

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.

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. Entrecañales.

Para la debida explotación de este dique han sido construídos los muelles de armamento y embocadura, 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 cimiento 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 $\pm 2,00$ 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.² 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.².

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.

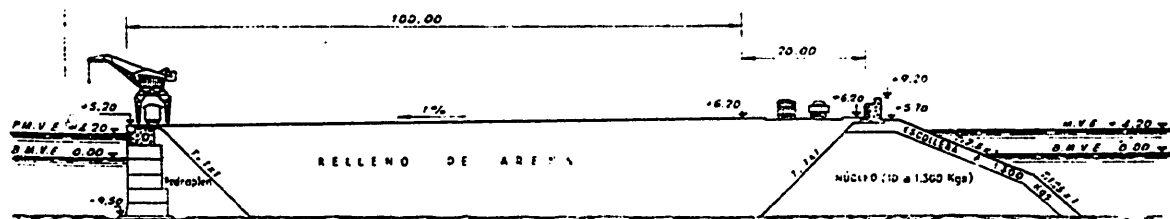
Esta obra, complementaria del dique seco, era el remate obligado de la boca del mismo y su conexión con el muelle de armamento.

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.

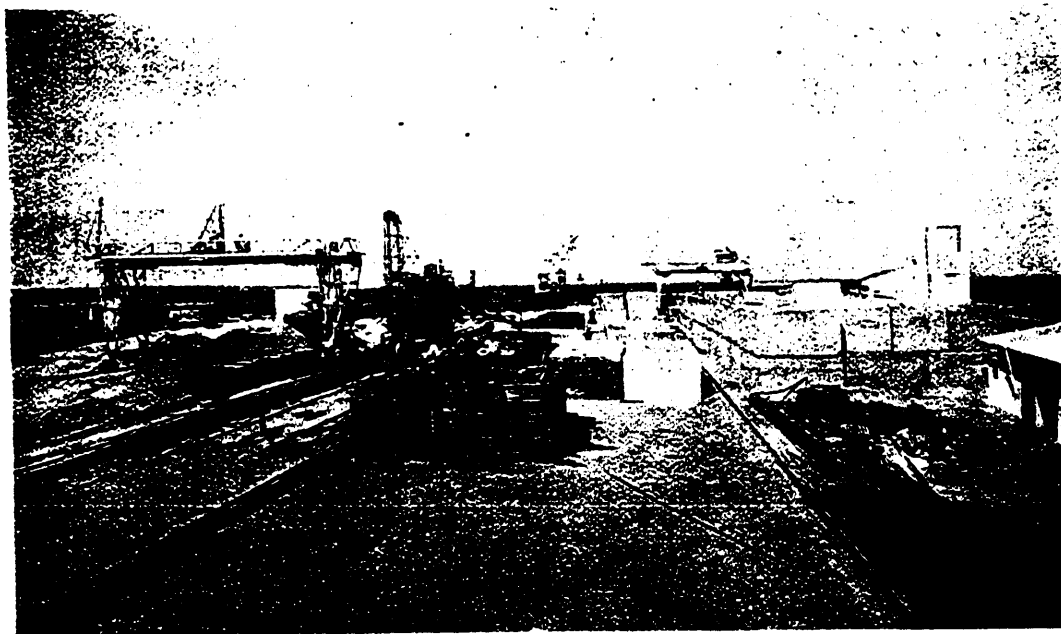
Los barcos de más de 30.000 Tn. que pueden utilizar el dique, con esloras superiores a los 200 metros, habían de ser guiados manteniendo su eje coincidente con el del dique, operación imposible, principalmente con vientos de través, si no se disponía la necesaria embocadura, formada por muelles a los que el propio barco pudiera dar sus amarras, fijando

