

DIQUES FLOTANTES

EL DIQUE FLOTANTE Y DEPONENTE DEL PUERTO DE BARCELONA SUS VENTAJAS E INCONVENIENTES Y POSIBLES REMEDIOS DE ESTOS

Por JOSE MARÍA PALA CATARINEU,
Ingeniero de Caminos.

Un asunto, de carácter administrativo, sobre el dique flotante y deponente del puerto de Barcelona, encargado por la Superioridad, me ha dado ocasión de efectuar un acopio de datos sobre esta clase de artefactos de carenado, que considero interesante dar a conocer a los lectores de la REVISTA, al propio tiempo que brindar la modesta iniciativa de catodizar el dique para reducir la corrosión de éste a términos aceptables económicamente.

Los diques flotantes, poco usados en algunas naciones de la Europa continental, han tenido mejor aceptación en los países germánicos y anglosajones; sobre todo en Estados Unidos, donde puede decirse que constituyen el artefacto de carenado por excelencia. En general, todas las grandes potencias marítimas construyen esta clase de aparatos para el salvamento rápido de buques de superficie y submarinos de combate, cuando cualquier avería o accidente les impide regresar a su puerto-base. Tales artefactos también sirven para desembarrancar barcos pequeños naufragados. Estos diques, construidos en países metropolitanos, han sido llevados remolcados a las colonias o países lejanos, cuya industrialización menos avanzada no les permitía ejecutarlos. Hace años causó sensación la noticia propagada en la prensa mundial del caso del dique flotante de Singapoore, de 50 000 toneladas (255 m. de longitud por 51 de anchura y 23 de calado, con bombas que pueden achicar 30 000 m.³/hora de agua), construido en la base naval de Rugby, teniendo que recorrer, remolcado, 13 000 Km., y efectuando este largo viaje, cuyas dificultades fueron comparables a las de su construcción. El dique fué llevado en dos partes: una, los cuerpos centrales con dos flotadores, a proa y a popa, dispuestas en la misma forma; la proa y la popa del dique formaban la segunda parte: cada una de ellas llevaba dos remolcadores delante para conducir, y para guiar, otros dos detrás. El paso de esta gran caravana por el canal de Suez obligó a parar el tráfico durante dos días (un sábado y un domingo), porque sólo dejaba, junto a los cajeros, un espacio libre de 0.90 m.

Es verdaderamente aleccionador lo ocurrido en Estados Unidos durante la segunda guerra mundial. Después de la agresión de Pearl Harbour, el Departamento de Marina tuvo que realizar un gran esfuerzo para hacer frente a las grandes dificultades que se presentaban para conservar y reparar su enorme flota, ejecutando para ello un programa muy importante de diques flotantes, que tenían cualidades náuticas suficientes para poder ser remolcados a alta mar. Más de una veintena de astilleros trabajaron

febrilmente, construyendo diques de características muy variadas y con capacidades de elevación que variaban desde cien mil toneladas hasta sólo unas centenas.

En el establecimiento provisional de un puerto en Arromanches (Francia), para el desembarco aliado en junio de 1944, también durante la segunda guerra mundial, jugaron papel preponderante diques flotantes de tamaño medio (unas 1 500 Tn.), metálicos y de hormigón armado, prefabricados en Inglaterra.

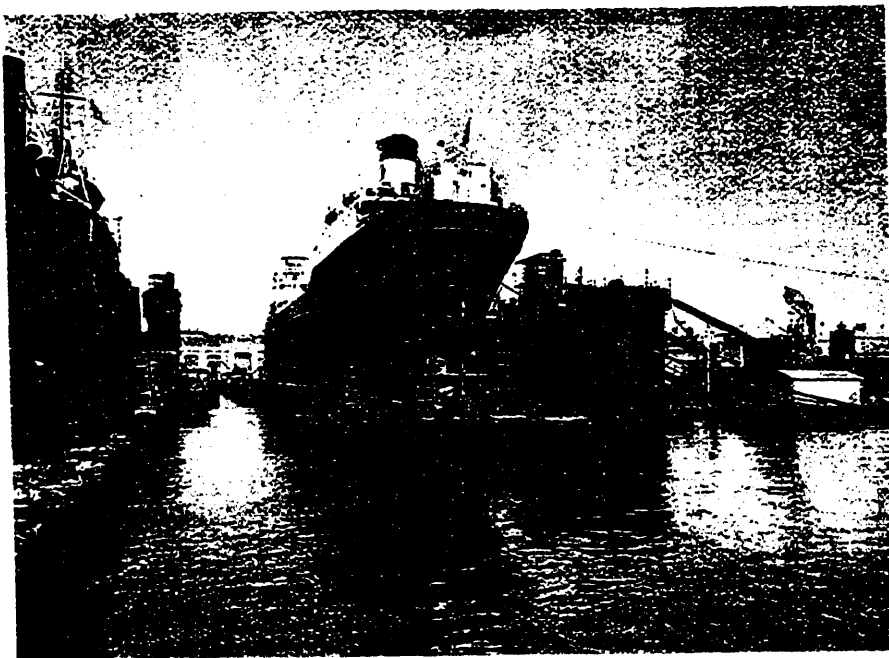
Será importante e interesante, por lo tanto, hacer un estudio y descripción de los principales sistemas de diques flotantes en las líneas que siguen.

