

Grado de Ingeniería Civil

Proyecto y Construcción de Obras Marítimas

Criterios de Selección de Tipología en Diques de Abrigo

AMF, RBM, MOS

Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica

Universidad de Granada

Granada, 3/03/2016

www

inicio



página 1 de 25

fullscreen

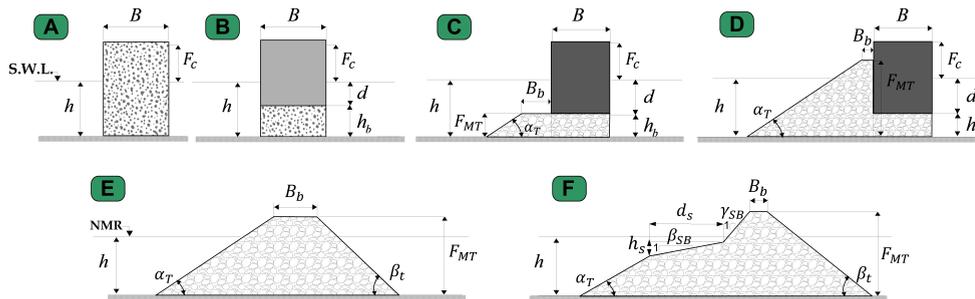
salir

Planteamiento

Nota 1.

Selección de la tipología → en base a criterios geométricos → afectan a la forma de resistir la acción del oleaje.

Las tipologías fundamentales admiten variaciones para adaptar la respuesta de la obra frente a los agentes del medio y a los requerimientos del proyecto.



www

inicio



página 2 de 25

fullscreen

salir

Criterios de Selección

Nota 2.

- Los agentes del medio, del terreno, de los materiales y de los métodos y procedimientos constructivos.
- Los requerimientos de uso y explotación, los condicionantes morfológicos y medioambientales, los medios y materiales constructivos y de mantenimiento, reparación y desmantelamiento disponibles.
- La morfodinámica litoral, la calidad de aguas y el entorno ambiental.

www

inicio



página 3 de 25

fullscreen

salir

- Deberá optarse por la tipología más económica que satisfaga los dos primeros criterios —agentes, requerimientos—, siempre que se cumplan los requerimientos ambientales establecidos en el tercero.
- Valoración económica → inversión inicial, costes de mantenimiento y reparación, efectos de los mismos en la operatividad portuaria.
- Condiciones severas sobre diques de oabrigo → puede resultar más económico adoptar tipologías estructurales robustas, simples y durables → mantenimiento mínimo durante la vida útil, procesos constructivos y de reparación sencillos.

[www](#)

[inicio](#)



[página 4 de 25](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

Agentes Climáticos

Nota 3.

La determinación del comportamiento frente a agentes climáticos requiere el cálculo previo del régimen de agentes, así como el dimensionamiento previo de la planta y alzado del dique.

- Tipología conveniente en función de agentes climáticos, ROM 1.0 (2010):

Tipología dique	Oleaje en presencia del dique	Profundidad (m)
En talud	Todos	$0 \leq h_w < 35 - 45$
Vertical	No rotura	$15 \leq h_w < 40 - 50$
Mixto	No rotura	$20 \leq h_w < 60 - 80$
Berma	Todos	$0 \leq h_w < 35 - 40$
Sumergido	Todos	Todas
Flotante y pantallas	Pequeño, periodo corto, no rotura	Todas

www

inicio



página 5 de 25

fullscreen

salir

Terreno

Nota 4.

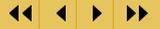
Capacidad portante del terreno → fuerzas transmitidas por el dique y las oscilaciones del mar: compresibilidad, esfuerzo cortante, erosión.

