancías y pequeñas embarcaciones, en la otra mitad. Estará provisto de un faro en su extremo Norte.

La estructura de coronación (espaldón) alojará la futura estación marítima, así como distintos paseos peatonales y calzadas para la circulación rodada.

#### Sistema de implantación

El término *semiflotante* pretende denotar que la flotación del cajón no es libre. Sólo de esta forma es posible contrarrestar la energía de impacto del oleaje sin experimentar movimientos importantes.



Sensiblemente orientado en la dirección Norte-Noreste, el cajón sólo tendrá tres de seis grados de libertad posibles en un sólido flotante.

En el lado tierra, el dique queda unido al cajón estribo del Lote I mediante una rótula de articulación, que coarta, sólo parcialmente, sus posibilidades de movimiento. En el extremo opuesto, las hipotéticas traslaciones del cajón son limitadas por 8 cadenas tesadas, sujetas al terreno. Cinco de ellas, se fondearán con anclas a 500 m de distancia y a 70 m de profundidad. Las tres restantes, del lado puerto quedarán ancladas a pilotes.

La rótula de conexión con el cajón estribo, con una vida prevista de 100 años, constituye uno de los componentes esenciales de la estructura. Está constituida por una pieza metálica de revolución, con geometría aproximadamente troncocónica, unida de forma rígida al cajón flotante mediante barras de pretensado. Esta pieza será insertada en un cajón metálico previamente instalado en el estribo, posibilitando la articulación de las dos estructuras de hormigón.

El peso total de los elementos metálicos que integran la rótula supera las 600 t.

#### Condiciones de explotación

La vida útil prevista para la obra es de 100 años. Esta inusual cifra ha condicionado en gran medida los criterios de diseño y de construcción, lo que se ha traducido en exigentes especificaciones para los suministros de materiales y procesos de ejecución.

#### Comportamiento hidrodinámico

En su emplazamiento definitivo, los movimientos de giro que experimente el cajón no pueden superar ciertos límites. Así:

- $\pm 1^\circ$  de inclinación transversal
- $\pm 0,2^\circ$  de inclinación longitudinal

En los ensayos como modelo reducido realizados en su día se comprobó que los desplazamientos extremos esperables en el morro son de 13 m, para la ola centenaria, y de 7 m para la ola anual, esta última con navío atracado al muelle. Los resultados de tales ensayos han sido confirmados con la ayuda de programas de simulación hidrodinámica.



El funcionamiento del dique en lo que respecta a rebases de oleaje es muy eficaz. De hecho, para alturas de la ola de hasta 6 m, la agitación en la dársena del antepuerto es prácticamente nula, con períodos de oleaje inferiores a 8 s en el sector ESE, e inferiores a 10 s en el sector SE.

#### Lastrado del cajón

Debido a la variabilidad en posición y magnitud de las acciones normales de explotación que actuarán sobre el dique (parking, estación marítima, almacenamiento, circulación de personas), este va a estar provisto de un sistema de lastrado/delastrado que mantendrá en todo momento la operatividad de la obra.

En total, el dique tendrá un lastre sólido de 6.700 t y un lastre líquido de 40.200 t. En la actualidad estas cifras están siendo sometidas a una profunda revisión, como consecuencia de las modificaciones constructivas introducidas en el Proyecto de Construcción.

#### Materiales

Las mediciones más relevantes del proyecto son las siguientes:

- 42.000 m<sup>3</sup> de hormigón
  - 2.975 t de acero en armaduras activas
  - 9.870 t de acero en armaduras pasivas
- Las características mecánicas del hormigón son
- Resistencia característica (28 días sobre probeta cilíndrica): 54 Mpa
  - Resistencia característica a tracción (28 días): 3,84 Mpa

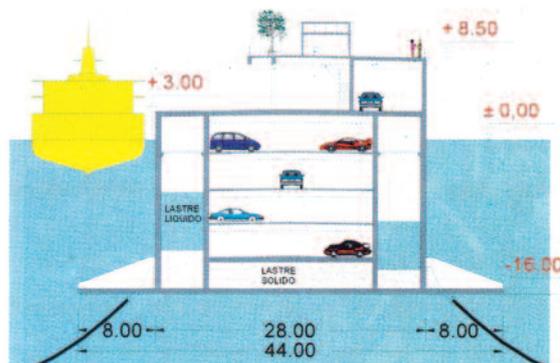
Para los elementos auxiliares las resistencias exigidas serán de 40,00 Mpa, a compresión y a tracción, respectivamente.

#### LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN EN ALGECIRAS

La fabricación del dique semiflotante no se hará en Mónaco, ya que el Principado no cuenta con las instalaciones portuarias adecuadas. De hechos, no son muchos los puertos del Mediterráneo que, estando situados a una distancia prudencial del Puerto de La Condamine, reúnan todas las condiciones necesarias para albergar unas obras de semejante calibre.

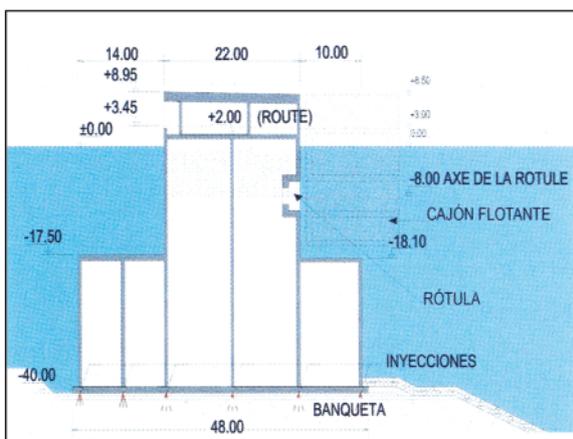
El grupo de empresas adjudicatario del Lote II, se comprometió en su oferta a construir el cajón en el dique seco de Crinavis, en la Bahía de Algeciras.

Este cuenta con un calado máximo de 8,20 m en pleamar. El cajón completamente terminado, con todo el lastre sólido colocado y con un lastre líquido mínimo para adrizamiento, tiene un calado estimado de 13,30 m. Por este motivo, en el estudio de viabilidad técnica de a oferta se previó efectuar la botadura del cajón parcialmente construido y finalizar los trabajos con este a flote, en el Dique de Levante del Puerto de Algeciras. Este procedimiento de construcción auguraba serias dificultades, que han sido superadas gracias a la nueva solución constructiva.



En la alternativa de construcción que finalmente se está llevando a cabo, el cajón es fabricado en una sola fase. Todos los trabajos se hacen en seco. La llamada Dársena Sur de Crinavis posibilita la viabilidad de la nueva solución.

Esta dársena formaba parte de un ambicioso proyecto de construcción de un astillero, en la década de los 70, que hubo de ser abandonado sin que las obras hubiesen llegado a su término. Comprendía la ejecución de tres diques secos interconectados, formando una H. La dársena era el espacio delimitado por una ataguía de tierras con una pantalla impermeable de bentonita-cemento en su núcleo, empotrada unos 30 cm de la roca sana, que en esta zona se sitúa a la cota media-12,00 m. La estanqueidad del recinto era necesaria para poder achicarlo y construir, así, el Dique Sur, lo que no llegó a hacerse.



### ACONDICIONAMIENTO DE LA DÁRSENA

La primera fase de los trabajos de construcción del dique semiflotante ha consistido en la preparación de la antedicha Dársena de Crinavis.

Se ha habilitado, en lo que en su día fue una laguna, un espacio en el que ya es posible la construcción del cajón. En esencia, el acondicionamiento ha consistido en la ejecución de un dique seco que tendrá una vida útil igual a la duración de la obra.

El calado disponible en la dársena (de hasta 15,50 m. en pleamar) va a permitir la botadura del cajón completamente terminado.

La transformación de la Dársena se ha realizado en las siguientes etapas:

- Cierre de la ataguía en su tramo noroeste. Su continuidad fue interrumpida años atrás para permitir el acceso a la laguna de gánguiles y otras embarcaciones de carga y vertido.
- Achique de la laguna. Se realizó siguiendo una pauta de vaciado diseñada con la condición de no comprometer la estabilidad a deslizamiento de la ataguía.
- Excavación de una plataforma a la cota  $-14,50$  m y con unas dimensiones en planta de  $380,00 \times 75,00$  m<sup>2</sup>, en la que se ha construido una cimentación superficial sobre la que apoyará el cajón durante la construcción.

El volumen de excavación total ha sido de 420.000 m<sup>3</sup>. Los materiales excavados eran de naturaleza diversa: desde rellenos antrópicos, pasando por las arenas del fondo marino de la zona, y un substrato rocoso compuesto por margas grises y areniscas, en capas alternantes que buzcan unos 45° hacia el Oeste.

Una vez finalizada la fabricación del cajón, con todos los elementos interiores y de superestructura terminados, y con la rótula ubicada en su posición definitiva, se procederá a la inundación de la dársena. Será entonces el momento en que se drague una abertura de 55 m. de anchura en la ataguía oeste, alineada con el eje longitudinal del cajón para permitir la salida.

Con el cajón a flote, se completará el lastre líquido necesario para su transporte hasta Mónaco (el calado del cajón en su instalación definitiva es de 16.0 m). Sólo restará, entonces, instalar los sistemas de anclaje y unir el dique al cajón estribo del Lote I, a través de la rótula de articulación. ■

*Vol. 148, nº 3.415, noviembre de 2001, pp. 83,85,87,89*

\* \* \*

## GRAN CRECIMIENTO DEL TRÁFICO EN EL PUERTO BAHÍA DE ALGECIRAS

El puerto de la Bahía de Algeciras superó al final del año 2001 los 52 millones de toneladas de Tráfico de Mercancías. Dicho movimiento de mercancías en los 12 últimos meses es la primera vez que alcanza tal magnitud en uno de los 27 Puertos de Interés General que componen el sistema portuario nacional. Este dato confirma además los buenos resultados del pasado ejercicio, en el que el Puerto Bahía de Algeciras ha registrado el mayor crecimiento de su historia.

La mayoría de los tráficos que utilizan las instalaciones del Puerto Bahía de Algeciras han mantenido un ritmo ascendente, pero el artífice de estos índices de crecimiento ha sido fundamentalmente la mercancía general transportada tanto en contenedor como en camión, que arroja unos crecimientos medios de más del 7 y el 18%, respectivamente, aunque en los últimos meses también destaca el tráfico de crudos de petróleo y los productos refinados del petróleo.

La empresa ACS Proyectos, Obras y Construcciones SA construye desde finales de 2001 la Mota

de Cierre para Explanada en las instalaciones de Campamento, por un montante de 6'5 millones de euros (1.084 millones de pesetas). La obra tiene un plazo de ejecución de un año y supone la primera de las actuaciones de la primera fase del proyecto para el desarrollo de las instalaciones de Campamento, proyecto global que consta de cuatro fases y en el que la APBA invertirá 180 millones de euros (30.000 millones de pesetas).

Campamento, junto con Isla Verde Exterior, son los dos grandes proyectos de expansión que la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras acometerá durante los próximos años, sin olvidar la Zona de Actividades Logísticas (ZAL) del Campo de Gibraltar, apuesta del puerto y de la Junta de Andalucía que ya cuenta con terrenos propios.

Isla Verde Exterior también sigue adelante y así, tras la ejecución de 16 hectáreas, el Consejo de Administración de la APBA adjudicó a la UTE Dragados Obras y Proyectos SA/SA Trabajos y Obras, la construcción del Muelle Adosado al Dique de Abrigo del Puerto Bahía de Algeciras por 18'06 mi-

llones de euros (3.005 millones de pesetas). Este proyecto, que tiene un plazo de ejecución de 18 meses, consiste en la construcción de un muelle de 530 metros de longitud,  $-16'5$  metros de calado y que estará preparado para albergar a las futuras generaciones de grúas super post panamax. Estas características permitirá, entre otras cosas, el atraque de grandes buques portacontenedores en esta parte del dique de abrigo del Puerto de Algeciras. El Muelle Adosado se enmarca en el proyecto global de Isla Verde Exterior presupuestado en 600 millones de euros (100.000 millones de pesetas).

Por lo que respecta a la Zona de Actividades Logísticas, la Junta de Andalucía y la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras han adquirido un total de 108 hectáreas de terreno junto a la Estación de Clasificación de Mercancías de RENFE en el término municipal de San Roque. Asimismo este proyecto es susceptible de futuras ampliaciones dada la existencia de otras 200 hectáreas más a ambos márgenes del río Guadarranque, en terrenos de San Roque y Los Barrios. ■

*Vol. 149, nº 3.423, julio de 2002, p. 94*

\* \* \*

## PUERTO DE HUELVA: CUATRO OFERTAS POR LA NUEVA TERMINAL

Cuatro ofertas se han presentado al concurso convocado por la Autoridad Portuaria de Huelva para la construcción y explotación de una terminal marítima. El proyecto de construcción tiene un presupuesto de ejecución de 29,6 millones de euros y un plazo de ejecución de 24 meses. Al concurso concurren FCC Construcciones en UTE

con Sando, Miller y Compañía, Bergé Marítima y Terminales Marítimas de Sevilla; Dragados en UTE con Obras y Proyectos, Drace y Ership; Sato y ACS, ambas en solitario. En este último caso, sólo se oferta por la construcción. Este concurso supone la incorporación de la iniciativa privada al Puerto de Huelva. ■

*Vol. 149, nº 3.423, julio de 2002, p. 94*

\* \* \*

## NUEVA ESCLUSA PARA EL PUERTO DE SEVILLA

El Puerto de Sevilla es una infraestructura de gran relevancia estratégica para la ciudad y para la región, tanto por la importancia del tráfico como por el impacto social y económico del mismo, y por las ventajas medioambientales derivadas de su carácter de Puerto interior marítimo. El Puerto de Sevilla genera el 17% del tráfico marítimo de la fachada suratlántica, una cantidad que está experimentando crecimientos superiores a los de los demás puertos de la zona. Existen, sin embargo, importantes limitaciones en el puerto actual que amenazan gran parte de su tráfico e impiden su mayor desarrollo. El acceso de buques está limitado por el calado del río y por la manga de la esclusa actual y no está recomendado el paso de buques con calados superiores a 6 - 6,5 m o mangas útiles superiores a 20 m.

En el año 2000 SENER realizó el Proyecto Básico de la Nueva Esclusa del Puerto de Sevilla cuyo objetivo fue definir los condicionantes fundamentales y las obras necesarias para la construcción de una esclusa en el entorno de la Dársena del Cuarto y Canal Alfonso XIII.