Diferentes clases de diques flotantes y su cálculo.

En términos generales, los diques flotantes están formados por una plataforma horizontal, agrupación de flotadores, o pontones, susceptible de sumergirse, para recoger el navío sobre los picaderos, y de ser elevada para, una vez fuera del agua, pueda carenarse y trabajar en sus fondos; la sumersión se consigue por la introducción de un lastre de agua, y la emergencia al ser achicado éste por medio de bombas, que lleva el dique mismo. Los primitivos artefactos de esta clase eran verdaderos diques secos flotantes (y aún se emplean éstos, convenientemente varados y anclados para la construcción de diques secos fijos); pero el sistema se ha abandonado y es casi general el sistema en U abierta para los diques flotantes. Esta estructura es de concepción lógica, porque un sólo flotador horizontal daría un dique poco estable, sobre todo poco antes de la emergencia completa, precisando añadir los dos flotadores laterales (aumentando el momento de inercia de la superficie de flotación), que también servirán para apoyar las bandas del navío sobre ellos. Unas y otros están divididos por mamparos transversal y longitudinalmente, en compartimientos estancos para mejorar la estabilidad y facilitar las maniobras de sumersión y emergencia, habida cuenta de la distribución del lastre líquido. El flotador horizontal, aún más que

los laterales, se divide por otros mamparos en compartimientos estancos para poder mejorar la estabilidad, trocear el dique y facilitar su carenado, o su transporte a alta mar: para facilitar esta operación, se da a los extremos forma de ojiva o en bisel. El seccionamiento transversal es más fácil de realizar y permite el troceo del dique para su transporte o

bilidad a la flotación, por lo que, en términos generales, se precisan grandes superficies de flotación para que su momento de inercia sea suficiente, sobre todo al emerger, y si la nave escora vuelva en corto intervalo a la posición vertical (la cosa es importante y se han producido vuelcos con pérdidas de vidas en Santo Tomás, El Callao, Saigon, etc.); g) la resis-



Vista de una sección del dique flotante y deponente del puerto de Barcelona, con el vapor *Camposines*, que está carenándose.

carenado; en el longitudinal hay de dos a cinco compartimientos estancos: un número excesivo de mamparos divisorios complica la instalación de achique y la vigilancia del dique y de sus niveles.

El cálculo inductivo de un nuevo dique, o sea su dimensionamiento, debe hacerse por aproximaciones sucesivas (regla de falsa posición). Se parte del dato aproximado de que el peso muerto es el 33 por 100 de la potencia de elevación, y se le dan unas longitudes y espesores proporcionales a los de otro dique ya construido; hecho el cálculo deductivo, o de comprobación, si el nuevo dique no cumple las condiciones impuestas por el servicio a realizar, por su funcionamiento y esfuerzos, se retocan las dimensiones hasta lograrlo, para lo cual al proyectista experto le bastarán muy pocos tanteos.

El cálculo deductivo, en un dique ya diseñado, es sumamente complejo y se debe comprobar su comportamiento: a) a los temporales y choques, sobre todo si el dique tiene que hacer una larga navegación; b) velocidad de maniobra; c) potencia de elevación; d) forma de carenado; e) dimensiones máximas y calado, para que quepa en la dársena; f) esta-

tencia del material debe ser objeto de un cálculo serio, aunque muy complicado, considerando el dique como una viga cargada por un navío, cuya flexibilidad es mal conocida y con secciones de peso muy diferente, por su peso propio y por los pesos del lastre de agua

