

# Grado de Ingeniería Civil

## Proyecto y Construcción de Obras Marítimas

**Procedimientos y Procesos para la Construcción de Diques de Abrigo. Tipologías de Dique Vertical y Dique Mixto**

AMF, RBM, MOS, IRP

Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica  
Universidad de Granada

Granada, 14/04/2016

[www](#)

[info](#)



página 1 de 36

[fullscreen](#)

[salir](#)

# Caracterización espacial de la obra

## Tramo de obra

### Nota 1.

Se define el **tramo de obra** como el conjunto de secciones —una alineación— que cumplen una función específica y relevante de los requisitos de explotación de la obra. El conjunto de secciones del tramo se encuentran sometidas a los mismos niveles de acción de todos los agentes actuantes, formando parte de la misma tipología formal y estructural.

[www](#)

[inicio](#)



[página 2 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Nota 2.

Los diferentes tramos no solamente serán distinguidos en base a forma y estructura, sino también atendiendo a variaciones en los factores de proyecto a lo largo del emplazamiento —geometría de la obra y el terreno, características del terreno, medio físico y materiales, agentes y acciones— y a las repercusiones en caso de fallo o parada. La consideración de dichos factores ayudará asimismo a establecer los criterios para considerar la eventual entrada en servicio durante la fase de construcción. Debe recordarse que:

- Cada tramo de la obra puede encontrarse proyectado con una tipología diferente de dique de abrigo.
- La obra puede presentar diferentes alineaciones. Cada alineación puede estar conformada por más de un tramo.

[www](#)

[inicio](#)



página 3 de 36

[fullscreen](#)

[salir](#)

- El dique de abrigo se considerará dividido en tramos homogéneos de la misma tipología formal y estructural.
- Definición de tramos → homogeneidad de agentes climáticos, homogeneidad de agentes del terreno, etc.

[www](#)

[inicio](#)



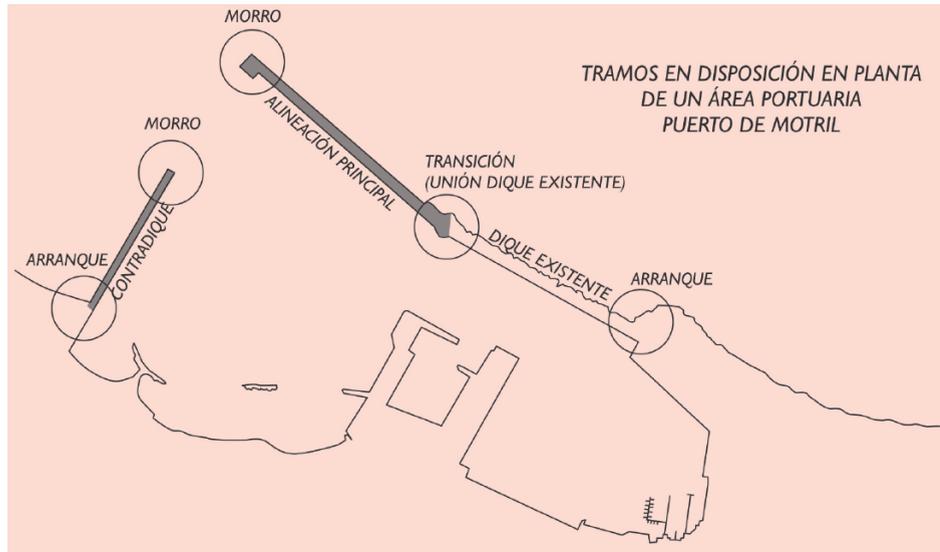
*página 4 de 36*

[fullscreen](#)

[salir](#)



- Ejemplo de tramo de obra: alineaciones principales y secundarias.



www

inicio



página 5 de 36

fullscreen

salir

## Clasificación fundamental de tramos

- Arranque o unión del dique con tierra.
- Alineación principal, la cual proporciona abrigo y control del oleaje predominante.
- Alineaciones secundarias, las cuales establecen la unión entre tramos.
- Transición, consistente en el tramo entre dos alineaciones o dos tipologías.
- Morro o extremo del dique.

