Obras marítimas interiores

Obras marítimas interiores son aquellas que, estando destinadas al servicio del buque, no están sometidas a la acción directa del mar.

Algunas de ellas, tienen una componente terrestre muy importante, por lo que deben estudiarse como pertenecientes a los dos campos, marítimo y terrestre, pero debido a sus características, se suelen englobar tradicionalmente dentro de las obras marítimas.

Hay que resaltar que, los muelles e instalaciones de atraque son sin duda la instalación fundamental de un puerto, pues constituyen la esencia misma de su función, que no es otra que la de posibilitar la transferencia de la carga entre modos de transporte.

Así, podrán existir puertos naturalmente abrigados y con profundidades suficientes en los que no son necesarias obras de abrigo o acceso, u otros donde por su función, no necesitan enlaces terrestres, pero jamás existirá un puerto sin instalaciones de atraque, pues sería tanto como no ser.

Entre las obras marítimas interiores cabe distinguir fundamentalmente las siguientes:

- Accesos marítimos
- Fondeaderos, antepuertos y dársenas
- Obras de atraque y amarre
- Instalaciones especificas
- Dragados

Como ya fue anticipado al hablar de las obras marítimas exteriores, algunas de estas obras pueden considerarse también como obras marítimas interiores. En particular, el caso de los accesos marítimos ya fue objeto de análisis, al hablar de

las obras marítimas exteriores, lo mismo que los fondeaderos y antepuertos, ya que todos ellos pueden obedecer a la otra condición, según el caso de cada puerto. Asimismo, es frecuente encontrar determinadas obras de atraque en aguas exteriores no abrigadas o parcialmente abrigadas, como sucede en determinadas situaciones con los pantalanes, duques de alba y boyas de amarre. No obstante, en estos casos la operatividad puede quedar limitada a determinados niveles de agitación.

Dársenas y Líneas de Atraque

La unidad fundamental de un puerto es la formada por la línea de atraque con sus zonas anejas de agua y tierra.

Se denomina línea de atraque a la tangente a la línea de defensas adosadas a un muelle o a dos o más duques de alba, aunque por extensión también se aplica al paramento exterior del muelle.

La dársena es el espacio de agua rodeado por los muelles o instalaciones de atraque, en su caso, donde evoluciona el buque.

Como ya se ha ido comentando en capítulos anteriores, el buque con sus dimensiones, forma, elementos y características de navegación, etc., impone sus condiciones básicas al puerto, no solamente desde el punto de vista marítimo, condicionando la forma, dimensiones y orientación de las dársenas y líneas de atraque, sino también las superficies terrestres, explanadas, utillaje, etc., e incluso determinados aspectos de las operaciones portuarias.

En el caso de las dársenas, sus dimensiones y formas deberán tener en cuenta fundamentalmente las exigencias de navegación y maniobrabilidad del buque, así como las condiciones geométricas del emplazamiento y las meteorológicas del lugar: oleaje, mareas, corrientes y viento.

El dimensionamiento de las dársenas y muelles será tal que las superficies de agua permitan la mejor y más fácil evolución del navío y su atraque en los muelles o instalaciones especiales. (Véase figura del “Lay out esquemático” en el apartado anterior de este capítulo).

Además de lo anterior, merece la pena destacar dos tipos de factores que, de partida, condicionan la forma de una dársena:

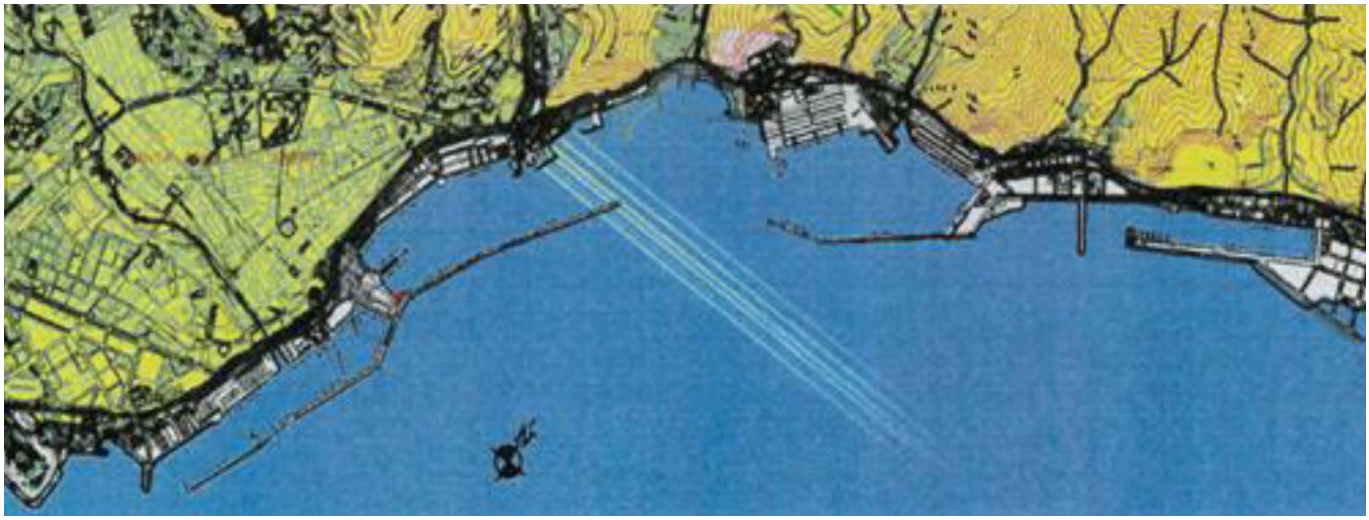
Las características del puerto

Según que se trate de un puerto en rio o estuario o que no tenga esta condición.

