Muelles

8.1 MUELLES DE GRAVEDAD

8.1.1 Muelles de cajones

8.1.1.a Introducción

Estos muelles están constituidos por un muro formado por cajones (figuras 8.1.1.a A), apoyado sobre una banqueta, con peso suficiente para soportar los empujes de los rellenos que actúan sobre su trasdós. En la figura 8.1.1.a.B se identifican los elementos más característicos de este tipo de muelles. Transmiten a la banqueta de cimentación cargas que en punta pueden alcanzar 0,7 MPa.



Figura 8.1.1.a A Muelle de cajones

La banqueta de cimentación de los cajones tiene por objeto:

- Proporcionar la suficiente capacidad portante.
- Soportar las cargas que el muelle le transmite con deformaciones admisibles.
- Asegurar la estabilidad del terreno ante la agitación producida por las hélices de los buques para evitar socavaciones.
- Proporcionar una superficie regular sobre la que se asientan los cajones.

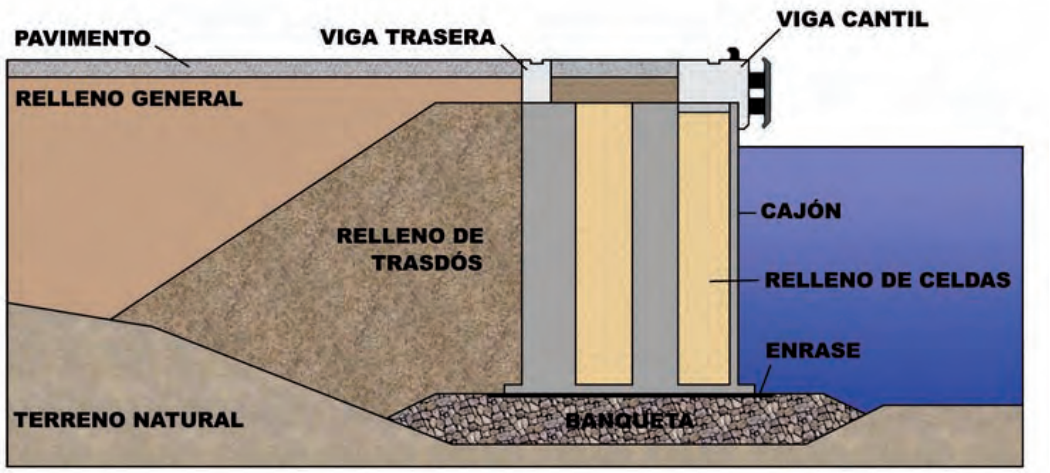


Figura 8.1.1.a B Sección muelle de cajones

Las actividades que se realizan en la construcción de un muelle de cajones son todas o algunas de las siguientes (figura 8.1.1.a C):

- Dragado de la zanja para la banqueta de cimentación.
- Mejora del terreno de cimentación.
- Banqueta de cimentación.
- Enrase de la banqueta.
- Fabricación y transporte de los cajones.
- Fondeo de los cajones.
- Relleno de las celdas y de las juntas.
- Relleno de trasdós.
- Colocación de filtro.
- Rellenos generales.
- Superestructura.
- Pavimento.

En la figura 8.1.1.a D se muestran las fases más habituales en la construcción de un muelle de cajones.

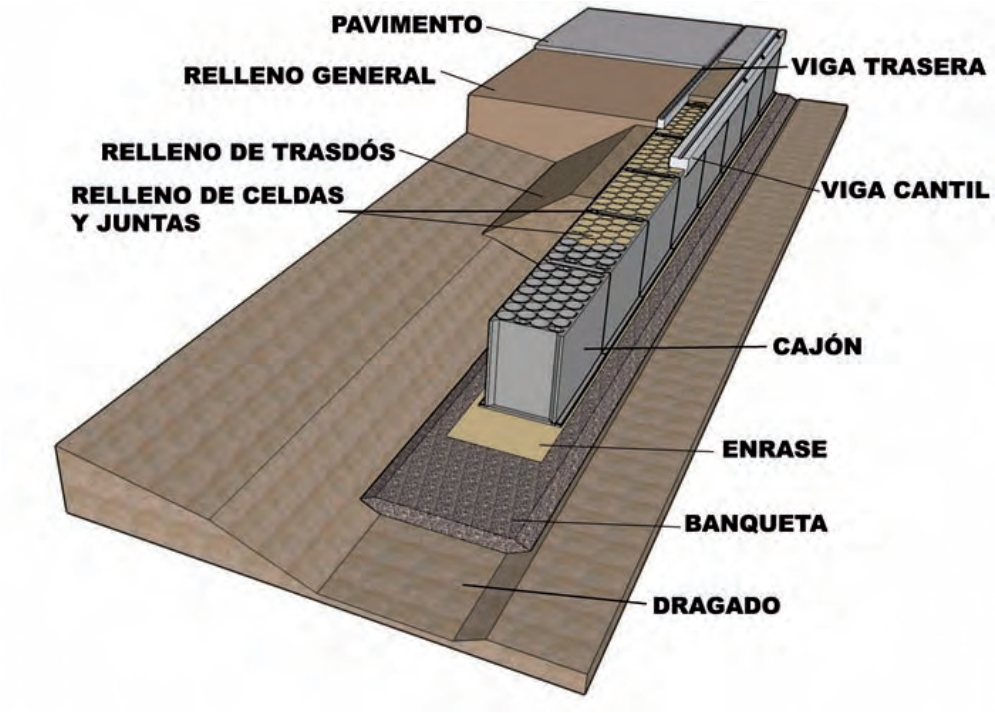


Figura 8.1.1.a C Secuencia constructiva muelle de cajones

A continuación se hacen unas consideraciones sobre estas actividades, muchas de las cuales ya han sido analizadas en los capítulos anteriores.

8.1.1.b Dragado en zanja del terreno natural

El dragado del terreno natural puede realizarse por dos razones:

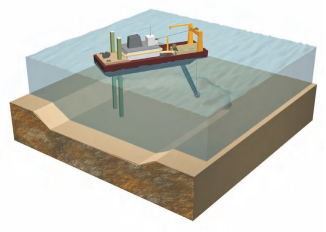
- Para obtener calado suficiente.
- Eliminar suelos que no tengan capacidad portante suficiente para recibir las cargas que la banqueta transmite. En este caso se dragará hasta la profundidad prevista en el Proyecto o, si es mayor, a la necesaria para asegurar que el terreno natural tiene la capacidad portante prevista.
- Se asegurará, inmediatamente antes de verter el material de la banqueta de cimentación, que no se han producido aterramientos, debidos fundamentalmente a la rotura de los taludes cuando éstos no son los adecuados.

8.1.1.c Mejora del terreno de cimentación

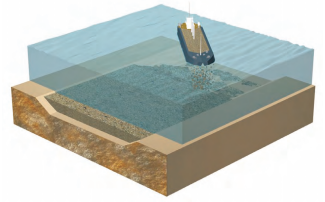
Es de aplicación lo expuesto en el capítulo 6.3 *Mejora de terrenos*.

Ejemplo de construcción de un muelle de cajones

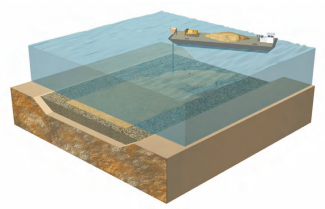
Figura 8.1.1.a D



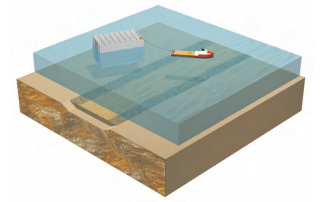
FASE 1. Dragado en zanja



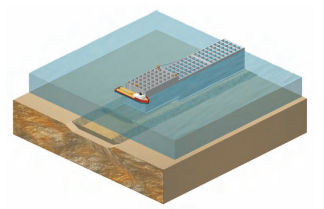
FASE 2. Vertido de escollera



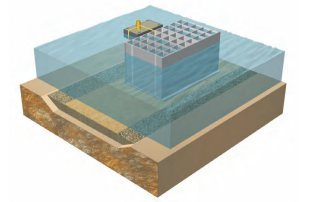
FASE 3. Enrase de grava



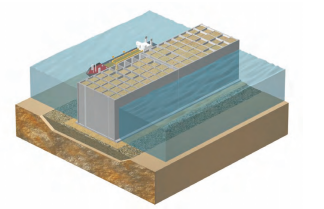
FASE 4.a. Remolque del cajón a su lugar de fondeo



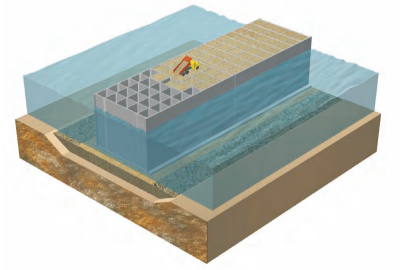
FASE 4.b. Posicionamiento



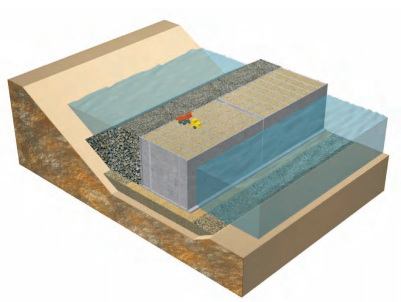
FASE 4.c. Fondeo de cajones por inundación



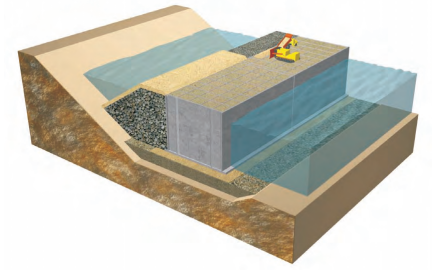
FASE 5. Relleno de celdas de cajones por medios marítimos



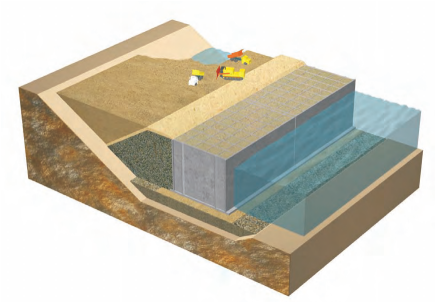
FASE 6. Relleno de cajones por medios terrestres



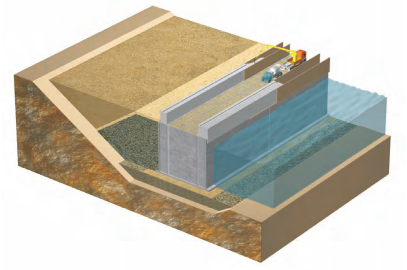
FASE 7. Ejecución de pedraplén en trasdós de cajones



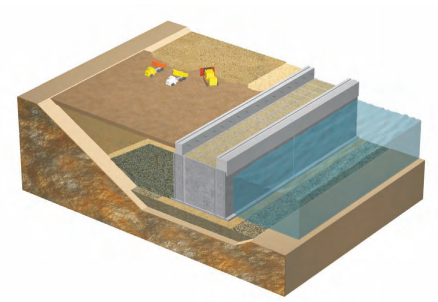
FASE 8. Colocación de filtro



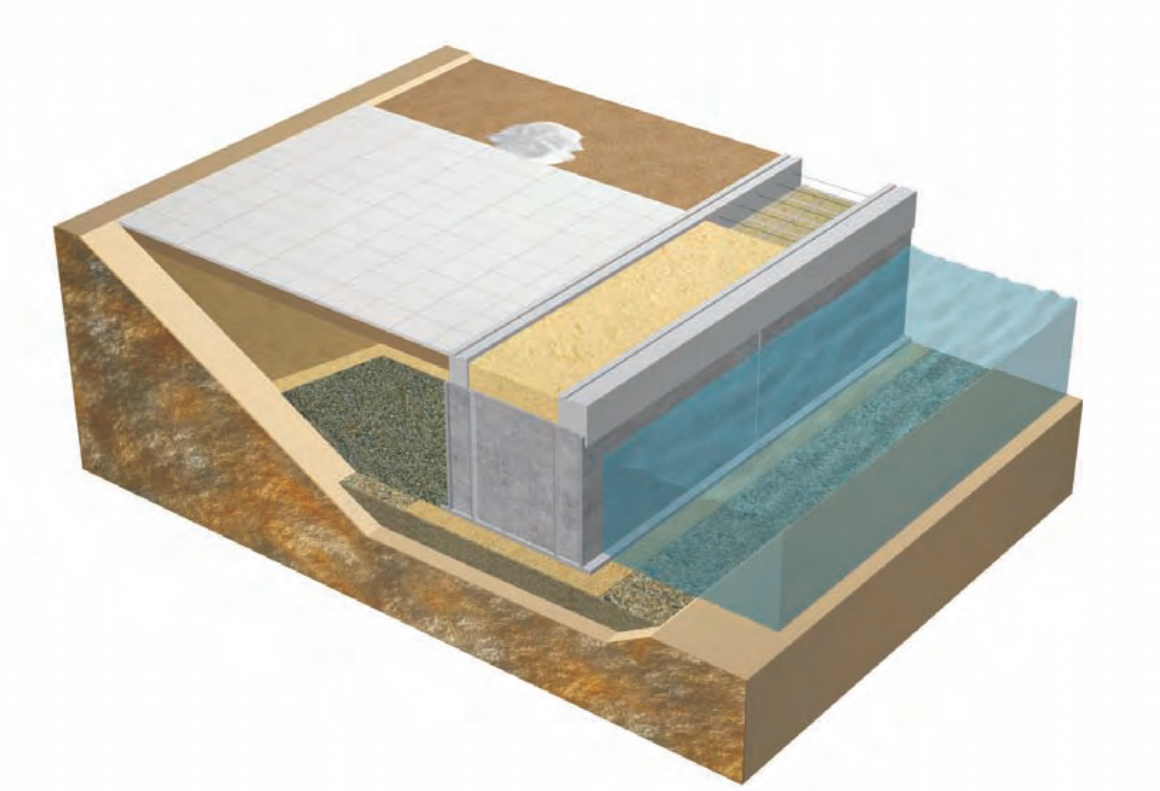
FASE 9. Ejecución del relleno general



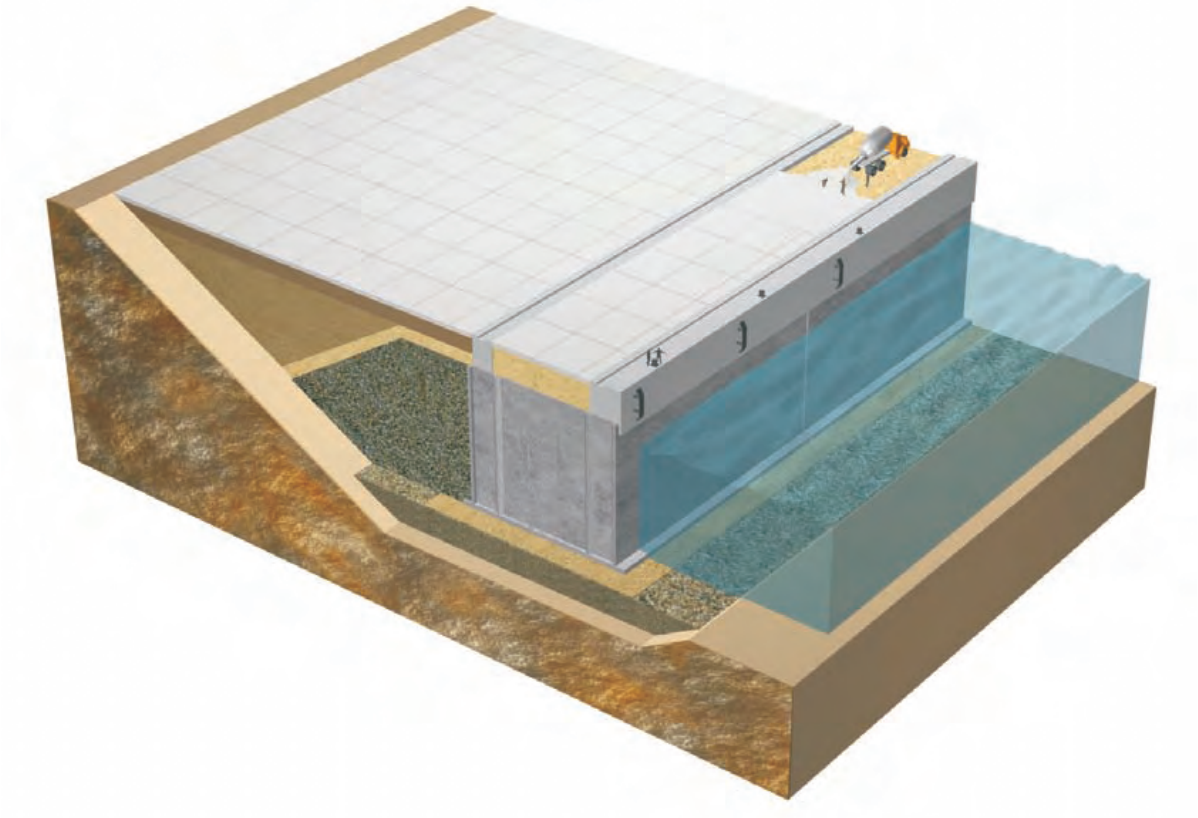
FASE 10. Hormigonado de superestructura



FASE 11. Colocación de relleno seleccionado y compactado



FASE 12. Construcción de pavimento



FASE 13. Construcción de pavimento y habilitación del muelle. Colocación de defensas y bolardos

8.1.1.d Banqueta de cimentación

El material que se emplea deberá satisfacer los siguientes requerimientos:

- Tendrá las características físico-químicas que prescribe el Pliego del Proyecto.
- Se observarán los condicionantes del Pliego, en particular en lo referente a la granulometría.
- Las características del material deben ser homogéneas en toda la banqueta con el fin de que las deformaciones sean uniformes.