[www](#)

[inicio](#)



página 6 de 36

[fullscreen](#)

[salir](#)

# Procesos y métodos de avance en dique vertical

## Nota 3.

Los diques verticales están constituidos por una banqueta de escollera sobre la que se apoya una estructura de paramentos verticales, generalmente monolítica, realizada con cajones de hormigón armado rellenos de material granular para garantizar la estabilidad. Los cajones consisten en elementos prismáticos de hormigón divididos interiormente en celdas —generalmente cuadrangulares— para hacerlos estructuralmente más ligeros.

[www](#)

[inicio](#)

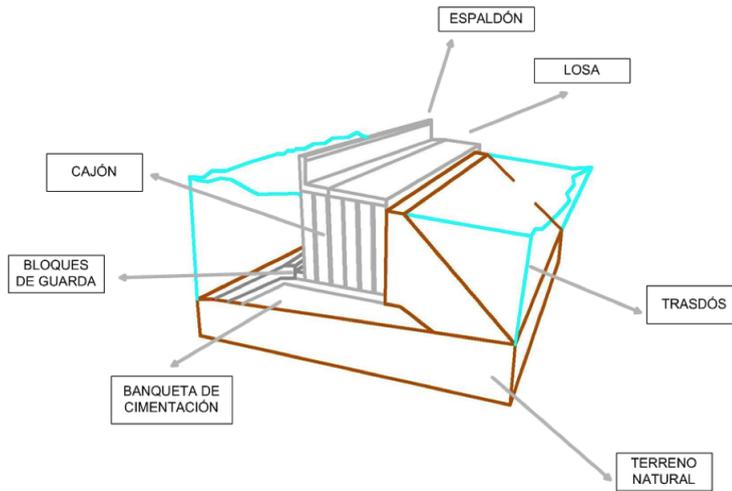


[página 7 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Esquema de un dique vertical:



[www](#)

[inicio](#)



[página 8 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Ventajas de la tipología de dique vertical respecto a otras:
  - Reducción importante del volumen de material de préstamo → Reducción de impactos ambientales, disminución de afección al entorno —instalaciones portuarias, poblaciones cercanas, etc. . . —, ahorro de costes.
  - Rapidez en la construcción.
  - Buen comportamiento ante el oleaje durante la fase constructivas.
  - Pueden ser desmantelados más fácilmente que los diques en talud.

[www](#)

[inicio](#)



[página 9 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Consideraciones a tener en cuenta:
  - Dificultades durante las labores de fondeo de cajones → Ventanas climáticas de condiciones muy restringidas.
  - En ocasiones se ha puesto en duda su seguridad → Mustafá (Argel), Granilli (Nápoles), Arromanches.

[www](#)

[inicio](#)



[página 10 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Secuencia constructiva

### Nota 4.

La construcción de un dique vertical con cajones de hormigón armado comprende una serie de fases constructivas. Cada una de ellas involucra un conjunto de actividades cuya ejecución está entrelazada en espacio y tiempo, fijando la duración de la obra en el tiempo que transcurre desde que se inicia la primera actividad, hasta finalmente satisfacer los requisitos de proyecto, condicionada a los medios técnicos y económicos necesarios, así como a los procedimientos constructivos que en cada caso se establezcan para ejecutar el dique.

[www](#)

[inicio](#)



*página 11 de 36*

[fullscreen](#)

[salir](#)



- Dragado → Eliminación de suelos con capacidad portante insuficiente para recibir las cargas que la banqueta transmite. El dragado se ejecuta con grandes equipos de dragas de succión en marcha.



[www](#)

[inicio](#)

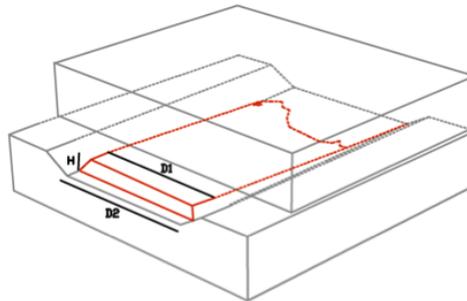


[página 12 de 36](#)