En los puertos en ríos o estuarios, los muelles suelen ser paralelos a las orillas (ejemplo Bilbao (histórico), Avilés, Sevilla, Lisboa, etc.). En estos casos la dársena suele ser, mayoritariamente, el propio cauce del río.

A veces se crean dársenas separadas del propio cauce u orilla, más o menos paralelas al mismo, aumentando así la longitud de línea de atraque (ejemplo Rotterdam, Amberes, etc.) o bien dársenas abiertas, cuando el desarrollo se produce en la desembocadura o más allá de la misma. Es el caso por ejemplo de Rotterdam, con el desarrollo del Maasvlakte 2, o del propio puerto de Bilbao en el Abra.

En los puertos abrigados artificialmente, la superficie disponible se suele dividir en dársenas más o menos independientes o abiertas. En este tipo de puertos, cuando la alineación de la costa es irregular y con profundidades importantes, se crean en ocasiones dársenas independientes, cada una de ellas abrigadas con su propio dique. Es el caso por ejemplo del Puerto de Santa Cruz de Tenerife (Véase figura 02), que está compuesto por cinco dársenas independientes, o el Puerto de Tanger Med (Véase figura en el apartado “El desarrollo de los puertos”, del presente capítulo).



Puerto de Santa Cruz de Tenerife. Compuesto por cinco dársenas independientes.

Existencia de mareas

La existencia de mareas es un factor importante que diferencia claramente los puertos que no los tienen (o tienen poca importancia) de aquellos otros en que tales fenómenos son muy relevantes. En el primer caso las dársenas están unidas directamente al mar y en el segundo, están aisladas mediante exclusas, en consecuencia, en el primer caso pueden existir espigones o muelles aislados y libres, en cambio en el segundo todas las instalaciones forman parte del recinto protegido por la exclusa.

En el caso de los puertos excavados en tierra, los muelles se forman como resultado de un contorno excavado y de la construcción de las correspondientes estructuras de sostenimiento de los terraplenes o explanadas. En estos casos también las dársenas son excavadas.

Las infraestructuras de atraque y amarre

La configuración en planta

La planta, forma y dimensiones de las dársenas y muelles están íntimamente relacionadas. Históricamente, los puertos tenían una dotación de superficie operacional de tierra muy pequeña por metro lineal de línea de atraque, es decir, los muelles eran estrechos. Así se podían encontrar (y todavía se encuentran en algunos puertos o en determinadas partes de muchos de ellos) que la mayoría de los muelles eran de menos de 100 m de anchura, mayoritariamente dedicados a la manipulación de mercancía general convencional. En la actualidad, con el crecimiento del tamaño de los buques y la evolución del transporte marítimo, así como la mejora de la productividad de las operaciones portuarias, se pueden encontrar, por ejemplo, terminales de contenedores de más de 600 m de anchura. En general, la superficie de los muelles/terminales se ha convertido en la actualidad, en un parámetro fundamental, casi siempre difícil de obtener, por diversas razones, entre otras las medioambientales y también económicas. No obstante, se trata de un aspecto a analizar una vez más, caso a caso.

Todo ello ha dado lugar a que, en los diseños actuales de los puertos, hayan desaparecido los clásicos espigones y dársenas con formas de peine, y en su lugar, se utilicen largas alineaciones de atraque, con presencia de espigones o muelles transversales mucho más anchos que los históricamente tradicionales, con el fin de no ocupar tanta línea de costa ni agua abrigada.

Se trata de plantear diseños sencillos, con alineaciones rectas, que permitan su ampliación futura de forma ágil y acompasada a la demanda, lo que idealmente debería estar soportado por el correspondiente Plan Director o Master Plan del Puerto.

En cuanto a la orientación de las líneas de atraque, se debe tener en cuenta la presencia de las corrientes y vientos dominantes, ente otros factores, particularmente para determinados tipos de buques, como es el caso de los transbordadores (“ferries”), cruceros, buques para el transporte de coches (“car carriers”), y similares, por tener mucha superficie expuesta al viento u obra muerta.

Las obras de atraque y amarre

Se denomina obras de atraque y amarre aquellas cuya finalidad es ofrecer a los buques las condiciones adecuadas y seguras para su estancia en puerto, a la vez que, para proceder, en su caso, a las operaciones de transferencia de las mercancías y/o pasajeros, entre buques o entre éstos y tierra u otros medios de transporte.