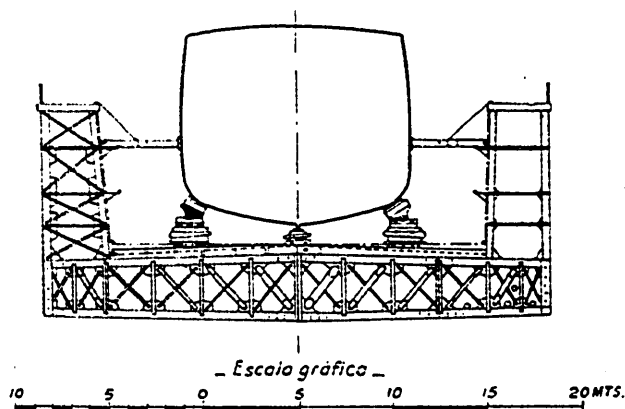
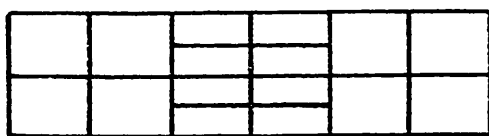


Fig. 1.^a — Secciones transversales del dique del puerto de Rotterdam.

(en las hipótesis más desfavorables). (Los cálculos minuciosamente desarrollados pueden seguirse en el primer tomo de la obra de D. Carlos Godino, *Arquitectura Naval*, Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona.)

El pontón o flotador de fondo del dique de Rotterdam, representado en la figura 1.^a, está dividido en 16 compartimientos estancos por cinco mamparos transversales, dos longitudinales en el centro y uno longitudinal central, extendido a toda la longitud del



— Escala gráfica —

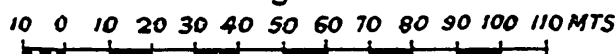


Fig. 2.ª — Esquema de la distribución de compartimientos estancos en el flotador horizontal del dique de Rotterdam.

dique. En dicha figura se ven dos secciones transversales del expresado dique, mostrando el plan o trasdós de la grada y la viga móvil de apoyo de los picaderos, de forma que éstos y todas las cuñas insisten en puntos resistentes de la estructura o esqueleto del dique. En la figura 2.^a puede verse, en esquema, la distribución de compartimientos estancos en la plataforma o flotador horizontal del dique de Rotterdam.

Los diques flotantes pueden construirse de madera (los más antiguos), metálicos o de hormigón armado, y se componen de dicha estructura resistente (cuadernas en sentido vertical y horizontal, más las vigas transmisoras de esfuerzos, aludidas anteriormente), cuyas superficies huecas se rellenan con tablas, chapas o losas, respectivamente, hasta formar volúmenes estancos. El dique de hormigón armado, aunque parece inspirar temores por el ataque de dicho material por el agua del mar, presenta las siguientes ventajas sobre los diques metálicos: a) no precisa carenarse, ni lastre de agua en los costados laterales (quedando más espacio para las diversas instalaciones); b) presentan más rigidez y, por su gran masa, están expuestos a menores esfuerzos en las operaciones de carenado de los buques. Un dique flotante, americano, de hormigón armado (dosificación, unos 500 Kg. de cemento), de 2 800 toneladas, tiene una estructura parecida a la del dique de Rotterdam de la figura primera, con un tabique central y cinco transversales, que dividen la plataforma horizontal en doce compartimientos: la diferencia estriba en que los elementos resistentes no tienen diagonales, siendo cuadros, formados por nervios de 20 cm. de espesor, espaciados a 1.83 m., rellenos con forjados de losas de 20 cm.; como el canto de los

nervios es considerable, el porcentaje de armaduras empleado es pequeño.

Las bombas de achique se ubican en la parte superior de los cajones laterales o grandes costados. Generalmente son centrífugas y se accionan por vapor, electricidad (autoproducida o conectada con líneas exteriores), gasolina o motores Diesel; se conectan a los tubos de aspiración o a los de impulsión, a veces reunidos varios de ellos, para reducir el número de bombas: la maniobra de achique completo debe durar dos horas como promedio. Hay también los tubos de entrada de agua, que es introducida en el dique pasando por una caja de distribución provista de compuertas, de donde pasa a los compartimientos estancos por tubos provistos de válvulas. En la parte alta de una caja lateral está la sala de control, especie de torre de mando, desde donde se maniobran las válvulas y compuertas, se dan órdenes a los maquinistas y al personal que ejecuta las maniobras y se vigila la inclinación del dique, tanto transversal como longitudinal (por medio de niveles y catetómetros), extremo éste muy delicado para la estabilidad del conjunto y para conocer las deformaciones del dique y de la quilla al sumergirse y elevarse. Además de estos elementos accesorios, los diques flotantes tienen otros, como órganos de amarre, escaleras de acceso, grúas y vías sobre la base superior de los cajones laterales, y a veces pasarelas en forma de ménsulas, rebatibles sobre la cara exterior de dichos cajones laterales, para reparar la proa y la popa de los navíos, vías, muelles, caminos de acceso, etcétera.