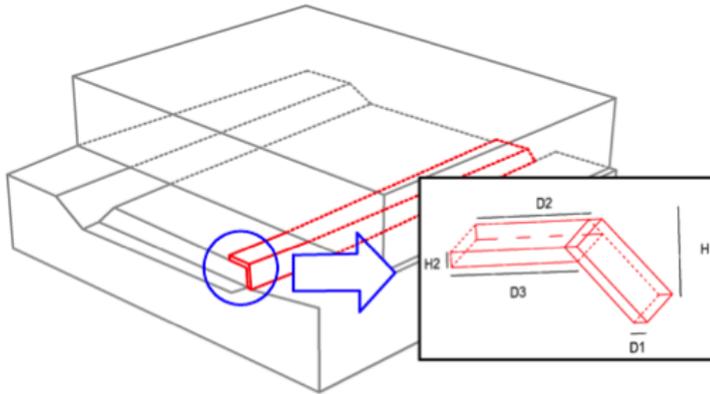
[fullscreen](#)

[salir](#)

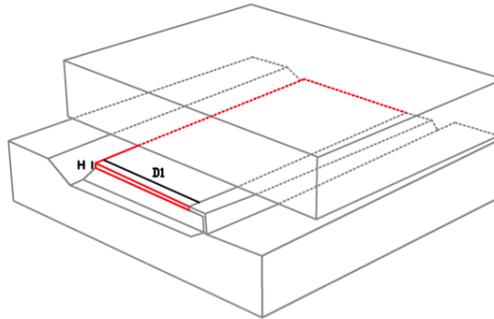
- Vertido de la banqueta → El cajón apoya sobre una capa de todo uno o de escollera de cierto espesor, vertida desde ganguiles. Tiene como objetivo el reparto de cargas a la cimentación.:
  - Reducción de presiones en el terreno natural y protección frente al riesgo de colapso geotécnico.
  - Homogeneización de asientos.
  - Resistencia frente a la acción de agentes locales: oleaje, hélices de buques.



- Vertido de la berma → La berma cumple la función de manto de protección de la cimentación. Se construye lo antes posible para proteger de socavación la banqueta de cimentación por acción del oleaje.



- Enrase de la banqueta → El objetivo es conseguir que la geometría de la superficie de la banqueta sea homogénea y sin irregularidades:
  - Se evitan cargas concentradas en las estructuras que descansan sobre la banqueta.
  - Se asegura la exacta ubicación de las estructuras en el emplazamiento.
  - Se compensan los asientos diferenciales que puedan producirse.



**Nota 5.**

El material idóneo es una grava de características parecidas al balasto de ferrocarril, con tamaños entre 2 ~ 4 pulgadas —5.0 ~ 10.0 *cm*—. Tamaños más reducidos facilitan la labor de los equipos y es posible una nivelación más precisa, pero son un peligro de potenciales asientos producidos por penetración en la banqueta o por lavado debido a las corrientes. Los tamaños superiores dificultan el proceso de enrase.

- Para cimentación sobre fondo rocoso y ciertas condiciones extremas, el enrase se realizaría con sacos de yute rellenos de hormigón y colocados por buzos profesionales:
  - Sistema caro solamente viable cuando el espesor equivalente a enrasar es muy pequeño y, en cualquier caso, sobre un fondo rocoso.
  - Para fondeos en alta mar el enrase se hace por montones de balasto y mediante equipo muy sofisticado en cuadrículas de aproximadamente 1 metro. Su producción es superior a los 1000  $m^2$ /día.

[www](#)[inicio](#)

página 16 de 36

[fullscreen](#)[salir](#)



- Buque enrasador:



[www](#)

[inicio](#)



[página 17 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Fabricación de cajones

- Armadura de solera → Elaborada y montada la armadura sobre la pontona auxiliar, se traslada al cajonero previamente sumergido. La armadura se suspende de la estructura del cajonero mediante agarres de cable de acero. Posteriormente se retira la pontona y se procede al descenso y colocación de la armadura en la base del cajonero.



[www](#)