Como consecuencia, las obras de atraque y amarre cumplirán con todas o con parte de las siguientes funciones, según sea su tipología:

1. Proporcionar al buque una línea de contacto y apoyo seguro y, eventualmente, permitir su amarre.
2. Asegurar la unión o conexión del buque a tierra, haciendo uso, en su caso, de utillaje o medios necesarios y permitir el paso y el depósito de mercancías y pasajeros entre los modos de transporte.
3. Soportar el empuje de tierras, ya sea por la obra misma o a través de un talud de escollera, permitiendo la creación de una superficie.

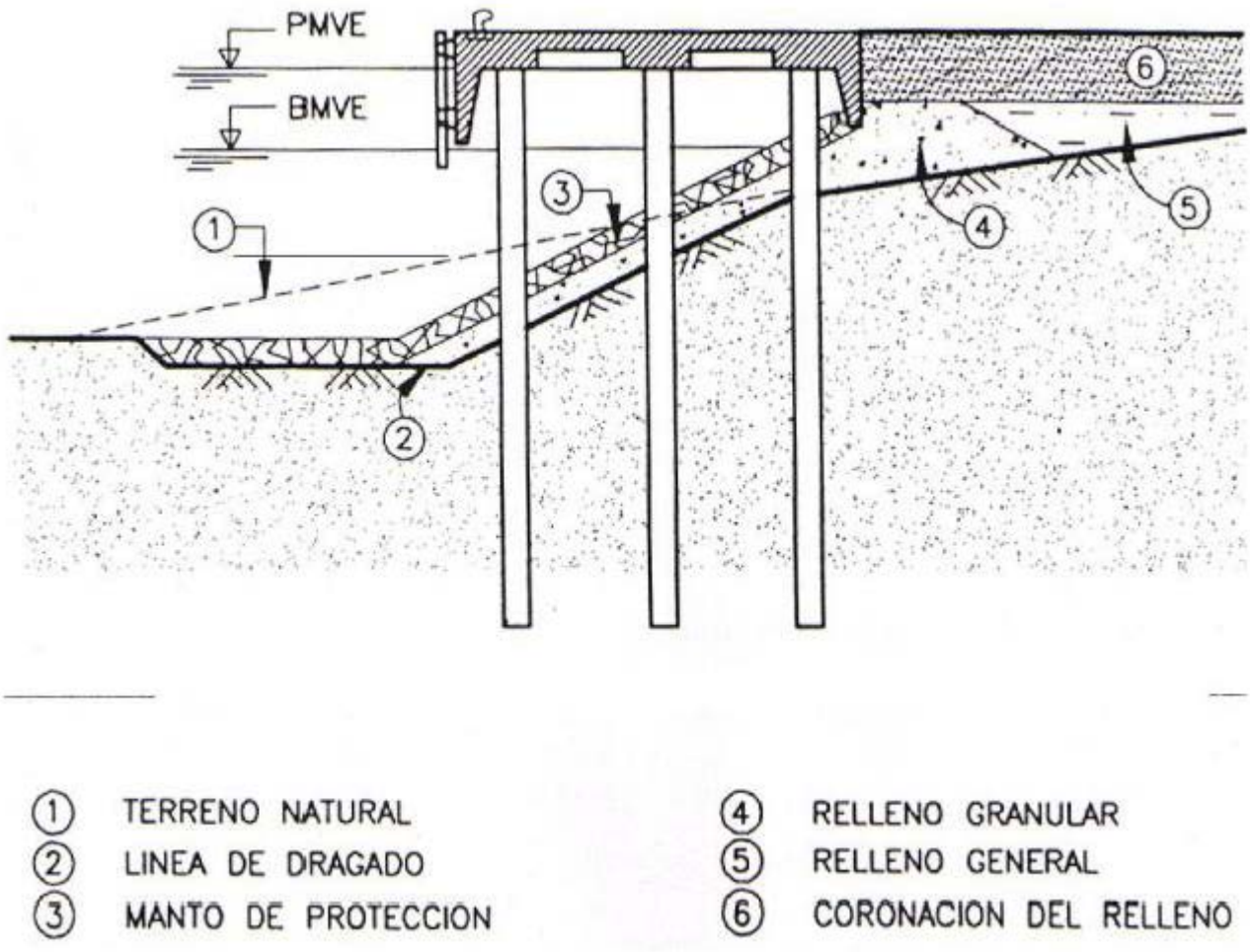
Un **muelle** se define como aquella estructura que cumple las tres funciones, de atraque y amarre, conexión y sostenimiento de tierras.

Se trata de obras fijas, que dejan un plano de agua prácticamente vertical desde su línea de borde y que permite el atraque adosado de los buques, proporcionando además una superficie terrestre horizontal, apta para la operación de carga, descarga y depósito de mercancías. Es la obra de atraque por excelencia y está extendida por todos los puertos del mundo.

