



1 Dique de abrigo.

2 Calados.

3 Muelles.

4 Pantalanes.

5 Duques de Alba.

6 Superficie de almacenamiento de contenedores.

7 Grúas con rodadura fija.

8 Granales líquidos.

9 Graneles sólidos.



Así se hace un puerto

*Artículo elaborado por
Eloy Pita Carpenter,
Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos del Área
de Análisis de Infraestructuras
y Medio Físico de Puertos
del Estado.*

- 10 Tráfico especializado “roll on-roll off”.
- 11 Accesos terrestres (carretera y ferrocarril).

Un puerto es el lugar de enlace del transporte marítimo con el transporte terrestre y viceversa, ya que su principal función es posibilitar el transbordo de mercancías y pasajeros de una a otra modalidad de transporte. Para desarrollar dicha función se requiere que se cumplan unos condicionantes básicos que no siempre se dan en los medios naturales costeros por lo cual se precisa realizar determinadas obras que modifiquen el medio natural adaptándolo para poder establecer un puerto en las debidas condiciones de seguridad.

A la hora de emprender la construcción de un puerto hay dos condicionantes básicos que los ingenieros tienen en cuenta: en primer lugar el abrigo, esto es, el disponer de la suficiente superficie de agua para la evolución, fondeo y atraque de los buques que permitan a éstos hacer las operaciones de entrada, espera, atraque y carga descarga de mercancías en las condiciones óptimas de seguridad y comodidad frente a la acción y los efectos del oleaje y en segundo lugar el calado o profundidad de agua necesaria para que el barco no toque fondo, teniendo que disponer de un resguardo bajo quilla como medida de seguridad.

Las condiciones naturales de la costa, como se ha indicado anteriormente, no siempre ofrecen el abrigo y el calado necesarios salvo algunas escasas excepciones como, por ejemplo las condiciones del puerto de Vigo donde las Islas Cíes hacen de barrera natural a los temporales y, además, se tienen profundidades de agua considerables. No obstante, como norma general,

son precisas determinadas obras para conseguir que la zona de costa elegida cumpla con estos dos requisitos fundamentales.

ABRIGO

Para obtener el necesario abrigo de los temporales es preciso construir diques. Estos pueden ser de dos clases: diques reflejantes o de paramento vertical, y diques rompeolas o en talud de escollera. Los primeros actúan sobre el oleaje reflejando su energía hacia el mar, mientras que los segundos disipan parcialmente la energía del oleaje al producirse la rotura de la ola sobre el talud de escollera.

CONSTRUCCIÓN DEL DIQUE DE ABRIGO

Para diques reflejantes o de paramento vertical (figura 1) están formados por cajones de hormigón armado, colocados unos a continuación de otros de forma que constituyan una barrera a la propagación del oleaje. Los cajones se construyen en diques flotantes o sobre plataformas flotantes, llamados vulgarmente "cajoneros". Una vez fabricados los cajones en estos artefactos, se llevan a flote a su lugar de destino para proceder a su fondeo mediante la inundación de su recinto interior con agua. Para la colocación del cajón en su lugar definitivo se requiere la previa preparación del fondo del mar mediante el dragado de una zanja que permita asegurarse que se llega a un terreno con suficiente capacidad portante como para resistir las cargas que le transmitirá el cajón a través de una capa de escollera de espesor variable que se intercala para conseguir un mayor reparto de dichas cargas.

Los diques reflejantes también pueden construirse mediante grandes bloques de hormigón en masa, dispuestos constituyendo un aparejo similar al de un muro de ladrillos.

Dichos bloques pueden ser macizos o aligerados; en este último caso los aligeramientos se rellenan de hormigón "in situ". La fabricación de los bloques se realiza en las proximidades de la obra y, una vez adquieren la resistencia necesaria, son transportados y colocados mediante potentes grúas en su lugar definitivo. Otra técnica para construir este tipo de diques consiste en la utilización de fuertes encofrados que permitan la realización de fuertes encofrados que permi-