MUELLE DE ARMAMENTO Y DIQUE DE LEVANTE

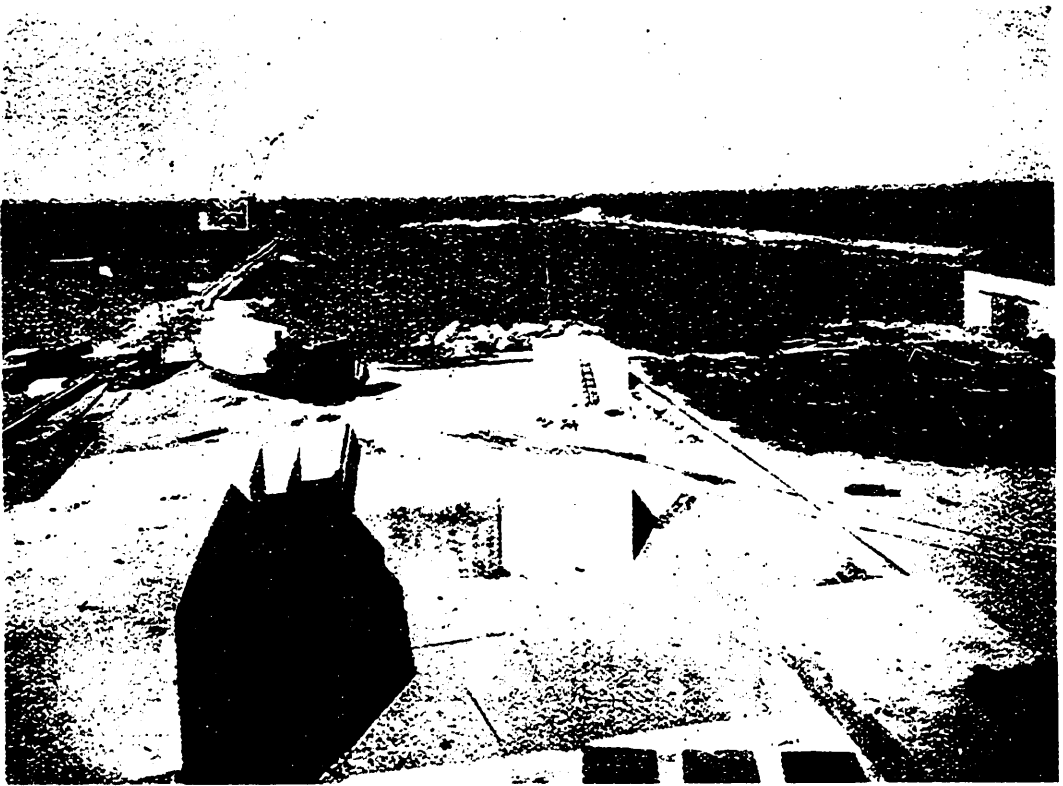




Vista aérea de la dársena del dique seco, durante la construcción de los muelles de armamento y embocadura.
En segundo término, el fondo de la dársena pesquera con los muelles en construcción.



El taller de bloques.



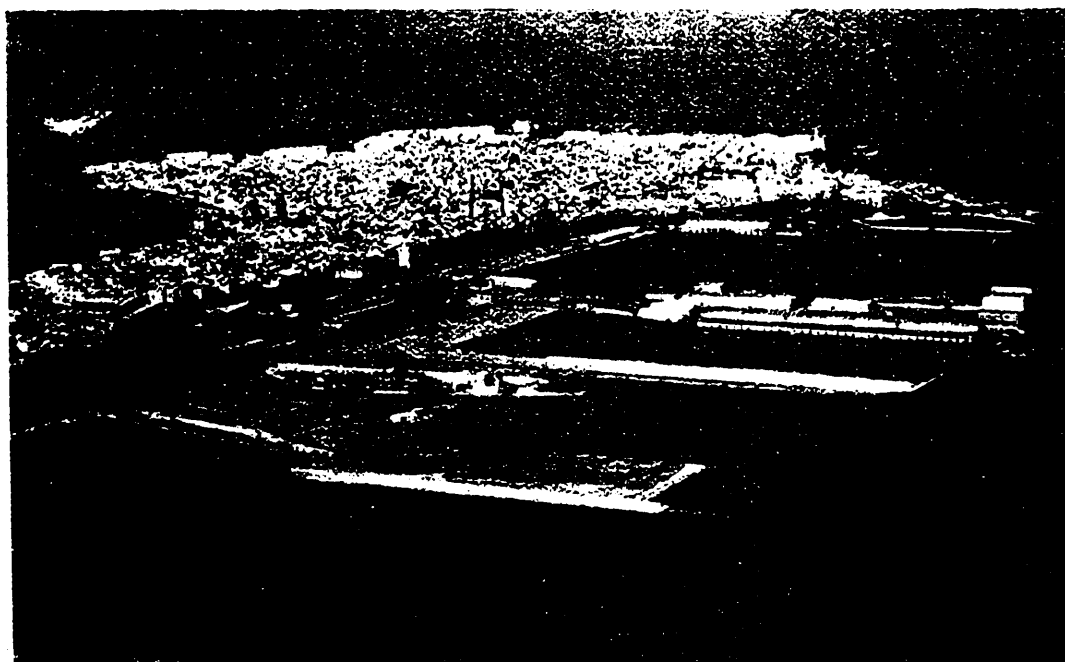
Vista del muelle en construcción, desde el patio de bloques.