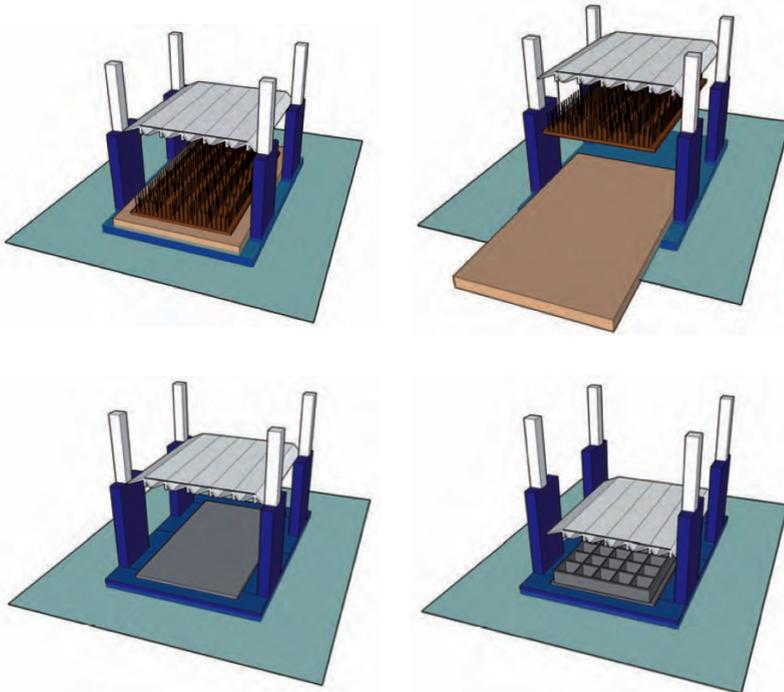
[inicio](#)



[página 18 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)



www

inicio



página 19 de 36

fullscreen

salir

- Solera → Colocación del encofrado de la solera del cajón. El hormigonado se realiza en tongadas no superiores a  $0.25\text{ m}$  para facilitar el vibrado.
- Fuste → Finalizado el hormigonado de la solera, se coloca el primer tramo de armadura del fuste y se desciende el encofrado para proseguir con el hormigonado del resto del cajón. El fuste se hormigona en tongadas de  $\sim 0.3\text{ m}$ , haciéndose simultáneamente las operaciones de colocación de armadura, hormigonado, vibrado y deslizado, hasta alcanzar sin interrupción la cota de coronación del cajón. Se logra de esa forma un nivel de calidad superior al que se obtendría con un sistema no continuo en el que fuese necesaria la presencia de juntas intermedias.

[www](#)

[inicio](#)

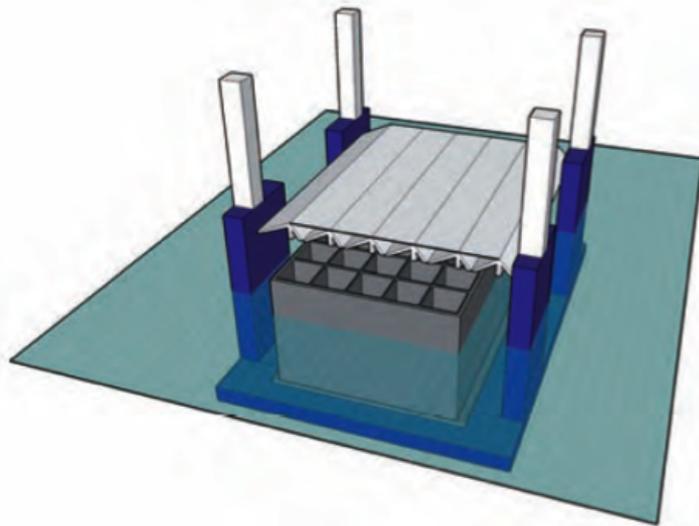


página 20 de 36

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Acabado del fuste → Hormigonado del fuste con el dique parcialmente sumergido.



[www](#)

[inicio](#)



[página 21 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)



- Cajón completado:



[www](#)

[inicio](#)



[página 22 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

## Fondeo de cajones

### Nota 6.

El proceso constructivo en diques verticales tiene como dificultad adicional el fondeo de cajones. El fondeo es la operación para apoyar el cajón sobre la banqueta de cimentación y se realiza inundando de manera controlada las celdas mientras se mantiene el cajón a flote. Los cajones que se utilizan para construir diques verticales pueden alcanzar grandes dimensiones y presentan grandes superficies expuestas a la acción del viento, la corriente y el oleaje, lo que condiciona el proceso de fondeo, dado que en determinadas fases hay que mantener la situación en planta del cajón con muy pequeñas variaciones

www

inicio



página 23 de 36

fullscreen

salir

- Botadura → Hundimiento del dique flotante hasta el calado previsto de botadura.