Sección tipo de dique vertical

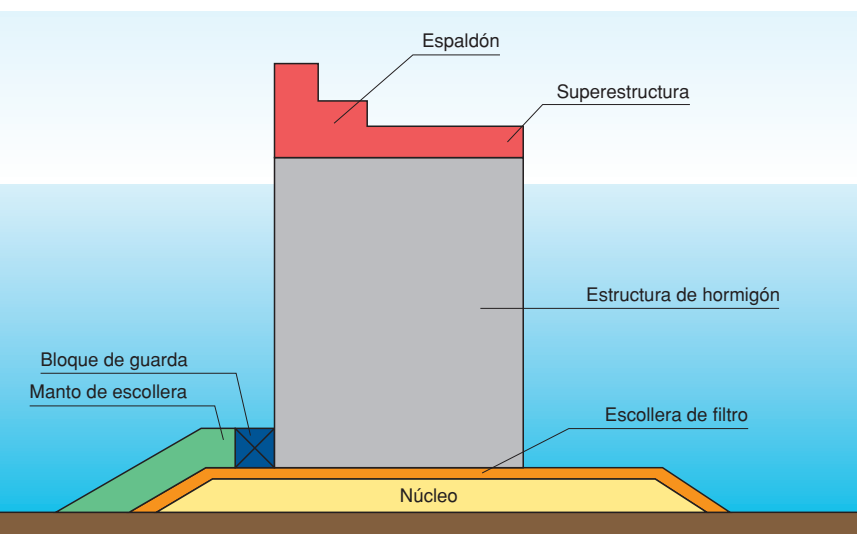


Figura 1.

tan la realización del hormigón "in situ" mediante la técnica del hormigón sumergido. Estos dos procedimientos se utilizan fundamentalmente para diques de poca altura o calado.

La altura que deben alcanzar los diques por encima del nivel del mar depende de la altura de ola de cálculo y del nivel de rebasabilidad exigido. Para alcanzar la altura emergente necesaria del dique se disponen de espaldones de hormigón sobre las obras de hormigón descritas anteriormente.

Los diques en talud, por su parte, están formados por un núcleo, generalmente de "todo uno" de cantera (mezcla de todos los materiales que salen de cantera, sin clasificar, finos, gruesos, cantos grandes y pequeños), por mantos intermedios de escolleras clasificadas según la ley de filtros, y por un manto exterior de protección formado con cantos de escolleras o con bloques de hormigón (figuras 2a y 2b).

La función de este manto exterior consiste en proteger al dique de la acción del oleaje mediante rotura de las olas sobre el talud que constituyen los bloques. El peso de los cantos del manto exterior se obtiene en función de la ola de cálculo, la cual a su vez viene determinada para una vida previsible de la obra y un riesgo dados. La misión de los mantos intermedios, por su parte, es la de evitar que se pierdan los materiales que constituyen el núcleo atravesando los huecos existentes entre los cantos de capas exteriores.

La construcción de los diques en talud se inicia por el núcleo, cuyo material procede de cantera y que se vierte por mar mediante gánguil hasta una determinada cota en la que se inicia el vertido por tierra mediante camiones. A la vez que se va avanzando la construcción del núcleo se realiza la protección de éste mediante la colocación de los distintos mantos

Sección tipo de dique en talud con espaldón.

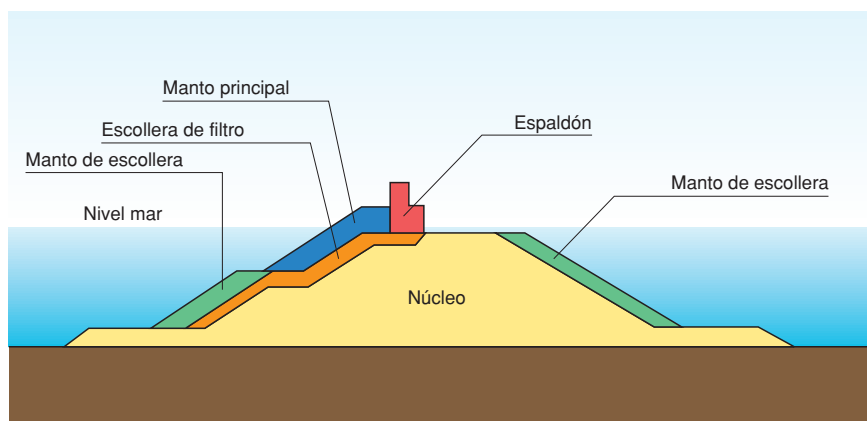


Figura 2a.