Vista, desde el dique seco, del muelle en construcción y taller de bloques.

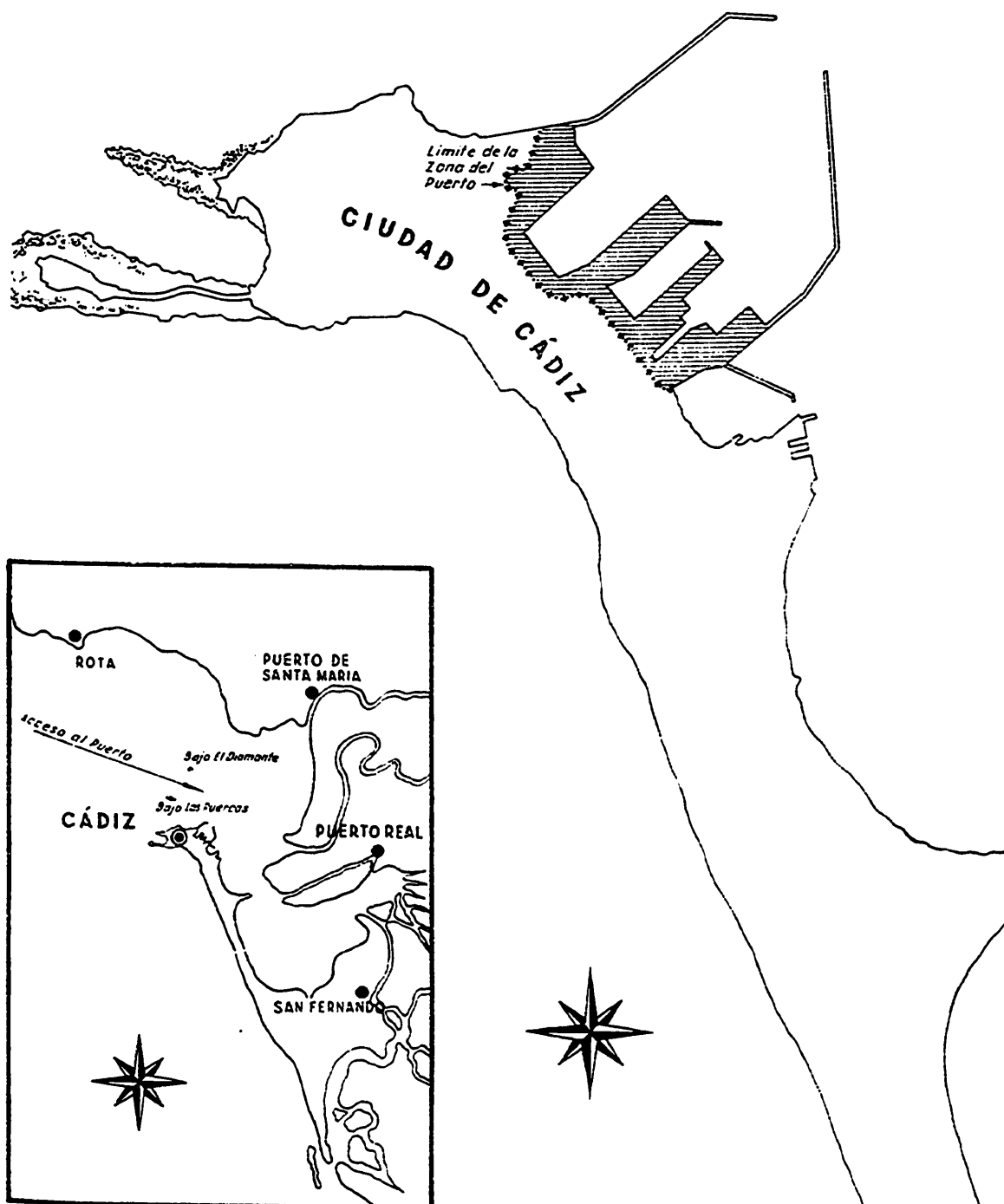


Los muelles de embocadura, durante su construcción, vistos desde el muelle de armamento.