Aun los que no son autocarenables, todos los diques flotantes pueden carenarse lanzando el lastre de agua de algunos compartimientos laterales, haciendo dar de banda al artefacto, con inclinación suficiente para permitir la limpieza de un flanco, que recuerda el *dar de quilla* en las pequeñas embarcaciones; con inclinación inversa, puede completarse el carenado de todo el dique.

Dentro del sistema general de diques en U, hay variedades interesantes de detalle. Por ejemplo, los "A.B.S.D." (advance, base, sectional, docks"), contruidos por los norteamericanos, son los de mayor potencia elevadora hasta hoy día, existiendo dos tipos, ambos autocarenables: el primero está formado

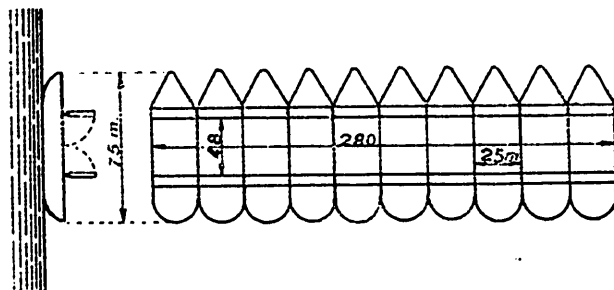


Fig. 3.ª — Gran dique A.B.S.D.

por diez secciones en forma de barco, con dos grandes costados rebatibles sobre aquéllos, de una fuerza de elevación total de 100 000 toneladas, que puede recibir los más grandes acorazados, y tiene la forma de un puente de barcas (véase un croquis de M. Blosset en la figura 3.^a), rebatiendo los dos grandes costados, para disminuir el empuje de los vientos; se obtiene una estructura no difícil de transportar a alta mar, y así lo ha sancionado la práctica; el segundo tipo, que sólo difiere del anterior por su menor tamaño, tiene una potencia elevadora de 56 000 toneladas y una longitud de 231 m., permitiendo carenar cruceros de 251 m. de eslora: en este segundo tipo, las vías de servicio están colocadas en voladizo, al exterior de los costados laterales, quedando libre la luz interior de éstos, permitiendo carenar portaaviones de gran envergadura. Otra variedad la constituyen los diques Dewey, de gran rigidez longitudinal, de 14 a 18 000 Tn., que pueden recibir los mayores navios comerciales, representados según otro croquis de M. Blosset en la figura 4.^a, compuestos de una parte central, de gran longitud, y de dos elementos extremos más cortos, que permiten el carenado de aquéllos, según se representa esquemáticamente en la parte inferior de dicha figura. También mencionaremos los "A.R.D." (auxiliary repair docks), que se construyen en forma de barcos, de 1 000 a 3 000 toneladas, con la proa bien defendida y la popa protegida por una puerta rebatible que, durante el transporte, protege la plataforma horizontal contra el oleaje: están particularmente adaptados a la navegación y se hallan ampliamente provistos de los elementos auxiliares, como central eléctrica, potentes bombas (permiten elevar el dique a la velocidad *récord* de quince a veinte minutos): si a esto se añade el empleo de excelentes pinturas de secado rápido, proyectadas con pistola de aire comprimido, y a una buena organización, se explica que un barco de 10 000 Tn. pueda carenarse en muy pocas horas;

dentro de este tipo, con ligeras variaciones en los accesorios, para que el sumergible sea amarrado y suspendido, están los diques para el transporte de submarinos o para su salvamento. Nueva variedad la tenemos en los diques en claraboya, que tienen en la parte superior de los cajones, o flotadores laterales, vigas en celosía en lugar de compartimientos estancos, que no se precisan porque la estabilidad del conjunto está asegurada. Finalmente, los diques madre o diques cigüeña ahorran esfuerzo de elevación al recibir a un dique (portante del navío) en su interior, que después de la elevación suelta, para recibir otro nuevo dique hijo.