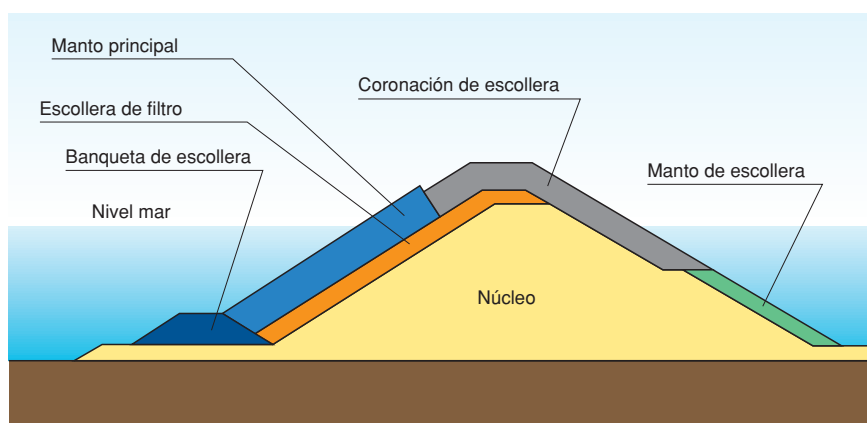


Figura 2a.

de escolleras un cierto desfase entre los mismos para permitir la ejecución de cada capa sin interferencias; finalmente se coloca la última capa, constituida por cantos de mayor peso, mediante potentes grúas.

CALADOS

Hemos citado como segundo condicionante básico para construir un puerto el de disponer de los calados suficientes. Cuando esta condición no viene dada por medio natural se tiene que recurrir a realizar un dragado, es decir, a la extracción de material del fondo del mar, así como a su transporte y vertido en el lugar que se acuerde, hasta conseguir los calados o profundidades requeridas.

Los productos procedentes de dragado se aprovechan muy frecuentemente para rellenos destinados a conseguir superficie de tierra o explanadas ganadas al mar.

MANIOBRAS DE EVOLUCIÓN, ATRAQUE Y DESATRAQUE DEL BUQUE

El puerto deberá disponer de accesos y superficie de agua suficiente para la evolución de los buques, así como línea de atraque que permita a los buques hacer operaciones de carga y descarga de mercancías y, en su caso, el embarque y desembarque de pasajeros.

Antes de iniciar la construcción de un puerto debe hacerse una estimación de la previsión del tráfico para el año horizonte de la obra, estableciendo el escenario para el que debe diseñarse el futuro puerto. Este escenario permitirá establecer las necesidades de superficie de agua abrigada para maniobra y fondeo de los barcos y el número de puestos de atraque o metros lineales de atraque.

Muelle

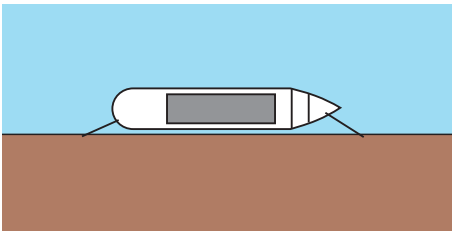


Figura 3a.

Pantalán

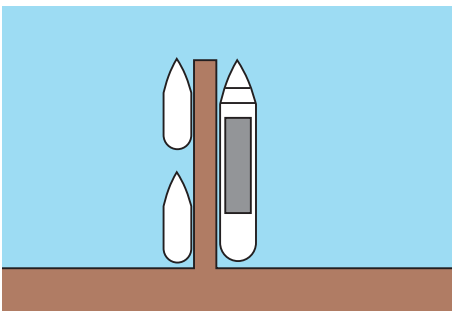
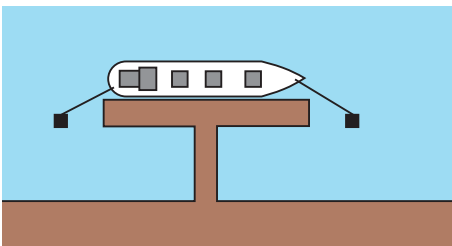


Figura 3b.

OBRAS DE ATRAQUE

Son las obras precisas para que los buques realicen las operaciones de carga y descarga de mercancías de buque a tierra y viceversa. Consisten en la creación de un escalón vertical en el terreno, tal que permita el apoyo del barco lateralmente para poder realizar dicho transbordo de mercancías. Las forma de resolver estructuralmente dicho escalón nos lleva a distinguir dos tipos de atraque: de paramento vertical y de claraboya o en talud.