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.

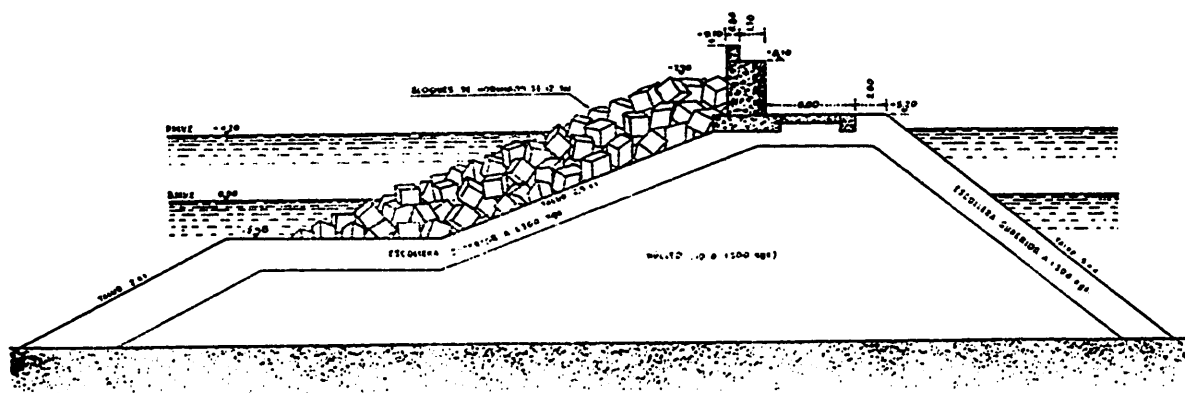
Para la resolución de los inconvenientes existen-

Dragados de la zona de flotación.

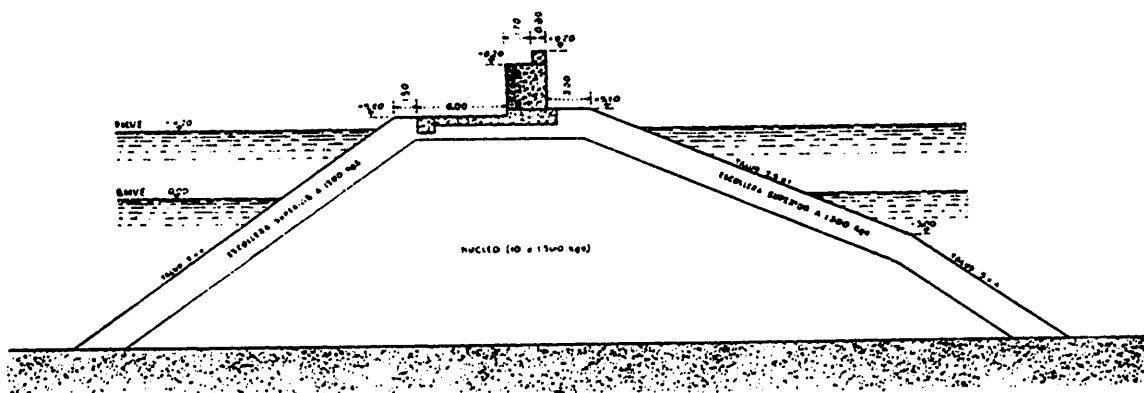
Toda la zona marítima ocupada en la actualidad por el puerto de Cádiz era, antes de construirse éste,

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.