Los elementos más significativos estudiados son la estructura de la esclusa, el sistema de vaciado y llenado, los puentes y los edificios auxiliares. Con respecto a la estructura se fijaron las dimensiones más significati-

vas de la misma: longitud de la cámara (250 m), anchura útil (35 m), elevación de umbrales y solera (17,5 m). Asimismo, se prestó especial consideración a las diversas secciones que necesariamente deberán ser integradas: zona de puerta, mamparos o puerta de seguridad, integración de elementos de vaciado y llenado, conexión con muros de aproximación, umbrales de apoyo de las puertas, etc. En 2002 SENER ha sido seleccionada para realizar el Proyecto Constructivo de la Esclusa. Para ello cuenta con la colaboración del grupo que ha desarrollado las esclusas de El Puerto de Amberes, las mayores del mundo con la tipología seleccionada para la esclusa de Sevilla: SBE (empresa de consultoría que ha participado con el Puerto de Amberes en el diseño de la esclusa, Berendrech 1989 y Kallo 1979), que participará en el diseño de las puertas y puentes, APEC (consultoría 100 % participante del Puerto de Amberes), que colaborará en la revisión de criterios básicos y FLANDER HIDRAULICS (laboratorio que ha realizado el estudio hidráulico de los sistemas de vaciado y llenado de las esclusas de Zandvliet y Berendrech). Los trabajos de redacción del proyecto han comenzado durante el mes de junio y la duración prevista de los mismos es de nueve meses. ■

*Vol. 149, nº 3.424, septiembre de 2002, p. 87*

\* \* \*

# ÍNDICES

---

ONOMÁSTICO  
TOPONÍMICO



# ÍNDICE ONOMÁSTICO

| NOMBRE   | TOMO   | PÁGINA        | TOMO    | PÁGINA           |
|--|--------|---------------|---------|------------------|
| A. López y Compañía                                | Tomo I | 67, 80        |         |                  |
| Abengoa, S.L.                                      |        |               | Tomo II | 211, 217         |
| Acerinox   |        |               | Tomo II | 313              |
| Ackermans & Van Haaren                             |        |               | Tomo II | 213              |
| ACS Proyectos, Obras y Construcciones              |        |               | Tomo II | 351              |
| Agromán, S.A.                                      |        |               | Tomo II | 211              |
| Air France   |        |               | Tomo II | 134              |
| Alatec Ingenieros                                  |        |               | Tomo II | 320              |
| Albareda, José Luis                                | Tomo I | 217           |         |                  |
| Alcántara, navío                                   |        |               | Tomo II | 280, 282         |
| Alfonso X el Sabio                                 | Tomo I | 209           |         |                  |
| Alfonso XIII                                       | Tomo I | 301, 330      | Tomo II | 280              |
| Allied Machinery Company                           |        |               | Tomo II | 34               |
| Almazán, José                                      | Tomo I | 7, 19, 22     |         |                  |
| Almeida, Joaquín                                   |        |               | Tomo II | 198              |
| Alzola   | Tomo I | 207, 208, 210 |         |                  |
| American Export Lines                              |        |               | Tomo II | 282, 286         |
| Arnoux, sistema de                                 | Tomo I | 22            |         |                  |
| Astilleros Españoles                               |        |               | Tomo II | 333              |
| Aurrerá  | Tomo I | 217           |         |                  |
| Austria, casa de                                   | Tomo I | 207           |         |                  |
| Auxini, S.A.                                       |        |               | Tomo II | 296, 333, 338    |
| Aznar Alamazán, Luis                               |        |               | Tomo II | 327              |
| Balbontín Bravo, Edmundo                           |        |               | Tomo II | 317              |
| Banco Árabe Español                                |        |               | Tomo II | 344              |
| Banco de Bilbao                                    |        |               | Tomo II | 55, 58, 93       |
| Barbier, Bernard y Turenne                         | Tomo I | 388           |         |                  |
| Basilio del Camino y Hermanos                      | Tomo I | 261           |         |                  |
| Bec Frères   |        |               | Tomo II | 348, 349         |
| Belda  |        |               | Tomo II | 52               |
| Benjumea Heredia, Francisco (conde de Guadalhorce) |        |               | Tomo II | 6, 311, 313, 336 |
| Benot, Eduardo                                     |        |               | Tomo II | 191, 198         |
| Berkhoff, ecuación de                              |        |               | Tomo II | 309              |
| Bernal, Carlos                                     |        |               | Tomo II | 337              |
| Bernstein y Montesinos                             | Tomo I | 305           |         |                  |
| <i>Beton und Eisen</i>                             | Tomo I | 267           |         |                  |
| Beyer, Max   |        |               | Tomo II | 161              |
| Bilbao, draga tipo                                 | Tomo I | 161           |         |                  |
| Blas de Lezo, crucero                              |        |               | Tomo II | 69               |
| Boguerin, Ricardo                                  | Tomo I | 350           |         |                  |
| Bos  |        |               | Tomo II | 48, 51           |
| Botín, Juan  |        |               | Tomo II | 59, 93           |

| NOMBRE   | TOMO   | PÁGINA  | TOMO    | PÁGINA         |
|--|--------|---|---------|----------------|
| Bouygues Offshore  |        |   | Tomo II | 349            |
| Bravo  |        |   | Tomo II | 52             |
| Breguet, telégrafo   | Tomo I | 375   |         |                |
| Brennecke  |        |   | Tomo II | 96             |
| Buenos Aires, crucero  |        |   | Tomo II | 63             |
| Bureau Veritas   | Tomo I | 181, 383, 384                                       |         |                |
| Burgos   | Tomo I | 388   |         |                |
| Cabo Machichaco, vapor   | Tomo I | 110   |         |                |
| Calbetón, Fermín   | Tomo I | 331   |         |                |
| Calderón Santos, José  | Tomo I | 332   |         |                |
| Calvet, Bernardo   |        |   | Tomo II | 93             |
| Camps  |        |   | Tomo II | 284            |
| Canalejas, José  | Tomo I | 388   |         |                |
| Cárcer   | Tomo I | 261   |         |                |
| Cardiff, carbón  | Tomo I | 384   |         |                |
| Carlos III   | Tomo I | 209   |         |                |
| Carlos, remolcador   | Tomo I | 115   |         |                |
| Carvajal, José   | Tomo I | 209   |         |                |
| Casso, José Luis de  |        |   | Tomo II | 187            |
| Castellano Exprés, ferrocarril                                     |        |   | Tomo II | 280, 282       |
| Castro, Adolfo de  |        |   | Tomo II | 191            |
| Castro, Eduardo de   |        |   | Tomo II | 131, 175       |
| Cepsa  |        |   | Tomo II | 280, 313       |
| Cerero, Rafael   | Tomo I | 207   |         |                |
| Chadburn, telégrafo sistema  | Tomo I | 183   |         |                |
| Chance, sistema  |        |   | Tomo II | 88             |
| Christiani & Nielsen   |        |   | Tomo II | 292            |
| Churruca Brunet, Evaristo de                                       | Tomo I | 7, 33, 43, 159                                      |         |                |
| Cinta, draga   | Tomo I | 359, 360  | Tomo II | 51             |
| Clairac, Pelayo  | Tomo I | 370   |         |                |
| Clemente, Rafael   | Tomo I | 355   |         |                |
| Colón, Cristóbal   |        |   | Tomo II | 192            |
| Compañía Anónima de Buitrón  | Tomo I | 151, 173, 227                                       |         |                |
| Compañía de Construcciones<br>Hidráulicas y Civiles                |        |   | Tomo II | 55, 56, 93, 99 |
| Compañía de Ferrocarriles de<br>Madrid a Zaragoza y Alicante (MZA) | Tomo I | 76, 219, 263, 295, 320,<br>321                      |         |                |
| Compañía de Ferrocarriles de<br>Zafra a Huelva                     | Tomo I | 249, 250  |         |                |
| Compañía de los Ferrocarriles<br>Andaluces                         | Tomo I | 261, 263, 283, 295,<br>296, 320, 321                | Tomo II | 336            |
| Compañía del Guadalquivir  | Tomo I | 209   | Tomo II | 63, 64         |
| Compañía Gaditana de Minas   | Tomo I | 267   |         |                |
| La Caridad de Aznalcóllar  |        |   |         |                |
| Compañía General de Carbones                                       |        |   | Tomo II | 280            |
| Compañía Minas de Riotinto   | Tomo I | 151, 173, 227, 277, 347,<br>348, 354, 355, 358, 361 | Tomo II | 14, 51, 52     |

| NOMBRE                              | TOMO   | PÁGINA  | TOMO    | PÁGINA        |
|-------------------------------------|--------|---|---------|---------------|
| Compañía Minas de Tharsis           | Tomo I | 151, 173, 227, 277,<br>347, 348, 355  | Tomo II | 14, 50, 51    |
| Compañía Minera de Sierra Alhamilla | Tomo I | 389   |         |               |
| Compañía Sevillana de Electricidad  | Tomo I | 219   | Tomo II | 182           |
| Compañía Trasatlántica              | Tomo I | 207, 341  |         |               |
| Compañía Vapores de Vinuesa         | Tomo I | 321   |         |               |
| Compound, máquina                   | Tomo I | 182, 384  |         |               |
| Conde                               |        |   | Tomo II | 293           |
| Considère                           | Tomo I | 254   |         |               |
| Constitution, navío                 |        |   | Tomo II | 282, 286      |
| Control y Geología, S.A.            |        |   | Tomo II | 294           |
| Cordemoy, C.J. de                   | Tomo I | 357   |         |               |
| Cornet                              |        |   | Tomo II | 69            |
| Corniero                            |        |   | Tomo II | 293           |
| Corra Lim, vapor                    | Tomo I | 116   |         |               |
| Corral                              | Tomo I | 253   |         |               |
| Corroza, Canuto                     | Tomo I | 63, 191, 209, 217,<br>221, 261  | Tomo II | 64, 66        |
| Cortés, Carlos María                | Tomo I | 48, 147, 148, 151, 174,<br>207, 241, 261, 351,<br>354, 355, 358             | Tomo II | 191, 192, 198 |
| Cosmopolita, draga                  |        |   | Tomo II | 51            |
| Covadonga, B. de                    | Tomo I | 354   |         |               |
| Crespo Lemo, Manuel                 |        |   | Tomo II | 198           |
| Cros, fábrica de productos químicos |        |   | Tomo II | 50            |
| Cubiertas y Tejados, S.A.           |        |   | Tomo II | 342           |
| Dabrío, C.J.                        |        |   | Tomo II | 304           |
| Danish Hydraulic Institute          |        |   | Tomo II | 292, 293, 309 |
| Danish Ship Research Laboratory     |        |   | Tomo II | 294           |
| De la Cerda López-Mollinero, Rafael | Tomo I | 9, 335, 343   |         |               |
| De la Cosa, Juan                    |        |   | Tomo II | 342           |
| De la Cuesta, José                  | Tomo I | 381   |         |               |
| De la Rosa, Ricardo                 |        |   | Tomo II | 17            |
| De la Viesca, Rafael                | Tomo I | 389   |         |               |
| De Mey                              | Tomo I | 196   |         |               |
| Decauville, vía                     |        |   | Tomo II | 34            |
| Del Cuvillo y Sancho, Manuel        | Tomo I | 332   |         |               |
| Del Valle, Lucio                    | Tomo I | 48, 355   |         |               |
| Delgado Brackenbury, José           |        |   | Tomo II | 5, 34, 61, 66 |
| Des Vergues, Eyriand                | Tomo I | 159   |         |               |
| Desprez, Henri                      | Tomo I | 357   |         |               |
| Destello, remolcador                | Tomo I | 74, 78, 79, 80, 89, 90,<br>91, 97, 98, 104, 115,<br>123, 124, 126, 128, 136 |         |               |
| Deustch y Compañía                  | Tomo I | 261   |         |               |
| Devauve                             |        |   | Tomo II | 58            |

| NOMBRE                                   | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA  |
|--|--------|--|---------|---|
| Diamante                                 |        |  | Tomo II | 124   |
| <i>Diario Sur</i>                        |        |  | Tomo II | 336   |
| Diego Fernando Montañez, draga           | Tomo I | 329  |         |   |
| Domesaín, Francisco Antonio              |        |  | Tomo II | 63  |
| Domínguez, Agustín                       |        |  | Tomo II | 345   |
| Donnet Pareja, Baldomero                 | Tomo I | 8, 9, 275, 281, 285, 287,<br>291, 293, 297, 299, 303,<br>307, 309, 313 |         |   |
| Doris Engineering                        |        |  | Tomo II | 348, 349  |
| Douglas, aeronave                        |        |  | Tomo II | 176   |
| Dragados y Construcciones                |        |  | Tomo II | 296, 327, 333, 338,<br>348, 349, 351              |
| Dumez                                    |        |  | Tomo II | 349   |
| Duro-Felguera                            | Tomo I | 242  |         |   |
| E.                                       | Tomo I | 7, 45, 48  |         |   |
| Efyca                                    |        |  | Tomo II | 333   |
| <i>El Comercio de Cádiz</i>              | Tomo I | 25   |         |   |
| <i>El Diario Español</i>                 | Tomo I | 16   |         |   |
| <i>El Regional</i>                       | Tomo I | 388  |         |   |
| Electroland, cemento                     |        |  | Tomo II | 124   |
| Empresa Nacional Elcano                  |        |  | Tomo II | 212, 216  |
| Empress of France, buque                 |        |  | Tomo II | 77  |
| Endesa                                   |        |  | Tomo II | 291, 338  |
| <i>Engineering</i>                       | Tomo I | 267  |         |   |
| Entrecanales Ibarra, José                |        |  | Tomo II | 5, 91, 99, 113, 124,<br>127, 264                  |
| Entrecanales y Távora, S.A.              |        |  | Tomo II | 213, 216, 296, 333, 338                           |
| Escarro Núñez del Pino, José Luis        |        |  | Tomo II | 5, 129, 131, 137, 143,<br>150, 157, 167, 171, 175 |
| Estévez, José                            |        |  | Tomo II | 45  |
| Ezcurdia y Arbeláiz, Juan                | Tomo I | 217  |         |   |
| F. Alonso y Compañía                     | Tomo I | 85, 88, 92, 109, 110,<br>116, 128                                      |         |   |
| F. G. de la Vega (grabado)               | Tomo I | 53   |         |   |
| Fairbain and Company                     | Tomo I | 215  |         |   |
| Felipe II                                | Tomo I | 209  | Tomo II | 197, 198  |
| Fernando III el Santo                    | Tomo I | 209  |         |   |
| Fernando VII                             | Tomo I | 209  |         |   |
| Flander Hydraulics                       |        |  | Tomo II | 352   |
| Fokker, aeronave                         |        |  | Tomo II | 176   |
| Fomento de Construcciones<br>y Contratas |        |  | Tomo II | 348, 349  |
| Fomento, draga                           | Tomo I | 216  |         |   |
| Font Escola, Jaime                       | Tomo I | 7, 47, 48, 49, 51, 55, 215   |         |   |
| Fourcade y Prévost                       | Tomo I | 261  |         |   |
| Franco, Francisco                        |        |  | Tomo II | 191, 192  |
| Gallegos, Antonio                        | Tomo I | 232  |         |   |