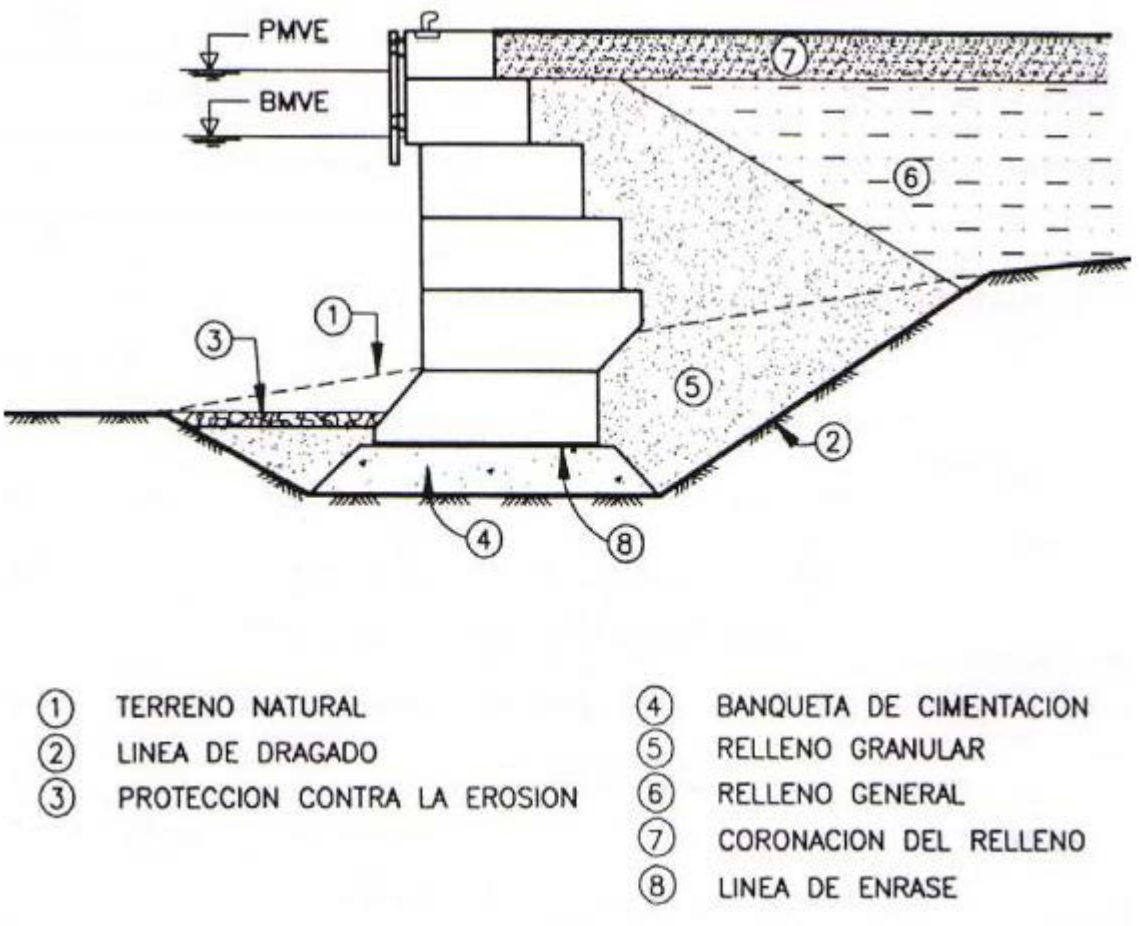
En la literatura española, se suele utilizar indistintamente la palabra muelle para designar las obras de atraque y amarre propiamente dicho y, también, para designar el conjunto de esta estructura y la superficie de la explanada adosada (Véanse figuras a continuación).

En las figuras se presentan dos ejemplos característicos: en la primera un muelle de pilotes, que soporta el empuje de las tierras a través de un talud protegido con

escolleras y en la segunda, un muelle de gravedad, hecho a base de bloques de hormigón prefabricados.



Ejemplo de estructura de muelle de pilotes. (Fuente: ROM 2.0-11)



Ejemplo de estructuras de muelle de bloques de hormigón. (Fuente: ROM 2.0-11)

Un **pantalán** cumple las dos primeras funciones, aunque en la actualidad y debido al creciente tamaño de los buques es frecuente encomendar la primera función a los duques de alba que, de forma complementaria, pueden formar parte de esta estructura.

Normalmente se proyectan saliendo de la costa hacia aguas más profundas, con diseños más o menos perpendiculares a la línea de costa [1].

Los pantalanes permiten el acceso de las personas y maquinaria, así como el emplazamiento de los medios para la evacuación de las mercancías: tuberías,

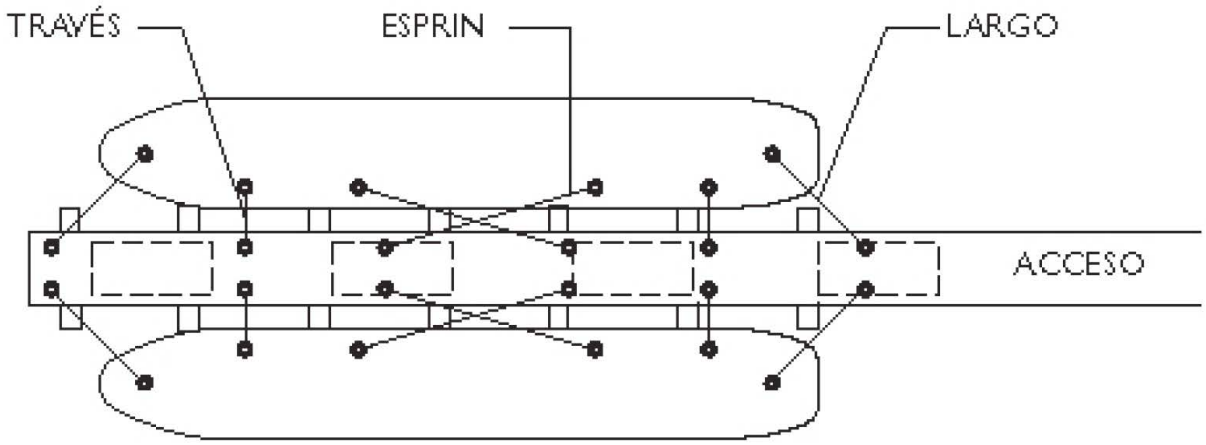
cintas transportadoras, etc.