[www](#)

[inicio](#)

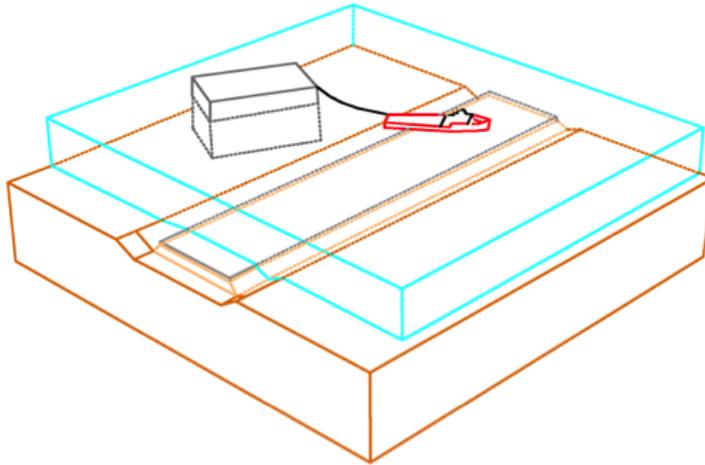


[página 24 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Transporte → Transporte del cajón mediante remolcador hasta el emplazamiento definitivo en obra. En ocasiones se realiza un prefondeo en zonas abrigadas para resguardar los cajones en caso de necesidad.



- Remolcado y conexión → El cajón se prepara con la colocación de barandillas y redes de protección, iluminación y luces de navegación. Se montan gatos hidráulicos y winches — 10 t ~ 30 t —. Colocación de defensasas en el último cajón de avance. Tensado de cables e inundación de celdas. Guiado con el tiro de los cabrestantes hasta dejarlo correctamente apoyado en el fondo para completar el proceso de inundación.



[www](#)

[inicio](#)



[página 26 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)



- Defensa tipo Yokohama:



[www](#)

[inicio](#)



[página 27 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

### Nota 7.

La mejor configuración es disponer de 7 elementos: cuatro en las esquinas para situar el cajón con los largos perpendiculares a la eslora, uno en el centro para disponer un largo en la dirección de la alineación del dique en avance y dos en la dirección del dique pero hacia lo construido. Los elementos más eficaces son los perpendiculares a las paredes del cajón.

[www](#)

[inicio](#)



página 28 de 36

[fullscreen](#)

[salir](#)

- Posicionamiento y fondeo → Durante la maniobra de posicionamiento previa al fondeo, debe evitarse la colisión entre el cajón y el cajón precedente en la alineación. Por esa razón los movimientos que se producen en el plano horizontal —vaivén y deriva, principalmente— deben estar muy controlados.



[www](#)

[inicio](#)



[página 29 de 36](#)

[fullscreen](#)

[salir](#)

### Nota 8.

El fondeo viene limitado por:

- Velocidades de viento superiores a  $5\text{ m/s}$  que dificultan la operación. Reducir el francobordo del cajón disminuye la influencia del viento, que aumenta los esfuerzos en anclas y cabrestantes.
- Velocidades de la corriente superiores a  $0.5\text{ m/s}$  dificultan el fondeo de los cajones y deben ser tenidas en cuenta al diseñar el proceso.
- Alturas de ola significativa mayores de  $1\text{ m}$  y/o períodos superiores a  $8\text{ s}$  disminuyen la precisión con la que se puede hacer el fondeo.