En cuanto a la geometría se observará lo siguiente:

- Para determinar la cota de coronación se tendrá en cuenta que:
  - Por acción de la carga de los cajones y el relleno de los mismos, las banquetas de cimentación reducen su espesor entre el 2,5% y el 5%.
  - El Proyecto puede haber previsto asientos del terreno natural que se pueden compensar incrementando la cota de coronación de la banqueta.
  - El empuje de los rellenos del trasdós provoca que el cajón asiente más en el lado del cantil que en el opuesto.

- En el proceso de ejecución es preceptivo:
  - Asegurar que la superficie sobre la que se coloca la banqueta no se ha alterado desde su preparación por acarreo, sedimentación o aporte incontrolado de material.
  - Evitar la aportación de escolleras de mayor tamaño que el previsto, puesto que ello dificulta el enrase y puede dañar la solera del cajón cuando se fondea. En la zona próxima al enrase es habitual disponer escollera de 25 a 100 Kg.
  - La colocación de los mantos y/o las losas de protección se realizará a la mayor brevedad posible para disminuir el riesgo de socavación de la banqueta de cimentación.

8.1.1.e Enrase de la banqueta

Las banquetas para cimentación de los muelles de cajones se encuentran habitualmente en dársenas con muy pequeña agitación, lo que permite realizar el enrase con desfases temporales importantes respecto del fondeo de los cajones. Antes de colocar los cajones se verificará el correcto estado de la superficie del enrase, eliminando los aterramientos si se hubieran producido.

8.1.1.f Transporte de los cajones

Los cajones que se emplean en la construcción de muelles tienen unas dimensiones que normalmente se sitúan entre los siguientes valores:

- Puntal: 15/25 m.
- Manga: 12/18 m.
- Eslora: Depende del medio de construcción.

Suele ser necesaria la instalación de tapas en el caso de transportes por zonas no abrigadas con duración mayor de 24 horas.

La utilización de lastre sólido en vez de líquido permite conseguir la misma estabilidad naval con menor peso y, por tanto, con menor calado.

Cuando los cajones se fabrican en el mismo puerto donde se fondean, se recomienda evitar fondeos provisionales, para ello se enrasará la banqueta antes de la botadura de los cajones para poder fondearlos en su ubicación definitiva.

8.1.1.g Fondeo de los cajones

El fondeo de los cajones que forman parte de los muelles se realiza habitualmente en aguas abrigadas (figura 8.1.1.g). Se deben planificar las distintas operaciones:

- Anclajes para cabrestantes. En cajones de pequeño porte y aguas muy abrigadas puede ser suficiente con trácteles manuales.
- Elementos de seguridad: redes, escalas, aros salvavidas, etc.
- Balizamiento e iluminación.
- Comunicación entre las celdas, que no deberá comprometer la estabilidad del cajón a flote.
- Secuencia de lastrado.

Una vez planificado el fondeo, construido el cajón y ejecutado el enrase, las operaciones a realizar son:

- Preparación del cajón: instalación de elementos para el remolque, el fondeo y de seguridad.
- Comprobación visual del enrase: se debe asegurar que no se han producido aterramientos ni socavaciones.
- Aviso a la Capitanía Marítima y a los Prácticos para evitar las interferencias con la navegación. Es conveniente solicitar la reducción de velocidad en los buques cuya estela pueda afectar a la operación de fondeo.
- Verificación de la retirada de maderas, plásticos y otros elementos de la solera y de los paramentos del cajón.

- Situación y fondeo del cajón.
- Inspección visual del estado del cajón una vez fondeado con buzos o cámaras robotizadas para verificar su correcto apoyo en la banqueta.
- Comprobación topográfica de los hitos situados en las esquinas del cajón y su seguimiento temporal.
- Cerrado de las válvulas.
- Retirada de los elementos de remolque.



Figura 8.1.1.g Construcción muelle

8.1.1.h Relleno de celdas y juntas

Se observarán las Prescripciones del Pliego, en especial en lo referente a:

- Las características del material con el que se rellenan las celdas.
- La diferencia máxima entre la altura alcanzada por el relleno en dos celdas contiguas.

A este respecto, son de aplicación las consideraciones expuestas en el apartado 6.5 *Relleno de celdas de cajones.*

8.1.1.i Relleno de trasdós

Las características del material con el que se rellena el trasdós, el ángulo de rozamiento interno, el coeficiente de rozamiento con el paramento del cajón, la densidad y la permeabilidad son determinantes del comportamiento del muelle en cuanto a su estabilidad. Estas características vienen determinadas en gran medida por la granulometría y el contenido en finos del material que se controlará rigurosamente.

La determinación mediante ensayos del ángulo de rozamiento del material de relleno de trasdós es conveniente efectuarla con distintas compacidades del mismo y a partir de esos datos realizar el cálculo de los empujes sobre el paramento del trasdós del muelle.

La colocación se efectuará asegurando que no se desplazan los materiales de los rellenos generales o de los fondos marinos hacia el paramento del trasdós del muelle. Es conveniente realizar el vertido del material desde los cajones hacia el interior de la explanada.

Son de aplicación las consideraciones realizadas en el apartado 6.4 *Relleno de trasdós,* en particular en lo relativo a la utilización de pedraplén o "*todo-uno*" de cantera como material apto para el relleno de trasdós, que elimina incertidumbres sobre los empujes.

8.1.1.j Rellenos generales

Los rellenos generales se ejecutarán evitando que entren en contacto con el trasdós de las estructuras, así como que desplacen los fangos que pudiera haber hacia la zona que debe ocupar el relleno de trasdós.

Cuando se realicen precargas, se asegurará que el incremento de los empujes sobre el cajón no cuestiona su estabilidad.

A este respecto, son de aplicación las consideraciones expuestas en el apartado 6.2 *Rellenos generales.*

8.1.1.k Superestructura

La construcción de la superestructura no se debe iniciar hasta que los cajones, una vez trasdosados, hayan estabilizado los movimientos ocasionados por los empujes.

Son de aplicación las consideraciones realizadas en el capítulo 9 *Superestructura de diques y muelles.*

8.1.2 Muelles de bloques

8.1.2.a Introducción

Estos muelles están formados por un conjunto de bloques de hormigón colocados sobre una banqueta de todo-uno o escollera convenientemente enrasada. En la figura 8.1.2.a A se identifican los elementos más característicos de este tipo de muelles.

Los bloques son normalmente paralelepipédicos y macizos aunque también se construyen con huecos en su interior al objeto de aligerar su peso y facilitar la manipulación.

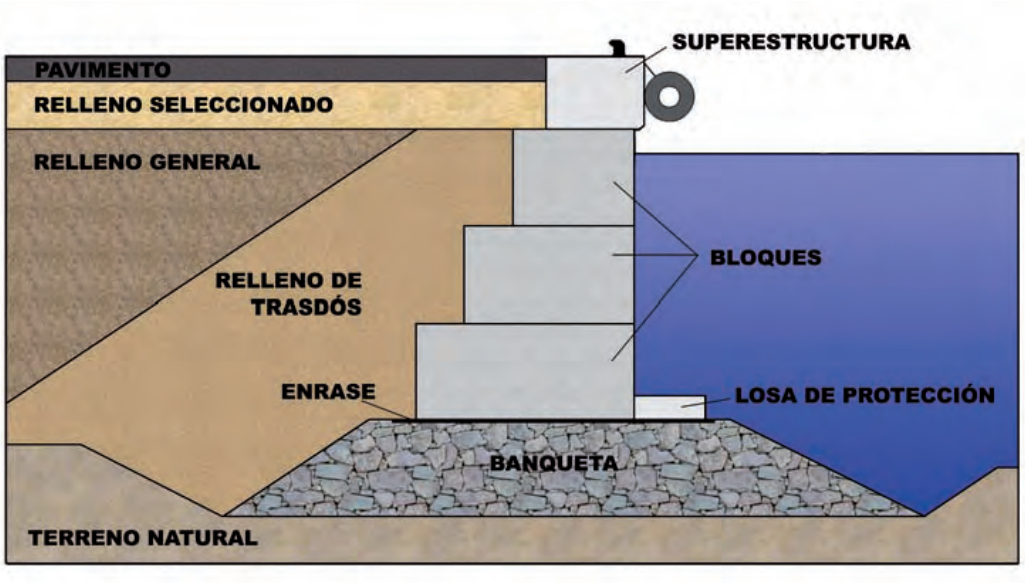


Figura 8.1.2.a A Sección muelle de bloques

Hay bloques con formas complejas, generalmente sujetos a patentes, que reducen el volumen de hormigón, permiten trabar las piezas y/o disminuir el coeficiente de reflexión del oleaje, como es el caso de los bloques warock (figura 8.1.2.a.B).

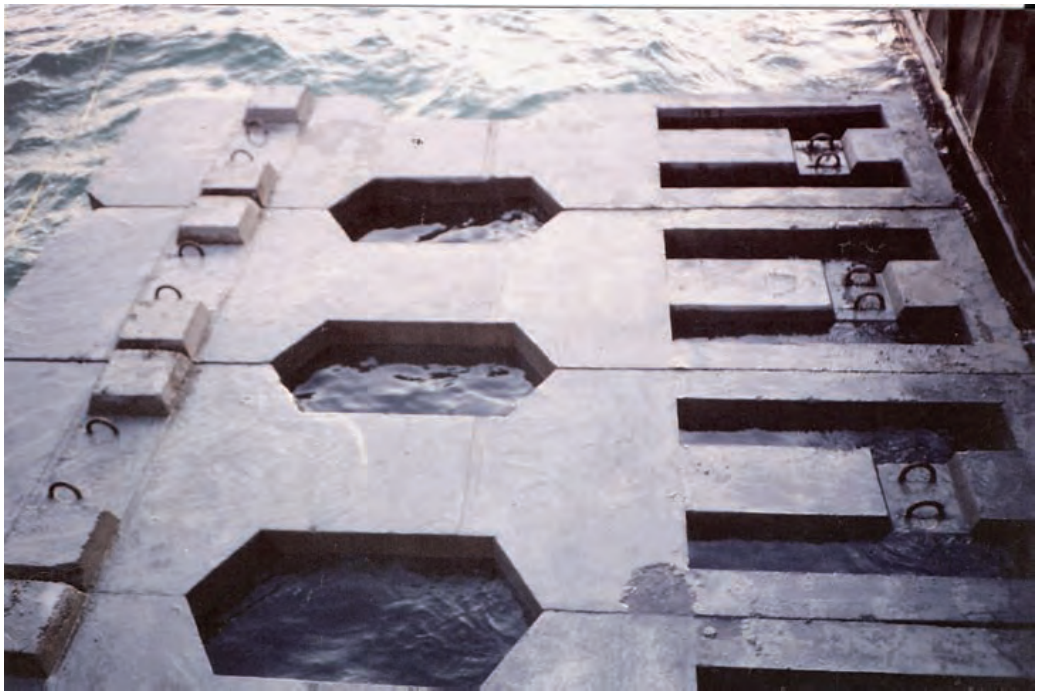


Figura 8.1.2.a B Bloques warock

Las actividades que se realizan en la construcción de este tipo de muelles son las mismas que un muelle de cajones, salvo las que se derivan de sustituir los cajones por bloques, y se relacionan a continuación (figura 8.1.2.a C):

- Dragado de la zanja para la cimentación de la banqueta.
- Mejora del terreno de cimentación si está contemplado en el Proyecto.
- Banqueta de cimentación.
- Enrase de la banqueta.
- Fabricación y acopio de los bloques.
- Colocación de los bloques.
- Relleno de trasdós.
- Rellenos.
- Superestructura.
- Pavimento.

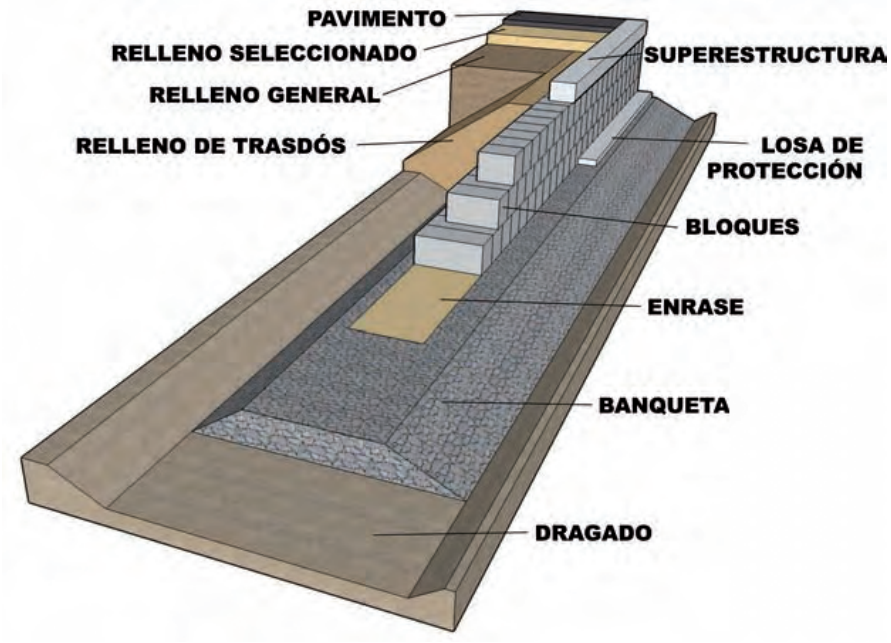


Figura 8.1.2.a C Secuencia constructiva muelle de bloques

A continuación se detallan únicamente las actividades específicas para la construcción de un muelle de bloques, siendo de aplicación para las restantes actividades lo expuesto para los muelles de cajones.

8.1.2.b Construcción y enrase de la banqueta de cimentación

Al tener los muelles de bloques un calado reducido con respecto a los muelles de cajones, la única salvedad consiste en que las operaciones para la construcción y enrase de la banqueta, en ocasiones, se pueden realizar desde tierra con el auxilio de grúas.