- Tipología conveniente en función de las propiedades del terreno, ROM 1.0 (2010):

Tipo de suelo	Tipología
Roca	Todas
Granulares flojos	Algunas
Granulares duros	Todas
Cohesivos blandos o rellenos de baja calidad	Evitar diques verticales
rellenos homogéneos y permeables	Todas

www

inicio



página 6 de 25

fullscreen

salir

- Suelos de roca → aptos para cualquier tipología, independientemente de la calidad.
- Suelos granulares duros → aptos para cualquier tipología:
 - Materiales no cohesivos duros → fácil drenaje y reducción de presión intersticial bajo cargas cíclicas.
 - Atención al tiempo de drenaje en presencia de la obra.
- Suelos granulares flojos → no aptos para todas las tipologías: posibles efectos dinámicos derivados de los movimientos oscilatorios → licuefacción.
- Suelos cohesivos blandos → no aptos para cargas concentradas y control de asentos:
 - Baja permeabilidad y elevada compresibilidad.
 - Resistencia al corte de suelos con abundancia de fracción fina → depende de condiciones de drenaje, tiempo de respuesta, histéresis del suelo.

[www](#)

[inicio](#)



[página 7 de 25](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Interacción suelo–dique → diques verticales no recomendados en rellenos cohesivos o suelos de baja calidad:
 - Concentraciones de carga y asientos diferenciales.
 - Impermeables al flujo → pueden modificar sustancialmente el patrón de drenaje del suelo y los rellenos.
 - Impermeabilidad del terreno $\uparrow \Rightarrow$ efecto perjudicial sobre la estabilidad del terreno \uparrow .

www

inicio



página 8 de 25

fullscreen

salir

- Banquetas y rellenos → cimentaciones conformadas por banquetas y rellenos de granulometría gruesa y de alta permeabilidad:
 - Reparto de cargas y disminución de presiones intersticiales → aumento de resistencia al esfuerzo cortante y baja deformabilidad.
 - Fondos de roca → enrase con hormigón sumergido.
 - Mayor calidad del suelo → menor espesor de cimentación.
 - Requisitos geotécnicos cumplidos → rellenos necesarios para homogeneizar y enrasar —excepto grandes profundidades $h > 40 \sim 50 m$ —.
- Erosión superficial → depende principalmente de composición y granulometría, y del régimen oscilatorio → protección necesaria con independencia de tipología.

www

inicio



página 9 de 25

fullscreen

salir

Materiales y Procesos Constructivos

Nota 5.

Previo al inicio de la obra se deben especificar los estados de oleaje umbrales para los cuales no es recomendable continuar con la construcción, en función de los medios constructivos, la disponibilidad de materiales, el estado de la obra y los elementos y partes a proteger.

www

inicio



página 10 de 25

fullscreen

salir

- Tipología conveniente en función del volumen de material y los procedimientos constructivos, ROM 1.0 (2010):

Tipología	Vol. Préstamo	Medios constructivos	Adaptabilidad
En talud	Muy grande	Carga, vertido; grúa importante	Posible
Vertical	Pequeño	Fondeo cajón y vertido	Difícil
Mixto	Grande	Carga, vertido; grúa y fondeo	Muy difícil
Berma	Muy grande	Vertido y grúa	Posible
Sumergido	Según objetivo	Vertido	Posible
Flotante	Nulo	Flotantes e hinca	Posible
Pantallas	Nulo	Flotantes e hinca	Posible

[www](#)

[inicio](#)



página 11 de 25

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Materiales de préstamo:
 - La falta de todo uno —núcleo—, escolleras —mantos secundarios y manto principal— → descarta en principio la construcción de una tipología de tipo granular en talud o berma.
 - Materiales granulares en las proximidades de la obra → decide prácticamente su elección excepto si las profundidades son muy grandes — $h > 40 \sim 50 m$ — o si no hay medios constructivos adecuados.
- Diques en talud son inadecuados por razones constructivas o ambientales → diques verticales o mixtos con cajones prefabricados transportados a flote y fondeados:
 - Cajones → $\sim 60 m$ de eslora, $\sim 40 m$ de manga y $\sim 35 m$ de puntal en transporte.
 - Fondeo → se requiere la no superación de ciertos umbrales climáticos marinos y atmosféricos, dependiendo de las dimensiones del cajón, del confinamiento de las aguas y de los medios aplicados al control y el desarrollo de la operación.