Descritos anteriormente los diques flotantes en U, expondremos a continuación los elementos y funcionamiento de los diques en escudera L, compuestos de la plataforma horizontal flotante y de una sola caja (gran costado) lateral, fijada rigidamente al anterior. Para que el conjunto sea estable, se disponen unas barras-guía que unen la caja lateral a la orilla (con lo que se puede elegir la ubicación del dique), o se establece un extenso cajón lateral, de gran superficie horizontal, unido a la cara opuesta del gran costado por un paralelogramo articulado (depositing dock), ideado por los Sres. Clark y Standfield; además del flotador único, se provee el borde exterior de la plataforma horizontal de una ligera prominencia, a modo de pupitre, que constituye la iniciación de un segundo cajón lateral (cámara de aire), que mejora la estabilidad (por aumentar el momento de inercia de la superficie de flotación, inmediatamente encima del *plan* del dique) y facilita el escorado del barco. Un dique de este género, con cuatro secciones de 2 000 Tn. de capacidad elevadora cada una, se halla instalada en el puerto de Barcelona y está representado (una sección) en la figura 5.^a, más una planta parcial en la figura 6.^a; como aclaración a estos planos, diremos que la plataforma horizontal es una especie de gran teclado, compuesto en cada sección de seis pontones, de 4,90 m. de altura por 4,20 de anchura, separadas horizontalmente por huecos de 2,40 m.; hay cuatro balancines, o paralelogramos, que unen la pared del gran costado al flotador; los compartimientos del dique están compuestos, generalmente, de un esqueleto o estructura resistente, formados por cuadernas (angulares) de 100 X 100, espaciados a unos 0,60 m. en sentido horizontal y 1,35 m. verticalmente, cubierta por chapa de 11 milímetros; las máquinas son dos bombas centrífugas movidas a vapor, de 65 caballos de potencia. Quedan pocos ejemplares de estos diques deponentes; además de Barcelona, Barrow, Wladivostock y Sebastopol. Hay una torre de mando y los demás accesorios expuestos al tratar de los diques en U. En el dique de Barcelona, para el servicio, hay 30 empleados y obreros (contando carpinteros, enfermeros y otros auxiliares, 36); aunque, en caso de apuro, las maniobras se hacen con sólo 8 obreros; las operaciones se realizan con precisión, sin balance ni

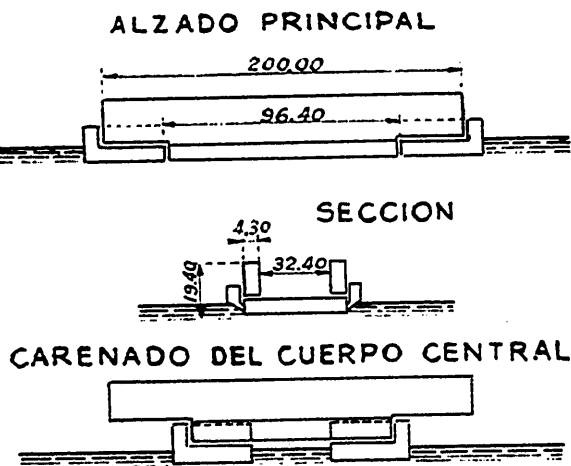


Fig. 4.^a — Diques Dewey.

cabeceo, en cinco horas para la traslación de la sección, acñado completo de la nave y elevación total, y en tres, para las operaciones inversas, dejando suelto el barco. Podemos decir, sin exageración, que

(dique). Cada sección puede servir para carenar las restantes. En términos generales trabajan las secciones ocho años y están dos en reparación; el agua del mar, principalmente por las sumersiones y emergen-

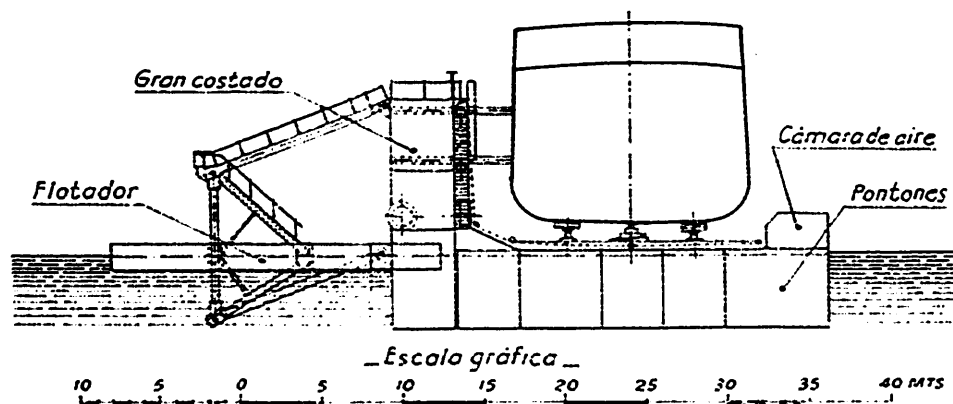


Fig. 5.ª — Sección transversal del dique flotante y deponente del puerto de Barcelona.