Por la forma de estar unido el atraque a tierra, estos se clasifican: en muelles, pantalanes, plataformas y duques de Alba. (figuras 3a, 3b, 3c) En los muelles la línea de atraque se encuentra unida y adosada al terraplén de tierras inmediato al mismo, sobre el que se pueden realizar operaciones de almacenamiento de mercancías. En los pantalanes la obra de atraque se encuentra separada de tierra enlazándose únicamente mediante la obra de fábrica necesaria para dar acceso y salida a vehículos y mercancía. Las plataformas fijas son estructuras que sirven para dar asiento a los medios terrestres de carga y descarga de mercancías, enlazándose a tierra únicamente por la obra de paso de la mercancía (tuberías, cintas etc). Los duques de Alba son estructuras aisladas que sirven para dar apoyo lateral y/o amarre a los buques.

Las tipologías estructurales que corresponden a cada tipo de obra son las siguientes:

- Los muelles de paramento vertical pueden ser de cajones de hormigón armado (figura 4) (normalmente para calados superiores a 10m), de bloques de hormigón en masa constituyendo un aparejo (figura 5) (calados inferiores a 10 metros), de hormi-

Plataformas y duques de alba

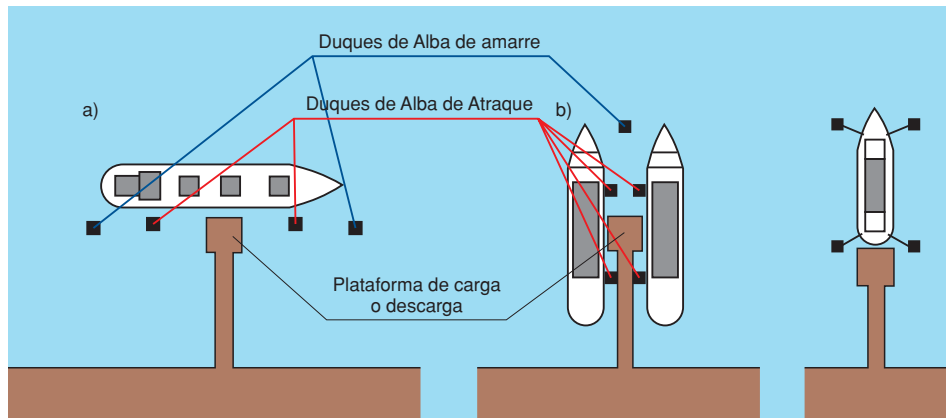


Figura 3c.

Sección tipo

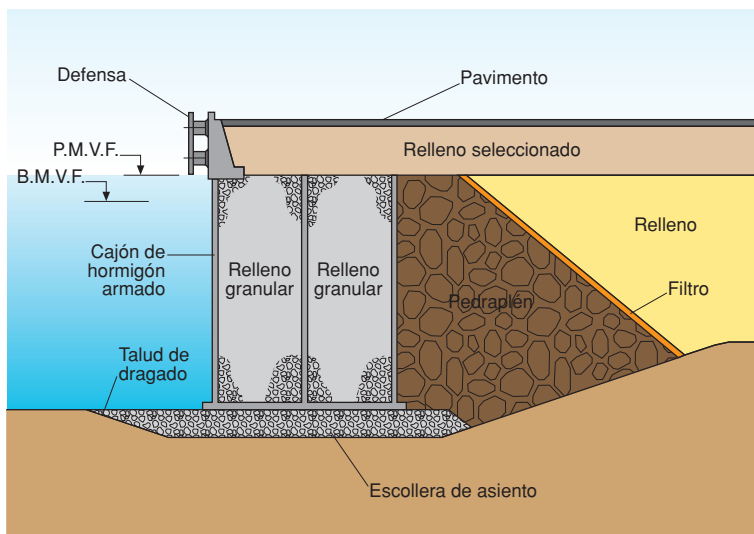


Figura 4a.