www

inicio



página 12 de 25

fullscreen

salir

- Capacidad y dimensiones de la grúa:
 - Dimensiones de la grúa → condicionada por dimensiones de las piezas y disposición en el manto principal, berma y morro.
 - Dimensiones de la grúa → condiciona la anchura de la superestructura de rodadura.
 - Grúas usuales → hasta $4000 Tm$. Grúas especiales → $7000 Tm \sim 10000 Tm$.
- Paradas forzosas y esperas constructivas:
 - Paradas técnicas → sección no finalizada sometida a la acción del clima. Paradas previstas → invernales.
 - Paradas no previstas → poco tiempo de respuesta → refuerzos provisionales para disminuir o acotar los daños posibles → morro provisional de comportamiento hidrodinámico análogo al morro definitivo.
 - Acción preventiva sobre diques granulares → fácil y de bajo coste.
 - Acción preventiva sobre dique vertical y mixto → difícil.

Agentes Climáticos durante Uso y Explotación

Nota 6.

El reparto del flujo de energía incidente del oleaje en flujos reflejado, transmitido y disipado puede ser indicativo de la influencia que una u otra tipología puede tener durante el uso y explotación de la obra.

[www](#)

[inicio](#)



página 14 de 25

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Tipología conveniente en función de requerimientos climáticos durante el uso y explotación, ROM 1.0 (2010):

Tipología	Partición de la energía
En talud	Disipación y reflexión
Vertical	Reflexión
Mixto	Disipación y reflexión
Berma	Disipación
Sumergido	Disipación, reflexión y transmisión
Flotante	Reflexión y transmisión
Pantallas	Reflexión y transmisión

[www](#)

[inicio](#)



página 15 de 25

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Solución ideal → flujo incidente totalmente disipado por el dique:
 - Las tipologías actuales no producen disipación completa.
 - Energía disipada baja y mayor el flujo de energía reflejada y transmitida ⇒ mayor interferencia oleaje ~ uso y explotación → complicaciones en la navegación, aumento de agitación interior por rebase y transmisión.
- Dique vertical → baja transmisión y alta reflexión.
- Dique en talud → alta disipación y baja reflexión.
- Dique mixto → comportamiento intermedio entre dique granular y el dique vertical.
- Dique flotante → resueta dependiente del calado relativo respecto a la longitud de onda.

[www](#)

[inicio](#)



página 16 de 25

[fullscreen](#)

[salir](#)

Conservación, Reparación, Desmantelamiento

Nota 7.

Es importante analizar los costes de conservación de una tipología dada, necesarios para:

- Asegurar la durabilidad de la obra a lo largo de su vida útil.
- Los costes de reparación considerando la posibilidad de que se produzca un cierto nivel de daño reparable durante la fase de servicio.
- Los costes de desmantelamiento y restauración del litoral.

www

inicio



página 17 de 25

fullscreen

salir

- Tipología conveniente en función de la conservación, la reparación y el desmantelamiento, ROM 1.0 (2010):

Tipología	Conservación	Reparación	Interacción	Desmantelamiento
En talud	Factible	Lenta, cara	Alta	Complicado, difícil
Vertical	Compleja	Rápida, cara	Baja	Sencillo
Mixto	Compleja	Lenta, cara	Baja/Media	Complicado, difícil
Berma	Sencilla	Lenta	Alta	Complicado
Sumergido	Sencilla	Rápida	Baja	Sencillo
Flotante	Sencilla	Rápida	Alta	Muy sencillo
Pantallas	Sencilla	Rápida	Alta	Sencillo

[www](#)