| NOMBRE   | TOMO   | PÁGINA                                    | TOMO    | PÁGINA             |
|--|--------|---|---------|--------------------|
| García de Sola, Francisco                        |        |   | Tomo II | 45                 |
| García Herreros, Antonio                         |        |   | Tomo II | 296                |
| García Morón, José                               | Tomo I | 8, 225, 234, 237, 278                     |         |                    |
| García Ramos, Antonio                            | Tomo I | 386                                       |         |                    |
| Garonne, draga tipo                              | Tomo I | 162                                       |         |                    |
| Garrán   | Tomo I | 143                                       |         |                    |
| Garrigues, Joaquín                               |        |   | Tomo II | 337                |
| Gavala, Juan                                     |        |   | Tomo II | 191, 196, 197, 199 |
| Gaytán de Ayala, Pedro                           | Tomo I | 12  | Tomo II | 6, 277, 279        |
| Gaztelu  |        |   | Tomo II | 58                 |
| Giménez Curto                                    |        |   | Tomo II | 292                |
| Giménez Lombardo, Manuel                         |        |   | Tomo II | 336                |
| Giralda, buque                                   |        |   | Tomo II | 46, 49             |
| Gómez Aramburu                                   | Tomo I | 207                                       |         |                    |
| Gómez de la Fuente, Juan Pablo                   |        |   | Tomo II | 6, 321, 323, 327   |
| Gómez Ortega, José                               | Tomo I | 261                                       |         |                    |
| González Molada, Justo                           | Tomo I | 36, 41                                    |         |                    |
| Gonzalo, Justo                                   | Tomo I | 196, 248                                  |         |                    |
| Gouin  |        |   | Tomo II | 14                 |
| Gracián y Reboul, Luis                           | Tomo I | 7, 59, 61, 82, 83, 105,<br>107, 136, 216  |         |                    |
| Grands Travaux de Marseille                      |        |   | Tomo II | 349                |
| Grassa Garrido, José María                       |        |   | Tomo II | 309                |
| Gripsholm, buque                                 |        |   | Tomo II | 77                 |
| Guadaira, draga                                  |        |   | Tomo II | 50                 |
| Guadalhorce, conde de<br>(Rafael Benjumea Burín) |        |   | Tomo II | 237                |
| Guadamar, draga                                  |        |   | Tomo II | 50                 |
| Gutiérrez de Rubalcava, Joaquín                  | Tomo I | 369                                       |         |                    |
| Harlé y Compañía                                 | Tomo I | 342                                       |         |                    |
| Harlé, sistema                                   | Tomo I | 343                                       |         |                    |
| Hennebique, Ribera y Compañía                    | Tomo I | 253                                       |         |                    |
| Henry-Lepaute, compañía y<br>aparato dióptrico   | Tomo I | 47, 388                                   |         |                    |
| Herbella, José                                   |        |   | Tomo II | 5, 85, 89          |
| Hernández Quintero, F.                           | Tomo I | 385, 386                                  |         |                    |
| Hernando Martín, Manuel Ignacio                  |        |   | Tomo II | 6, 315, 317        |
| Herrero, Andrés                                  |        |   | Tomo II | 59, 93             |
| Herrero-Egaña                                    |        |   | Tomo II | 102                |
| Hidrocivil                                       |        |   | Tomo II | 216                |
| Hindenburg, dirigible                            |        |   | Tomo II | 187                |
| Homeric, buque                                   |        |   | Tomo II | 77                 |
| Homero   | Tomo I | 11  |         |                    |
| Huelva, draga                                    | Tomo I | 181, 195, 196, 244,<br>249, 277, 359, 360 | Tomo II | 51                 |
| Ibarra y Compañía                                | Tomo I | 321                                       | Tomo II | 282                |
| Ibarrola, S.A.                                   |        |   | Tomo II | 280                |

| NOMBRE                                 | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA             |
|--|--------|--|---------|--------------------|
| Impregilio                             |        |  | Tomo II | 349                |
| Independence, navío                    |        |  | Tomo II | 280, 282, 286      |
| Iribarren, Ramón                       |        |  | Tomo II | 225, 227, 228, 233 |
| Isaac Peral, submarino                 |        |  | Tomo II | 46                 |
| J. Donon (litografía)                  | Tomo I | 31, 37, 39   |         |                    |
| Jerónimo de la Concepción, fray        |        |  | Tomo II | 197                |
| Jesús María, charanguero               | Tomo I | 77   |         |                    |
| Jhon Cockerill                         | Tomo I | 174, 217, 283, 376   |         |                    |
| Jiménez Jiménez, Diego                 |        |  | Tomo II | 327                |
| José Rodríguez, imprenta               |        |  | Tomo II | 191                |
| Juárez Zamorano, José                  | Tomo I | 332  |         |                    |
| Kinner, aeronave                       |        |  | Tomo II | 176                |
| Kitty, remolcador                      | Tomo I | 329, 331   |         |                    |
| Krupp y Astano                         |        |  | Tomo II | 296                |
| <i>La Andalucía</i>                    | Tomo I | 48   |         |                    |
| La Constructora Gijonesa               | Tomo I | 342  |         |                    |
| La Constructora Naval de Cádiz         |        |  | Tomo II | 56                 |
| La Cordobesa                           | Tomo I | 341  |         |                    |
| <i>La Crónica Meridional</i>           | Tomo I | 388  |         |                    |
| <i>La Gaceta de Madrid</i>             | Tomo I | 181, 242, 261, 283, 330,<br>331, 333, 381, 383, 385,<br>386, 387 |         |                    |
| La Maquinista Terrestre y Marítima     |        |  | Tomo II | 69                 |
| La Orden                               | Tomo I | 233  |         |                    |
| La Provincia Bética                    | Tomo I | 209  | Tomo II | 64                 |
| <i>La Vida Marítima</i>                | Tomo I | 388  |         |                    |
| Laboratorio de Puertos Ramón Iribarren |        |  | Tomo II | 292, 293           |
| Lacour, maza tipo                      | Tomo I | 273  |         |                    |
| Lafarga, Francisco                     | Tomo I | 207  |         |                    |
| Laffon                                 |        |  | Tomo II | 131                |
| Lagrenée, fórmula de                   | Tomo I | 357  |         |                    |
| Lakewood, sistema                      |        |  | Tomo II | 33                 |
| Laporta Pérez, Vicente                 |        |  | Tomo II | 6, 223, 225        |
| Lara, Juan                             | Tomo I | 243  |         |                    |
| Laroche, Félix                         | Tomo I | 357  |         |                    |
| Latécoère, avión                       |        |  | Tomo II | 87                 |
| Lázaro, Amado de                       | Tomo I | 156  |         |                    |
| Lehmann                                |        |  | Tomo II | 187                |
| Levant, bomba                          |        |  | Tomo II | 102                |
| Liminiana, Agustín de                  | Tomo I | 15   |         |                    |
| Linares Sánchez, Antonio               |        |  | Tomo II | 6, 289, 291        |
| Llamazares, Marcos                     | Tomo I | 381  |         |                    |
| Lloyd Inglés                           | Tomo I | 383  |         |                    |
| López Barrionuevo                      |        |  | Tomo II | 334                |
| López, Matías                          | Tomo I | 247  |         |                    |
| Lorite Becerra, Rita                   |        |  | Tomo II | 347                |
| Losada                                 |        |  | Tomo II | 292, 293           |

| NOMBRE   | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA                     |
|--|--------|--|---------|----------------------------|
| M. Pastor y Landero, remolcador                                      |        |  | Tomo II | 49                         |
| Machimbarrena Gorgoza, Vicente                                       |        |  | Tomo II | 5, 35, 37                  |
| Madoz, Pascual   | Tomo I | 26, 29   |         |                            |
| Maersk   |        |  | Tomo II | 313                        |
| Malcolm, Guillermo   | Tomo I | 371  |         |                            |
| Manuel Arnús, trasatlántico  |        |  | Tomo II | 70                         |
| Marín  |        |  | Tomo II | 198                        |
| Marina Puerto de Santa María, S.A.                                   |        |  | Tomo II | 344                        |
| Márquez  | Tomo I | 48   |         |                            |
| Martín Barbadillo, Tomás de  |        |  | Tomo II | 6, 183, 185, 188           |
| Martín de Vidales, Luis  |        |  | Tomo II | 191                        |
| Martin-130, aeronave   |        |  | Tomo II | 188                        |
| Martínez Catena, Marciano  |        |  | Tomo II | 6, 235, 237, 245, 254, 264 |
| Martínez Cattáneo, Antonio   |        |  | Tomo II | 6, 173, 177, 183, 187, 188 |
| Martínez Villa, Juan   | Tomo I | 207, 233, 284  |         |                            |
| Martínez y Sánchez-Gijón, Emilio                                     | Tomo I | 9, 283, 327, 333   |         |                            |
| Martínez, Enrique  |        |  | Tomo II | 93                         |
| Mascarós Barba, Manuel   |        |  | Tomo II | 5, 79, 83                  |
| Mayo, Ángel  | Tomo I | 16, 28   |         |                            |
| Medina Villaverde, José María  |        |  | Tomo II | 6, 301, 303                |
| Méndez (litografía)  | Tomo I | 149, 255   |         |                            |
| Merello  | Tomo I | 207  |         |                            |
| Merello Llasera, Ignacio   |        |  | Tomo II | 5, 45, 73, 77              |
| Merelo   | Tomo I | 48   |         |                            |
| Mey Alamela, Rafael  |        |  | Tomo II | 327                        |
| Michon, método de  | Tomo I | 42, 43   |         |                            |
| Milla Beltrán, Francisco   | Tomo I | 7, 13, 17  |         |                            |
| Minio Boenco, Giuseppe   | Tomo I | 283  |         |                            |
| <i>Minutes of Proceedings of the Institutions of Civil Engineers</i> | Tomo I | 348  |         |                            |
| Mitchell, rosca y hélice tipo  | Tomo I | 241, 242, 348, 350, 354, 371, 376  |         |                            |
| Molina, Antonio  | Tomo I | 381  |         |                            |
| Moliní, Federico   | Tomo I | 283, 329   |         |                            |
| Moliní, Luis   | Tomo I | 8, 9, 147, 148, 149 (plano), 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 174, 187, 190, 192, 209, 210, 211, 216, 217, 223, 241, 259, 261, 301, 315, 319, 322, 325, 355, 378 | Tomo II | 48, 64                     |
| Mondéjar, Carlos   | Tomo I | 35, 41   |         |                            |
| Montañez o Montañés, Diego Fernando                                  | Tomo I | 207, 283   |         |                            |
| Montenegro Calle, Francisco  | Tomo I | 8, 11, 239, 243, 278, 345, 352, 355, 360, 366  | Tomo II | 5, 9, 15, 17, 19, 23, 52   |

| NOMBRE                       | TOMO   | PÁGINA  | TOMO    | PÁGINA                             |
|------------------------------|--------|---|---------|------------------------------------|
| Monterde, A.                 | Tomo I | 370   |         |                                    |
| Montesinos, Rafael           | Tomo I | 305   |         |                                    |
| Montejo, José                |        |   | Tomo II | 199                                |
| Morales, Vicente             |        |   | Tomo II | 55, 56, 58, 59, 93                 |
| Moreno, Salvador             | Tomo I | 371   |         |                                    |
| Moret, draga                 | Tomo I | 329   |         |                                    |
| Moret, Segismundo            | Tomo I | 330   |         |                                    |
| Muñoz, Juan Manuel           | Tomo I | 207   |         |                                    |
| Murúa                        |        |   | Tomo II | 124                                |
| Napoleón                     | Tomo I | 26  |         |                                    |
| Navajas Vega, Joaquín        |        |   | Tomo II | 6, 315, 317                        |
| Navier, fórmula de           | Tomo I | 357   |         |                                    |
| Nereus, draga                | Tomo I | 331, 332  |         |                                    |
| Nolla, fábrica de azulejos   | Tomo I | 43  |         |                                    |
| Noreña, Juan                 |        |   | Tomo II | 59, 93, 124                        |
| Nozaleda, Manuel             | Tomo I | 261   |         |                                    |
| Ochoa                        | Tomo I | 261   |         |                                    |
| Ochoa y Benjumea, José       |        |   | Tomo II | 6, 189, 191, 196,<br>202, 209, 218 |
| Odiel, draga                 | Tomo I | 244, 245, 249, 250,<br>359, 360                             |         |                                    |
| Olivares                     | Tomo I | 47, 48  |         |                                    |
| Ordóñez, E.                  | Tomo I | 386   |         |                                    |
| Ortiz, Luis                  |        |   | Tomo II | 337                                |
| Panamax, barco tipo          |        |   | Tomo II | 338                                |
| Papendrecht, elevador        |        |   | Tomo II | 48                                 |
| Pardo                        | Tomo I | 41  |         |                                    |
| Pastor y Landero, Manuel     | Tomo I | 191, 209, 213, 215, 218,<br>219, 220, 221, 222, 223,<br>261 | Tomo II | 63, 64, 192                        |
| Pelayo, acorazado            |        |   | Tomo II | 21                                 |
| Peña Abizanda, Javier        |        |   | Tomo II | 334                                |
| Peña Boeuf, Alfonso          |        |   | Tomo II | 93, 165, 166, 176                  |
| Pérez de Oliva, Fernán       | Tomo I | 209   |         |                                    |
| Pérez Galdós, Benito         |        |   | Tomo II | 191                                |
| Pérez Rodríguez, Juan Miguel |        |   | Tomo II | 6, 315, 317                        |
| Pérez Romero (fotografía)    | Tomo I | 167   |         |                                    |
| Perocini                     | Tomo I | 209   |         |                                    |
| Perón, Juan Domingo          |        |   | Tomo II | 191, 192                           |
| Pery Paredes, Pascual        |        |   | Tomo II | 334                                |
| Phoenix, carril tipo         |        |   | Tomo II | 247                                |
| Pintsch, fábrica de gas      | Tomo I | 175 (plano)   |         |                                    |
| Pirelli y Compañía           | Tomo I | 342   |         |                                    |
| Pisarro, Francisco Antonio   |        |   | Tomo II | 63                                 |
| Ponz, Antonio                |        |   | Tomo II | 191                                |
| Portilla, White y Compañía   | Tomo I | 67, 71, 126   |         |                                    |
| Portland, cemento            |        |   | Tomo II | 93, 102, 107                       |