8.1.2.c Fabricación de bloques

Los procesos de fabricación de los bloques de hormigón se deben planificar a partir de las siguientes consideraciones:

- Los hormigones con los que se fabrican las piezas deben tener baja relación agua/cemento y consistencia seca. Estas características del hormigón condicionan la fabricación porque:
  - La puesta en obra debe hacerse por medio de cinta, por vertido directo desde camión hormigonera o "*dúmper*", tornillo sinfín o cualquier otro sistema que permita la puesta en obra de hormigón con consistencia seca.
  - Se requieren un vibrado potente.

- Para manipular y colocar los bloques una vez hormigonados se respetarán los plazos temporales requeridos por el Pliego. Se mantendrán en ambiente que favorezca el proceso de curado.
- La circulación de las máquinas que realizan:
  - El movimiento de los encofrados.
  - El hormigonado y el movimiento de cintas, camiones hormigonera, "*dumpers*" y otros equipos.
  - La carga y el transporte de los bloques desde el lugar de fabricación a los acopios. Determinados elementos de elevación de los bloques requieren un espacio en torno a ellos para poder realizar las operaciones.
- Las cargas que se transmiten al terreno por:
  - Maniobras de grandes grúas móviles.
  - El acopio de bloques realizado en altura, que puede transmitir al terreno cargas considerables.
- La evacuación de las aguas superficiales, realizando las explanaciones con las pendientes adecuadas e instalando drenes y cunetas.
- La eliminación de los residuos y de los bloques rechazados.
- Los plazos de disponibilidad de las superficies, donde se ubicarán las plantas de fabricación y los acopios.
- Las características de los encofrados, el número de usos que se hace de los mismos, programando su mantenimiento y su posible restitución. Para lograr una correcta colocación se debe asegurar el paralelismo entre las caras.
- Los plazos de fabricación.

- El tamaño de los bloques que puede requerir transportes especiales para su desplazamiento, en cuyo caso es aconsejable situar el parque en las proximidades del lugar de colocación o conectado a él por vías que permitan el transporte sin restricciones e, incluso, sin requerir permisos o escoltas.

Los procesos de fabricación de bloques de formas complejas se deben establecer atendiendo a las siguientes cuestiones:

- Los procedimientos de los diseñadores, habitualmente sujetos a patentes, que definen:
  - Los encofrados.
  - Las formas de encofrar y desencofrar.
  - Las características del hormigón.
  - Las formas de hormigonar.
  - El proceso de curado.
  - La resistencia exigida al hormigón en las distintas fases.
  - La manipulación y el acopio de los bloques.

8.1.2.d Manipulación, transporte y colocación de bloques

La manipulación de los bloques está condicionada por la forma de enganche para su elevación que debe permitir que se coloquen adosados y por el(los) tipo de grúa(s) que se utilice(n) -fija, móvil o puente-grúa-, en el parque de fabricación y para la colocación de los mismos.

Entre el gancho de la grúa y los bloques se instalan unos artilugios para poder elevarlos, entre ellos los más utilizados son:

- Grupos de eslingas o cadenas, que con grilletes o ganchos se conectan a unas "*asas*" que previamente se han instalado en los bloques de hormigón por distintos procedimientos:
  - Roscando unas piezas a modo de "*asas*" a unos casquillos embutidos en el hormigón. Una vez colocado el bloque se pueden recuperar las "*asas*".
  - Cables metálicos y/o trozos de eslingas destrenzados anclados en la masa de hormigón.

Estos procedimientos que permiten manipular y/o colocar los bloques adosados unos a otros se recomiendan cuando el número de bloques fabricados es pequeño.

- Cadenas, eslingas o bandas textiles de alta resistencia, que alojándose en unas hendiduras que se han dejado en bloques, los abrazan. Los extremos de estas cadenas, eslingas o bandas se conectan con grilletes a los sistemas de elevación:

- Las operaciones son lentas.
- Las inversiones necesarias son muy reducidas.

- Llaves con forma de T invertida, que se introducen en unos alojamientos dejados al efecto en los bloques y al girar se fijan o liberan. Al actuar sobre la cara superior de los bloques permiten adosarlos tanto en la fabricación como en la colocación. Son un procedimiento adecuado cuando el número de bloques a colocar es elevado.

La manipulación de bloques debe hacerse cuando el hormigón haya alcanzado la resistencia mínima requerida.

La manipulación de los bloques de formas especiales se realizará de acuerdo con los procedimientos establecidos por su diseñador.

Para transportar bloques se tiene que considerar:

- El tamaño de los bloques y, en consecuencia, el de los equipos de transporte en tanto que:
  - Requieren un buen estado de las vías para evitar averías y conseguir buenos rendimientos, lo que se logra con una adecuada conservación.
  - Los equipos de transporte se deben equipar para que las piezas se sitúen en el lugar correcto sobre los apoyos dispuestos, para evitar que se dañen.

- Las características de las vías -pendientes, radios de las curvas y anchura- limitan las condiciones del transporte de las piezas e influyen en el rendimiento. Se debe realizar un mantenimiento adecuado de los viales.

Para el diseño y preparación de los acopios se tendrá en cuenta:

- Las características del terreno relativas a:
  - La capacidad portante. Ésta será suficiente para soportar las cargas que transmiten los bloques, en general apilados, y para permitir la operación de los equipos de carga y transporte.
  - La facilidad para adecuar la superficie, la nivelación y la evacuación de las aguas.
  - La conexión con el parque de fabricación y las zonas donde se colocarán los bloques.

- La distribución de los viales y las áreas de almacenamiento para optimizar la entrada, la descarga, la carga y la salida de los bloques, según el tipo y la antigüedad.
- Asegurar la disponibilidad de la superficie durante todo el tiempo necesario.

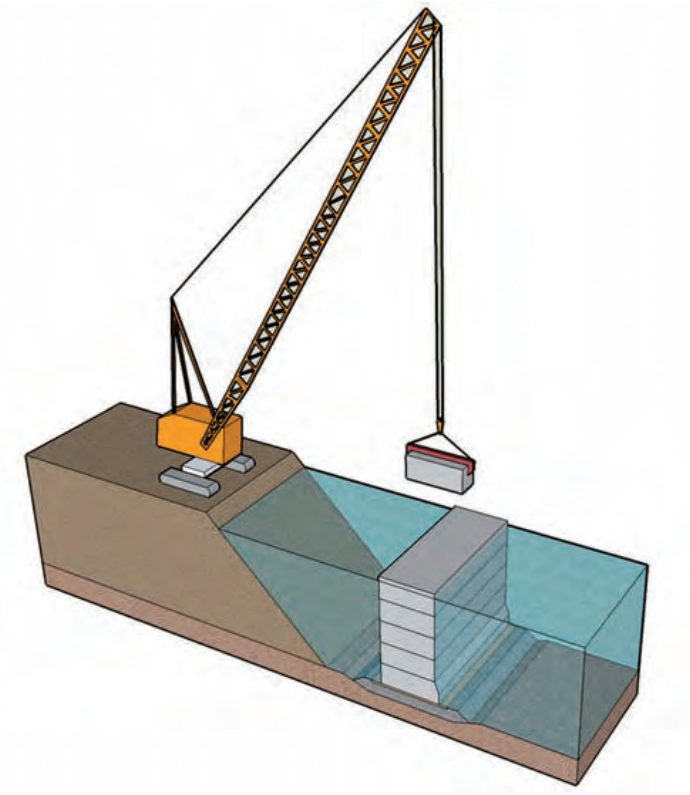


Figura 8.1.2.d Colocación de bloques con grúa

En cuanto a la colocación, cuando se realiza con grúa desde tierra (figura 8.1.2 d), el proceso a seguir es el siguiente:

1.º Diseño de la operación:

- Posicionamiento de la grúa: alcance con bloque emergido y sumergido. Accesos para equipos de transporte.
- Comprobación de estabilidad de los taludes con las sobrecargas de las grúas.
- Secuencia de colocación.

2.º Comprobación de la superficie de apoyo:

- Asegurar que no existen aterramientos.
- Comprobar la geometría del enrase.

3.º Colocación de los bloques:

- En ocasiones, colocadas las hiladas inferiores, es conveniente realizar el relleno del trasdós a la mayor brevedad posible para evitar aterramientos y permitir aproximar los equipos de colocación de las siguientes hiladas.
- Se dispondrá de un procedimiento que permita determinar la posición del bloque una vez colocado y antes de soltar los enganches.
- Se registrará la posición final de cada uno de los bloques.

8.1.2.e Relleno de trasdós

El procedimiento es similar al descrito para un muelle de cajones. Los muelles de bloques tienen un gran número de juntas, por lo que la granulometría del material empleado en el relleno del trasdós debe ajustarse estrictamente a lo previsto en el Pliego. El material que se emplea suele ser escollera, pedraplén o todo-uno de cantera, lo que obliga a disponer un filtro entre el material de relleno de trasdós y el relleno general.

A este respecto, son de aplicación las consideraciones expuestas en el apartado 6.4 *Relleno de trasdós.*

8.1.2.f Rellenos generales

Los rellenos generales se ejecutarán evitando que entren en contacto con los bloques, así como que desplacen los fangos que pudiera haber hacia la zona que debe ocupar el relleno de trasdós.

Cuando se realicen precargas, se asegurará que el incremento de los empujes sobre el muro de bloques no cuestiona su estabilidad.

A este respecto, son de aplicación las consideraciones expuestas en el apartado 6.2 *Rellenos generales.*

8.1.2.g Superestructura

La construcción de la superestructura no se debe iniciar hasta que los bloques, una vez trasdosados, hayan estabilizado los movimientos ocasionados por los empujes.

Son de aplicación las consideraciones realizadas en el capítulo 9 *Superestructura de diques y muelles.*

8.1.3 Muelles de hormigón sumergido

8.1.3.a Introducción

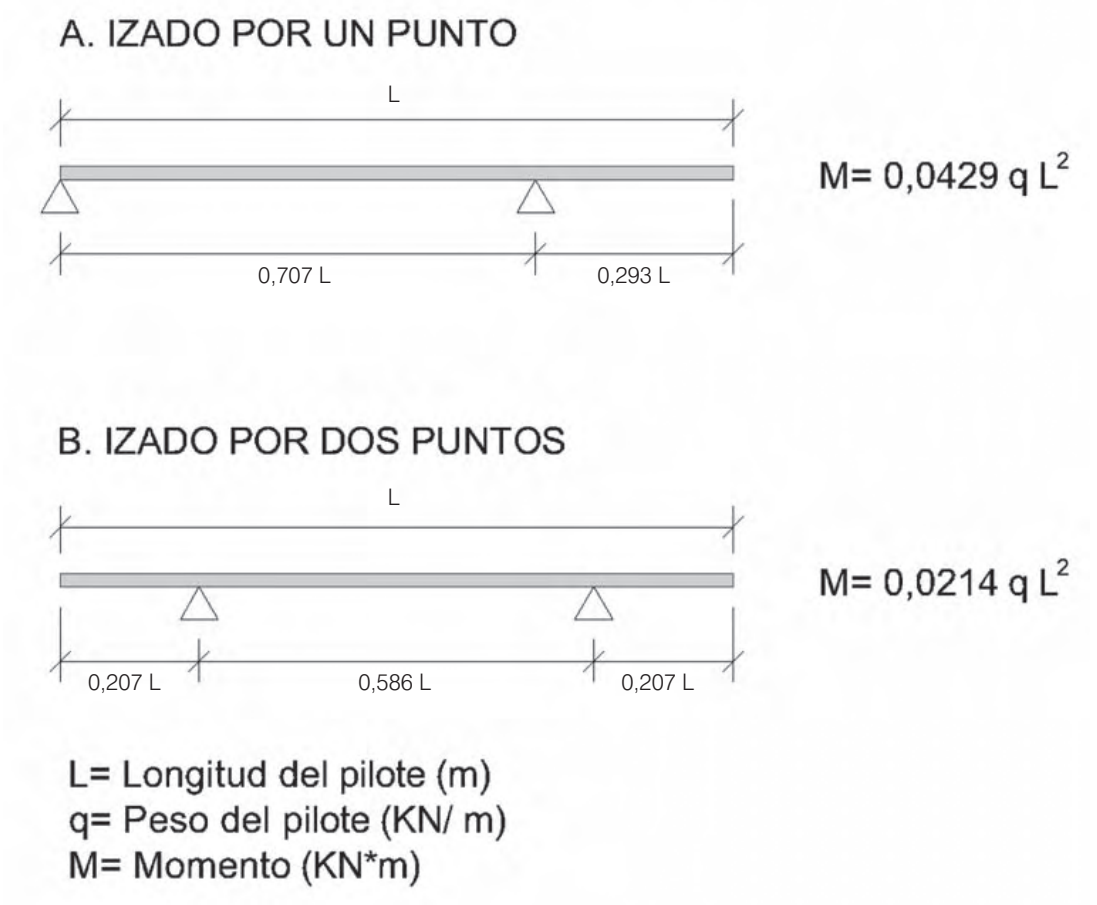
Los muelles de gravedad pueden estar constituidos por una estructura de hormigón en masa. En la figura 8.3.1.a.A se identifican los elementos más característicos de este tipo de muelles. Esta tipología de muelles, hormigonados "*in situ*", es adecuada en los casos señalados a continuación:

- Cuando el terreno sobre el que se cimenta tiene alta capacidad portante y es poco deformable.

- Se controlarán las tensiones y los alargamientos de todos y cada uno de los cables.
- El procedimiento de inyección de lechada en las vainas donde se alojan los cables y el control del mismo asegurará el completo llenado de éstas.
- La recuperación de los anclajes provisionales de pretensado, si los hubiera, se hará cuando la lechada tenga la resistencia adecuada.
- Se refrentarán las cabezas de hinca.

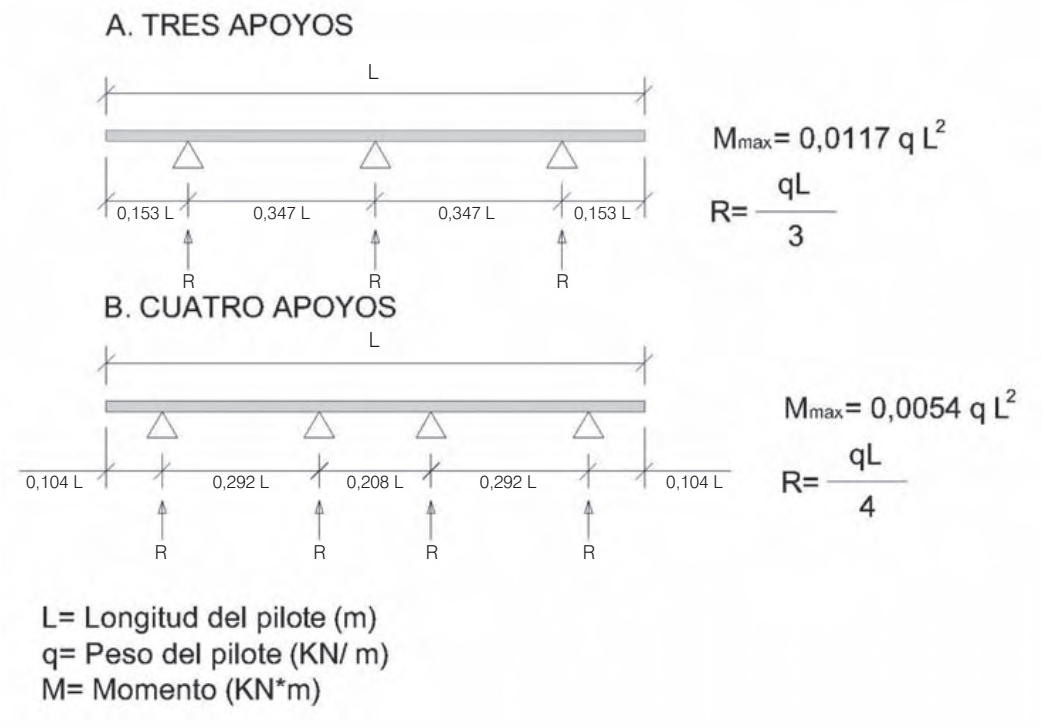
8.2.5.c Manipulación, transporte y acopio de pilotes

Antes de proceder a la manipulación de los pilotes se verificará que, con el sistema de cuelgue previsto, los esfuerzos de flexión máximos no superan los admisibles. En el esquema 8.2.5.c1 se indican los puntos donde deben suspenderse los pilotes para que los esfuerzos de flexión sean mínimos, tanto si el pilote se suspende por uno o dos puntos.