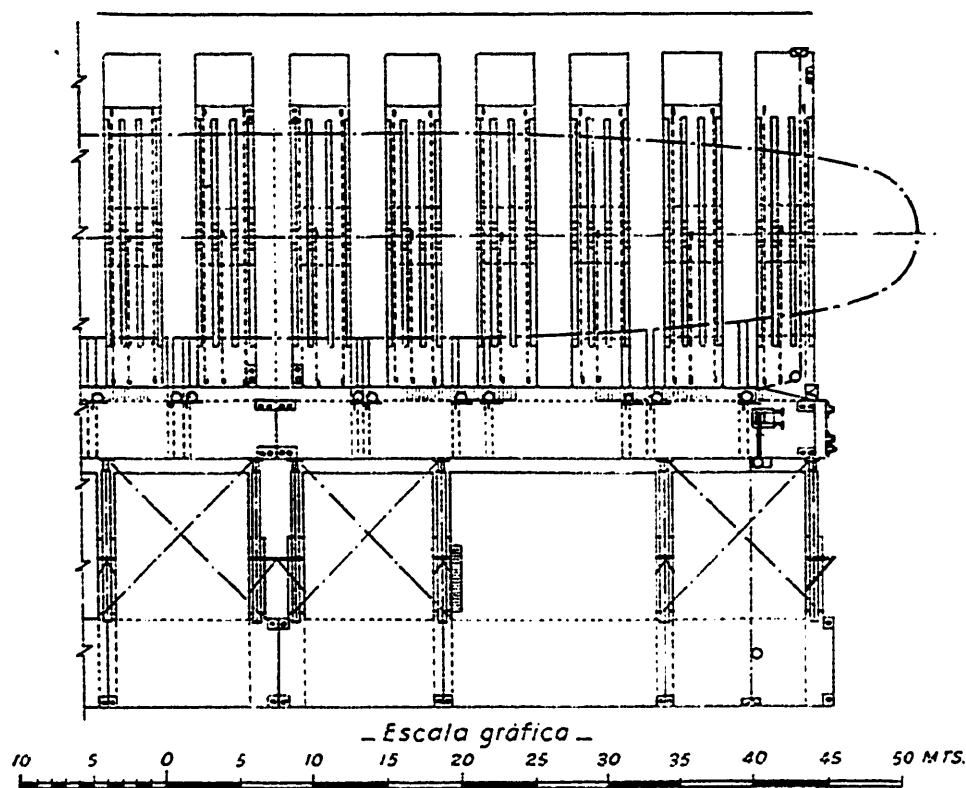


Fig. 6.ª — Planta parcial del dique flotante y deponente del puerto de Barcelona.

se trata de un excelente artefacto de carenado, porque además, en numerosos años de funcionamiento, no se ha producido ningún accidente (el reciente ocurrido al barco *María R.*, realmente ha sido ajeno al

cias, corroe grandemente el material metálico, que salta en escamas, a pesar de las pinturas. Como variedad del sistema, un mismo flotador puede estabilizar dos diques en escuadra, puestos de espalda, por

medio de los correspondientes paralelogramos articulados (combined docks): pueden carenarse simultáneamente dos barcos.

Los diques en escuadra tienen la ventaja de que en su dirección longitudinal no es necesario que haya espacio para coger el navío, ya que éste puede entrar de costado, lo que supone un aprovechamiento máximo de la dársena: consideración que puede ser decisiva en la elección del dique. (Esto es muy importante en Barcelona, donde la dársena del dique resulta pequeña para la clientela de barcos que ha de recibir, hasta el punto de que éstos, en ocasiones, no se pueden mover, porque casi se tocan rodas con codastes.) Además, como se ha dicho, pueden recibir otras secciones del dique y buques de gran anchura: finalmente, supone una economía en las operaciones de achique la sola existencia de un gran costado o cajón lateral. El funcionamiento es, salvo detalles, como en los diques en U: se deja entrar el agua en los compartimientos estancos para que el dique se sumerja; al llegar éste a una cierta profundidad tal que los picaderos para la quilla se encuentren unos 0,30 m. debajo de ésta, entra el barco en el dique, que lo recibe, continuando la operación hasta el acúñado completo de la embarcación: el agua se achica de los compartimientos estancos y se termina la fijación del navío por picaderos y puntales: la entrada en dique está terminada cuando el plan de éste queda fuera del agua: la salida del barco del dique se efectúa mediante operaciones inversas. En el puerto de Barcelona, el calado de la dársena del dique es de 7 m., y viene justo, sin resguardo, al recibir los navíos de mayor tonelaje: de modo que, entonces, la cara inferior de las pontonas toca al fondo fangoso. La forma del teclado de la plataforma horizontal permite introducir las pontonas entre los huecos de la parrilla de careneros, acúñar el barco en éstos, bajar el dique y separarlo, para funcionar de nuevo y llevar, por segunda vez, otro barco a carenar, o seguir soportándolo para su pintura y reparación en el dique mismo (como en la fotografía que encabeza este artículo), con lo cual se saca el máximo partido del dique.