| NOMBRE                       | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA            |
|------------------------------|--------|--|---------|-------------------|
| Priestman, draga tipo        |        |  | Tomo II | 50                |
| Primo de Rivera, Miguel      |        |  | Tomo II | 336               |
| Quijano, Alejandro           | Tomo I | 261  |         |                   |
| Quiroga, B.                  | Tomo I | 377  |         |                   |
| Reina, navío                 |        |  | Tomo II | 198               |
| Renfe                        |        |  | Tomo II | 207, 217          |
| Rey Sainz-Rozas, Federico    |        |  | Tomo II | 6, 289, 291       |
| Reyes Católicos              | Tomo I | 207, 209   | Tomo II | 192               |
| Rezola, fábrica de cemento   | Tomo I | 274  |         |                   |
| Ribera Dutaste, José Eugenio |        |  | Tomo II | 5, 53, 55, 59, 93 |
| Riehl, Ernesto               | Tomo I | 247  |         |                   |
| Rochemont, barón Quinette de | Tomo I | 357  |         |                   |
| Rodríguez de Ribera, José    | Tomo I | 284  |         |                   |
| Rodríguez Leal, Joaquín      | Tomo I | 8, 147, 156, 157, 159,<br>160, 162, 173, 179, 184,<br>193, 203, 210, 241, 247,<br>248, 249, 354, 355, 378,<br>383, 385 |         |                   |
| Rodríguez Martín, Antonio    |        |  | Tomo II | 37                |
| Romero Carrasco              |        |  | Tomo II | 124               |
| Rosende, J.E.                |        |  | Tomo II | 82                |
| Rosily, vicealmirante        |        |  | Tomo II | 199               |
| Rotterdam, buque             |        |  | Tomo II | 77                |
| Rubio, José                  | Tomo I | 229  |         |                   |
| Ruiz Martínez                |        |  | Tomo II | 124               |
| Saavedra                     | Tomo I | 43   |         |                   |
| Sager-Woerner                |        |  | Tomo II | 58                |
| Sagra y Cuadra, Manuel       | Tomo I | 332  |         |                   |
| Salaverría                   | Tomo I | 25   |         |                   |
| Salgueiro Carmona, José      | Tomo I | 7, 11  |         |                   |
| San Gabriel, grúa            | Tomo I | 329  |         |                   |
| San Germán, gánguil          | Tomo I | 330  |         |                   |
| San Joaquín, remolcador      | Tomo I | 54   |         |                   |
| San Servando, gánguil        | Tomo I | 330  |         |                   |
| Sánchez Hernández, Emilio    | Tomo I | 383  |         |                   |
| Sánchez Lastra, José María   |        |  | Tomo II | 6, 289, 291       |
| Sanso, S.A.                  |        |  | Tomo II | 327               |
| Santo Domingo, vizconde de   | Tomo I | 228  |         |                   |
| Sanz y Larrumbe, Javier      | Tomo I | 261  | Tomo II | 66                |
| Sanz, Antonio                | Tomo I | 383  |         |                   |
| Scherzer, sistema            |        |  | Tomo II | 49                |
| Schneider                    |        |  | Tomo II | 58                |
| Schuckert, método            |        |  | Tomo II | 176               |
| Schwarz, Josef               |        |  | Tomo II | 154               |
| Sea Land                     |        |  | Tomo II | 313               |
| Serimer                      |        |  | Tomo II | 349               |
| Serra Andreu, Guillermo      |        |  | Tomo II | 59, 93            |

| NOMBRE  | TOMO   | PÁGINA                  | TOMO    | PÁGINA                  |
|---|--------|-------------------------|---------|-------------------------|
| Serrano Suñer, Fernando   |        |                         | Tomo II | 5, 79, 83               |
| Sevilla, draga  | Tomo I | 301                     | Tomo II | 48                      |
| Sevillana de Navegación   | Tomo I | 321                     |         |                         |
| Siemens-Martin, sistema   | Tomo I | 181, 254                |         |                         |
| Siemens-Bauunion  |        |                         | Tomo II | 58                      |
| Smith & Sons, constructora  |        |                         | Tomo II | 51                      |
| Smulders  | Tomo I | 359                     |         |                         |
| Soberano, navío   |        |                         | Tomo II | 198                     |
| Sociedad Árabe Española de Servicios  |        |                         | Tomo II | 344                     |
| Sociedad Arsenal Civil  | Tomo I | 217                     |         |                         |
| Sociedad Cooperativa Gaditana de Gas  | Tomo I | 340                     |         |                         |
| Sociedad Española de Construcción Naval                                     |        |                         | Tomo II | 96                      |
| Sociedad Española de Construcciones Babcock y Wilcox                        |        |                         | Tomo II | 70                      |
| Sociedad Española de Construcciones Metálicas                               |        |                         | Tomo II | 28                      |
| Sociedad Española de Ferrocarriles Secundarios                              |        |                         | Tomo II | 16                      |
| Sociedad General de Obras y Construcciones                                  |        |                         | Tomo II | 55, 56, 93              |
| Sociedad Lebon y Compañía   | Tomo I | 340, 341                |         |                         |
| Sociedad Minas de Aznalcóllar   |        |                         | Tomo II | 331                     |
| Sociedad Minas de Cala  | Tomo I | 253, 267, 296           |         |                         |
| Sociedad Petrolífera Española   |        |                         | Tomo II | 49, 50                  |
| Sociedad Puerto Mercantil de Cádiz  | Tomo I | 283                     |         |                         |
| Sociedad Vasco-Belga de Miravalles  | Tomo I | 174                     |         |                         |
| Società Veneta per Costruzione ed Esercizio di Ferrovie Secondarie Italiane | Tomo I | 283, 330, 331, 332, 333 |         |                         |
| Société Internationale D'Éclairage par le Gaz D'Huile                       | Tomo I | 329, 330                |         |                         |
| Suez, draga   |        |                         | Tomo II | 48                      |
| Sundheim, Guillermo   | Tomo I | 383, 385                |         |                         |
| Tablada, buque  |        |                         | Tomo II | 49                      |
| Tarifa, buque   |        |                         | Tomo II | 49                      |
| Távora, Manuel  |        |                         | Tomo II | 93                      |
| Tejada, Leonardo de   | Tomo I | 41                      |         |                         |
| Ténder, locomotora tipo   | Tomo I | 174, 348                |         |                         |
| Terán, Francisco  | Tomo I | 348                     |         |                         |
| Tharsis, vapor  | Tomo I | 15                      |         |                         |
| The Alquife Mines and Railway Company                                       | Tomo I | 312                     |         |                         |
| <i>The Dock and Harbour Authority</i>                                       |        |                         | Tomo II | 230                     |
| Tinto, elevador   |        |                         | Tomo II | 51                      |
| Tirado, Anselmo   | Tomo I | 35                      |         |                         |
| Titán, grúa tipo  |        |                         | Tomo II | 81, 275                 |
| Tofiño  | Tomo I | 27                      |         |                         |
| Torres Vildosola, Luis de   | Tomo I | 7, 23, 30               |         |                         |
| Torroja Miret, Eduardo  |        |                         | Tomo II | 5, 56, 59, 93, 125, 128 |
| Transilvania, buque   |        |                         | Tomo II | 77                      |

| NOMBRE                          | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA        |
|---------------------------------|--------|--|---------|---------------|
| Transmediterránea               |        |  | Tomo II | 280           |
| <i>Trenes de Hoy</i>            |        |  | Tomo II | 314           |
| Triana, lancha de vapor         | Tomo I | 79, 88, 91, 104, 113, 115,<br>117, 128, 134, 136 |         |               |
| Trías Hernaiz, José             | Tomo I | 376  |         |               |
| Triverio Construction           |        |  | Tomo II | 348, 349      |
| Ulises                          | Tomo I | 11   |         |               |
| Ulloa, Bernardo                 | Tomo I | 209  |         |               |
| Unión Naval de Levante          |        |  | Tomo II | 279           |
| United Air Lines                |        |  | Tomo II | 148           |
| Updala, vapor                   | Tomo I | 207  |         |               |
| Valcarce, José                  | Tomo I | 378  |         |               |
| Valdés                          | Tomo I | 143  |         |               |
| Vargas Ponce, José              |        |  | Tomo II | 197           |
| Vasco de Gama, Antonio          | Tomo I | 229  |         |               |
| Vasconi, Luis                   | Tomo I | 378  |         |               |
| Venturi, contador               |        |  | Tomo II | 217           |
| Verdugo y Castilla, José        | Tomo I | 332  |         |               |
| Victoria Eugenia                | Tomo I | 330  |         |               |
| Victoria, transbordador         |        |  | Tomo II | 283           |
| Vildósola                       |        |  | Tomo II | 192           |
| Villa                           | Tomo I | 28   |         |               |
| Virgen de África, transbordador |        |  | Tomo II | 283           |
| Ward, Bernardo                  | Tomo I | 209  |         |               |
| Werf-Conrad                     | Tomo I | 181, 217, 247, 311                               |         |               |
| Western Air Express             |        |  | Tomo II | 148, 165      |
| Wheeler                         | Tomo I | 196  |         |               |
| Yagüe, Rafael                   | Tomo I | 373  |         |               |
| Zafra, Juan Manuel de           | Tomo I | 7, 8, 141, 144, 165, 169,<br>251, 254, 265, 378  | Tomo II | 37, 50, 96    |
| Zeppelin, dirigible tipo        |        |  | Tomo II | 166, 167, 187 |

# ÍNDICE TOPONÍMICO

| NOMBRE  | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA   |
|---|--------|--|---------|--|
| Aachen  |        |  | Tomo II | 131  |
| Abdalajís, valle de                             |        |  | Tomo II | 314  |
| Abona, faro de                                  | Tomo I | 388  |         |  |
| Abundancia, ensenada de la                      | Tomo I | 53, 67, 93, 115, 116, 220  |         |  |
| Aceves, ensenada de los                         | Tomo I | 52, 53, 54, 59, 60, 81   |         |  |
| Aculadero, bahía de El                          |        |  | Tomo II | 342  |
| Aden  |        |  | Tomo II | 279  |
| Adra  | Tomo I | 235, 311, 312  | Tomo II | 225, 230   |
| África  | Tomo I | 232, 284, 289, 296, 301, 388   | Tomo II | 12, 37, 132, 133, 195, 279, 282, 291, 313                                      |
| Ajaccio   |        |  | Tomo II | 131  |
| Akron, aeropuerto de                            |        |  | Tomo II | 148  |
| AlbaceteTomo I22                                |        |  | Tomo II | 132, 313, 314  |
| Albuñol   | Tomo I | 235, 307   |         |  |
| Alcalá de Guadaíra                              | Tomo I | 320  |         |  |
| Alcalá de Henares                               |        |  | Tomo II | 132  |
| Alcalá del Río                                  | Tomo I | 112  |         |  |
| Alcalá la Real                                  | Tomo I | 306  |         |  |
| AlcantínTomo I228                               |        |  |         |  |
| Alcázar de San Juan                             |        |  | Tomo II | 314  |
| Alemania  | Tomo I | 311  | Tomo II | 15, 132, 133, 154  |
| Alfaro  |        |  | Tomo II | 132  |
| Alfonso XIII (Cádiz), muelle de                 |        |  | Tomo II | 44, 238, 240, 243, 245, 246, 251, 253  |
| Alfonso XIII (Ceuta), muelle de                 |        |  | Tomo II | 81, 82   |
| Alfonso XIII (Sevilla), muelle de               |        |  | Tomo II | 48, 49   |
| Alfonso XIII o La Galera (Algeciras), muelle de | Tomo I | 31(plano), 233, 284, 285   | Tomo II | 42, 43, 81, 283, 284, 285  |
| Alfonso XIII, canal de (vid. Tablada, corta de) |        |  |         |  |
| Algeciras                                       | Tomo I | 9, 12, 231, 232, 233, 234, 236, 283, 284, 285, 291, 305, 370, 377  | Tomo II | 5, 6, 7, 41, 41, 79, 81, 277, 279, 280, 281, 282, 286, 314, 332, 345, 345, 350 |
| Algeciras, bahía de                             | Tomo I | 12, 232, 284, 370  | Tomo II | 6, 7, 309, 313, 350, 351   |
| Alhucemas                                       |        |  | Tomo II | 87   |
| Alicante  | Tomo I | 25, 213, 318, 377  | Tomo II | 132  |
| Aljaraque                                       | Tomo I | 227, 237, 279  |         |  |
| Almagrera, sierra                               | Tomo I | 21, 22, 236, 312   |         |  |
| Almería   | Tomo I | 7, 9, 10, 12, 19, 21, 22, 213, 234, 235, 236, 237, 306, 309, 311, 312, 313, 318, 370, 371, 376, 388, 389 | Tomo II | 6, 7, 132, 225, 230, 292, 332, 338   |

| NOMBRE                            | TOMO   | PÁGINA                                       | TOMO    | PÁGINA  |
|-----------------------------------|--------|--|---------|---|
| Almirante Hernández Pinzón, calle | Tomo I | 365  |         |   |
| Almuñécar                         | Tomo I | 234, 235, 236, 305,<br>306, 307              |         |   |
| Álora                             |        |  | Tomo II | 314   |
| Alpujarra                         | Tomo I | 235, 306, 307                                |         |   |
| Alquife, embarcadero de           | Tomo I | 312  |         |   |
| Altos de Meca, torre de los       | Tomo I | 369  |         |   |
| Amberes                           | Tomo I | 213, 318, 388                                | Tomo II | 131, 194, 213, 352  |
| América                           | Tomo I | 25, 26, 207, 209, 254,<br>278, 279, 321, 348 | Tomo II | 16, 63, 93, 132, 133,<br>170, 187, 192, 195,<br>280, 282, 342 |
| Amsterdam                         | Tomo I | 357  | Tomo II | 131, 135, 194, 313  |
| Andalucía                         | Tomo I | 8, 11, 21, 47, 48, 205,<br>207, 209          | Tomo II | 41, 63, 197, 313,<br>314, 336, 339                            |
| Andarax, río                      | Tomo I | 21, 389                                      |         |   |
| Andrade, cortijo de               | Tomo I | 53   |         |   |
| Andújar                           |        |  | Tomo II | 132   |
| Ángel, El                         | Tomo I | 234, 305, 371                                |         |   |
| Ángeles, Los                      |        |  | Tomo II | 148, 165  |
| Antequera                         |        |  | Tomo II | 314   |
| Aracena                           | Tomo I | 228  |         |   |
| Arafes, bajo de los               | Tomo I | 53, 220                                      |         |   |
| Arenilla, La                      | Tomo I | 31 (plano)                                   |         |   |
| Argel                             |        |  | Tomo II | 131   |
| Argentina                         |        |  | Tomo II | 194   |
| Arillo, río                       | Tomo I | 31 (plano)                                   | Tomo II | 193, 196  |
| Arzew                             |        |  | Tomo II | 291   |
| Asturias                          | Tomo I | 242  |         |   |
| Atenas                            |        |  | Tomo II | 131   |
| Atlántico, océano                 | Tomo I | 9, 15, 47, 214, 267,<br>277, 369, 371        | Tomo II | 50, 52, 132, 187,<br>272, 274                                 |
| Australia                         | Tomo I | 366  | Tomo II | 11, 133, 147  |
| Austria                           | Tomo I | 236, 312                                     |         |   |
| Autran, cortadura de              | Tomo I | 31 (plano)                                   |         |   |
| Ávila                             |        |  | Tomo II | 132   |
| Avilés                            |        |  | Tomo II | 13  |
| Ayamonte                          | Tomo I | 227, 228, 229, 230,<br>236, 277, 278, 279    | Tomo II | 15, 16, 17, 23, 303,<br>305, 307                              |
| Aznalcóllar, minas de             | Tomo I | 267, 320                                     | Tomo II | 50  |
| Azores                            |        |  | Tomo II | 187   |
| Badajoz                           | Tomo I | 320  | Tomo II | 15, 16, 132   |
| Baden-Baden                       |        |  | Tomo II | 131   |
| Baeza                             | Tomo I | 235  | Tomo II | 314   |
| Bailén                            |        |  | Tomo II | 314   |
| Ballena, bajo de la               | Tomo I | 151, 152, 156, 162,<br>245, 277, 378         |         |   |
| Barajas, aeropuerto de            |        |  | Tomo II | 132, 133, 135, 142  |