Esquema 8.2.5.c 1 Puntos de suspensión de pilotes

Los pilotes se transportan de forma horizontal apoyados en una serie de puntos. En el esquema 8.2.5.c2 se reflejan los puntos de apoyo bajo la condición de que las reacciones sean iguales en todos ellos, indicándose también el valor del momento máximo.



Esquema 8.2.5.c 2 Puntos de apoyo de pilotes

Los esfuerzos inducidos en los pilotes durante el transporte tienen, además de la componente estática, una componente dinámica producida por la amortiguación de los equipos de transporte. Es conveniente realizar un cálculo dinámico de dichos esfuerzos y, a falta del mismo, se recomienda mayorar los esfuerzos estáticos por 1,5.

El acopio de los pilotes se realizará de forma que:

- Los esfuerzos en los pilotes sean admisibles.
- El terreno por efecto de la carga no tenga deformaciones que puedan afectar a la integridad del pilote.
- Se puedan retirar los pilotes en el orden en que sean requeridos.

Durante la manipulación de los pilotes para su hinca, tanto el(los) punto(s) de los que se suspenden para el izado como la forma de amarre se diseñarán de forma que al finalizar la operación el pilote quede suspendido en la posición en la que debe ser colocado.

8.2.5.d Colocación de pilotes

Cuando los pilotes van colocados a modo de pilas en alojamientos practicados al efecto en zapatas o bien en perforaciones realizadas en el terreno, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Colocar los pilotes con la longitud necesaria evitando cortarlos una vez colocados.
- Rellenar el hueco que queda entre el pilote y el alojamiento para asegurar el correcto empotramiento. Cuando los pilotes son huecos el interior de los mismos se debe rellenar de hormigón en la zona en que estén empotrados.
- Es práctica recomendable rellenar con grava los pilotes metálicos, lo que disminuye la posibilidad de que se produzcan abolladuras.
- Balizar los pilotes instalados para evitar accidentes.

8.2.5.e Hinca de pilotes

No es objeto de esta Guía describir los procedimientos de hinca dado el elevado número de tipos de pilotes, de martillos y de equipos de guiado existentes en el mercado y que tienen establecidos las empresas especializadas. A pesar de ello, se realizan algunas consideraciones generales:

- Esfuerzos en el pilote por maniobras de guiado: durante la hinca las maniobras para guiar el pilote se deben hacer de forma que no se produzcan esfuerzos superiores a los admisibles. A tal fin, previamente se calcularán los esfuerzos en los pilotes durante las distintas maniobras y durante su colocación para la hinca se controlarán los esfuerzos en el pilote midiendo las deformaciones del mismo topográficamente o instalando extensómetros.
- Esfuerzos de hinca: durante la hinca de los pilotes (figura 8.2.5.e A) se producen esfuerzos de compresión en los mismos, alcanzando valores que pueden ser importantes según cuál sea el procedimiento empleado:



Figura 8.2.5.e A Hinca de pilotes con cabria

- Con martillos de simple efecto se pueden llegar a registrar compresiones muy importantes por el golpeo de la maza. No es conveniente continuar la hinca una vez que se alcance el rechazo requerido dado el riesgo de producir daños e, incluso, llegar a causar la rotura del pilote.
- Con martillos de doble efecto, las compresiones que se trasmiten al pilote durante la hinca son menores. No obstante, pueden llegar a comprometer la integridad del pilote si se suman a las provocadas por las maniobras de guiado.
- Con martillos vibradores (figura 8.2.5.e B), o cuando se hinca por la acción de lanzas de agua, los esfuerzos de compresión son muy ligeros o nulos. Sin embargo la vibración del terreno puede inducir asientos en estructuras con cimentación directa cercanas a la zona de hinca.

Durante la hinca se pueden registrar esfuerzos de tracción, que son importantes en el caso de terrenos con poca resistencia a la penetración de los pilotes. Estos esfuerzos de tracción debidos a la hinca, superpuestos en su caso a los de manipulación, pueden llegar a producir la rotura de pilotes de hormigón armado o con pretensado ligero.



Figura 8.2.5.e B Hinca de pilote metálico con martillo vibrador

- Esfuerzos producidos por el agua: si los pilotes están parcial o totalmente sumergidos durante la hinca pueden aparecer esfuerzos por las siguientes causas:
  - Cuando la cabeza del pilote está sumergida y el diseño del proceso de hinca no lo ha tenido en cuenta, el golpeo del martillo puede provocar una onda de presión en el agua que llena el interior del pilote, superior a la que éste puede resistir.

  - En pilotes con tapón de punta (previo o formado durante la hinca) para penetraciones por golpe de gran magnitud -superiores a 1 cm- el movimiento del agua en el interior del pilote (desfasado con el del pilote) puede producir importantes aumentos de presión y la rotura del pilote. Para evitarlo se establecerán medidas paliativas como, por ejemplo, disminuir la energía de hinca y, consecuentemente, la penetración por cada golpe.

- Secuencia de hincado: se planificará el orden de hinca de los pilotes teniendo en consideración que:
  - Los pilotes ya hincados no impidan las maniobras que los equipos tienen que realizar para hincar los restantes.
  - El acceso de los equipos para los empalmes y/o rehinca de los pilotes sea posible en caso de ser necesario.
  - La reparación o sustitución de un pilote por rotura o hinca defectuosa puede condicionar la secuencia.
- Balizamiento: se redactará un proyecto de balizamiento que se someterá a la aprobación de la Autoridad Marítima correspondiente, el cual contemplará la instalación y las modificaciones del balizamiento de los pilotes en función del avance de la obra.
- Afecciones: La hinca de pilotes puede provocar la compactación de los terrenos adyacentes que pueden registrar asientos y aumentar, en su caso, los empujes sobre muros.

8.2.5.f Control de la hinca

Durante la hinca de todos los pilotes se registrarán los controles en un parte que contendrá, entre otra, la siguiente información:

- Coordenadas del punto donde se hinca el pilote.
- Identificación del pilote para permitir la trazabilidad del proceso de fabricación.
- Fecha y hora del comienzo y del final de la hinca.
- Gráfico de la hinca, relacionando el número de golpes y las profundidades alcanzadas.
- Coordenadas del punto donde queda hincado el pilote.
- Incidencias.

Se recomienda que en el impreso donde se confecciona el parte de hinca, esté reflejada la columna estratigráfica más representativa del terreno donde se hinca cada pilote para poder prever su comportamiento.

Cuando sea necesario recabar mayor información del proceso de hinca, se instrumentará el pilote para poder medir de una manera continua la magnitud de determinados parámetros en función de los equipos utilizados (deformaciones, aceleraciones de la onda, etc.). Éstos, una vez procesados, mediante el analizador de hinca, facilitan los datos sobre tensiones en

los pilotes y la capacidad portante de los mismos. A este respecto, cabe señalar que se han conseguido resultados satisfactorios instrumentando el 10% de los pilotes.

La calibración de la instrumentación y la correlación entre el comportamiento del pilote durante la hinca, y el que tendrá una vez hincado, se pueden establecer con la realización de pruebas de carga (figura 8.2.5.f)



Figura 8.2.5.f Prueba de carga

8.3 MUELLES DE PANTALLA

8.3.1 Definición

Este tipo de muelles son estructuras formadas por una pantalla que transmite la cargas al terreno natural mediante su empotramiento en el mismo, y a su trasdós mediante un sistema de anclaje. En la Figura 8.3.1 se identifican los elementos más característicos de este tipo de muelles.

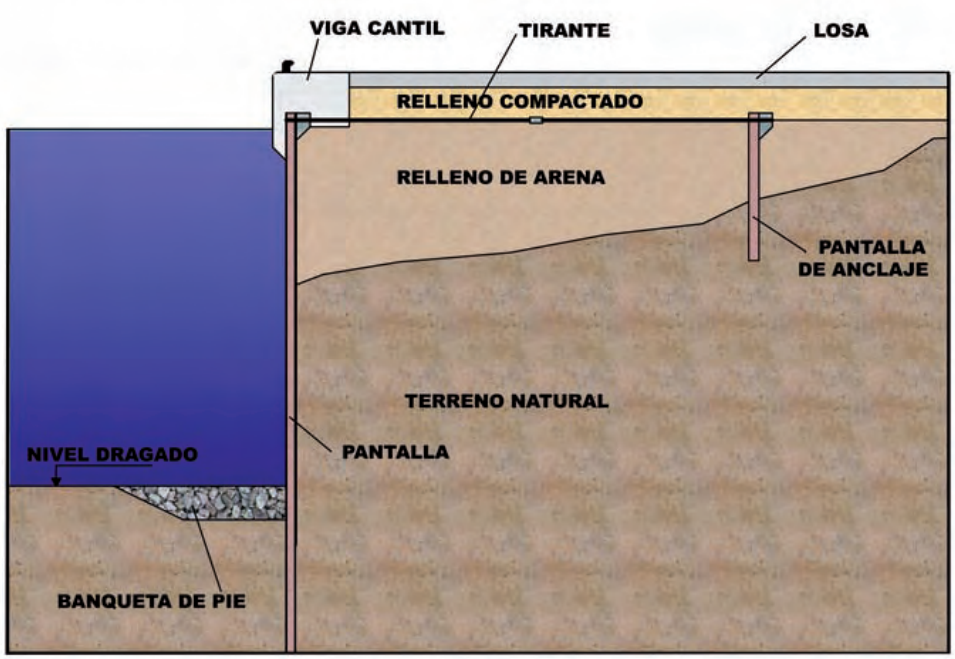


Figura 8.3.1 Sección muelle de pantalla

El anclaje puede estar constituido por una pantalla trasera o bien por una viga de hormigón dispuesta para ese fin.

Los paramentos de estos muelles están generalmente constituidos por:

- Tablestacas metálicas.
- Pantallas de hormigón.

8.3.2 Muelles de tablestacas

Los muelles con pantallas de tablestacas son adecuados en terrenos granulares y que presenten facilidad para su instalación mediante hinca.

La hinca de tablestacas no es viable, o presenta grandes dificultades, cuando hay que atravesar terrenos muy consolidados o con grandes bolos o escolleras. Sin embargo, algunas veces, por ejemplo en el cierre con muelles existentes, es necesario atravesar una banqueta de escollera. En estos casos se recomienda la hinca de perfiles con una inercia adecuada a la operación a realizar, y en todo caso, con un azuche reforzado en punta.

La hinca de las tablestacas, como ocurre con los pilotes, puede realizarse desde una plataforma construida al efecto (FIGURA 8.3.2) o desde equipos flotantes. En el primero de los casos las actividades que se realizan son todas o alguna de las siguientes:

- Dragado del terreno natural. Esta actividad, cuando se realiza, normalmente tiene por objeto realizar una mejora de terreno por sustitución.
- Mejora del terreno de cimentación. Actividad alternativa o complementaria de la anterior.
- Relleno de una mota con anchura suficiente para poder hincar las tablestacas.
- Hinca de la tablestaca desde la mota.
- Construcción de la explanada en una anchura mínima que permita la colocación del anclaje.
- Anclaje de la pantalla de tablestacas.
- Dragado del terreno natural por delante de las tablestacas y de los rellenos sobrantes.
- Protección del pie de las tablestacas con escollera.
- Construcción de la superestructura y habilitación del muelle.



Figura 8.3.2 Hinca de tablestacas desde plataforma terrestre

Cuando las tablestacas se hincan desde medios flotantes las actividades que se realizan son todas o alguna de las siguientes:

- Dragado del terreno natural si está contemplado en el Proyecto, normalmente debido a una mejora de terreno por sustitución.
- Mejora del terreno de cimentación si está contemplado en el Proyecto.
- Hinca de las tablestacas desde medios flotantes.
- Relleno del trasdós de las tablestacas hasta el nivel de anclaje.

- Colocación de anclajes y relleno hasta cota de coronación de muelle.
- Dragado del terreno natural por delante de las tablestacas, en caso necesario.
- Protección del pie de las tablestacas con escollera.
- Construcción de la superestructura (tablero del muelle) y habilitación del mismo.

8.3.3 Muelles de tablestacas construido desde una plataforma terrestre

8.3.3.a Dragado

En ocasiones, el Proyecto contempla el dragado de suelos que no son aptos para servir de soporte al muelle y que tienen que ser sustituidos. Siendo de aplicación las consideraciones recogidas en el apartado 6.1 *Dragados*.

8.3.3.b Mejora del terreno

Cuando el Proyecto lo contemple se realizarán las actividades de mejora del terreno para lo que son de aplicación las consideraciones recogidas en el Capítulo 6.3 *Mejora de terrenos.*

8.3.3.c Relleno de la explanada

La explanada que se rellena, en primer lugar, para formar una plataforma de trabajo para hincar las tablestacas pasará posteriormente a formar parte del muelle, lo que obliga a:

- Verificar, en el caso de que se hubieran realizado dragados o trabajos para la mejora del terreno, que no se han depositado terrenos inadecuados.
- Asegurar que el material que se utiliza para el relleno satisface las especificaciones del Pliego para aquellos materiales que van a formar parte de los rellenos definitivos.

8.3.3.d Tipos de tablestacas

Se utilizan una gran variedad de tablestacas tanto metálicas como de hormigón. Los perfiles metálicos más utilizados como tablestacas son los Z, U, I ó II. La combinación de distintos perfiles de tablestacas entre sí da lugar a una gama variada de soluciones de pantallas.

Las tablestacas se reciben y acopian en obra. En función de su inercia y de la forma de manipulación hay que considerar que existe riesgo de deformaciones plásticas.

En el acopio deberá protegerse sobre todo las juntas de unión y guiado de las tablestacas.

8.3.3.e Martillos

Los martillos que se utilizan para hincar tablestacas pueden ser de uno de los siguientes tipos:

- Martillos diesel de doble efecto. La capacidad de hinca es alta en relación con el peso del martillo. Tienen una eficacia alta con la frecuencia de golpeo para la que están diseñados, disminuyendo de forma significativa si se varía ésta.
- Martillos de simple efecto. Consisten en una maza que se eleva y se deja caer sobre una pieza que apoya sobre la tablestaca. La elevación de la maza se puede hacer mediante:
  - Cable accionado por un cabrestante.
  - Hidráulicamente.
  - Aire comprimido.
  - Vapor.

Cuando se opera adecuadamente se consiguen eficacias entre el 75% y el 80%. En el mercado existen martillos de tamaño muy variable: en los mayores el peso de la maza llega a 200 kN y la altura de caída 3,4 m. La frecuencia se sitúa en torno a 40 golpes por minuto.

- Martillos de doble acción, tanto hidráulicos como accionados por aire comprimido.
- Martillos vibratorios. En general tienen una frecuencia entre 800 y 1.800 rev/min (algunos martillos tienen la posibilidad de regular la frecuencia), y los últimos martillos de alta frecuencia alcanzan las 3.000 rev/min, produciendo una fuerza centrífuga de 500 kN. Como orden de magnitud, la fuerza centrífuga F(kN), adecuada para hincar una tablestaca con un peso de P(N) a una profundidad de h(metros) es del orden de:

$$F = 15(h+1{,}8\ P) / 100$$

- Hinca por presión. Se hincan las tablestacas con un gato hidráulico soportando la reacción las tablestacas ya hincadas.

8.3.3.f Hinca de tablestacas

Los equipos de hinca de tablestacas pueden alcanzar altos rendimientos, ya que la hinca de una tablestaca se puede completar en escasos minutos. Las operaciones auxiliares son, por tanto, determinantes de los rendimientos:

- Colocación de las guías (figura 8.3.3.f).
- Suministro de tablestacas.
- Instalación de sombreretes o sufrideras en caso de que la hinca sea por percusión.