Planta-cajón

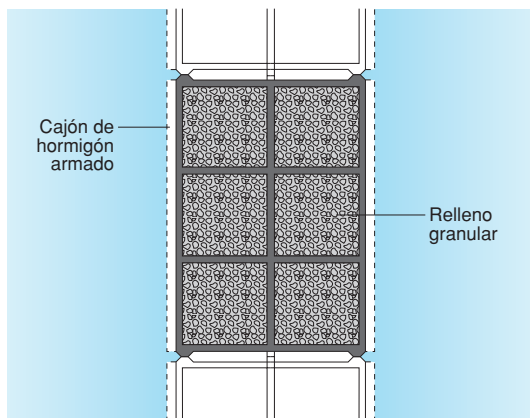


Figura 4b.

gón sumergido (calados inferiores a 12 metros), de tablescas (cuando los terrenos sean homogéneos y se dispongan de medios adecuados de construcción) y de pantallas de tablescas (figura 6) (en muelles de ribera y terrenos homogéneos no duros).

- Los muelles en talud podrán ser de tablero de hormigón armado sobre pilotes (figura 7) o tableros apoyados en pilas construidas de hormigón en masa realizado "in situ" o prefabricado en bloques o en cajones.
- Los pantalanés, plataformas fijas y duques de Alba pueden construirse de pilas o de tablero sobre pilotes. Las pilas podrán hacerse de hormigón "in situ", de bloques o de cajones.

SUPERFICIES DE ALMACENAMIENTO EN TIERRA

Al diseñar un puerto debe haberse tenido en cuenta la disponibilidad de superficie de terreno de tal forma que ésta sea suficiente para cubrir las necesidades de almacenamiento del puerto que se proyecta. La obtención de esta superficie puede hacerse bien con la adquisición de terrenos en tierra firme ganando terrenos al mar mediante la realización de rellenos con materiales que pueden proceder de préstamos terrestres o marítimos. Los terrenos pueden tener su origen en materiales procedentes de cantera, de excavaciones urbanas o antrópicos.

Los rellenos deberán consolidarse y compactarse antes de realizar el pavimento. Para ello se pueden aplicar diversas técnicas de consolidación del terreno, siendo las más frecuentes el uso de drenes y/o la precarga. La compactación se realiza en las capas superiores, es decir, las que están por encima de nivel del mar, mediante medios mecánicos.

Las necesidades de superficie de tierra para almacenamiento resulta distinta según sea la forma de presentarse la mercancía en el puerto. Las terminales de contenedores requieren grandes superficies para la manipulación y el almacenamiento de los contenedores mediante grúas pórtico con rodadura fija sobre carriles (transtainer) o rodadura móvil sobre neumáticos (vanca-

rrier). La superficie del terreno se pavimentará con un firme de hormigón y se construirán vigas flotantes o sobre pilotes para las vías de rodadura de las grúas pórtico

La presentación en el puerto de la mercancía general en forma de bultos sueltos o en pallets resulta cada vez menos frecuente, debido a que se está imponiendo progresivamente el uso del contenedor. Por ello, dicha mercancía general no requiere grandes superficies de almacenamiento y sí, en cambio, cubricción, esto es, tinglado o almacenes.

Las graneles pueden ser líquidos o sólidos; aquellos requieren la construcción de tanques y depósitos para su almacenamiento. Los grandes sólidos deben distin-

Muelle de bloques

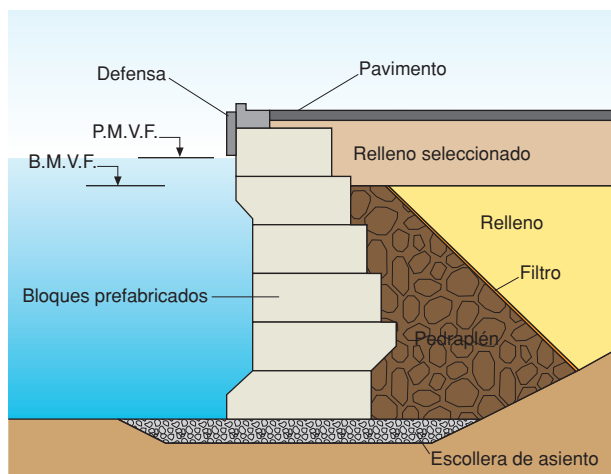


Figura 5.