| NOMBRE                      | TOMO   | PÁGINA  | TOMO    | PÁGINA   |
|-----------------------------|--------|---|---------|--|
| Barbate                     | Tomo I | 232, 236, 290   | Tomo II | 282  |
| Barbate, río                | Tomo I | 290   |         |  |
| Barcelona                   | Tomo I | 25, 143, 151, 213, 217,<br>318, 319, 343, 385, 388          | Tomo II | 13, 34, 69, 98, 131,<br>132, 133, 218                            |
| Bari                        |        |   | Tomo II | 131  |
| Barqueta, isla de la        | Tomo I | 65, 71  |         |  |
| Barrios, Los                |        |   | Tomo II | 313, 314, 351  |
| Basilea                     |        |   | Tomo II | 131  |
| Batán, cortijo de           | Tomo I | 261   |         |  |
| Baza                        |        |   | Tomo II | 313  |
| Belerma                     | Tomo I | 235, 313  |         |  |
| Bélgica                     |        |   | Tomo II | 194  |
| Belgrado                    |        |   | Tomo II | 131  |
| Belle-Île, torre de         | Tomo I | 43  |         |  |
| Belmez                      | Tomo I | 320   |         |  |
| Benzú                       | Tomo I | 232, 289  | Tomo II | 81   |
| Berendrecht, esclusa de     |        |   | Tomo II | 352  |
| Berja                       | Tomo I | 235   |         |  |
| Berlín                      |        |   | Tomo II | 104, 131, 133, 134,<br>135, 136, 137, 144,<br>150, 155, 158, 159 |
| Berna                       |        |   | Tomo II | 131  |
| Berrueco, cantera El        |        |   | Tomo II | 209, 210, 211, 216   |
| Bilbao                      | Tomo I | 151, 154, 159, 174, 213,<br>217, 253, 278, 302, 318,<br>319 | Tomo II | 13, 23, 132  |
| Bizancio                    | Tomo I | 207   |         |  |
| Bobadilla                   | Tomo I | 232, 233  |         |  |
| Bocaleones                  | Tomo I | 234, 305  |         |  |
| Bonanza                     | Tomo I | 15, 126, 219, 230, 237,<br>295, 296, 301                    | Tomo II | 71   |
| Bonares                     | Tomo I | 227   |         |  |
| Borja                       | Tomo I | 312   |         |  |
| Bouloque, columna de        | Tomo I | 43  |         |  |
| Bourget, aeropuerto de Le   |        |   | Tomo II | 135  |
| Bremen                      |        |   | Tomo II | 131  |
| Breslau                     |        |   | Tomo II | 131  |
| Brindisi                    |        |   | Tomo II | 131  |
| Bron, aeropuerto de         | Tomo I | I149  |         |  |
| Bruselas                    |        |   | Tomo II | 131  |
| Bucarest                    |        |   | Tomo II | 131  |
| Buda, faro de               | Tomo I | 47  |         |  |
| Budapest                    |        |   | Tomo II | 131, 135   |
| Buenos Aires                |        |   | Tomo II | 187, 282   |
| Bueu                        | Tomo I | 377   |         |  |
| Búfalo                      |        |   | Tomo II | 135  |
| Buitrón, minas y muelle del | Tomo I | 151, 173, 227, 278, 279,<br>347                             |         |  |

| NOMBRE                      | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA   |
|-----------------------------|--------|--|---------|--|
| Burbank, aeropuerto de      |        |  | Tomo II | 148  |
| Burgos                      |        |  | Tomo II | 132  |
| Burro, punta del            | Tomo I | 152, 156   |         |  |
| Cabeza del Moro             | Tomo I | 53   |         |  |
| Cabezas del Pasto, minas de | Tomo I | 278  |         |  |
| Cabezo de los Asnos, bajo   | Tomo I | 283  |         |  |
| Cabezuela, punta La         | Tomo I | 27, 31 (plano), 152, 156, 283, 359, 371  | Tomo II | 199, 345   |
| Cabilla, dique de la        | Tomo I | 277, 360   |         |  |
| Cabriel, puente del         | Tomo I | 47   |         |  |
| Cáceres                     | Tomo I | 227, 279, 320  | Tomo II | 132  |
| Cádiz                       | Tomo I | 7, 8, 9, 10, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31(plano), 47, 48, 63, 67, 80, 200, 201, 207, 209, 213, 218, 227, 231, 232, 233, 234, 236, 237, 244, 281, 283, 284, 287, 289, 290, 291, 296, 305, 319, 320, 327, 329, 330, 331, 333, 335, 337, 340, 342, 343, 369, 370, 376, 377, 381, 385, 389 | Tomo II | 5, 6, 7, 41, 43, 45, 53, 55, 56, 57, 64, 73, 75, 76, 91, 93, 94, 99, 100, 102, 113, 114, 121, 124, 125, 127, 128, 175, 176, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 211, 215, 216, 217, 218, 219, 235, 237, 238, 239, 240, 242, 243, 245, 246, 253, 254, 255, 256, 264, 269, 270, 272, 275, 282, 303, 305, 308, 314, 331, 332, 334, 337, 344, 345, 348 |
| Cádiz, bahía de             | Tomo I | 9, 12, 26, 27, 28, 31 (plano), 231, 232, 289, 290, 332, 332, 333, 371  | Tomo II | 6, 93, 98, 99, 191, 192, 193, 196, 200, 333, 339, 344, 345   |
| Cagliari                    |        |  | Tomo II | 131  |
| Cairo, El                   |        |  | Tomo II | 82   |
| Cala, minas de              | Tomo I | 253, 270, 271, 273, 320  | Tomo II | 50   |
| Calaburras o Calamoral      | Tomo I | 10, 15, 16, 17, 386  | Tomo II | 5, 85, 87  |
| Calahonda                   | Tomo I | 234, 235, 236, 305, 306, 307, 370  |         |  |
| Calahorra                   | Tomo I | 235  |         |  |
| California                  |        |  | Tomo II | 148  |
| Camas                       | Tomo I | 73, 296  | Tomo II | 71   |
| Canarias                    | Tomo I | 388  | Tomo II | 131, 133, 282  |
| Canela, isla                | Tomo I | 229, 230   |         |  |
| Canet, faro de              | Tomo I | 388  |         |  |
| Cannes                      |        |  | Tomo II | 131  |
| Cantábrico, mar             |        |  | Tomo II | 132  |
| Cantera, punta de la        | Tomo I | 31 (plano)   |         |  |
| Cañuelos, punta Los         | Tomo I | 31 (plano), 53   |         |  |
| Capitanía, muelle de la     | Tomo I | 283  |         |  |

| NOMBRE                        | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA   |
|-------------------------------|--------|--|---------|--|
| Carboneras                    | Tomo I | 12, 235, 313   | Tomo II | 6, 7, 289, 291, 292, 297 (plano), 299 (plano), 315, 317, 338 |
| Carchuna, punta de            | Tomo I | 235, 307, 370  |         |  |
| Carmen, huerta del            | Tomo I | 261  |         |  |
| Carmona                       | Tomo I | 320  | Tomo II | 180  |
| Carnero, punta                | Tomo I | 232, 284   |         |  |
| Carolina, La                  |        |  | Tomo II | 132  |
| Carraca, caño y arsenal de la | Tomo I | 26, 30, 31 (plano), 231, 289, 290                          | Tomo II | 45, 46, 197, 193, 198, 206                                   |
| Carreras, río                 | Tomo I | 230  |         |  |
| Cartagena                     | Tomo I | 21, 22, 35, 47, 189, 213, 318                              |         |  |
| Cartaya                       | Tomo I | 230, 236, 279  | Tomo II | 304  |
| Cartuja o Humeros, isla de la | Tomo I | 65, 70, 71, 72, 86   | Tomo II | 331  |
| Casablanca                    |        |  | Tomo II | 87, 131, 313   |
| Casas Reales, brazo de        | Tomo I | 296  |         |  |
| Cascajera, La                 | Tomo I | 148, 149(plano), 152, 157                                  |         |  |
| Castell de Ferro, faro de     |        |  | Tomo II | 7, 346, 347  |
| Castellón                     | Tomo I | 213, 318, 377  | Tomo II | 132  |
| Castilla                      | Tomo I | 31 (plano)   |         |  |
| Castilla, calle               | Tomo I | 65   |         |  |
| Castillo de las Guardas       | Tomo I | 320  |         |  |
| Castromarín                   | Tomo I | 228, 278   |         |  |
| Cavilla, muelle de la         | Tomo I | 210  |         |  |
| Cepillos, punta de los        | Tomo I | 296  |         |  |
| Cerro de Hierro               | Tomo I | 217, 320   |         |  |
| Cerro Gordo, punta del        | Tomo I | 235, 307   |         |  |
| Ceuta                         | Tomo I | 232, 233, 285, 291, 377                                    | Tomo II | 5, 79, 81, 82, 132, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 286        |
| Chafarinas                    | Tomo I | 377  |         |  |
| Chanza, río                   | Tomo I | 228  |         |  |
| Chapina                       | Tomo I | 130  |         |  |
| Cherburgo                     |        |  | Tomo II | 98   |
| Chiclana de la Frontera       | Tomo I | 30, 231, 234, 237, 283, 289, 290, 291                      | Tomo II | 196, 211   |
| Chile                         |        |  | Tomo II | 17   |
| Chipiona                      | Tomo I | 7, 45, 47, 48, 217, 219, 230, 231, 234, 236, 283, 289, 296 |         |  |
| Chucho, cerro del             | Tomo I | 369  |         |  |
| Cieza                         |        |  | Tomo II | 132  |
| Cinco Suertes, caño de las    | Tomo I | 77   |         |  |
| Cires, punta                  | Tomo I | 232, 289   |         |  |
| Ciudad Real                   | Tomo I | 320  | Tomo II | 132  |
| Cleveland                     |        |  | Tomo II | 135, 168, 169  |

| NOMBRE                                   | TOMO   | PÁGINA                                    | TOMO    | PÁGINA           |
|--|--------|---|---------|------------------|
| Clica, punta de la                       | Tomo I | 31 (plano)                                | Tomo II | 198              |
| Cobujón, El                              | Tomo I | 248                                       |         |                  |
| Cochinos, bajo Los                       | Tomo I | 31 (plano), 283                           |         |                  |
| Coín                                     | Tomo I | 234, 305                                  |         |                  |
| Colombia                                 |        |   | Tomo II | 291              |
| Colonia                                  |        |   | Tomo II | 131, 135         |
| Compañía, La                             | Tomo I | 191                                       |         |                  |
| Condamine, puerto de La                  |        |   | Tomo II | 7, 348, 349, 350 |
| Conil de la Frontera                     | Tomo I | 232, 290                                  |         |                  |
| Constantinopla o Estambul                |        |   | Tomo II | 131              |
| Cooktown, aeropuerto de                  |        |   | Tomo II | 147              |
| Copenhague                               |        |   | Tomo II | 50, 131, 133     |
| Copero, bajo del                         | Tomo I | 59, 139                                   |         |                  |
| Córdoba                                  | Tomo I | 63, 65, 209, 320, 321                     | Tomo II | 132, 313, 314    |
| Coria del Río                            | Tomo I | 100, 130, 131, 132,<br>237, 263, 295, 296 | Tomo II | 71               |
| Cortes                                   | Tomo I | 232                                       |         |                  |
| Coruña, La                               | Tomo I | 25, 213, 319                              | Tomo II | 132              |
| Costumbre, La                            | Tomo I | 53  |         |                  |
| Cracovia                                 |        |   | Tomo II | 131              |
| Crinavis, dársena de                     |        |   | Tomo II | 350, 351         |
| Croydon, aeropuerto de                   |        |   | Tomo II | 135, 141, 145    |
| Cuarto, dársena de                       | Tomo I | 261                                       | Tomo II | 252              |
| Cuatro Vientos, aeródromo                |        |   | Tomo II | 168              |
| Cuba                                     |        |   | Tomo II | 187              |
| Cuenca                                   |        |   | Tomo II | 132              |
| Cuevas de Vera o Cuevas del<br>Almanzora | Tomo I | 236, 312                                  |         |                  |
| Dakar                                    |        |   | Tomo II | 132              |
| Darmstadt                                |        |   | Tomo II | 131              |
| Delicias, Las                            | Tomo I | 123, 130, 139, 261                        | Tomo II | 49, 65           |
| Detroit                                  |        |   | Tomo II | 148              |
| Diamante, bajo El                        | Tomo I | 31 (plano), 283                           | Tomo II | 269              |
| Dinamarca                                | Tomo I | 357                                       |         |                  |
| Doñana, coto de                          | Tomo I | 296                                       |         |                  |
| Dortmund                                 |        |   | Tomo II | 131              |
| Dos Hermanas                             | Tomo I | 296                                       |         |                  |
| Dresden-Heller, aeropuerto de            |        |   | Tomo II | 131, 135         |
| Dunkerque                                | Tomo I | 154, 159, 196                             |         |                  |
| Duque de Alba, muelle                    |        |   | Tomo II | 346              |
| Düsseldorf                               |        |   | Tomo II | 131              |
| Ebro, río                                | Tomo I | 22  | Tomo II | 308              |
| Écija                                    | Tomo I | 320                                       |         |                  |
| Edimburgo                                |        |   | Tomo II | 291              |
| Encina, estación de La                   |        |   | Tomo II | 313              |
| Erfurt                                   |        |   | Tomo II | 131              |
| Ermita, bajo de la                       | Tomo I | 220                                       |         |                  |