- Colocación de los perfiles para los anclajes.
- Corte de los sobrantes.



Figura 8.3.3.f Guía de tablestacas

Los procedimientos de ejecución y los sistemas de control que se adopten deben asegurar:

- El acceso y la evolución de las máquinas. Se debe disponer del espacio necesario para realizar las maniobras de descarga, elevación e hinca de los perfiles.
- La correcta situación en planta de la tablestaca.
- La hinca hasta la cota y/o estrato previsto en el Proyecto.
- La correcta colocación de los perfiles para los anclajes.
- La adecuada conexión entre las tablestacas.

Si la hinca se realiza por vibración, deberá tenerse en cuenta que las vibraciones pueden dañar instalaciones o estructuras cercanas. Para disminuir este efecto se usarán vibradores de alta frecuencia.

8.3.3.g Anclajes y rellenos

Los tirantes con los que se anclan las tablestacas, la conexión con las mismas, su puesta en tensión y el relleno de tierras (figuras 8.3.3.g A, B y C) en el que quedan sumidos constituyen la parte más delicada de los muelles de tablestacas y deben ser ejecutados con estricta ob-

servancia de las prescripciones de los Pliegos y de los procedimientos establecidos por los fabricantes. En particular se destaca que:

- Antes de iniciar la compactación de los terrenos, los anclajes requieren una tensión entre el 5% y el 10% de la tensión nominal para controlar las deformaciones en el cantil del muelle.
- Se pondrá especial atención en la elección del material de relleno en contacto con los anclajes y en su forma de ejecución para no producir daños en ellos.



Figura 8.3.3.g A Pantalla de tablestacas



Figura 8.3.3.g B Anclajes



Figura 8.3.3.g C Relleno

8.3.3.h Dragado del terreno natural y rellenos sobrantes

El dragado de los rellenos sobrantes y en su caso del terreno natural se realizará cuando la pantalla de tablestacas esté anclada.

8.3.3.i Superestructura

La construcción de la superestructura se iniciará después de que los anclajes hayan entrado en carga, ya que la entrada en carga de los anclajes va acompañada de unas deformaciones que pueden producir fisuras o roturas en la superestructura.

Son de aplicación las consideraciones que se hacen en el capítulo 9 *Superestructura de diques y muelles.*

En la Figura 8.3.3. se muestran las fases más habituales en la construcción de un muelle de tablestacas construido desde una plataforma terrestre.

8.3.4 Muelles de tablestacas construidos desde equipos flotantes

Hincar las tablestacas con medios marítimos (flotantes o semi-flotantes) evita la realización de rellenos y posterior retirada de los materiales Figura 8.3.4. A).

Las tablestacas y los martillos que para su hinca se utilizan son los mismos que cuando los trabajos se realizan desde tierra.

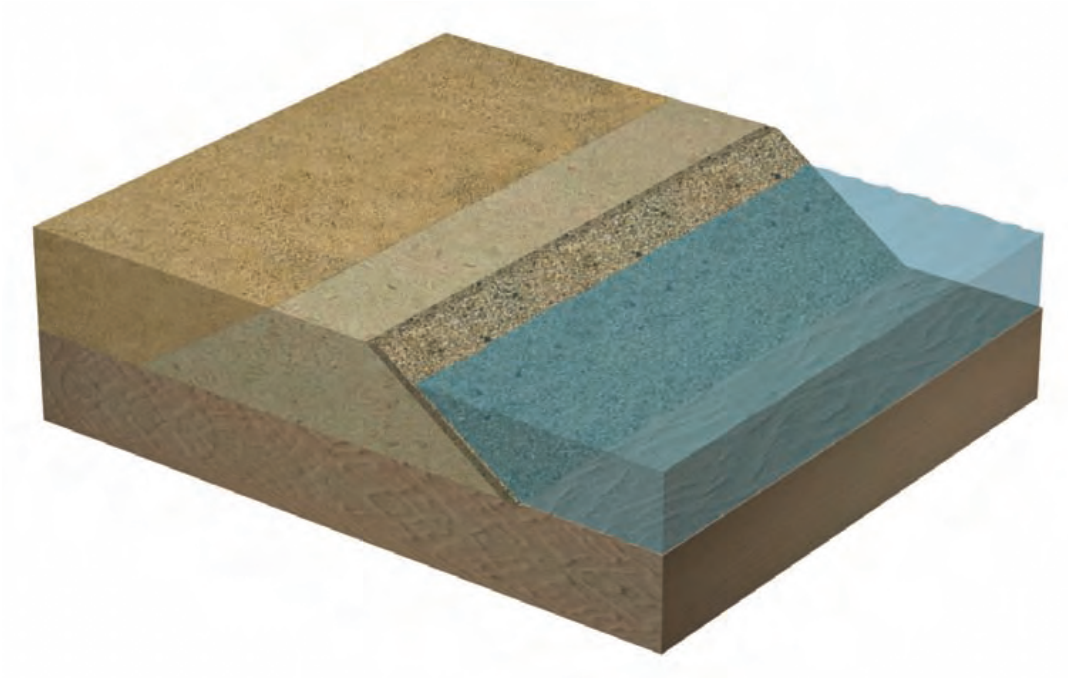


Figura 8.3.4. A Hinca de tablestacas con medios marítimos

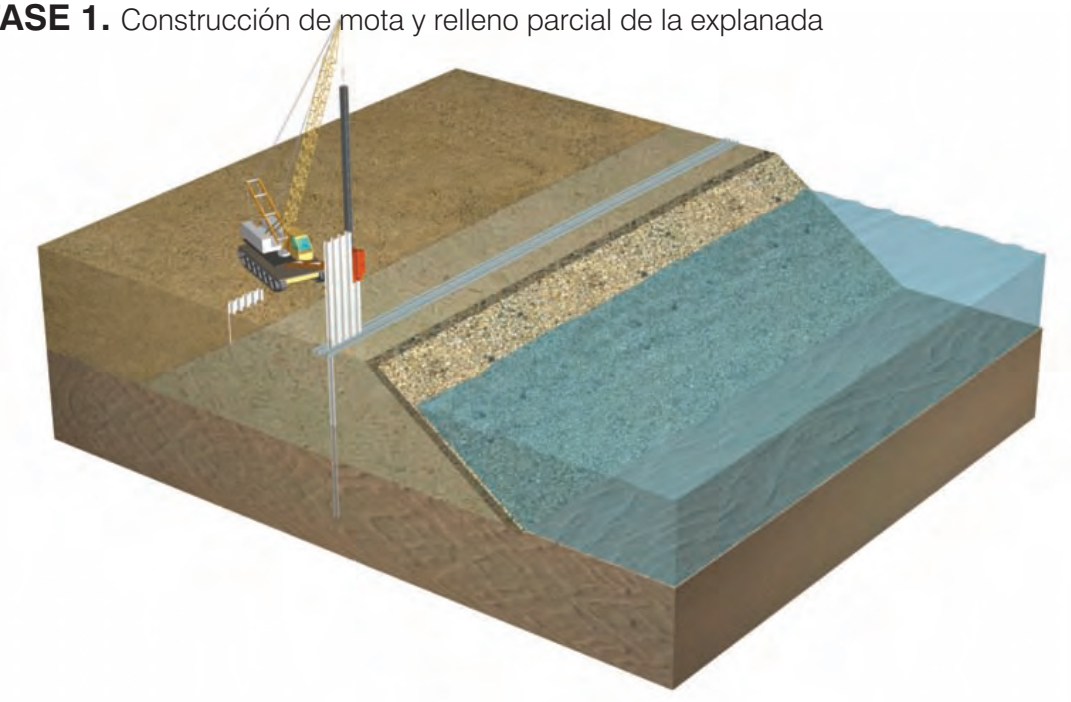
Cuando la pantalla se hinca con medios flotantes (figura 8.3.4. B), es necesario verificar las condiciones de estabilidad de la pantalla en función del nivel de relleno en su trasdós, y las condiciones de sustentación de la misma.

Ejemplo de construcción de un muelle de tablestacas construido desde una plataforma terrestre

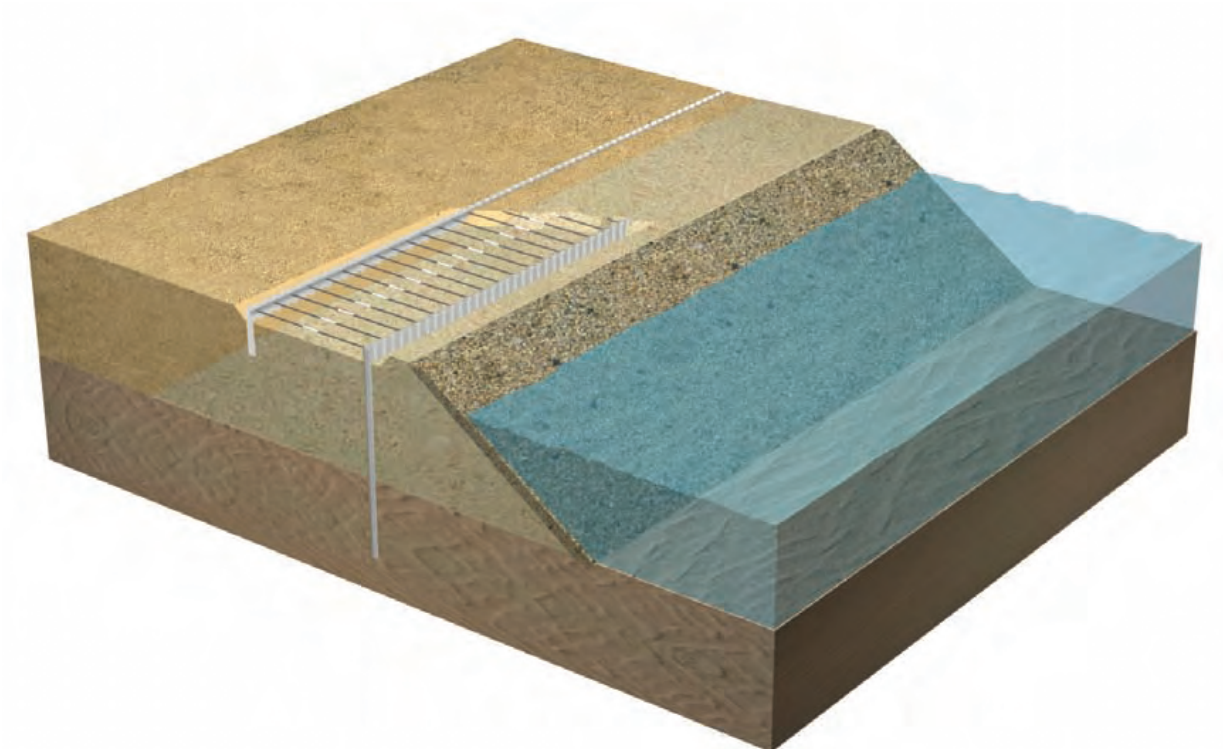
Figura 8.3.3



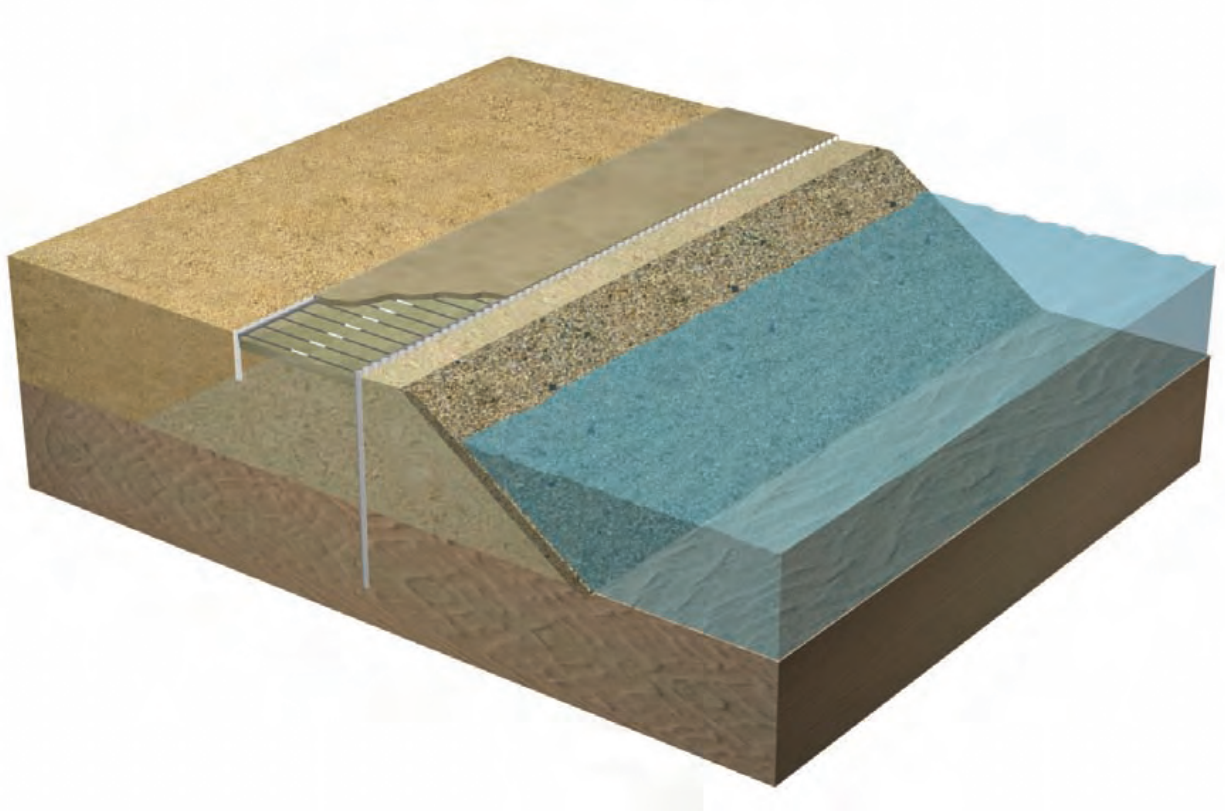
FASE 1. Construcción de mota y relleno parcial de la explanada