Se trata de estructuras que pueden ser fijas o flotantes, conectadas a tierra, con la prolongación de la propia estructura o a veces por puentes y pasarelas.

La diferencia fundamental con los muelles es que, al no ser capaces de soportar el empuje de tierras, carecen de explanadas adosadas. Es frecuente que sean atracables por ambos lados. Además, también suelen diferir de éstos, porque, en general, suelen ser estructuras más ligeras que los muelles, justamente al no tener que soportar el empuje de tierras, ni tampoco las grúas y vehículos de grandes dimensiones y elevado peso, que si suelen estar presentes en aquellos.

Dichas estructuras son típicas sobre todo en las terminales de gráneles líquidos y también, pero menos en las de gráneles sólidos, así como suelen ser parte importante de los puertos deportivos y también, a veces en la actualidad, de terminales de transbordadores (ferries).

Es, así mismo frecuente que se sitúen en aguas poco abrigadas, ahorrando el coste de los diques, ya que las operaciones del buque: carga, descarga de líquidos a través de tuberías, es compatible con determinados niveles de agitación, que no afectan a la seguridad de las maniobras ni tampoco a la productividad.



Ejemplo de estructura de pantalán continúo. (Fuente: ROM 2.0-11)

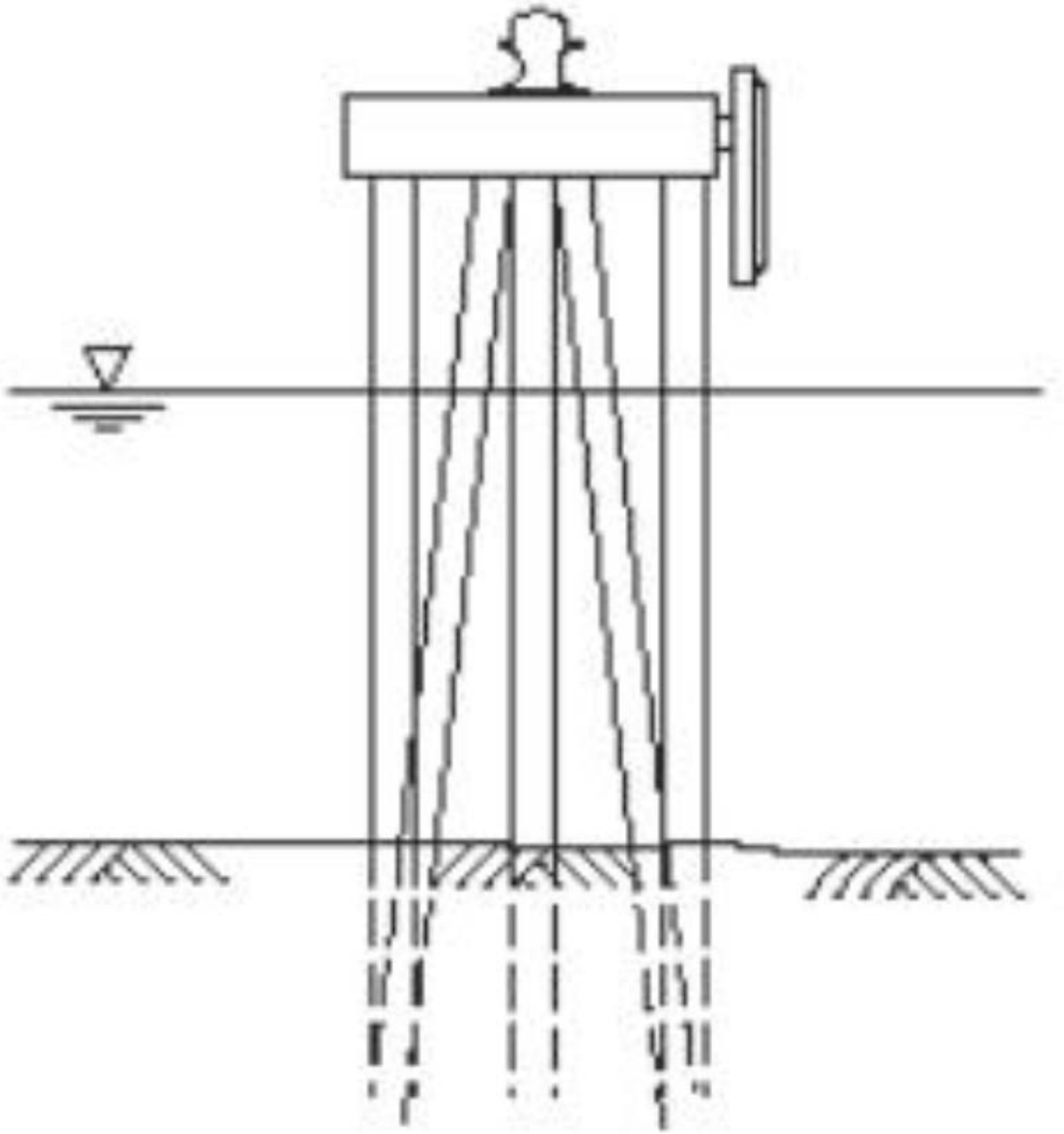