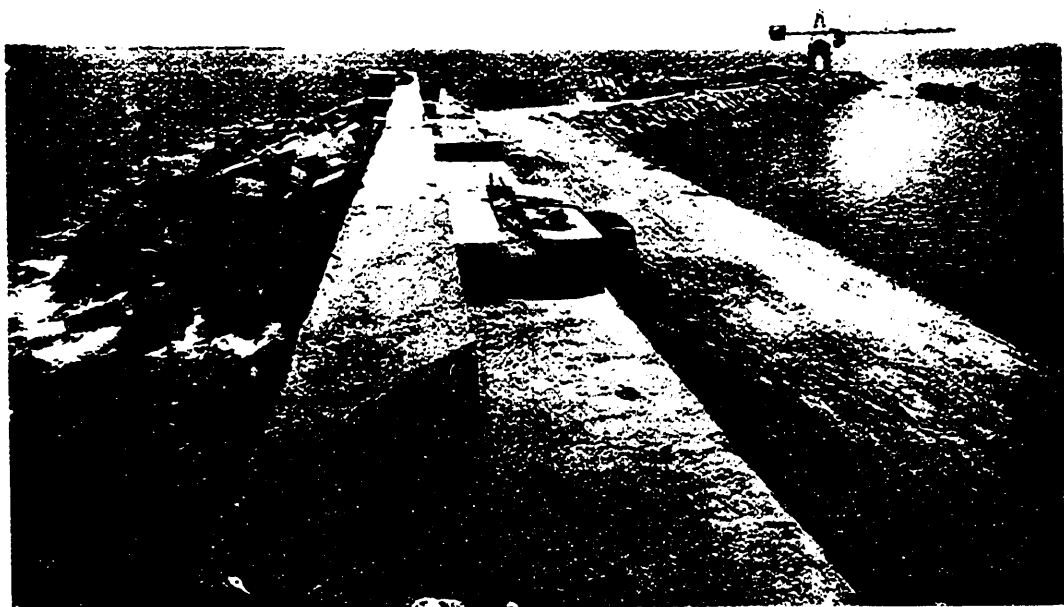
Al redactarse, en 1949, el Plan general de obras, había que acondicionar debidamente la zona de flo-

tación para la que se fijaron los siguientes calados, en armonía con las características de los barcos que atracarían en los muelles proyectados o construidos:

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.³. 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 desechar, 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 bajamareas. 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.³.

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.³ para el dragado en arenas y fangos, y de 92,14 a 128,86 ptas. m.³ 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.

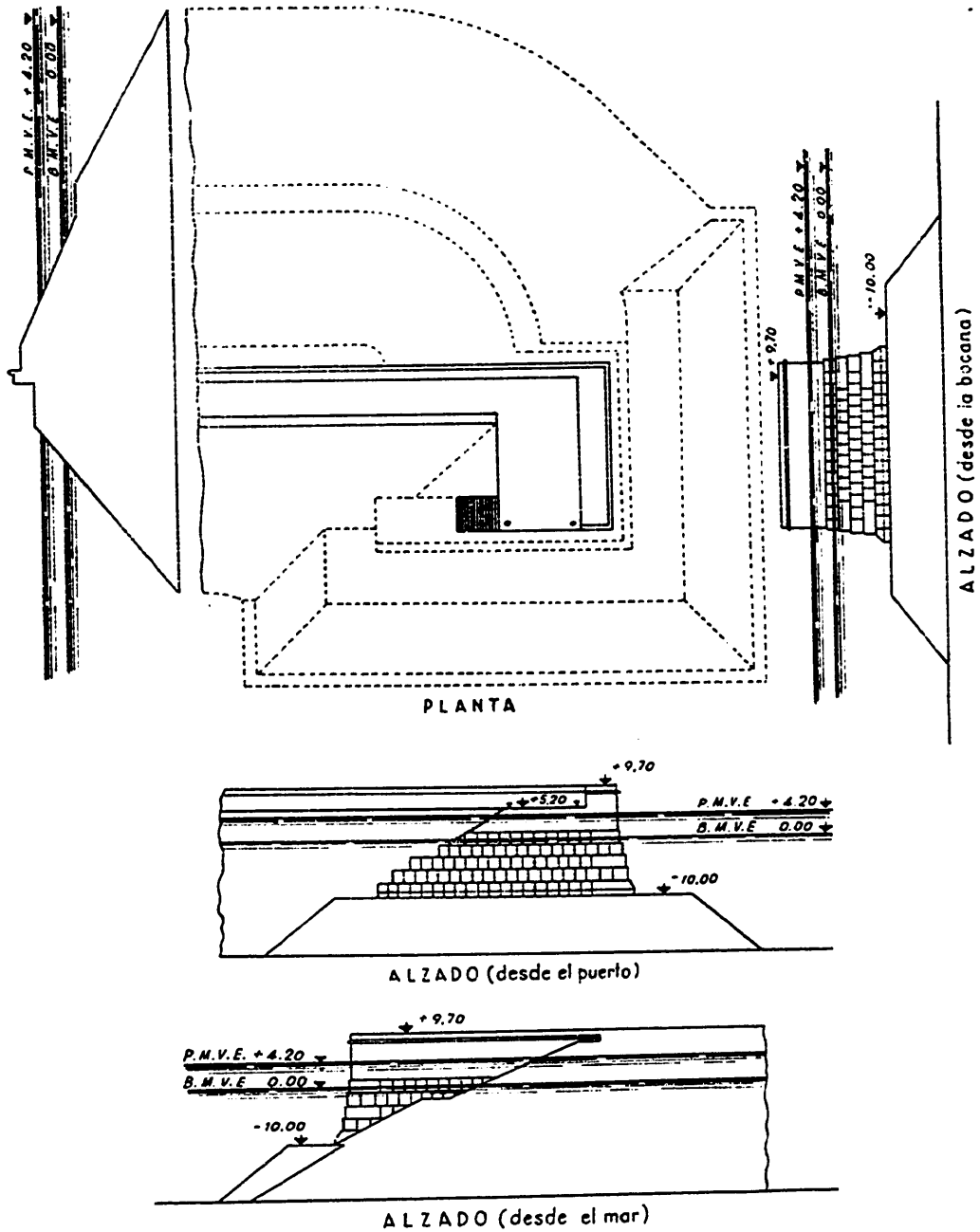
vante y SE., quedando separada del Atlántico por un estrecho istmo de 8 Km. de longitud, en cuyo extremo NO. se encuentra Cádiz bañada en todo su perímetro por el mar.