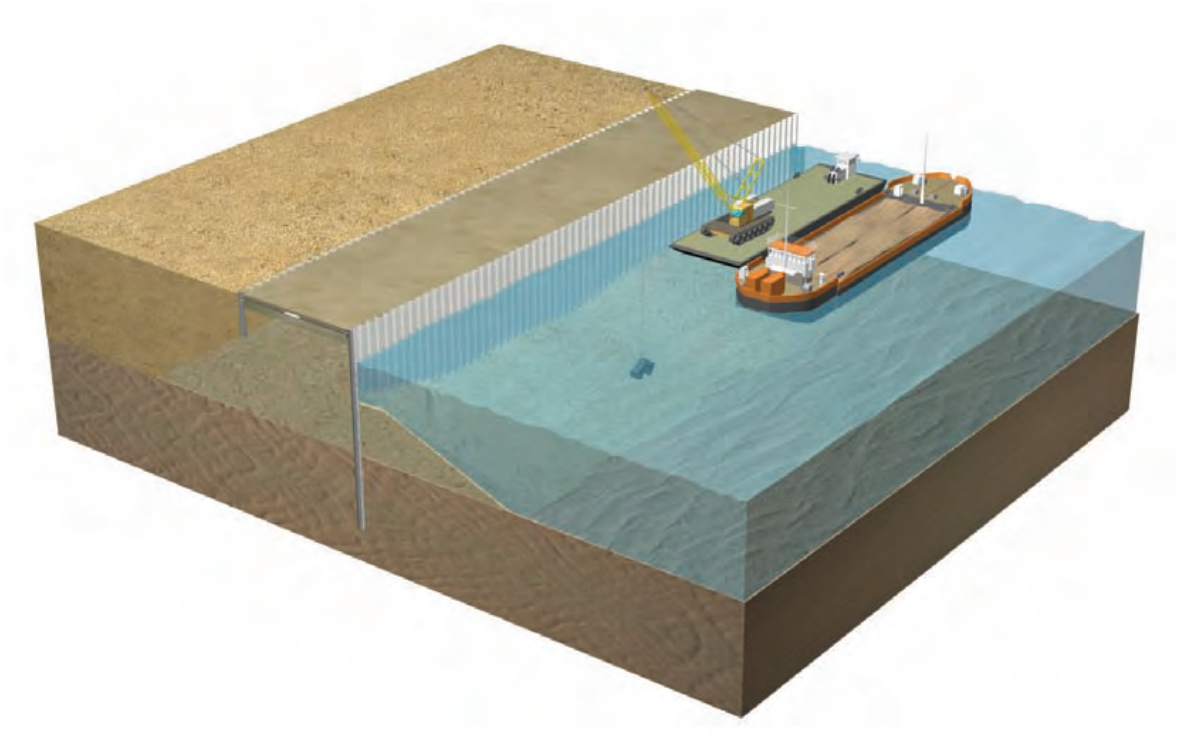
FASE 2. Hinca de pantallas



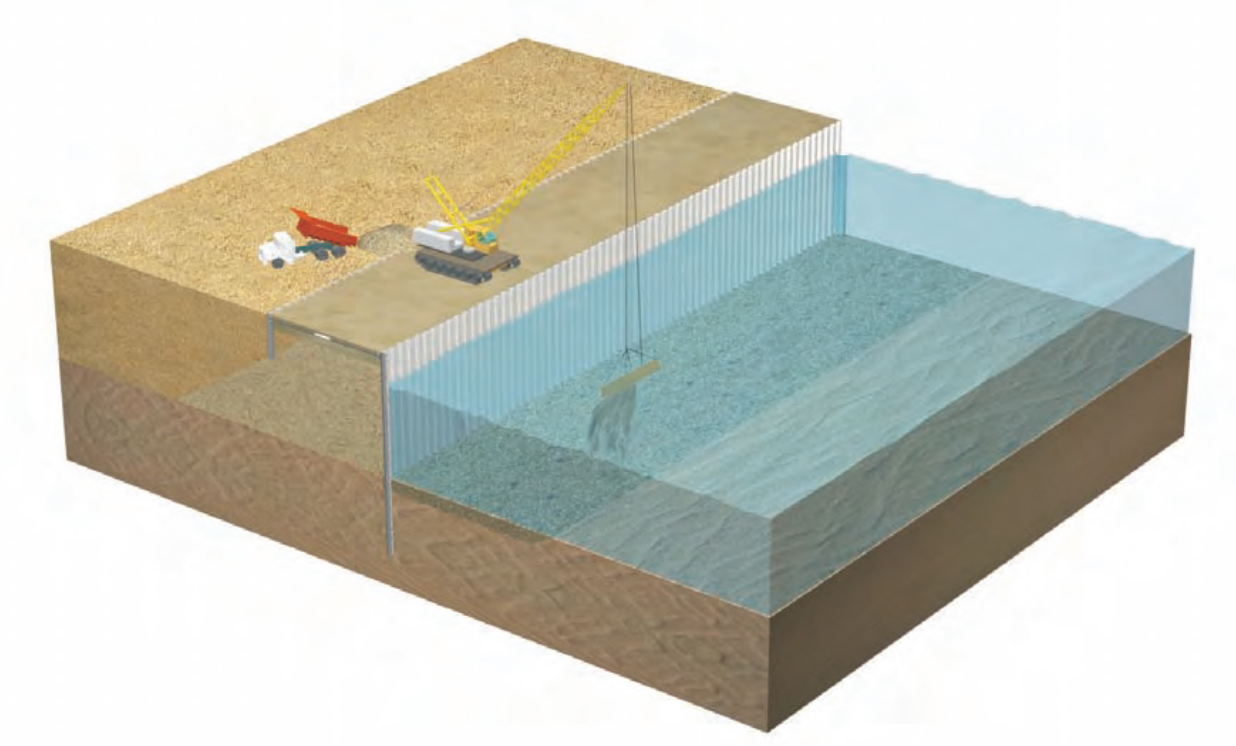
FASE 3. Excavación y colocación de tirantes



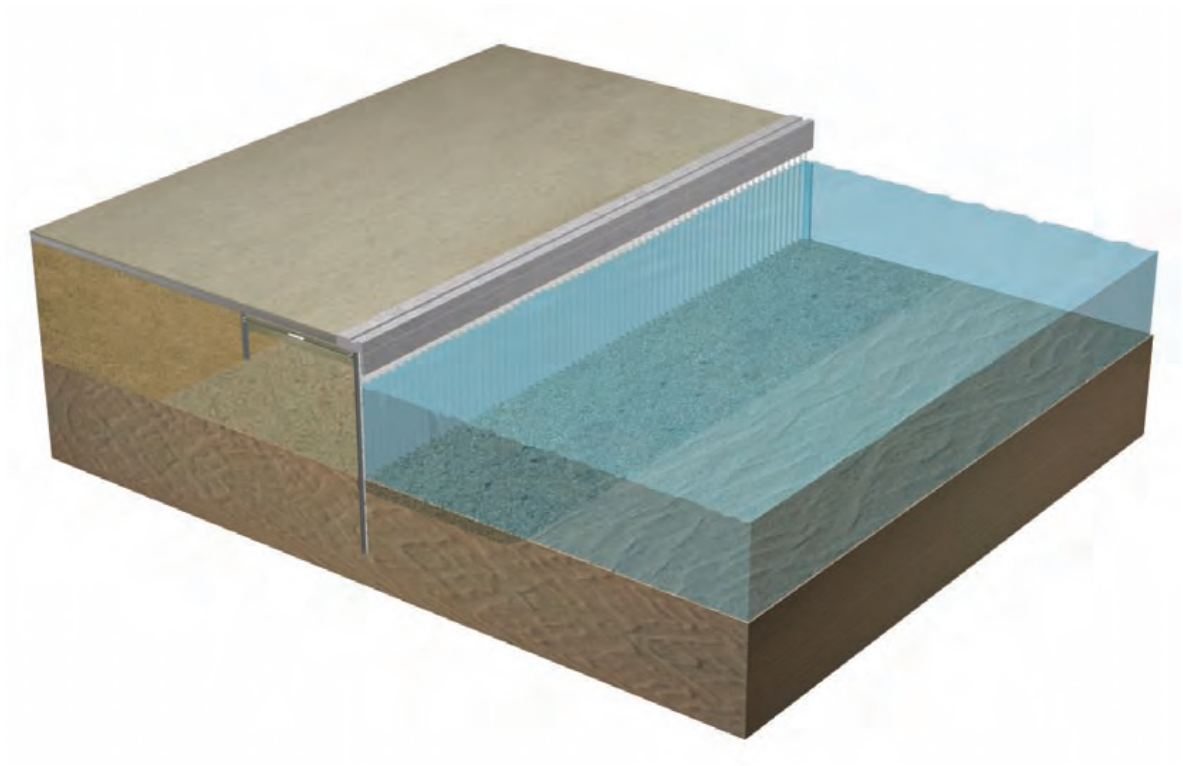
FASE 4. Relleno zona de anclajes



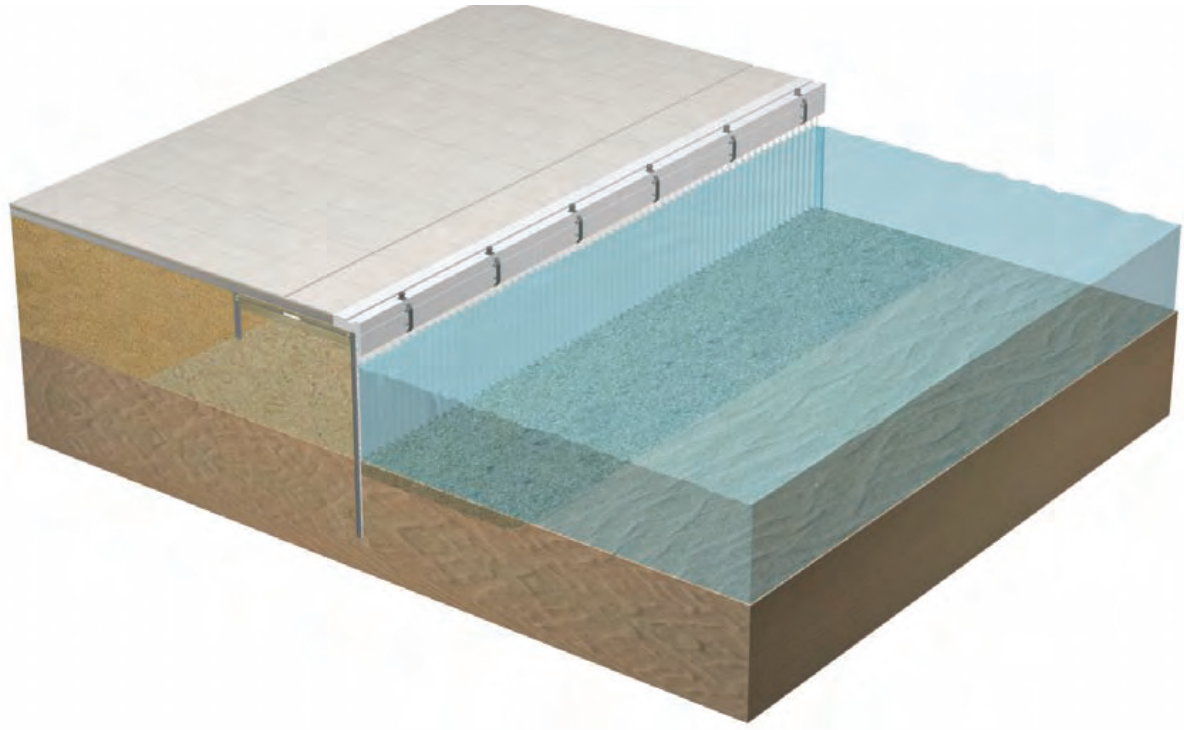
FASE 5. Dragado del frente de relleno



FASE 6. Protección de escollera del pie de pantalla



FASE 7. Construcción de viga cantil



FASE 8. Pavimentación y habilitación del muelle

La mejor solución desde un punto de vista constructivo es que la tablestaca pueda trasdosarse trabajando en ménsula hasta la cota de anclaje. Colocados los anclajes correspondientes, se continuará el relleno hasta la cota de coronación de explanada avanzando desde el anclaje a la pantalla.

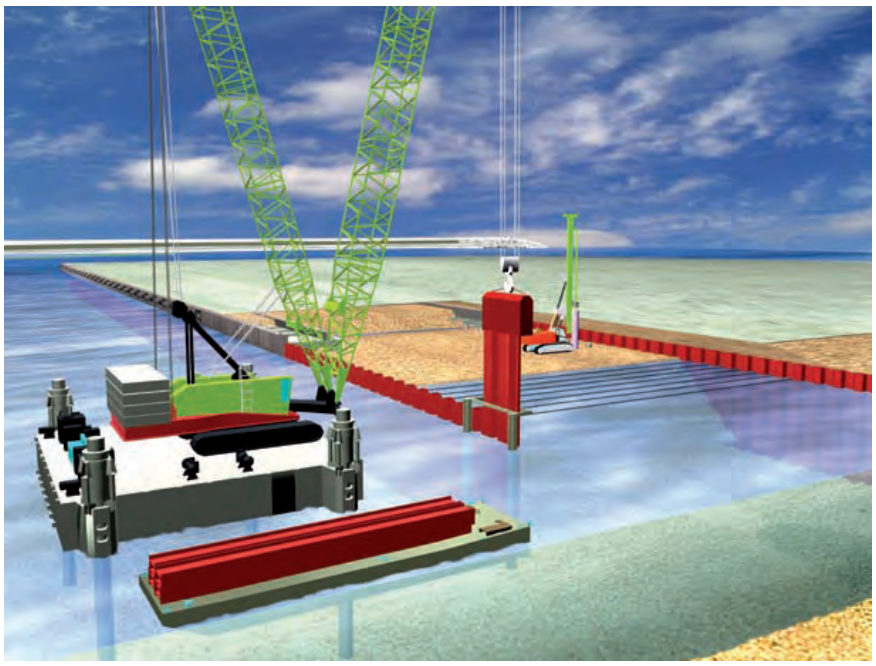


Figura 8.3.4. B Secuencia muelle de tablestacas con medios marítimos

8.3.5 Muelles de pantallas de hormigón

8.3.5.a Introducción

Las pantallas de hormigón construidas "*in situ*" son una solución escasamente utilizada para muelles, debido a las dificultades que esta técnica entraña para la ejecución porque:

- Habitualmente se tienen que ejecutar sobre rellenos no consolidados.
- La reparación de los paramentos externos de la pantalla es difícil.
- Se tiene gran dificultad para mantener los recubrimientos de las armaduras con la tolerancia exigida en las obras marítimas.

En todo caso, si se construyen pantallas de hormigón "*in situ*". La secuencia constructiva es la siguiente:

- Dragado del terreno natural. Esta actividad, cuando se realiza, normalmente tiene por objeto realizar una mejora de terreno por sustitución.

- Mejora del terreno de cimentación. Actividad alternativa o complementaria de la anterior.
- Relleno de una mota con anchura suficiente para poder construir la pantalla.
- Construcción de la pantalla desde la mota.
- Construcción de la explanada en una anchura mínima que permita la colocación del anclaje.
- Anclaje de la pantalla.
- Dragado por delante de la pantalla del terreno natural y de los rellenos sobrantes.
- Protección del pie de la pantalla con escollera.
- Finalización de la superestructura y habilitación del muelle.

En los apartados siguientes se analizan estas actividades.

8.3.5.b Dragado

En ocasiones el Proyecto contempla el dragado de suelos que no son aptos para servir de soporte al muelle o, para permitir la construcción de pantallas de hormigón a través de ellos, y que tienen que ser sustituidos. Son de aplicación las consideraciones recogidas en el apartado 6.1 *Dragados*.

8.3.5.c Mejora del terreno

Cuando los rellenos no son adecuados para construir pantallas, es necesario su mejora para lo que son de aplicación las consideraciones recogidas en el apartado 6.3 *Mejora de terrenos.*

8.3.5.d Construcción de la mota

El material con el que se construya la mota debe ser homogéneo y tener unas características que:

- Cumpla las especificaciones del Pliego para el relleno del trasdós del muro de pantalla.
- Permita la construcción de las pantallas, teniendo en cuenta que el sostenimiento de la excavación se realiza con lodos tixotrópicos.
- Asegure el margen necesario por delante de la pantalla, incluso en sucesivas pérdidas de finos por acción del mar.

En todo caso el material con el que se rellene la zona donde se construyan las pantallas, será "*no plástico*" y no contendrá tamaños mayores de 20 cm.

8.3.5.e Construcción de las pantallas

Las pantallas se ejecutarán de acuerdo a las especificaciones del Pliego y se tendrá en consideración:

- Los muros guías se construirán de forma que queden enteramente por encima del nivel del agua, para lo que la superficie de la plataforma se construirá, al menos, 1.50 m por encima de la cota de la pleamar.
- Durante el hormigonado se asegurará que las armaduras no se desplazan.
- El hormigonado se realizará a través de una tubería cuyo extremo se mantendrá siempre dentro del hormigón.
- Introducción de juntas que garantice la continuidad de la pantalla para conseguir la mayor estanqueidad posible.
- En rellenos o terrenos muy permeables suele ser conveniente la ejecución previa de una pantalla de bentonita cemento que después se reexcava para ejecutar la pantalla de hormigón.

8.3.5.f Anclaje de las pantallas

Una vez construidas las pantallas se instalarán los anclajes y se pondrán en tensión.

8.3.5.g Dragado del terreno natural y de los rellenos sobrantes

Puestos en tensión los anclajes se procederá a retirar los terrenos que queden por delante del paramento del muelle. Para lo que se actuará de la siguiente forma:

- Se evitará dañar el paramento de hormigón.
- La retirada del terreno se hará dragando por capas de altura no mayor de dos metros.