Ejemplo de pantalanes y duques de alba. (Fuente: ROM 2.0-11)

Un **duque de alba o poste de amarre**, cumple únicamente la primera función, es decir apoyo y amarre al buque, se construyen aislados o en las cercanías de los pantalanes.

Se trata de estructuras generalmente formadas por pilotes unidos entre si y que son capaces de aguantar trabajando como ménsula el impacto de un buque al atracar. A veces la estructura está constituida por un cajón, que soporta los esfuerzos del buque por gravedad (Veáse, por ejemplo, la figura del crucero Simphony of the Seas en el Puerto de Palma).

Los duques de alba se usan no solo para proteger los muelles o pantalanes contra los impactos del atraque de los buques, sino también como órganos de fondeo del buque o incluso para guiarlos en las entradas de las esclusas, o diques, o proteger alguna estructura de la ribera contra un posible golpe de un buque.



Alzado tipo duque de alba. (Fuente: ROM 2.0-11)

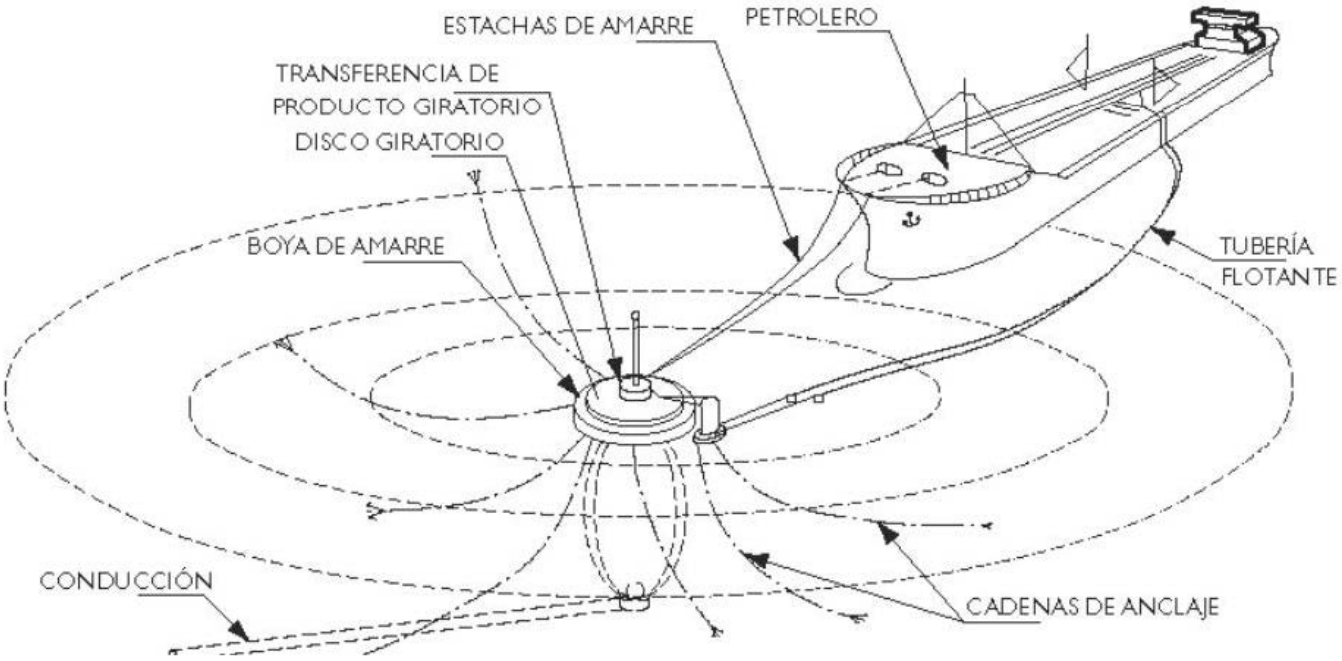


Duques de alba complementando la línea de atraque. (Fuente: Autoridad Portuaria de Baleares)

Estructuras flotantes: Existen diversas formas, si bien en la actualidad, las más extendidas son las boyas de amarre. Tanto aisladas como en agrupaciones, se utilizan como puntos de fijación del buque, en las operaciones en mar abierto con gráneles líquidos.