[inicio](#)



página 18 de 25

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Conservación → relacionada con el número de elementos que forman cada parte del dique, dado que el número de posibles modos de fallo y de transiciones entre elementos y partes —zonas débiles— depende de dicho número:
 - Dique vertical → número mínimo de elementos.
 - Dique en talud y dique mixto → más elementos y transiciones entre ellos.
- Reparación → importancia del modo de fallo en la estabilidad global, posible correlación entre modos de fallo, tiempo de reparación, condiciones de operatividad ocurrido el fallo:
 - Dique granular → mayor resistencia a la destrucción, pero reparación de extracción de piezas del manto lenta y requiere los mismos medios constructivos que los utilizados en la construcción inicial → elevado coste. No hay efectos sobre la operatividad.
 - Dique vertical → elevada dificultad para reparar vuelco y deslizamiento → Operatividad afectada.

- Desmantelamiento → no es una práctica habitual:

Evaluación difícil de costes.

Dique granular → gran cantidad de material y precariedad durante la realización.

Dique vertical → se estima viable el reflotamiento del cajón una vez liberado de la losa superior y vaciadas las celdas.

[www](#)

[inicio](#)



[página 20 de 25](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

Medio Ambiente

Nota 8.

La construcción de un dique de abrigo puede provocar alteraciones en el entorno terrestre y marítimo relacionadas con la apertura y explotación de canteras, el transporte y vertido de materiales de construcción, o con la remoción y vertido de productos de dragado, pudiendo condicionar la elección de la tipología en el caso de que sean necesarias grandes cantidades de materiales de préstamo, o se requieran grandes volúmenes de dragado hasta lograr niveles de cimentación competentes.

www

inicio



página 21 de 25

fullscreen

salir

- Tipología conveniente en función de los requerimientos ambientales, ROM 1.0 (2010):

Tipología	Volumen de materiales	Interacción con el entorno	Oxigenación agua nichos ecológicos
En talud	Grande	Significativa	Alta-muchos, diversos
Vertical	Pequeño	Significativa	Baja-pocos
Mixto	Intermedio	Significativa	Media-algunos
Berma	Máximo	Significativa	Alta-muchos
Sumergido	Según objetivo	Significativa	Alta
Flotante	Mínimo	Poco significativa	Baja-algunos
Pantallas	Mínimo	Significativa	Baja

[www](#)

[inicio](#)



página 22 de 25

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Dique vertical → tipología de menor impacto —salvo cuando necesitan grandes volúmenes de dragado o sustitución—.
- Dique flotante → bajo impacto pero posible efecto sobre morfodinámica litoral.
- Construcción de área portuaria o protección litoral → alteración de procesos morfodinámicos, cambios en las condiciones de calidad de aguas.
- Magnitud de las alteraciones → forma en planta y grado de abrigo.

[www](#)

[inicio](#)



[página 23 de 25](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Alteración del sistema circulatorio → modificación del patrón de corrientes mareales y oceánicas, características del oleaje.
- Alteración del transporte de sedimentos y sustancias → aparición de zonas de intensificación y amortiguamiento de la dinámica marina, alterando los procesos de erosión, transporte y depósito → efectos sobre la morfodinámica.
- Porosidad de partes de la obra:
 - Diques granulares → sumideros de arena, colmatación de mantos, alteración de profundidad a pie de dique.
 - Diques verticales → barreras impermeables, cambios en la profundidad.

[www](#)

[inicio](#)



[página 24 de 25](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

Referencias

Losada M. A. (Ponente), 2001. *ROM 0.0 Procedimiento General y Bases de Cálculo en el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias. Parte I. Puertos del Estado*. 220 p.p. i.s.b.n. 84 – 88975 – 30 – 9.

Losada M. A. (Ponente), 2010. *ROM 1.0-09 Recomendaciones del Diseño y Ejecución de las Obras de Abrigo. Parte I. Bases y Factores para el Proyecto. Agentes Climáticos. Puertos del Estado*. 532 p.p. i.s.b.n. 978 – 84 – 88975 – 73 – 7.

www

inicio



página 25 de 25

fullscreen

salir