www

inicio

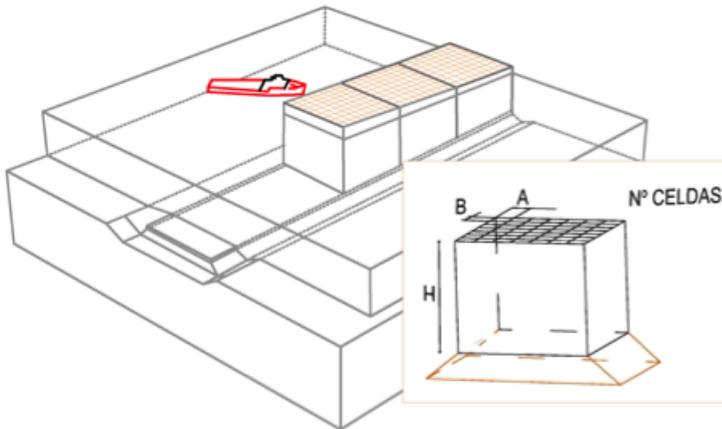


página 30 de 36

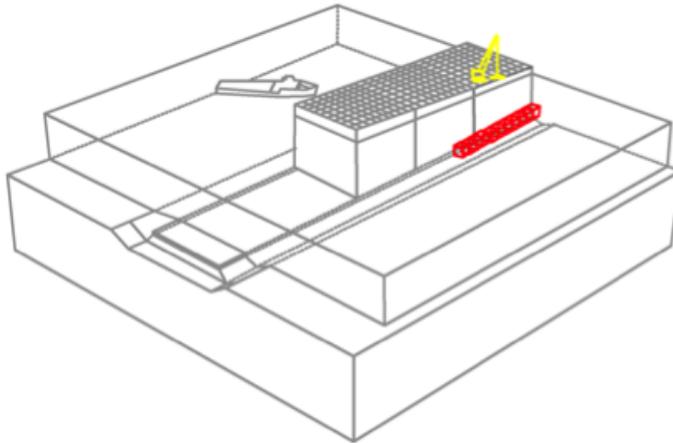
fullscreen

salir

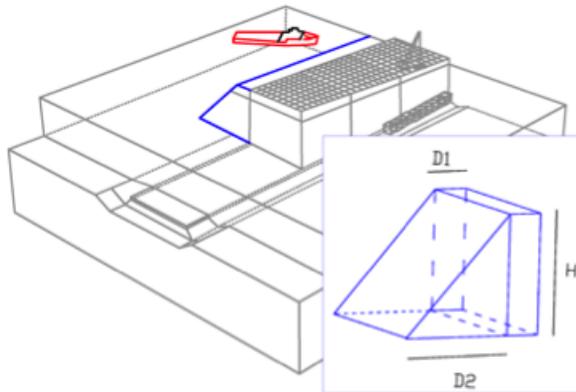
- Relleno de celdas → Habitualmente las celdas de los cajones se rellenan con draga y difusor de reparto de forma que se van rellenas varias celdas al mismo tiempo. En el caso de que la ubicación de los cajones permita el acceso desde tierra, el relleno de las celdas se realiza mediante el vertido directo desde camiones.



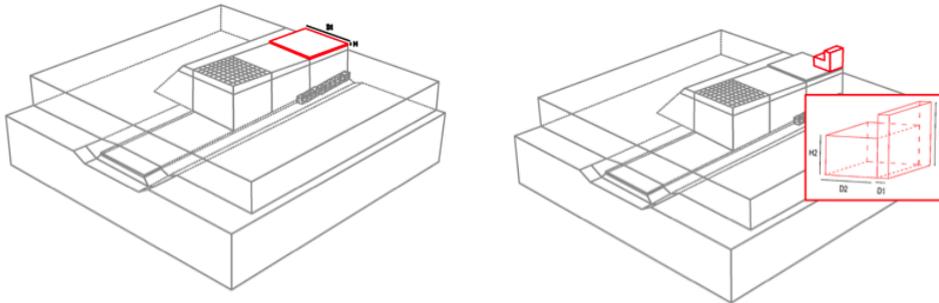
- Bloques de guarda → Los cajones fondeados modifican las condiciones hidráulicas del entorno, pudiendo producir aumentos de la agitación en las zonas de banqueta próximas. En consecuencia, la colocación de los bloques de guarda se debe hacer a la mayor brevedad, una vez fondeados los cajones, para evitar socavaciones en la banqueta.



- Trasdós → La colocación del material del relleno del trasdós se realizará de forma que se garantice que su granulometría sea la prevista. Antes de trasdosar una estructura, se ha de verificar que ésta tiene capacidad resistente suficiente para soportar los empujes transmitidos, limitando, en su caso, el avance del relleno en función del grado de acabado de la estructura.



- Losa y espaldón → Es importante tener en cuenta en esta fase la combinación de las mareas y el oleaje, ya que pueden provocar rebases que impidan el trabajo, dañen las obras en ejecución y pongan en riesgo la integridad de las personas y de los equipos.



www

inicio



página 34 de 36

fullscreen

salir

# Procesos y métodos de avance en dique mixto

## Nota 9.

Los diques mixtos son en general obras de abrigo verticales, en las que la banqueta de cimentación tiene una altura suficiente como para alterar la cinemática y dinámica de las oscilaciones del mar con respecto a la de un dique vertical. La sección típica es similar a la de los diques verticales. El proceso constructivo es semejante al del dique vertical.

[www](#)

[inicio](#)



[página 35 de 36](#)

[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 36 de 36

fullscreen

salir