| NOMBRE                                 | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA  |
|--|--------|--|---------|---|
| España                                 | Tomo I | 8, 9, 11, 12, 15, 21, 22, 25, 47, 151, 152, 157, 207, 213, 214, 218, 223, 225, 227, 228, 229, 230, 235, 236, 237, 277, 285, 321, 343, 356, 366, 369, 371, 388, 389 | Tomo II | 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 33, 56, 64, 124, 132, 133, 188, 191, 215, 279, 281, 282, 283, 308, 314, 346, 347 |
| España, plaza de                       |        |  | Tomo II | 245, 251  |
| Estados Unidos de Norteamérica         | Tomo I | 151, 236, 311, 312, 321, 337   | Tomo II | 132, 133, 134, 139, 145, 147, 154, 155, 156, 158, 165, 170, 291   |
| Este, brazo del                        | Tomo I | 53, 71, 116, 296   | Tomo II | 64  |
| Estepona                               | Tomo I | 15, 16, 17, 234, 305   | Tomo II | 225, 226, 232   |
| Estocolmo                              |        |  | Tomo II | 131   |
| Estrasburgo                            |        |  | Tomo II | 131   |
| Europa                                 | Tomo I | 235, 278, 366, 389   | Tomo II | 11, 12, 17, 132, 183, 194, 280, 313, 339  |
| Europa, punta de                       | Tomo I | 232, 284, 289  |         |   |
| Extremadura                            | Tomo I | 151, 278, 347  | Tomo II | 15, 51  |
| Felguera, La                           | Tomo I | 242  |         |   |
| Fernandina o Borrego, corta y canal de | Tomo I | 209, 296, 320  | Tomo II | 64, 71  |
| Ferrol                                 |        |  | Tomo II | 132   |
| Fez                                    |        |  | Tomo II | 280, 314  |
| Filadelfia                             |        |  | Tomo II | 135   |
| Filipinas                              | Tomo I | 26   |         |   |
| Fiñana                                 | Tomo I | 21   |         |   |
| Flandes                                | Tomo I | 196, 387   |         |   |
| Flecha del Rompido                     |        |  | Tomo II | 304   |
| Flores, punta de                       | Tomo I | 228  |         |   |
| Fondón                                 | Tomo I | 21   |         |   |
| Fort-Louis                             | Tomo I | 27, 28   |         |   |
| Fraile, bajo El                        | Tomo I | 283  |         |   |
| Fraile, sierra del                     | Tomo I | 232  |         |   |
| Francia                                | Tomo I | 236, 312, 340  | Tomo II | 56, 132, 170, 187, 279  |
| Frankfurt                              |        |  | Tomo II | 131, 135, 187   |
| Fregenal de la Sierra                  |        |  | Tomo II | 15, 16  |
| Friburgo                               |        |  | Tomo II | 131   |
| Friedrichshafen                        |        |  | Tomo II | 131   |
| Fuencaliente, faro de                  | Tomo I | 388  |         |   |
| Fuengirola                             | Tomo I | 305  | Tomo II | 225   |
| Fuenterrabía                           |        |  | Tomo II | 227   |
| Gádor, sierra de                       | Tomo I | 21   |         |   |
| Gaitanes, desfiladero de los           |        |  | Tomo II | 314   |
| Galea, faro de La                      | Tomo I | 388  |         |   |
| Gallineros, caño                       | Tomo I | 231, 290   |         |   |
| Garrucha                               | Tomo I | 235, 236, 311, 312, 313  |         |   |

| NOMBRE                            | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA  |
|-----------------------------------|--------|--|---------|---|
| Garza, isla                       | Tomo I | 100  |         |   |
| Gata, cabo de                     | Tomo I | 311, 389   |         |   |
| Gato, punta del                   |        |  | Tomo II | 304   |
| Gelves                            | Tomo I | 100, 237, 295, 296, 301  | Tomo II | 71  |
| General Fernández Ladreda, muelle |        |  | Tomo II | 240, 243, 246, 254,<br>255, 257, 259, 262, 263                      |
| Generalísimo, muelle del          |        |  | Tomo II | 245, 246, 247, 248  |
| Génova                            | Tomo I | 43, 213, 318   | Tomo II | 131   |
| Gerona                            | Tomo I | 377  | Tomo II | 132   |
| Getafe                            |        |  | Tomo II | 132   |
| Gibraleón                         | Tomo I | 148, 227, 228, 230   |         |   |
| Gibraleón, calle                  | Tomo I | 365  |         |   |
| Gibraltar                         | Tomo I | 11, 12, 232, 233, 284,<br>285, 284, 296  | Tomo II | 5, 41, 42, 43, 79, 81, 83,<br>279, 281, 282, 286, 313               |
| Gibraltar, estrecho de            | Tomo I | 232, 233, 234, 284,<br>291, 305, 370   | Tomo II | 87, 93, 279, 286  |
| Gijón                             | Tomo I | 213, 319   | Tomo II | 98, 216   |
| Gitanos, cueva de los             | Tomo I | 373  |         |   |
| Givet, puerto de                  |        |  | Tomo II | 288   |
| Gola, canal de la                 | Tomo I | 149(plano), 195, 228, 229  |         |   |
| Gordales, bajo de los             | Tomo I | 59, 60, 139, 262, 296  | Tomo II | 66  |
| Gordo, caño                       | Tomo I | 296  |         |   |
| Gotemburgo                        |        |  | Tomo II | 131   |
| Grado, puente de                  | Tomo I | 47   |         |   |
| Gran Bretaña                      |        |  | Tomo II | 132, 133  |
| Granada                           | Tomo I | 9, 21, 22, 234, 235, 236,<br>303, 305, 306, 307, 369,<br>388   | Tomo II | 7, 132, 225, 313, 314,<br>346, 347                                  |
| Grande de la Algina, caño         | Tomo I | 296  |         |   |
| Grao, El                          | Tomo I | 29   |         |   |
| Graz                              |        |  | Tomo II | 131   |
| Grecia                            | Tomo I | 236, 312   |         |   |
| Greenwich, meridiano de           | Tomo I | 347  |         |   |
| Guadaira, río                     | Tomo I | 261, 262, 263  | Tomo II | 65, 66, 68, 331   |
| Guadalajara                       |        |  | Tomo II | 132   |
| Guadalete, río                    | Tomo I | 9, 227, 230, 231, 232,<br>236, 289, 371  | Tomo II | 193, 196, 197   |
| Guadalfeo, río                    | Tomo I | 235, 305   |         |   |
| Guadalhorce, valle del            |        |  | Tomo II | 314   |
| Guadalmedina, río                 |        |  | Tomo II | 42, 323, 335  |
| Guadalquivir, río                 | Tomo I | 7, 8, 9, 49, 51, 57, 59, 60,<br>61, 63, 64, 69, 73, 75, 78,<br>79, 80, 81, 82, 83, 85, 93,<br>100, 103, 107, 109, 115,<br>119, 125, 128, 131, 135,<br>139, 140, 153, 187, 189,<br>191, 207, 209, 211, 213, | Tomo II | 33, 37, 47, 49, 63,<br>66, 68, 113, 181, 187,<br>211, 303, 305, 337 |

| NOMBRE                       | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA   |
|------------------------------|--------|--|---------|--|
| Guadalquivir, río            | Tomo I | 214, 215, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 230, 251, 253, 254, 257, 259, 261, 262, 263, 265, 267, 268, 271, 277, 293, 295, 296, 297, 299, 301, 302, 315, 317, 318, 319, 320, 321, 323, 324, 378  |         |  |
| Guadarranque                 | Tomo I | 232, 236, 285  | Tomo II | 351  |
| Guadiana, río                | Tomo I | 153, 227, 228, 229, 230, 236, 277, 278, 279  | Tomo II | 304, 305   |
| Guadiaro                     | Tomo I | 232, 236, 285  |         |  |
| Guardia, La                  |        |  | Tomo II | 132  |
| Guijos, cantera de los       |        |  | Tomo II | 42   |
| Guinea                       |        |  | Tomo II | 133  |
| Guipúzcoa                    |        |  | Tomo II | 227  |
| Haarlem                      | Tomo I | 181, 217, 247, 311   |         |  |
| Habana, La                   | Tomo I | 26   |         |  |
| Hadera                       |        |  | Tomo II | 292  |
| Halle-Leipzig, aeropuerto de |        |  | Tomo II | 131, 135   |
| Hamburgo                     | Tomo I | 213, 278, 318  | Tomo II | 131, 133, 135, 137, 144, 145, 147, 150, 152, 154, 155, 159, 194, 195   |
| Handelskade, muelle          | Tomo I | 357  |         |  |
| Hannover                     |        |  | Tomo II | 131  |
| Hatos Bajos, punta de los    | Tomo I | 53   |         |  |
| Havre, dique de El           |        |  | Tomo II | 56, 57, 120  |
| Helsinborg, puerto de        |        |  | Tomo II | 335  |
| Hernando, corta e isla       | Tomo I | 189, 217, 219  |         |  |
| Herrera del Duque            |        |  | Tomo II | 132  |
| Heston, aeropuerto de        |        |  | Tomo II | 146, 149   |
| Hisalba, dique               |        |  | Tomo II | 317  |
| Holanda                      | Tomo I | 181, 209, 247, 311   | Tomo II | 15, 132, 194   |
| Horcada, punta de la         | Tomo I | 53, 219, 296   | Tomo II | 64   |
| Hoyuelos, Los                | Tomo I | 53   |         |  |
| Huelva                       | Tomo I | 7, 8, 9, 10, 11, 12, 60, 63, 65, 72, 145, 147, 148, 149 (plano), 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 159, 160, 162, 163, 171, 173, 174, 175 (plano), 177, 179, 181, 184, 185, 193, 195, 200, 201, 203, 207, 210, 213, 227, 228, 229, 230, 236, 237, 239, 241, 244, 247, 248, 253, 275, 277, 278, 279, 302, 318, | Tomo II | 5, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 41, 50, 51, 52, 98, 132, 282, 301, 303, 304, 307, 331, 352 |

| NOMBRE                          | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA   |
|---------------------------------|--------|--|---------|--|
| Huelva                          | Tomo I | 319, 320, 345, 347, 348, 350, 353, 354, 356, 361, 365, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388   |         |  |
| Huelva, río                     | Tomo I | 73   | Tomo II | 309  |
| Huesca                          |        |  | Tomo II | 132  |
| Hull                            |        |  | Tomo II | 131  |
| Ijmuiden                        | Tomo I | 356  | Tomo II | 50   |
| Indianapolis                    |        |  | Tomo II | 148  |
| Indias Holandesas, Las          |        |  | Tomo II | 113  |
| Indias Orientales, Las          | Tomo I | 207  | Tomo II | 132  |
| Indias, Las                     | Tomo I | 25   |         |  |
| Inglaterra                      | Tomo I | 71, 236, 311, 312  | Tomo II | 15, 56, 132, 133, 134, 138, 145, 154, 280, 286 |
| Innsbruck                       |        |  | Tomo II | 131  |
| Instancia, torre de la          |        |  | Tomo II | 346  |
| Irún                            |        |  | Tomo II | 314  |
| Isabel II, canal de             | Tomo I | 47   |         |  |
| Isla Cristina o La Higuerita    | Tomo I | 227, 228, 230, 279   | Tomo II | 304  |
| Isla Verde Exterior, terminal   |        |  | Tomo II | 351  |
| Isleta, bajo de la              | Tomo I | 59, 130, 139, 297  |         |  |
| Israel                          |        |  | Tomo II | 292  |
| Italia                          | Tomo I | 236, 312   | Tomo II | 132  |
| Ízbor, puente de                | Tomo I | 47   |         |  |
| Jaén                            | Tomo I | 320  | Tomo II | 132, 314                                       |
| Japón                           | Tomo I | 357  | Tomo II | 335  |
| Jayona, mina La                 | Tomo I | 320  |         |  |
| Jerez de la Frontera            | Tomo I | 28, 31(plano), 47, 227, 231, 232, 234, 236, 285, 289, 290, 291, 320  | Tomo II | 196, 314                                       |
| Jerónimos, convento de los      | Tomo I | 65, 66, 70, 71, 73, 81, 103, 135, 140  |         |  |
| Jerónimos, punta y corta de los | Tomo I | 51, 52, 53, 59, 60, 63, 64, 67, 69, 70, 74, 79, 80, 81, 82, 85, 88, 96, 97, 100, 101, 103, 105, 109, 112, 118, 128, 135, 136, 139, 140, 210, 216, 217, 220, 222, 296 | Tomo II | 64, 71   |
| Jimena                          | Tomo I | 232, 285   |         |  |
| Juan Limón, bajo de             | Tomo I | 149 (plano), 152, 153  |         |  |
| Kallo, esclusa de               |        |  | Tomo II | 252  |
| Karlsruhe                       |        |  | Tomo II | 131  |
| Kiel                            |        |  | Tomo II | 131  |
| Kobe                            | Tomo I | 357  |         |  |
| Lacassaigne, dársena            | Tomo I | 207  |         |  |
| Ladrillos, canal de los         | Tomo I | 149 (plano), 195   |         |  |
| Lagos                           |        |  | Tomo II | 307  |

| NOMBRE                              | TOMO   | PÁGINA  | TOMO    | PÁGINA   |
|-------------------------------------|--------|---|---------|--|
| Laja, La                            | Tomo I | 228, 278  |         |  |
| Lakehurst, aeropuerto de            |        |   | Tomo II | 187  |
| Langreo                             | Tomo I | 243   |         |  |
| Larache                             |        |   | Tomo II | 132  |
| Lasarte                             |        |   | Tomo II | 132  |
| Lastres                             | Tomo I | 377   |         |  |
| Lebeche, faro y cabo de             | Tomo I | 388   |         |  |
| Lebrija                             | Tomo I | 296   |         |  |
| Lecrín, valle de                    | Tomo I | 306   |         |  |
| León                                |        |   | Tomo II | 132  |
| León, isla de                       | Tomo I | 231, 290  |         |  |
| Leona, punta                        | Tomo I | 232, 289  |         |  |
| Lepe                                | Tomo I | 230, 236, 279                                     |         |  |
| Lérida                              |        |   | Tomo II | 132  |
| Levante, bajo de                    | Tomo I | 149 (plano), 152, 153, 155, 195, 379              |         |  |
| Lima, mina La                       | Tomo I | 320   |         |  |
| Linares                             |        |   | Tomo II | 313, 314   |
| Línea de la Concepción, La          |        |   | Tomo II | 346  |
| Lirio, río                          | Tomo I | 290   |         |  |
| Lisa, La                            | Tomo I | 217, 219, 296                                     |         |  |
| Lisboa                              |        |   | Tomo II | 16, 23, 56, 132  |
| Liverpool                           |        |   | Tomo II | 131, 153   |
| Llave, ensenada de la               | Tomo I | 53, 93  |         |  |
| Logroño                             |        |   | Tomo II | 132, 279   |
| Loja                                | Tomo I | 234, 305  |         |  |
| Londres                             | Tomo I | 29, 213, 318                                      | Tomo II | 131, 132, 135, 141, 144, 145, 146, 149                             |
| Lorca                               | Tomo I | 21, 22  |         |  |
| Lorient, torre de                   | Tomo I | 43  |         |  |
| Luanco                              | Tomo I | 377   |         |  |
| Luarca                              | Tomo I | 377   |         |  |
| Lucena del Puerto                   | Tomo I | 227   |         |  |
| Lucerna                             |        |   | Tomo II | 131  |
| Lugo                                | Tomo I | 377   | Tomo II | 132  |
| Lyon                                |        |   | Tomo II | 131, 146, 149  |
| Macael                              | Tomo I | 236   |         |  |
| Macarena, barrio de la              | Tomo I | 65  |         |  |
| Machichaco, faro de                 | Tomo I | 388   |         |  |
| Madre Vieja del Guadalquivir, canal | Tomo I | 73, 263   |         |  |
| Madres de Moguer, laguna de las     | Tomo I | 149 (plano)                                       |         |  |
| Madrid                              | Tomo I | 22, 25, 47, 63, 254, 320, 354, 369, 371, 377, 383 | Tomo II | 28, 56, 131, 132, 133, 135, 142, 159, 175, 176, 194, 280, 286, 314 |
| Magdalena, bajo de la               | Tomo I | 59, 60, 100, 130                                  |         |  |
| Makassar                            |        |   | Tomo II | 113  |
| Málaga                              | Tomo I | 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17,                     | Tomo II | 5, 6, 7, 25, 27, 41, 42,   |