8.3.5.h Superestructura

Cuando se hayan dragado los rellenos sobrantes y reparado, en caso necesario, el paramento de la pantalla de hormigón se procederá a construir la superestructura para lo que es de aplicación lo que se expone en el capítulo 9.- *Superestructura de diques y muelles*.

En caso de no existir superestructura se construirá una viga de atado que garantice e funcionamiento solidario de los diferentes módulos de pantalla.

8.4 MUELLES AUXILIARES Y CARGADEROS

8.4.1 Introducción

En ocasiones, en las obras marítimas es necesario construir instalaciones portuarias para realizar operaciones de:

- Carga en los gánguiles y en las pontonas de todo-uno, escolleras (naturales o artificiales) y/o material para relleno.
- Atraques de las embarcaciones que realizan los trabajos: remolcadores, dragas, gánguiles, cabrias, pontonas, etc.
- Armamento de las embarcaciones y de los diques flotantes.
- Atraque de las embarcaciones auxiliares para el transporte del personal, el embarque de pilotes, tablestacas, tuberías para las dragas, etc.

Cuando estas instalaciones forman parte del Proyecto se integrarán dentro de la planificación general de la obra. Sin embargo, es muy frecuente que el Proyecto no contemple estas instalaciones portuarias porque las considera como instalaciones auxiliares de obra y, entonces, habrá que proceder a su diseño.

Cuando las obras se realizan en un puerto existente lo habitual es utilizar alguno de los muelles del puerto como muelle auxiliar de obra o, en todo caso, se procede a la construcción de un muelle provisional dentro de las aguas abrigadas del puerto.

Para la construcción de puertos de nueva creación puede ser necesaria la construcción de un puerto de servicio (figura 8.4.1).

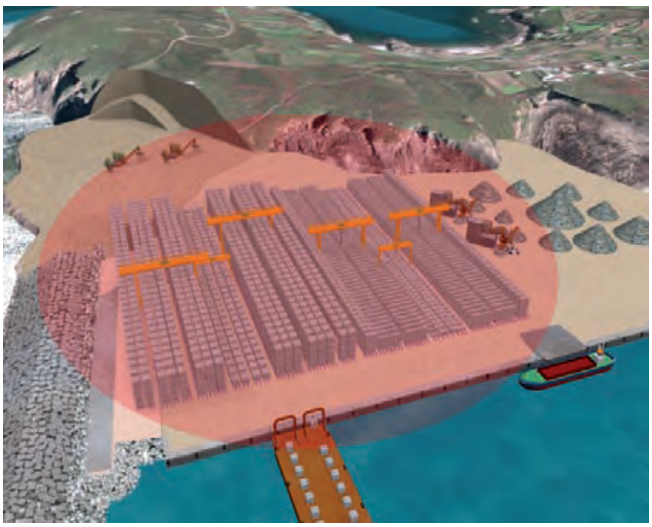


Figura 8.4.1 Puerto de servicio

8.4.2 Diseño del puerto de servicio

El proyecto del puerto de servicio debe formar parte del Proyecto de la obra y en su diseño se tendrá en consideración:

- Crear un área de agua con abrigo suficiente, mediante la construcción de los oportunos diques, que permita realizar las operaciones de carga ligadas a la construcción del puerto, mediante la construcción de los muelles necesarios.
- En el puerto de servicio fundamentalmente se instalan cargaderos para escolleras y "todo uno". Por tanto los calados requeridos son reducidos.
- La superficie abrigada debe ser suficiente para permitir maniobrar a los gánguiles en su interior.
- La posible utilización posterior del puerto de servicio para otras actividades portuarias.
- La necesidad de su desmantelamiento total o parcial.
- La vida útil.
- El requerimiento de compatibilizar su explotación con la construcción del resto de la obra.

8.4.3 Diseño de muelles auxiliares

En el Proyecto de las instalaciones marítimas auxiliares (figura 8.4.3) se tendrán en consideración los siguientes aspectos:

- La agitación existente en los muelles que debe ser compatible con las operaciones a realizar.



Figura 8.4.3 Muelle auxiliar

- La longitud, calado y anchura serán las que demanden los buques y artefactos flotantes que tengan que operar. Algunas actividades como la de fabricación de cajones requieren muelles con gran calado.
- La durabilidad está limitada a la vida útil prevista para estas instalaciones.
- Se preverá el desmantelamiento de estas instalaciones provisionales.

8.4.4 Tipologías

En muelles auxiliares de nueva construcción se han utilizado, o se pueden utilizar, la casi totalidad de las tipologías estructurales. En función de los condicionantes que se presenten en cada caso se optará por:

- CAJONES. Utilizar, uno o varios cajones fabricados en otro lugar y transportados, como muelle auxiliar para la fabricación del resto de los cajones. El muelle auxiliar puede ser parte de la obra definitiva o puede requerir que los cajones sean reflotados, transportados y fondeados en la ubicación definitiva.
- TABLESTACAS. Las tablestacas con las que se construyen muelles provisionales son fácilmente extraíbles y pueden ser reutilizadas.
- BLOQUES DE HORMIGÓN. Hay que diseñarlos con un sistema de enganche que permita su recuperación. Pueden ser reutilizados.
- HORMIGÓN SUMERGIDO. Para su construcción no se requiere equipos especiales, siendo idóneos en zonas con pocos medios. Presentan importantes dificultades para su desmantelamiento.
- OTRAS TIPOLOGÍAS. También se pueden habilitar muelles auxiliares de las siguientes formas:
  - Con pontonas flotantes o varadas provisionalmente.
  - Con pontonas elevadas sobre patas.

Un análisis detallado de los aspectos reseñados, de la disponibilidad de los medios, de los equipos y de los plazos disponibles, permitirá adoptar la solución idónea.

8.4.5 Cargaderos

Son un caso particular de muelles auxiliares**,** dedicados fundamentalmente a la carga de material de relleno, todo-uno, escolleras y bloques, se caracterizan porque requieren un calado reducido (entre 4 m y 5 m).

Los cargaderos de gánguiles (figura 8.4.5 A) están formados por estructuras que permiten que los equipos de transporte de material de relleno, todo-uno y escolleras puedan bascular su carga en el interior de las cántaras de los gánguiles (figura 8.4.5 B).

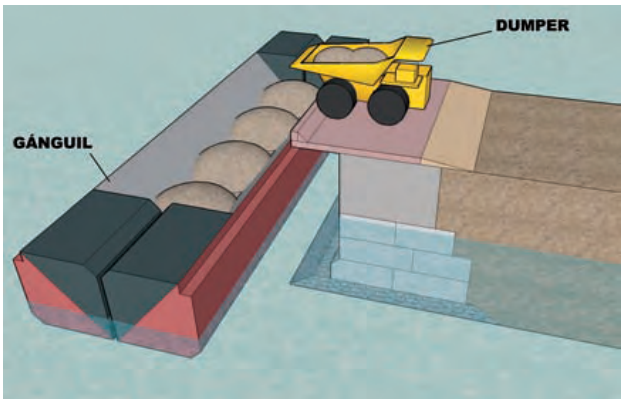


Figura 8.4.5 A Cargadero



Figura 8.4.5 B Descarga en gánguil

Para su diseño se consideran los siguientes aspectos:

- Las características de los camiones: dimensiones, cargas que transmiten y número de equipos que operan simultáneamente.
- Las características de los gánguiles: dimensiones de la embarcación y de las cántaras. Entre ellas:
  - La manga del gánguil dimensiona la longitud que debe volar la estructura del cargadero para permitir que el material sea basculado en el centro de la cántara.
  - El gálibo es el requerido para permitir el atraque del gánguil en lastre bajo la estructura del cargadero, con un resguardo de 0,5 m.
  - El calado necesario es el del gánguil a plena carga para que con marea baja se disponga de un resguardo de 1 m para compensar posibles aterramientos.
  - La agitación que producen las hélices de los gánguiles puede socavar la cimentación del muelle, en cuyo caso se protegerá.
  - Las estructuras de los cargaderos permitirán la operación simultánea al menos de dos equipos de transporte.
  - Se dispondrá de zonas de acopio en las proximidades del cargadero.
- El clima marítimo:
  - La altura de ola con la que se debe operar.
  - Las alturas máxima y mínima de la marea previstas en el período de trabajo del cargadero.
- Las necesidades de carga: determinarán el número de gánguiles que cargan simultáneamente y, en consecuencia, el número de estructuras necesarias.

- Las superficies de acopio: Los acopios pueden independizar en alguna medida el transporte terrestre del marítimo. Éstos permiten:
  - Continuar con el transporte terrestre, depositando el material en el acopio, cuando el estado del mar no permite el transporte y el vertido marítimo.
  - Realizar el transporte y vertido con los gánguiles en períodos de paralización del transporte terrestre, por operatividad de la cantera, por limitaciones horarias, por conflictos laborares, etc.

Durante la utilización del cargadero se verificará que:

- El estado de la cimentación de los muelles, especialmente en lo que concierne a la socavación de la banqueta de cimentación del muelle.
- La caída de material no produce aterramientos y disminuciones del calado que puedan afectar la operación de los gánguiles; en caso contrario, se dragará.



Figura 8.4.5 C Descarga en gánguil con retroexcavadora.

Superestructura de diques y muelles

9.1 INTRODUCCIÓN

Dentro del capítulo *SUPERESTRUCTURA DE DIQUES Y MUELLES*, se incluyen las siguientes unidades de obra:

- Espaldones de diques en talud y de diques verticales.
- Vigas cantil de muelles.
- Vigas traseras, vigas riostras, galerías de servicio, canaletas y conducciones en los muelles.

Las superestructuras de las obras marítimas con frecuencia están afectadas por las mareas y el oleaje y, por lo tanto, sometidas a repetidos ciclos de húmedo/seco y a salpicaduras. Para asegurar la durabilidad de estas construcciones en ambiente agresivo hay que prestar una especial atención a la colocación de las armaduras y a la elaboración y puesta en obra del hormigón.

- ARMADURAS. Se tendrán en consideración los siguientes aspectos:
  - Se evitarán períodos prolongados de acopio.
  - Se arbitrarán procedimientos para asegurar que los recubrimientos son los prescritos en el Pliego.
  - En zonas sometidas a ciclos húmedo/seco las armaduras se colocarán con la menor anticipación posible respecto del hormigonado. Además, cuando sea necesario, inmediatamente antes de hormigonar, se lavarán con agua dulce.

- HORMIGONES. Se elaborarán y se pondrán en obra con estricta observancia de las prescripciones del Pliego y de la normativa vigente. En particular, se tendrán en consideración los siguientes aspectos:
  - Los cementos que se emplean en estas unidades de obra requieren, en determinadas ocasiones, plazos prolongados para su suministro así como la instalación de silos para su almacenamiento, por lo que su utilización deberá ser planificada con suficiente antelación.
  - A fin de disminuir al máximo la permeabilidad del hormigón, es recomendable utilizar dosificaciones cerradas con la adecuada proporción de finos. Se consigue disminuir sensiblemente la permeabilidad con la adición de microsílice.



Figura 8.1.3.d A Encofrado perdido

- **ENCOFRADOS A DOS Y CUATRO CARAS**

Los encofrados con un número par de caras enfrentadas dos a dos (figura 8.1.3.d B y C) permiten arriostrar o atirantar éstas.

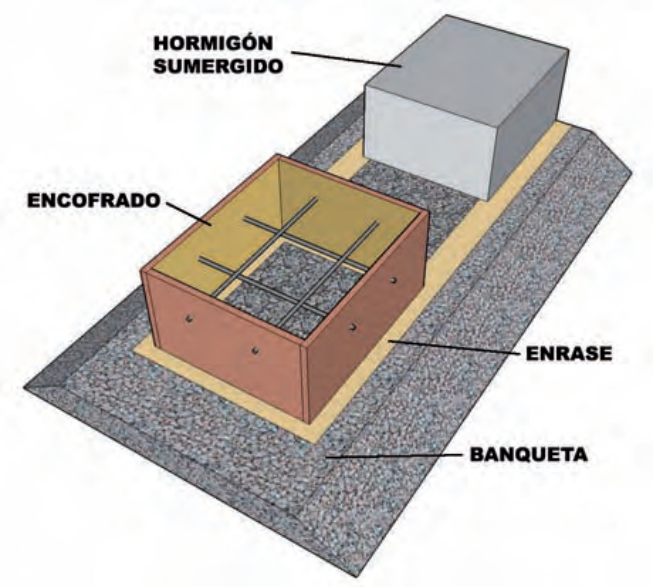


Figura 8.1.3.d B Encofrado a cuatro caras

Los encofrados que no pueden ser atirantados a uno paralelo requieren de estructuras más rígidas, pesadas y costosas.

Es práctica recomendable utilizar un sistema de encofrado doble con un encofrado rectangular cerrado que sirve para el hormigonado de módulos separados y un encofrado a dos caras que se apoyan en los módulos anteriores.

Los encofrados pueden incluir tanques que al ser lastrados o deslastrados permitan su colocación o puesta a flote con medios de elevación ligeros.

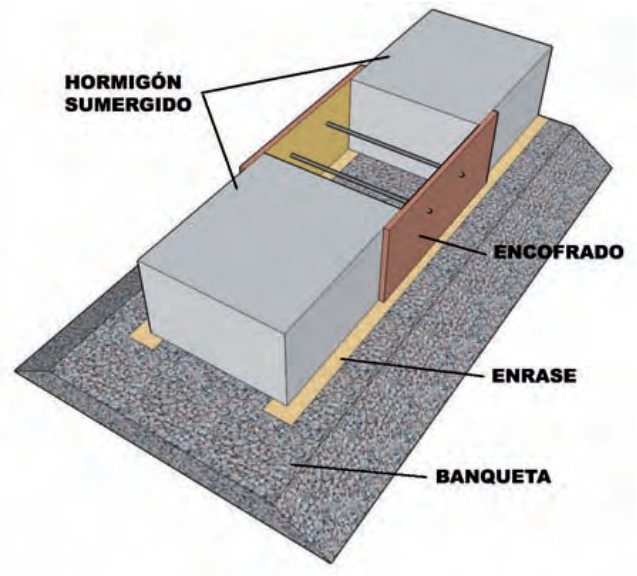


Figura 8.1.3.d C Encofrado a dos caras

- **ENCOFRADOS A TRES CARAS**

La cara frontal arriostra las laterales que, en avance, se sujetan al módulo anterior. Los alojamientos de los tirantes delanteros en el sentido de avance pasan a serlo de los traseros en la siguiente puesta del encofrado. El panel frontal requiere mayor rigidez al no estar atirantado (figura 8.1.3.d D).

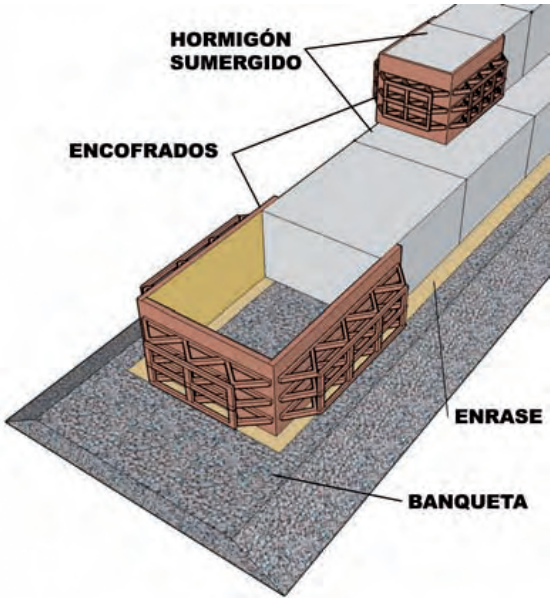


Figura 8.1.3.d D Encofrado a tres caras

8.1.3.e Hormigonado

El hormigonado se ejecutará teniendo en consideración los siguientes aspectos:

- Se hormigonará con bomba cada módulo sin paradas, normalmente desde tierra, y se mantendrá el extremo de la manguera introducido en la masa del hormigón en torno a 20 cm (figura 8.1.3.e).
- Se limpiará la superficie de la tongada anterior. Es frecuente que en la parte superior se deposite una mezcla de sales, cemento y otros elementos que no fragua, creando una inadecuada junta que puede comprometer la estabilidad estructural del muelle. La limpieza se puede hacer con lanza de agua.
- Cuando se utilicen encofrados perdidos no se harán coincidir las juntas horizontales de hormigonado con las juntas de las piezas de encofrado.