En ciertos casos, el puesto de recepción de buques no constituye una obra de atraque propiamente dicha. Tal sucede en el caso de transbordo de mercancías a gabarras o la descarga a través de tuberías. El buque es entonces fondeado a boyas y/o las propias anclas. Las boyas (aisladas o en agrupación) cumplirían únicamente la función relativa al amarre.

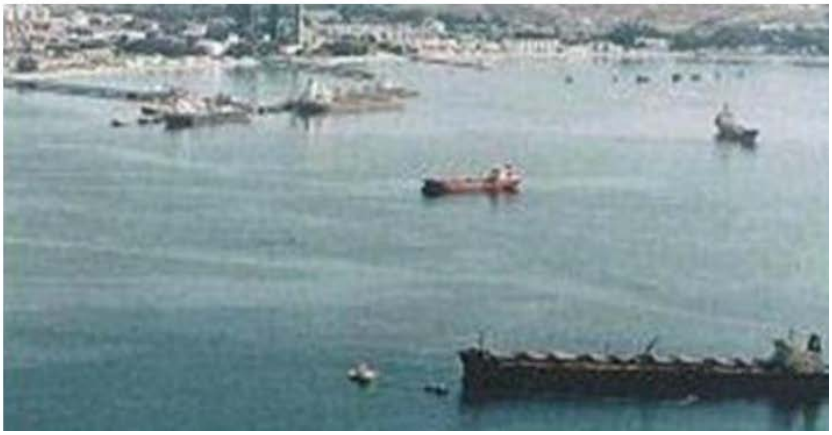
Una boya de amarre se denomina **monoboya** cuando adicionalmente permite la carga y descarga de gráneles al estar conectada a tierra a través de una conducción submarina (Véase figura a continuación).



Monoboya. (Fuente: ROM 2.0-11)

Se denominan **campos de boyas** las disposiciones que posibilitan el amarre de un buque simultáneamente a varias boyas con el objeto de limitar los movimientos del buque amarrado.





Ejemplos de monoboyas.

Las **estaciones de transferencia** consisten en un buque silo dotado de medios de descarga que permite el atraque a ambos costados del mismo tanto de buques feeder o barcazas como de buques oceánicos. Este tipo de instalación supone una alternativa barata a instalaciones de transbordo en tierra, ya que puede funcionar en zonas poco abrigadas.

Según hemos visto la obra de atraque más completa es el muelle, denominándose por su situación con respecto a la línea de costa "**muelles de ribera**" cuando son paralelos a dicha línea y se apoyan en ella y "**muelles transversales o espigones**", cuando arrancando de tierra, normal u oblicuamente, ofrecen una o más líneas de atraque.

Así mismo, en ocasiones se suele utilizar la parte interior abrigada de un dique como instalación de atraque. Se le suele conocer con el nombre de **dique-muelle**.

Otras veces el muelle se apoya en un dique de abrigo, teniendo por medio la

correspondiente explanada. Se trata entonces de los denominados **muelles adosados**.

Clasificación funcional

Las obras de atraque y amarre que permiten la carga y descarga de mercancías y el embarque o desembarque de pasajeros, se clasifican en función del tipo de mercancía o pasajero que en ellas se embarca, desembarca o manipula en:

- De uso comercial
- De uso pesquero
- De uso náutico-deportivo
- De uso industrial (en los que se incluyen la construcción y/o reparación de buques)
- De uso militar

Los atraques de uso comercial pueden subdividirse en función del tipo de mercancía y de la modalidad de presentación de la carga en:

- Gráneles líquidos
- Gráneles sólidos
- Mercancía general (carga convencional, contenedores, ro-ro, ferries y multipropósito)
- Pasajeros (cruceros y ferries)

Instalaciones Específicas

Entre las instalaciones específicas destacaremos fundamentalmente, aquellas destinadas a la conservación y reparación de buques.

Los buques, periódicamente, deben ser puestos en seco para las operaciones de revisión, limpieza, pintura y reparaciones.

Las instalaciones tradicionales para estos menesteres son los diques de carena y los varaderos. Estos últimos son especialmente útiles para buques y embarcaciones de menor porte.

- Diques de carena

Dos son los procedimientos usuales para la operación de puesta en seco de un buque: bien de modo que el propio dique de carena emerja por flotación con el buque situado encima, procedimiento conocido como diques flotantes, bien introduciendo al buque en un recinto que posteriormente una vez cerrado se pone a flote mediante medios de bombeo adecuados. Estos recintos son conocidos como diques secos.

En general, sobre las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos se puede resumir que la explotación de los diques secos es menos costosa, menos difícil y más segura que la de los diques flotantes, que pueden por el contrario establecerse en cualquier lugar, mientras que los diques secos no pueden construirse en terrenos muy malos.

Además de los diques secos y flotantes existen en la actualidad otros dispositivos como son los syncrolifts y travellifts.

- Diques secos

Los elementos principales que componen un dique seco se pueden podemos clasificar en:

- Elementos estructurales
- Sistema de cierre
- Equipos complementarios

Es interesante recalcar que podemos considerar que en estas estructuras “todo es cimentación”, diferenciándose con los muelles por el hecho de que hay agua a los

dos lados, si bien, a veces, pueden estar excavados en tierra, como hemos visto con los muelles.