| NOMBRE                       | TOMO   | PÁGINA  | TOMO    | PÁGINA  |
|------------------------------|--------|---|---------|---|
| Málaga                       | Tomo I | 207, 213, 234, 235, 237, 303, 305, 306, 312, 318, 369, 370, 371, 373, 375, 376, 378, 381, 386 | Tomo II | 85, 87, 88, 132, 225, 226, 227, 232, 282, 313, 314, 321, 323, 324, 327, 334, 335, 336 |
| Malandar, punta de           | Tomo I | 296   | Tomo II | 303   |
| Manchester                   | Tomo I | 215   |         |   |
| Mannheim                     |        |   | Tomo II | 131   |
| Manto, bajo del              | Tomo I | 148, 149 (plano)  |         |   |
| Mar Chica, laguna de la      | Tomo I | 301   |         |   |
| Marbella                     | Tomo I | 9, 10, 15, 16, 17, 234, 235, 305, 370, 371, 386   | Tomo II | 227, 314  |
| Marina, plaza de la          |        |   | Tomo II | 285   |
| Mármol, punta del            | Tomo I | 52, 53, 59, 60, 85, 100, 101, 130   |         |   |
| Marqués de Comillas, muelle  |        |   | Tomo II | 44, 238, 240, 243, 245, 246, 251, 345   |
| Marruecos                    | Tomo I | 233, 285, 291   | Tomo II | 89, 279, 314  |
| Marsella                     | Tomo I | 213, 318  | Tomo II | 313   |
| Matagorda                    | Tomo I | 26, 27, 28  | Tomo II | 192, 193, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 210                            |
| Matagorda, castillo de       | Tomo I | 31 (plano)  |         |   |
| Matagorda, factoría de       |        |   | Tomo II | 96  |
| Matilla, bajo de la          | Tomo I | 153, 157, 158, 378  |         |   |
| Mayor, isla                  | Tomo I | 67, 296   | Tomo II | 71  |
| Medina Sidonia               |        |   | Tomo II | 192, 211  |
| Mediterráneo, mar            | Tomo I | 9, 12, 15, 22, 207, 301, 311, 312, 369, 370, 371, 378, 388                                    | Tomo II | 41, 87, 132, 225, 282, 283, 350   |
| Melbourne                    |        |   | Tomo II | 132   |
| Melilla                      | Tomo I | 377   | Tomo II | 87, 132   |
| Mengíbar                     |        |   | Tomo II | 314   |
| Menor, isla                  | Tomo I | 53, 296   | Tomo II | 71  |
| Menor, mar                   | Tomo I | 35  |         |   |
| Mérida                       | Tomo I | 320   | Tomo II | 16  |
| Merlina, corta y torno de la | Tomo I | 209, 320  | Tomo II | 63, 66, 71  |
| Mertola                      | Tomo I | 228   |         |   |
| Mesina, estrecho de          |        |   | Tomo II | 291   |
| Miel, río de la              | Tomo I | 233, 284, 285   | Tomo II | 286   |
| Milán                        |        |   | Tomo II | 131   |
| Minas de Cala                | Tomo I | 320   |         |   |
| Mínima, isla                 | Tomo I | 296   | Tomo II | 71  |
| Miño, río                    | Tomo I | 277   |         |   |
| Miravalles                   | Tomo I | 174   |         |   |
| Moguer                       | Tomo I | 227, 237, 279   |         |   |
| Mónaco                       |        |   | Tomo II | 7, 348, 350   |
| Monda                        | Tomo I | 234, 305  |         |   |

| NOMBRE                                  | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA  |
|---|--------|--|---------|---|
| Monforte                                |        |  | Tomo II | 132   |
| Monteagudo, mina                        | Tomo I | 320  |         |   |
| Mora, bajo de la                        | Tomo I | 53, 67, 74, 80, 220  |         |   |
| Moret, dársena de                       |        |  | Tomo II | 44, 45, 99, 120, 238,<br>239, 240, 241, 243,<br>246, 271, 272 |
| Moscú                                   |        |  | Tomo II | 131   |
| Motril                                  | Tomo I | 10, 12, 22, 234, 235, 236,<br>305, 306, 307, 388, 389                            |         |   |
| Munich                                  |        |  | Tomo II | 131, 135  |
| Murcia                                  | Tomo I | 22, 43   | Tomo II | 132, 314  |
| Musel, dique del                        |        |  | Tomo II | 98  |
| Nagoya, puerto de                       |        |  | Tomo II | 335   |
| Nápoles                                 |        |  | Tomo II | 131, 282  |
| Natal                                   |        |  | Tomo II | 132   |
| Navahermosa                             |        |  | Tomo II | 132   |
| Navarra                                 | Tomo I | 377  |         |   |
| Nebraska                                |        |  | Tomo II | 149   |
| Nerja                                   | Tomo I | 15, 17, 234, 305, 381  |         |   |
| Nervión, río                            | Tomo I | 154  |         |   |
| Nevada, sierra                          | Tomo I | 21   |         |   |
| Niebla                                  | Tomo I | 227  |         |   |
| Noroeste, brazo del                     |        |  | Tomo II | 64  |
| Nørre Sundby                            | Tomo I | 357  |         |   |
| Nuestra Señora de la O, iglesia         | Tomo I | 60, 71   |         |   |
| Nuestra Señora del Rosario, dique       |        |  | Tomo II | 206, 212, 215, 237  |
| Nueva Orleans                           |        |  | Tomo II | 149   |
| Nueva Umbría, bajo de                   |        |  | Tomo II | 308   |
| Nueva York                              |        |  | Tomo II | 187, 286  |
| Nueva York, muelle de                   |        |  | Tomo II | 49  |
| Nuremberg                               |        |  | Tomo II | 131   |
| Odiel, calle                            | Tomo I | 365  |         |   |
| Odiel, río                              | Tomo I | 147, 148, 149(plano), 151,<br>152, 175 (plano), 195,<br>227, 242, 277, 279, 347  | Tomo II | 50, 52, 303, 304, 306   |
| Ohio                                    |        |  | Tomo II | 148   |
| Ojén                                    | Tomo I | 234, 305   | Tomo II | 314   |
| Olazagutía                              | Tomo I | 274  |         |   |
| Olivillo u Olivillos, corta y punta del | Tomo I | 53, 59, 148, 210, 297  |         |   |
| Orense                                  |        |  | Tomo II | 132   |
| Oro, cabo del                           | Tomo I | 153  |         |   |
| Oro, torre del                          | Tomo I | 153  | Tomo II | 47  |
| Oslo                                    |        |  | Tomo II | 131   |
| Oviedo                                  | Tomo I | 377  | Tomo II | 132   |
| Padre Santo, canal del                  | Tomo I | 8, 10, 147, 149 (plano),<br>152, 155, 157, 158, 159,<br>160, 181, 184, 193, 195, | Tomo II | 50  |

| NOMBRE                      | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA               |
|-----------------------------|--------|--|---------|----------------------|
|                             |        | 198, 199, 201, 202, 210,<br>244, 278, 347, 378, 379,<br>380, 381, 382, 383         |         |                      |
| Palacios y Villafranca, Los | Tomo I | 296  |         |                      |
| Palamós                     | Tomo I | 377  |         |                      |
| Palencia                    |        |  | Tomo II | 132                  |
| Palermo                     |        |  | Tomo II | 131                  |
| Palma de Mallorca           |        |  | Tomo II | 13, 131, 133         |
| Palmones                    | Tomo I | 232, 236, 285  |         |                      |
| Paloma, bajo La             | Tomo I | 283  |         |                      |
| Palomares                   | Tomo I | 236, 136, 312  | Tomo II | 71                   |
| Palos de la Frontera        | Tomo I | 227, 237, 277, 279   |         |                      |
| Palos, cabo de              | Tomo I | 7, 22, 33, 35, 37 (plano),<br>39 (plano), 41, 43                                   |         |                      |
| Pamplona                    |        |  | Tomo II | 132                  |
| Panamá                      |        |  | Tomo II | 279                  |
| París                       | Tomo I | 47, 270, 388   | Tomo II | 88, 131, 133, 135    |
| Pasajes                     |        |  | Tomo II | 13                   |
| Patrones, piedra de los     | Tomo I | 233  |         |                      |
| Pedro Abad                  | Tomo I | 306  |         |                      |
| Pedroso, El                 | Tomo I | 320  |         |                      |
| Península Ibérica           | Tomo I | 21, 47, 213, 214, 215, 229,<br>277, 284, 285, 311, 318,<br>319, 320, 321, 322, 386 | Tomo II | 23, 47, 280          |
| Peña del Hierro             | Tomo I | 248, 249, 320  |         |                      |
| Peñaflor                    | Tomo I | 320  |         |                      |
| Peñarroya                   | Tomo I | 320  |         |                      |
| Perejil, isla de            | Tomo I | 232, 289   |         |                      |
| Pescado, barranco del       | Tomo I | 122  |         |                      |
| Picacho, canal del          | Tomo I | 195, 201   |         |                      |
| Piedad, caño de la          |        |  | Tomo II | 196                  |
| Piedras, río                | Tomo I | 230, 279   |         |                      |
| Pilier, torre de            | Tomo I | 43   |         |                      |
| Pinillo, estero de          | Tomo I | 230  |         |                      |
| Pinos Puente                | Tomo I | 306  |         |                      |
| Pirineo, cordillera del     |        |  | Tomo II | 55                   |
| Pitas, bajo de las          | Tomo I | 59, 60, 80, 139, 295   |         |                      |
| Planier, torre de           | Tomo I | 43   |         |                      |
| Plata, cabo                 | Tomo I | 232, 289   |         |                      |
| Plymouth                    | Tomo I | 181, 184   |         |                      |
| Pomarón                     | Tomo I | 228, 278   |         |                      |
| Poniente, bajo de           | Tomo I | 149 (plano), 152, 153,<br>155, 157, 195  |         |                      |
| Pontevedra                  | Tomo I | 377  | Tomo II | 132                  |
| Portal, El                  | Tomo I | 231, 232, 289  |         |                      |
| Portbou                     |        |  | Tomo II | 314                  |
| Portugal                    | Tomo I | 228, 229, 236, 277, 278,<br>279, 312   | Tomo II | 15, 16, 17, 303, 307 |

| NOMBRE                       | TOMO   | PÁGINA  | TOMO    | PÁGINA   |
|------------------------------|--------|---|---------|--|
| Portugalete                  | Tomo I | 159   |         |  |
| Prados, estación de Los      |        |   | Tomo II | 336  |
| Praga                        |        |   | Tomo II | 131, 135   |
| Providencia, mina La         | Tomo I | 389   |         |  |
| Puebla de Alcocer            |        |   | Tomo II | 132  |
| Puebla del Río, La           | Tomo I | 130, 131, 132, 237,<br>295, 296   |         |  |
| Puente Mayorga               | Tomo I | 232, 236, 285   |         |  |
| Puercas, Las                 | Tomo I | 31 (plano)  | Tomo II | 269  |
| Puerto de Santa María, El    | Tomo I | 10, 31 (plano), 227, 230,<br>231, 232, 234, 236, 283,<br>289, 290, 291, 388 | Tomo II | 196, 216, 269, 275,<br>339                         |
| Puerto Lumbreras             |        |   | Tomo II | 314  |
| Puerto Parra                 | Tomo I | 261, 262  | Tomo II | 66   |
| Puerto Real                  | Tomo I | 29, 30, 31(plano), 231, 234,<br>237, 283, 289, 290, 291                     | Tomo II | 192, 193, 196, 197,<br>198, 269, 333               |
| Puerto Sherry                |        |   | Tomo II | 7, 339, 344  |
| Punta Lucero                 |        |   | Tomo II | 291  |
| Punta Marina                 | Tomo I | 277   |         |  |
| Punta Quilla, faro de        | Tomo I | 388   |         |  |
| Punta Umbría                 | Tomo I | 153, 161, 379, 382  | Tomo II | 6, 301, 303, 304, 305,<br>306, 307, 308, 309       |
| Puntal, El                   | Tomo I | 296   |         |  |
| Puntales, cabo de            | Tomo I | 27, 30, 207, 283  | Tomo II | 45, 192, 193, 197,<br>198, 201, 202, 216           |
| Puntalete, El                | Tomo I | 301   |         |  |
| Puntilla, playa de la        |        |   | Tomo II | 199  |
| Quilates, faro del cabo      |        |   | Tomo II | 89   |
| Rábida, avenida de la        |        |   | Tomo II | 22, 23   |
| Rábida, La                   | Tomo I | 348   | Tomo II | 16, 22, 52   |
| Rábida, La                   | Tomo I | 234, 235, 305, 307  |         |  |
| Rebstock, aeropuerto de      |        |   | Tomo II | 135  |
| Reina Sofía, terminal        |        |   | Tomo II | 345  |
| Reina Victoria, muelle de la |        |   | Tomo II | 44, 238, 240, 243, 245,<br>246, 249, 251, 252, 345 |
| Remedios, punta de los       | Tomo I | 60, 78, 122, 128, 219, 261,<br>262, 263, 295, 297, 301                      | Tomo II | 47, 65, 66   |
| Repudio, bajo del            | Tomo I | 59, 130   |         |  |
| Resurrección, hospital de la | Tomo I | 261   |         |  |
| Rhin, río                    |        |   | Tomo II | 55   |
| Ribadeo                      | Tomo I | 377   |         |  |
| Ribera de Ayamonte           | Tomo I | 230   |         |  |
| Riotinto, minas y muelle de  | Tomo I | 173, 175 (plano), 227, 245,<br>277, 278, 279, 347, 354                      | Tomo II | 14   |
| Rivera de Huelva, río        | Tomo I | 73  |         |  |
| Rivera, estero de la         | Tomo I | 228   |         |  |
| Roda, La                     | Tomo I | 320, 374  |         |  |