Ventajas e inconvenientes de los diques flotantes.

Los diques flotantes tienen sobre los secos las siguientes ventajas: 1.^a Menor coste de construcción y mayor rapidez en la ejecución de ésta, porque en los secos hay que efectuar unas cimentaciones muy costosas y difíciles para hacer frente a las infiltraciones de las aguas que los rodean y que pueden levantar la solera por subpresión. 2.^a La cantidad de agua que ha de achicarse es menor; en el dique seco, aquélla se halla en razón inversa del tamaño del buque (y el volumen achicado es mayor que el desplazamiento de éste): sólo están indicados cuando la lon-

gitud del dique sea poco mayor que la eslora de aquél, así como en las largas y delicadas reparaciones en barcos de guerra: en los diques flotantes, el volumen achicado está en razón directa del tamaño de la embarcación, teniendo una gran elasticidad para el carenado de navíos de esloras variables; en resumen, la preparación del sistema dique-barco dura triple número de horas en el dique seco que en el flotante, en términos generales. 3.^a El dique flotante, si se ha calculado para resistir a los grandes oleajes, puede transportarse a lugares muy alejados (además de los ejemplos de un principio, el del dique de Southampton, que hoy se utiliza en la Ciudad del Cabo); de lo contrario, hay que fondearlo en una dársena abrigada: puede ser conducido a las aguas de un navío que sufre avería (ventaja muy de tener en cuenta en tiempo de guerra); otra aplicación a los casos bélicos es que puede levantar parcialmente una embarcación para arreglar alguno de sus elementos, como el timón, la hélice, etc. 4.^a En los diques flotantes son mayores los gastos de transporte de personal y material que en los secos. 5.^a Aquéllos pueden utilizarse con carreras de marea muy variables. 6.^a En los diques flotantes hay mayor probabilidad de deformación de las quillas que en los diques secos, cuya resistencia es prácticamente ilimitada. 7.^a Mayores gastos de conservación, explotación y reparación que en los diques secos, cuya duración es ilimitada, prácticamente: en cambio, el dique flotante no dura, en general, más de medio siglo (hay secciones del dique flotante de Barcelona que rebasan el medio siglo de vida) y hay que repararlo cada seis u ocho años, a causa de la corrosión continua del agua del mar, por lo que la conservación del metal requiere una vigilancia constante: los gastos de amarre del dique, y los mucho mayores de dragado de su fondeadero, no existen en los diques secos. 8.^a En caso de guerra, los diques flotantes son mucho más vulnerables que los secos. 9.^a El dique flotante ocupa mucho sitio y exige mucho calado (el propio, más el del barco a carenar, más un metro para los picaderos, más un resguardo de unos 30 cm.); aunque los diques flotantes y depontes, como el del puerto de Barcelona, aprovechan mejor la superficie de la dársena.

La elección del dique resulta de las consideraciones anteriores, de la naturaleza de los fondos y del tráfico (tema tan interesante se ha estudiado con detenimiento en el IX Congreso Internacional de Navegación, celebrado en Dusseldorf en 1902). Por ejemplo, si de los sondeos resulta una gran profundidad de fango, el dique seco es prohibitivo: en cambio el flotante tendrá un fondeadero abrigado, que precisará dragados en la explotación. Para el tráfico importante del puerto de Barcelona (alrededor de dos millones de toneladas por año) y para poder carenar barcos mercantes de mayor tonelaje (unas 12 000 toneladas), convendría la construcción de un dique seco: pero los recientes proyectos van más allá,

planeándose la construcción de un dique seco, ubicado al Sur de la dársena de Morrot, que permitirá carenar barcos de 35 000 toneladas.

Remedio de los inconvenientes anteriores.

Algunos de éstos derivan de la esencia misma del sistema y no tienen solución en un dique ya construido; pero otros muy importantes, sí.