El principal problema a considerar es el empuje causado por la subpresión, que debe ser siempre menor que la fuerza de la gravedad de la estructura resistente.

La forma de resolver el problema de la subpresión da lugar a diferentes tipos de diques secos.

- Dique seco de gravedad

Se trata de una obra portuaria, hoy en día construida en hormigón, en su conjunto de forma rectangular, está formada por dos muelles longitudinales cerrados (cajeros) en el extremo de tierra por un tercer muelle y en el extremo que da al mar con un sistema que permite su apertura y cierre, normalmente un cajón de hormigón deslizante que permite la entrada y salida del buque objeto de reparación. Una vez el buque ha entrado en el dique, se cierra el cajón puerta y se extrae, mediante bombeo, el agua del dique seco mientras se estabiliza el buque con soportes desde la solera y, en su caso, desde los cajeros.

Este es el tipo de instalación adecuada para los mayores buques. En la figura a continuación, se refleja el Dique Seco de Gamazo en el Puerto de Santander, como ejemplo histórico significativo de este tipo de instalación en España, si bien de dimensiones reducidas: 132 m de eslora, 15,20 m de manga y 8,75 m de puntal (terminó de construirse en 1.908; en noviembre de 2004 fue declarado bien de interés cultural).



Ejemplo de dique seco de gravedad. (Fuente: Autoridad Portuaria de Santander)

- Syncrolift (elevador)

Se trata de un sistema de vigas articuladas izadas por cabestrantes en sus extremos. El conjunto puede ser operado sincrónicamente generando una plataforma de elevación de gran porte.

Es un sistema para sacar las embarcaciones fuera del agua con el fin de ejecutar tareas de mantenimiento o reparación. La embarcación es maniobrada sobre una cuna sumergida en un foso, al que entra la embarcación, que luego es izada por una serie de cabrestantes o montacargas electromecánicos sincronizados que colocan la plataforma a nivel del piso. Al ser puesta en seco, la embarcación es ubicada sobre bogies a lo largo de su eslora, que permiten que sea trasladada sobre rieles a las gradas de trabajo mediante un carro de transferencia. La separación

entre el lugar de elevación y el de reparación permite desocupar el syncrolift que puede dedicarse a trabajar con varios buques simultáneamente.

- Travellift

Como en el caso del Syncrolift, la embarcación se extrae del agua con un movimiento vertical, pero en lugar de utilizar una plataforma rígida, se utilizan unas correas colgantes ajustables, generalmente de nylon, suspendidas de una estructura porticada, apoyada sobre los muelles laterales de un foso, y que se sumergen en el agua lo suficiente para que la embarcación al entrar en el foso quede centrada sobre ellas. Izando las correas, la embarcación queda elevada sobre ella agua por encima de la cota de muelles y explanada. A continuación, el travellift con ruedas de neumáticos y capacidad automotora, desplaza horizontalmente la embarcación hasta su ubicación en las explanadas previamente preparada con los bloques de estabilización necesarios.

Las ventajas de este sistema son la agilidad y rapidez de las operaciones y la facilidad de desplazamiento sobre cualquier tipo de superficie. Es un sistema utilizado solamente para pequeñas embarcaciones, con coste inicial y de mantenimiento relativamente alto. Condicionado en cuanto a anchura del pórtico y estructuralmente a la manga y desplazamiento de la embarcación máxima de diseño, sin embargo, no por la eslora de la misma que suele sobrepasar sin problemas la longitud del travellift. Muy utilizado en instalaciones de reparación de embarcaciones deportivas.

- Dique Seco Flotante

Se trata de un artefacto naval que, mediante inundación de tanques, hunde la estructura para permitir que la embarcación a reparar ingrese en su seno. Una vez está en su sitio, se achican los tanques provocando la elevación del conjunto, logrando así la puesta en seco. Son artefactos flotantes sin propulsión propia, construidos con la finalidad de poner otras embarcaciones fuera del agua para realizar en ellas tareas de mantenimiento o reparación.

Su debilidad radica en el tamaño del buque a reparar con carácter general. Si bien es cierto que existen grandes diques flotantes, estos son minoría y resultan

antieconómicos frente a los de gravedad para los buques más grandes.



Dique flotante de CERNAVAL en el Puerto Bahía de Algeciras. (Fuente: CERNAVAL)

- Rampas de varada

Es el sistema más primitivo, se emplea en la actualidad para embarcaciones menores de reducido porte. Consiste en un plano inclinado sobre el que se desplaza la embarcación hasta quedar en seco. Para ello se utiliza un sistema de bogies y cabrestantes.

El tamaño del buque que puede atender depende de la longitud de la rampa, a veces de la forma del casco. Cuando se dispone de superficie e instalación adecuada, una vez la embarcación fuera del agua, se puede desplazar hacia ambos

lados para su reparación, dejando expedita la rampa de varada.

Nota

[1] Esto no tiene por qué ser así, en el caso de los pantalanes de un puerto deportivo.

Head Image: El Puerto de Pasaia. (Fuente: Autoridad Portuaria de Pasaia)