| NOMBRE                             | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA                                    |
|------------------------------------|--------|--|---------|---|
| Rodadera, punta                    | Tomo I | 228  |         |   |
| Rodeo, punta del                   | Tomo I | 233, 284, 285  |         |   |
| Roma                               |        |  | Tomo II | 131                                       |
| Ronquillo, El                      | Tomo I | 320  |         |   |
| Roquetas de Mar                    | Tomo I | 235, 236, 237, 313   |         |   |
| Rosalino, mina                     | Tomo I | 320  |         |   |
| Rosario, brazo del                 | Tomo I | 81, 130  |         |   |
| Rota                               | Tomo I | 31 (plano), 230, 231, 232, 234, 237, 289, 290, 291           | Tomo II | 196, 269, 272                             |
| Rotterdam                          | Tomo I | 181, 184, 353, 355, 356, 363                                 | Tomo II | 50, 98, 131, 194, 313                     |
| Saarbrücken                        |        |  | Tomo II | 131                                       |
| Sabinar, punta y faro del          | Tomo I | 370  |         |   |
| Sacratif, cabo                     | Tomo I | 369  |         |   |
| Saigón                             |        |  | Tomo II | 131                                       |
| Saladillo, ensenada del            | Tomo I | 233, 284, 285  |         |   |
| Salado, río                        | Tomo I | 31 (plano)   | Tomo II | 210                                       |
| Salamanca                          | Tomo I | 209  | Tomo II | 132                                       |
| Salcinar, canteras de              | Tomo I | 43   |         |   |
| Salobreña                          | Tomo I | 234, 235, 236, 305, 306, 307                                 |         |   |
| Salónica                           |        |  | Tomo II | 131                                       |
| Saltés, isla de                    | Tomo I | 152, 153, 195  |         |   |
| Salzburgo                          |        |  | Tomo II | 131                                       |
| San Ciprián                        |        |  | Tomo II | 291                                       |
| San Cristóbal (Granada), cerro de  | Tomo I | 234, 306   |         |   |
| San Cristóbal (La Gomera), faro de | Tomo I | 388  |         |   |
| San Dionisio, mina de              |        |  | Tomo II | 14  |
| San Esteban de Pravia              | Tomo I | 377  | Tomo II | 216                                       |
| San Felipe, muelle de              | Tomo I | 207, 209, 283, 377   | Tomo II | 44, 238, 239, 270, 274, 275, 276, 337     |
| San Fernando                       | Tomo I | 31 (plano), 203, 231, 234, 237, 277, 283, 289, 290, 291, 369 | Tomo II | 196, 216, 269                             |
| San José Obrero, barriada          |        |  | Tomo II | 331                                       |
| San José, estero de                | Tomo I | 354  |         |   |
| San Juan de Aznalfarache           | Tomo I | 73, 100, 128, 130, 132, 139, 237, 295                        | Tomo II | 71, 331                                   |
| San Juan del Puerto                | Tomo I | 173, 227, 237, 279   |         |   |
| San Miguel                         | Tomo I | 235, 313   |         |   |
| San Pablo                          |        |  | Tomo II | 6, 173, 175, 176, 177, 179, 185, 187, 188 |
| San Pedro                          | Tomo I | 235, 313   |         |   |
| San Pedro de Alcántara             | Tomo I | 234, 305   |         |   |
| San Pedro, río                     | Tomo I | 31 (plano)   | Tomo II | 193, 196, 197                             |
| San Petersburgo o Leningrado       | Tomo I | 347  | Tomo II | 131                                       |
| San Roque                          |        |  | Tomo II | 7, 314, 348, 351                          |

| NOMBRE                                   | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA   |
|--|--------|--|---------|--|
| San Sebastián                            | Tomo I | 377  | Tomo II | 132  |
| San Sebastián, castillo de               | Tomo I | 337, 369   |         |  |
| San Telmo (Almería), castillo de         | Tomo I | 371  |         |  |
| San Telmo (Cádiz), playa de              | Tomo I | 231, 232, 289  |         |  |
| San Telmo (Málaga), canteras de          | Tomo I | 234, 373   |         |  |
| San Telmo (Sevilla), picacho y puente de | Tomo I | 119, 122, 139  | Tomo II | 49   |
| San Vicente                              | Tomo I | 153, 229   |         |  |
| Sanlúcar de Barrameda                    | Tomo I | 230, 232, 289, 296   | Tomo II | 49, 71   |
| Sanlúcar de Guadiana                     | Tomo I | 228  |         |  |
| Sanlúcar, barra y broa de                | Tomo I | 191, 217, 219, 296, 301, 302   |         |  |
| Santa Catalina (Cádiz), punta de         | Tomo I | 31 (plano), 232, 289, 371  | Tomo II | 193, 199   |
| Santa Catalina (Huelva), minas de        | Tomo I | 228, 278   |         |  |
| Santa Cruz de Mudela                     |        |  | Tomo II | 132  |
| Santa Olalla del Cala                    | Tomo I | 320  |         |  |
| Santander                                | Tomo I | 25, 213, 319   | Tomo II | 132, 292, 293  |
| Santiago de Chile                        |        |  | Tomo II | 132  |
| Santiago, muelle de                      | Tomo I | 284, 285   | Tomo II | 345  |
| Santi-Petri                              | Tomo I | 30, 31 (plano), 231, 283, 289, 290   | Tomo II | 193, 196, 197, 198   |
| Santiponce                               | Tomo I | 73   | Tomo II | 71   |
| Santo Domingo, mina de                   | Tomo I | 228  |         |  |
| Santurce                                 | Tomo I | 159  |         |  |
| Scorff, viaducto del río                 |        |  | Tomo II | 58   |
| Sebo, punta del                          | Tomo I | 152, 156   |         |  |
| Segovia                                  |        |  | Tomo II | 132  |
| Segura, río                              | Tomo I | 22   |         |  |
| Selva, La                                | Tomo I | 377  |         |  |
| Sentinas, punta de las                   | Tomo I | 22   |         |  |
| Serpa                                    |        |  | Tomo II | 15, 16, 17   |
| Sestao                                   | Tomo I | 253  |         |  |
| Setenil                                  | Tomo I | 232  |         |  |
| Sevilla                                  | Tomo I | 7, 8, 9, 12, 25, 28, 31(plano), 47, 48, 49, 51, 57, 59, 60, 63, 64, 65, 68, 69, 73, 75, 81, 82, 83, 85, 93, 100, 103, 105, 107, 109, 115, 118, 119, 125, 131, 135, 137, 139, 140, 143, 144, 151, 165, 167, 168, 173, 175(plano), 187, 189, 190, 191, 207, 209, 210, 211, 213, 214, 215, 217, 218, 219, 221, 222, 223, 227, 230, 237, 243, 254, 261, 262, 263, 264, 278, 279, | Tomo II | 5, 6, 7, 13, 16, 23, 31, 33, 35, 37, 41, 47, 49, 50, 51, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 71, 113, 131, 133, 165, 166, 173, 175, 176, 177, 179, 180, 183, 185, 187, 188, 192, 206, 211, 313, 314, 331, 332, 337 |

| NOMBRE                                    | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA  |
|---|--------|--|---------|---|
| Sevilla                                   | Tomo I | 293, 295, 296, 297, 299, 301, 302, 315, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 347, 365, 370, 376, 378 |         |   |
| Sines                                     |        |  | Tomo II | 291   |
| Singapore                                 |        |  | Tomo II | 279   |
| Soerabaja                                 |        |  | Tomo II | 113   |
| Sofía                                     |        |  | Tomo II | 131   |
| Sol, costa del                            |        |  | Tomo II | 313, 314  |
| Sol, puerta del                           |        |  | Tomo II | 135   |
| Soria                                     |        |  | Tomo II | 132   |
| Sotillo, El                               | Tomo I | 101  |         |   |
| Spree, río                                |        |  | Tomo II | 104   |
| Stuttgart                                 |        |  | Tomo II | 131, 135  |
| Suecia                                    |        |  | Tomo II | 335   |
| Suez, canal de                            | Tomo I | 214  | Tomo II | 279   |
| Tablada                                   | Tomo I | 139, 261, 301  | Tomo II | 49, 50, 66, 87                                  |
| Tablada o canal de Alfonso XIII, corta de | Tomo I | 8, 12, 209, 219, 259, 261, 262, 263, 297, 301, 302, 322, 323, 324, 325                                       | Tomo II | 5, 33, 47, 61, 63, 64, 65, 67, 70, 71, 331, 352 |
| Tablada, muelle de                        |        |  | Tomo II | 65, 67, 68, 69, 70                              |
| Tafalla                                   |        |  | Tomo II | 132   |
| Tamarguillo, arroyo                       | Tomo I | 261  |         |   |
| Tánger                                    | Tomo I | 12, 232, 289   | Tomo II | 279, 280, 281, 282, 283, 284, 314               |
| Tanjung Priok                             |        |  | Tomo II | 113   |
| Tapa, marismas de la                      |        |  | Tomo II | 197   |
| Tarfia                                    | Tomo I | 301  |         |   |
| Tarifa                                    | Tomo I | 153, 232, 234, 236, 283, 289, 386  | Tomo II | 282   |
| Tarifa o de las Palomas, isla de          | Tomo I | 232, 289   |         |   |
| Tarragona                                 | Tomo I | 213  | Tomo II | 132   |
| Tárrega                                   |        |  | Tomo II | 132   |
| Tauler, mina                              | Tomo I | 320  |         |   |
| Tempelhof, aeropuerto de                  |        |  | Tomo II | 133, 135, 150                                   |
| Terranova                                 |        |  | Tomo II | 187   |
| Terrón o Rompido de Cartaya, barra del    | Tomo I | 230, 279, 387, 388   | Tomo II | 304   |
| Teruel                                    |        |  | Tomo II | 132   |
| Tetuán                                    |        |  | Tomo II | 83, 132   |
| Tharsis, minas y muelle de                | Tomo I | 151, 173, 227, 245, 277, 278, 347, 348   | Tomo II | 14  |
| Tinto, río                                | Tomo I | 147, 148, 149 (plano), 151, 152, 173, 195, 227, 277, 279, 347  | Tomo II | 22, 50, 52, 304, 306                            |
| Tirana                                    |        |  | Tomo II | 131   |

| NOMBRE                       | TOMO   | PÁGINA   | TOMO    | PÁGINA                     |
|------------------------------|--------|--|---------|----------------------------|
| Tocina                       | Tomo I | 320  |         |                            |
| Toledo                       |        |  | Tomo II | 132                        |
| Torcal de Antequera, El      |        |  | Tomo II | 314                        |
| Torre del Mar                | Tomo I | 15, 17, 234, 305   | Tomo II | 225                        |
| Torre Gorda                  | Tomo I | 31 (plano)   |         |                            |
| Torre, brazo de la           | Tomo I | 296  |         |                            |
| Torredonjimeno               |        |  | Tomo II | 314                        |
| Torremolinos                 | Tomo I | 234  |         |                            |
| Torrenueva                   | Tomo I | 235  |         |                            |
| Torrox                       | Tomo I | 10, 234, 305, 381  |         |                            |
| Toulouse                     |        |  | Tomo II | 87                         |
| Trafalgar, cabo y faro de    | Tomo I | 9, 10, 232, 290, 369, 381  |         |                            |
| Trebujena                    | Tomo I | 296  |         |                            |
| Triana, barrio y puente de   | Tomo I | 60, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 78, 79, 80, 81, 82, 85, 86, 87, 88, 109, 110, 112, 122, 123, 130, 139, 216, 217, 222, 263, 295 | Tomo II | 65, 331                    |
| Trieste                      | Tomo I | 353, 356   | Tomo II | 50, 131                    |
| Trocadero, caño del          | Tomo I | 26, 27, 28, 29, 30, 231, 232, 289, 290, 371  | Tomo II | 193, 194, 197, 199         |
| Turín                        |        |  | Tomo II | 131, 165                   |
| Turquía                      | Tomo I | 236, 312   |         |                            |
| Tuta, canal de la            | Tomo I | 230  |         |                            |
| Úbeda                        |        |  | Tomo II | 314                        |
| Ubrique                      | Tomo I | 232, 285   |         |                            |
| Ugíjar                       | Tomo I | 235  |         |                            |
| Umbría, bajo y canal de      | Tomo I | 148, 149 (plano)   |         |                            |
| Utrecht                      |        |  | Tomo II | 279, 282                   |
| Utrera                       | Tomo I | 261  |         |                            |
| Valencia                     | Tomo I | 25, 29, 43, 213, 318, 321, 343, 388  | Tomo II | 13, 23, 131, 133, 279, 313 |
| Valladolid                   |        |  | Tomo II | 132                        |
| Varadero, El                 | Tomo I | 235, 305   |         |                            |
| Varsovia                     |        |  | Tomo II | 131                        |
| Vascongadas                  | Tomo I | 377  |         |                            |
| Vázquez Armero, barriada     |        |  | Tomo II | 331                        |
| Vejer de la Frontera         | Tomo I | 232, 290   |         |                            |
| Vélez de la Gomera, peñón de | Tomo I | 388  |         |                            |
| Vélez, río                   | Tomo I | 370  |         |                            |
| Vélez-Málaga                 | Tomo I | 234, 305, 370  |         |                            |
| Venecia                      |        |  | Tomo II | 131                        |
| Ventas, Las                  |        |  | Tomo II | 135                        |
| Vera                         | Tomo I | 236, 312   |         |                            |
| Verde (Cádiz), isla          | Tomo I | 233, 284, 285, 370   | Tomo II | 42, 43, 81, 286            |
| Verde (Sevilla), punta del   | Tomo I | 219, 220, 262, 263, 297, 301   | Tomo II | 47, 48, 64, 65, 66         |

| NOMBRE                      | TOMO   | PÁGINA                                  | TOMO    | PÁGINA        |
|-----------------------------|--------|---|---------|---------------|
| Víbora, bajo de la          | Tomo I | 151                                     |         |               |
| Victoria, playa de la       |        |   | Tomo II | 345           |
| Victoria, plaza de la       |        |   | Tomo II | 208           |
| Viena                       |        |   | Tomo II | 131, 135, 154 |
| Vigo                        | Tomo I | 213, 319, 361                           | Tomo II | 219           |
| Villablanca                 | Tomo I | 228                                     |         |               |
| Villacarrillo               |        |   | Tomo II | 314           |
| Villamartín                 | Tomo I | 232                                     |         |               |
| Villanueva de las Minas     | Tomo I | 320                                     |         |               |
| Villanueva y Geltrú         | Tomo I | 342, 388                                |         |               |
| Villanueva, dársena         |        |   | Tomo II | 285           |
| Villaricos                  | Tomo I | 236, 312                                |         |               |
| Villarreal de Santo Antonio | Tomo I | 228, 229, 278, 279                      |         |               |
| Vinaroz                     | Tomo I | 377                                     |         |               |
| Visby                       |        |   | Tomo II | 131           |
| Vitoria                     |        |   | Tomo II | 132           |
| Vizcaya                     | Tomo I | 388                                     |         |               |
| Washington                  |        |   | Tomo II | 286           |
| Yeso, caño de               | Tomo I | 217, 296                                |         |               |
| Zaforito, caño del          | Tomo I | 231, 290                                |         |               |
| Zafra                       | Tomo I | 173, 175 (plano), 227,<br>241, 358, 365 | Tomo II | 15, 16        |
| Zafra, espigón              | Tomo I | 245, 248, 249                           |         |               |
| Zamora                      |        |   | Tomo II | 132           |
| Zandvliet, esclusa de       |        |   | Tomo II | 352           |
| Zaragoza                    |        |   | Tomo II | 132           |
| Zarza, mina La              | Tomo I | 277, 348                                | Tomo II | 14            |
| Zuazo, puente de            |        |   | Tomo II | 198           |
| Zufre                       | Tomo I | 320                                     |         |               |
| Zürich                      |        |   | Tomo II | 131           |
| Zurraque, caño de           | Tomo I | 1197                                    |         |               |