Una vez construido el dique flotante, y en funcionamiento, como en el caso del dique flotante y deponente del puerto de Barcelona, no cabe duda que el mayor inconveniente es la corrosión, que se traduce en importantes gastos de explotación: *a*) porque el dique es un capital que no da rendimiento ni interés durante las frecuentes reparaciones periódicas que hay que efectuar en su estructura; *b*) por el elevado coste de éstas. Por ejemplo, en el puerto de Barcelona cada una de las cuatro secciones trabaja unos ocho años y está dos en careneros; de forma que una de ellas, por turno, está siempre en reparación. En este momento está la sección cuarta, cuya reparación va a costar unos catorce millones de pesetas, que se convierte en unos diecisiete millones por intereses y renta en dos años del capital inmovilizado; así que, por los conceptos anteriores, el dique cuesta unos ocho millones y medio de pesetas al año. Por esto es de suma importancia tratar de obviar el gran inconveniente de la corrosión. La solución del problema de evitar el ataque de las superficies metálicas por el mar, fué objeto de atención preferente en el XVIII Congreso Internacional de Navegación, celebrado en Roma en el año de 1953, donde se expusieron notables ponencias, sobre todo una del ingeniero inglés Mr. McGowan.

Desde luego deben desecharse, por caros, los remedios preventivos de emplear aceros inoxidable (como el acero al cromo-cobre, que tan buenos resultados ha dado en los puentes colgados), con 3 por 100 de níquel o simplemente con 0,3 por 100 de cobre.

Es sabido que la corrosión es debida: *a*) al ataque de los ácidos del agua del mar (algunos producidos por el ácido gálico de las maderas o por microorganismos como el Thiobacilo y la Crenothrix); *b*) la acción galvánica del agua del mar; *c*) la erosión producida por el fango y la arena arrastrados por las olas; *d*) la proyección del agua del mar por encima de sus más altos niveles, a causa de las olas y los vientos; *e*) la acción química del aire salino. Generalmente, en las zonas siempre enterradas, las corrosiones son de menor importancia.

Para hacer frente a la corrosión, se apela a las siguientes soluciones: *a*) pinturas metálicas (previa preparación de las superficies con chorro de arena

o baño ácido), generalmente con dos manos de imprimación de minio de plomo al aceite (que tanto tarda en secarse); la segunda mano lleva además un herbicida, como el sulfato de mercurio; *b*) las pinturas bituminosas, como el alquitrán, que al cabo del tiempo son atacadas por las algas y moluscos y el agua arenosa; *c*) las pinturas con resinas sintéticas de vinilo o de clorogoma; *d*) el galvanizado o la proyección del zinc por pulverización (como en este revestimiento el recubrimiento del metal resulta poroso, hay que dar, además, un revestimiento orgánico); *e*) el cementado, aprovechando la adherencia hierro-cemento; *f*) el recubrimiento de la zona expuesta a las alternativas de sequedad y humedad, o sea la de máxima corrosión, con una estructura de hormigón armado. Estas dos estructuras es difícil que ligen bien; la solución *d*) es cara, y las otras no han resultado muy prácticas y duraderas, como hemos indicado al reseñar los inconvenientes del dique flotante y deponente del puerto de Barcelona, por las causas explicadas y porque al hallar las secciones los fondos casi arrastran por el fango, ya que no hay resguardo y el calado viene muy justo.

En el resumen y conclusiones de la ponencias presentadas al expresado XVIII Congreso de Navegación, hecho por el Inspector de Ingenieros Civiles de Italia Sr. Periani, se dice textualmente: "La protección más eficaz conocida hasta ahora es la que se obtiene por el sistema catódico, que da buenos resultados en las partes que se encuentran por debajo del nivel de la marea baja, y se emplea con éxito aun cuando el tratamiento primitivo se haya alterado". El sistema consiste en provocar un flujo uniforme de corriente eléctrica del electrólito hacia el metal (cátodo) donde se deposita hidrógeno naciente, que evita el ataque por el oxígeno, y por el fenómeno de la oclusión, extiende su acción por toda la masa metálica. Dejando a un lado el empleo de ánodos de magnesio, zinc o aluminio, que acaban por perderse por corrosión, proponemos la adopción de ánodos de grafito, según han procedido durante la última guerra los americanos, para la protección de tablestacas, tuberías subterráneas y cables (según experiencias en un muelle de Curacao, en 1949, hasta con una corriente continua de 4 a 6 voltios y de 10^{-7} a 10^{-8} amperios por centímetro cuadrado). En el caso concreto del dique flotante de Barcelona, podrá colocarse interiormente a los compartimientos, que se llenan y vacían de lastre líquido, una especie de enrejado de grafito, constituyendo el polo positivo, siendo el negativo la masa del dique. Partiendo de los datos anteriores, habrá que proceder por tanteos, retocando ánodos y características de la corriente continua, hasta llegar a la total protección deseada.