Muelle sobre pilotes

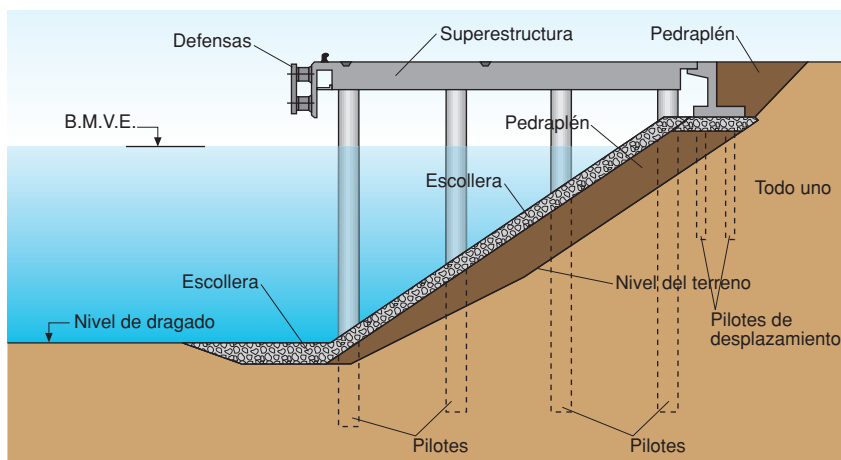


Figura 7: Muelle sobre pilotes

Pantalla anclada directamente en sus trasdos

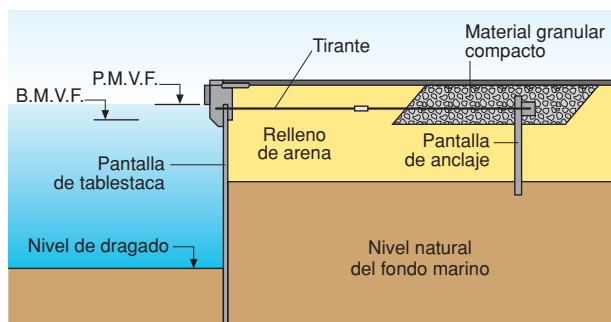


Figura 6a.

Pantalla anclada en caballetes de pilotes

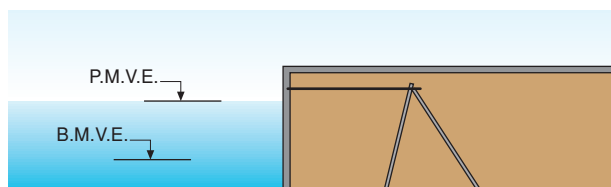


Figura 6b.

Plantilla anclada con pilotes inclinados

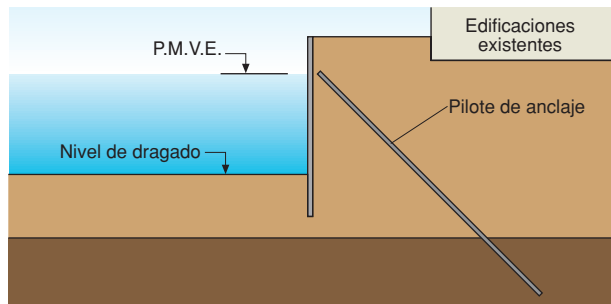


Figura 6c.

guirse entre limpios (cereales) y sucios (carbón). Los limpios se almacenan en silos y sucios al aire libre en el propio muelle o en grandes almacenes. Los grandes líquidos se mueven a través de tuberías y los sólidos mediante tuberías, cintas, palas, retropalas, cangilones, etc.

Otra forma particular de llegada de la mercancía al puerto es a través del tráfico especializado denominado "roll on-roll off", consistente en el transbordo de la mercancía del barco a tierra y viceversa mediante rodadura en vehículos que acceden a las bodegas del barco a través de una o rampa construida en el muelle en la que se apoya el portalón del barco o rampa móvil. El medio tractor de transporte suele consistir en cabezas tractoras que introducen el remolque con la mercancía en el barco. La puerta de acceso en los barcos puede estar situadas en popa, proa o lateralmente, siendo más frecuente su posicionamiento a popa. Este sistema de llegada de la mercancía requiere grandes superficies de terreno al aire libre, tanto para almacenar los contenedores como para aparcamiento de vehículos.

ACCESOS TERRESTRES

Puesto que uno de los grandes transportes que alcanza un puerto es el terrestre se deberá prever un buen sistema de acceso al mismo mediante carretera, ferrocarril, tubería y cable, facilitando la entrada y salida de mercancías con destino o procedencia del área de influencia del puerto (hinterland), y dotando al puerto de viales, aparcamientos y vías de ferrocarril. ■