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

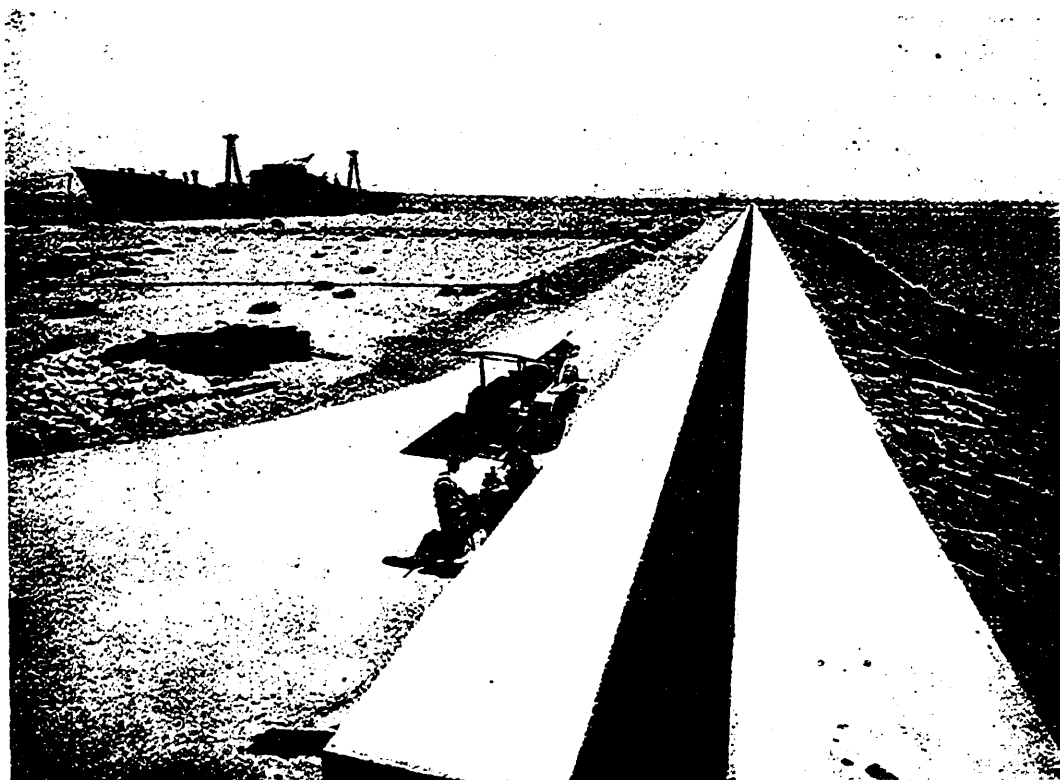


te a la bahía, sólo los temporales de Levante le baten directamente. Los más temibles temporales del Atlántico (SO. y O.) llegan al puerto por desviación gradual, con considerable reducción en la altura de ola.

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 construida 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 incindiendo 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 proscribible 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 construidos 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 Guadalupe 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 1.55 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.