Figura 8.1.3.e Hormigonado con bomba

- Cuando se produzca una interrupción en el hormigonado y, al reanudar éste no sea posible introducir el extremo de la manguera en el hormigón ya colocado, se limpiará la superficie.

Los muelles de hormigón sumergido se calculan como estructuras monolíticas por lo que se deben construir con esta premisa. Esto se consigue:

- Diseñando los encofrados para transmitir adecuadamente los esfuerzos en las juntas de construcción.
- Tratando adecuadamente las juntas de construcción.

8.1.3.f Relleno de trasdós

El procedimiento es similar al descrito para un muelle de bloques. El material que se emplea suele ser escollera, pedraplén o todo-uno de cantera, lo que obliga a disponer un filtro entre el material de relleno de trasdós y el relleno general.

A este respecto, son de aplicación las consideraciones expuestas en el apartado 6.4 *Relleno de trasdós.*

8.1.3.g Rellenos generales

Los rellenos generales se ejecutarán evitando que entren en contacto con el paramento de hormigón del muelle, así como que desplacen los fangos que pudiera haber hacia la zona que debe ocupar el relleno de trasdós.

Cuando se realicen precargas, se asegurará que el incremento de los empujes sobre el muro de hormigón no cuestiona su estabilidad.

A este respecto, son de aplicación las consideraciones expuestas en el apartado 6.2 *Rellenos generales.*

8.1.3.h Superestructura

La construcción de la superestructura no se debe iniciar hasta que el muro de hormigón, una vez trasdosado, haya estabilizado los movimientos ocasionados por los empujes.

Son de aplicación las consideraciones realizadas en el capítulo 9 *Superestructura de diques y muelles.*

8.2 MUELLES DE PILOTES

8.2.1 Introducción

Este tipo de muelles son estructuras formadas por una plataforma sustentada por pilotes que trasmiten los esfuerzos al terreno. En la figura 8.2.1. se identifican los elementos más característicos de este tipo de muelles. Su construcción está especialmente indicada en los siguientes casos:

- Cuando el terreno de cimentación tiene poca capacidad portante y/o es altamente deformable.
- En zonas sísmicas donde las estructuras con menor masa tienen mejor comportamiento.
- En lugares donde se pretende disminuir la reflexión del oleaje.
- En la construcción de pantalanes y Duques de Alba.

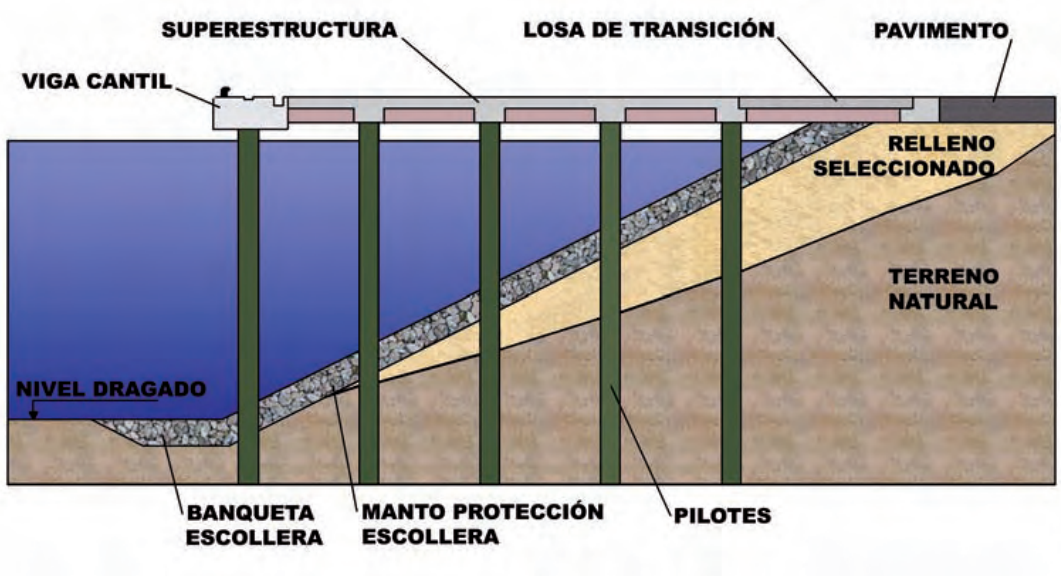


Figura 8.2.1 Sección muelle de pilotes

La construcción de un muelle de pilotes se puede abordar desde una plataforma terrestre formada con rellenos vertidos sobre el fondo marino o bien construyendo directamente los pilotes con medios flotantes y rellenando posteriormente la explanada y el talud entre pilotes.

En caso de ejecutar los pilotes desde una plataforma terrestre se realizan todas o alguna(s) de las siguientes actividades:

- Dragado del terreno natural: cuando se realiza tiene por objeto, normalmente, realizar una mejora de terreno por sustitución.
- Mejora del terreno de cimentación: actividad alternativa o complementaria de la anterior.
- Relleno de una mota con anchura suficiente para la construcción de los pilotes.

- Construcción de los pilotes desde la mota.
- Construcción parcial de la superestructura (tablero del muelle).
- Dragado del terreno natural y rellenos sobrantes.
- Formación del talud bajo el tablero del muelle y protección con escollera.
- Formación de explanada.
- Finalización de la superestructura y habilitación del muelle.

Cuando los pilotes se ejecutan desde medios flotantes se realizan todas o alguna(s) de las siguientes actividades:

- Dragado del terreno natural si el Proyecto lo contempla: normalmente obedece a una mejora de terreno por sustitución.
- Mejora del terreno de cimentación cuando el Proyecto lo contemple.
- Construcción de los pilotes desde medios flotantes.
- Formación de la explanada, vertido del relleno entre pilotes y protección del talud con escollera.
- Construcción de la superestructura (tablero del muelle) y habilitación del mismo.

Atendiendo a la tipología de los pilotes se distinguen dos clases:

- Pilotes fabricados "*in situ*".
- Pilotes prefabricados.

8.2.2 Muelles de pilotes 'in situ' ejecutados desde una plataforma terrestre

8.2.2.a Relleno de la mota

En la ejecución del relleno de la mota provisional, para la construcción de los pilotes, se tendrán en consideración los siguientes aspectos:

- El material que se emplee estará exento de piedras de tamaño mayor de 100 mm, al objeto de facilitar la ejecución de los pilotes.
- La mota tendrá la suficiente capacidad portante para soportar la maquinaria necesaria para la ejecución.
- La mota se construirá con pendiente adecuada para facilitar la rápida evacuación de las aguas.
- El material de relleno que no vaya a ser retirado cumplirá las condiciones establecidas en el Pliego del Proyecto.

8.2.2.b Construcción de los pilotes desde la mota

Los procedimientos constructivos (figura 8.2.2.b A) son los mismos que se utilizan para la realización de pilotajes en tierra por debajo del nivel freático y, con carácter general, se debe prestar atención a las siguientes observaciones:

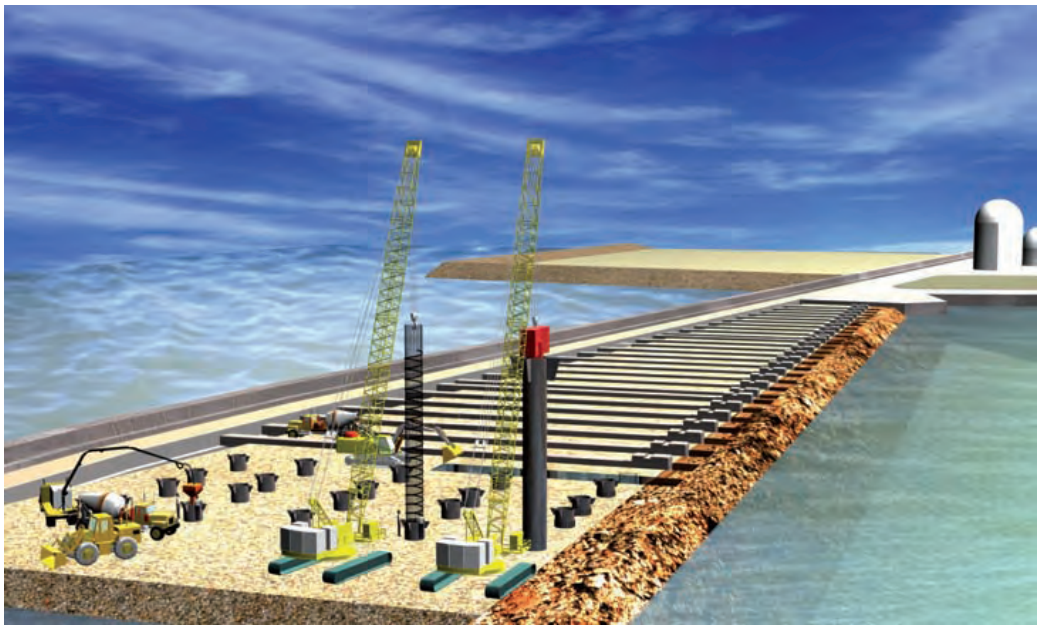


Figura 8.2.2.b A Secuencia constructiva muelle de pilotes

- **PERFORACIÓN**

La perforación del terreno, con sostenimiento en las zonas en que sea necesario, se realizará hasta alcanzar la mayor de las dos profundidades siguientes:

- La que proporciona el empotramiento mínimo requerido por el Proyecto.
- La que permite alcanzar los estratos competentes previstos en el Proyecto.

- **ENCAMISADO**

La parte de pilote que atraviesa el relleno vertido para su construcción debe ir encamisada (con camisa perdida o recuperable) con el fin de sostener la excavación. La disposición de camisa en el resto de pilote, penetrando el suelo natural, depende de la naturaleza del terreno.

En los tramos de pilote que tras retirar los rellenos vayan a quedar vistos se recomienda la utilización de camisas perdidas con pequeño espesor de chapa de acero (entre 2 mm y 5 mm) para asegurar los recubrimientos y lograr un buen acabado superficial.

- **COLOCACIÓN DE ARMADURAS (figura 8.2.2.b B)**

Los distintos sistemas de ejecución de pilotes tienen establecidos unos procedimientos para:

- Evitar el contacto de las armaduras con el terreno.
- Asegurar los recubrimientos mínimos.
- En pilotes de gran longitud la colocación de la armadura se puede realizar por tramos. En este caso, se debe garantizar la continuidad de las armaduras mediante las oportunas soldaduras. La longitud de cada tramo debe fijarse en función de la pluma de la grúa y de la rigidez de la jaula, para evitar deformaciones permanentes.
- Evitar la deformación de las armaduras, lo que se logra con rigidizadores y/o sustituyendo parte de las ataduras entre las barras por uniones soldadas.



Figura 8.2.2.b B Colocación de armaduras

Se establerán controles para verificar el cumplimiento de los procedimientos.

- **HORMIGONADO**

Para el hormigonado se establecerán procedimientos que permitan asegurar que:

- Este limpio el fondo de la perforación antes de iniciar el hormigonado.
- Las características del hormigón -tipo de cemento, áridos, aditivos y dosificación- son las contempladas en el Pliego del Proyecto, requiriéndose, en general, consistencias líquidas según la norma UNE-EN1536: pilotes perforados.
- El hormigonado se realiza a través de tubería, asegurando que el extremo de ésta se sitúa en el interior de la masa de hormigón.
- El hormigonado del pilote se hará sin interrupciones. En los procedimientos se habrá previsto cómo actuar en el caso de que se produzca alguna interrupción, así como la forma de verificar el estado final del pilote.
- Dado que el hormigón de la parte superior es siempre el primero que se vierte, y que arrastra los detritus desde el fondo, es bueno que rebose y vierta por la boca el hormigón contaminado.
- Una vez terminado el pilote se procederá a su descabezado.

8.2.2.c Construcción parcial de la superestructura

Una vez construidos los pilotes se ejecutará aquella parte de la superestructura que no impida la retirada de los rellenos sobrantes. Es conveniente unir las cabezas de los pilotes con vigas, porque a la vez que los arriostran para soportar mejor los empujes de las tierras sirven de soporte para el encofrado inferior del resto de la superestructura.

8.2.2.d Dragado del terreno natural y de los rellenos sobrantes

El dragado del terreno natural y la retirada del material sobrante de la mota se realizará de forma que:

- Se evite golpear los pilotes y la parte de superestructura construida.
- No se creen escalones que puedan provocar la rotura del terreno y producir empujes sobre los pilotes.

Normalmente esta operación se realiza con una draga actuando en el exterior del muelle, y con una grúa con cuchara dragando el material a través de la superestructura.

8.2.2.e Formación y protección del talud

El relleno entre los pilotes y la protección con escollera del talud se debe planificar y ejecutar de manera que no transmitan esfuerzos horizontales no previstos a los mismos. Se controla-

rán los movimientos de las cabezas de los pilotes, los cuales nunca deben ser mayores que los máximos admisibles; para ello se establecerá un sistema de control que permita medir los movimientos de las cabezas de los pilotes.

8.2.2.f Superestructura

En el apartado *9.6 Superestructura de muelles de pilotes*, se hacen consideraciones al respecto.

En la Figura 8.2.2. se muestran las fases más habituales en la construcción de un muelle de pilotes 'in situ' construidos desde una plataforma terrestre.

8.2.3 Muelles de pilotes "in situ" ejecutados desde equipos flotantes

En la figura 8.2.3. se describen las fases más habituales en la construcción de un muelle de pilotes 'in situ' ejecutados desde medios flotantes.

En este procedimiento constructivo las actividades más específicas se refieren a la construcción de pilotes desde medios flotantes o semiflotantes, a la forma de colocar el relleno entre pilotes, y a la construcción de la superestructura, las cuales se describen a continuación.

8.2.3.a Construcción de pilotes

- Desde equipos flotantes:

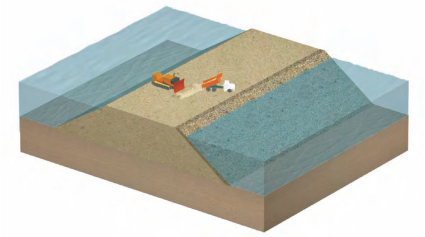
Son procesos que requieren una planificación detallada de determinados aspectos, tales como:

- La situación de los anclajes de las pontonas para que los pilotes, según se van construyendo, no interfieran con los cabrestantes.
- El suministro y la colocación de las camisas y de las armaduras.
- El suministro y la colocación del hormigón, de tal forma que se asegure la continuidad en el hormigonado.
- El sostenimiento de las camisas perdidas o recuperables durante el fraguado del hormigón.

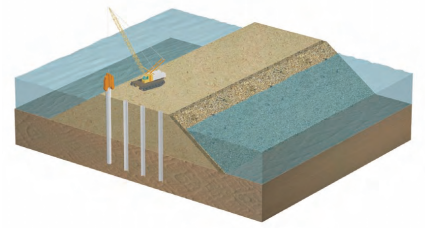
  Para cada pilote puede ser adecuado disponer de una camisa recuperable exterior -por lo general robusta con espesor de chapa superior a 12 mm- y una camisa concéntrica perdida -con espesores de chapa de 5 mm ó inferior-. Entre ambas camisas se disponen unos separadores extraíbles, que se retiran cuando el hormigón del pilote que llena la camisa interior tiene suficiente resistencia -en torno a tres días después del hormigonado- para recuperar la camisa exterior una vez retirados los "*vientos*" que la mantenían.

Ejemplo de construcción de un muelle de pilotes desde un relleno

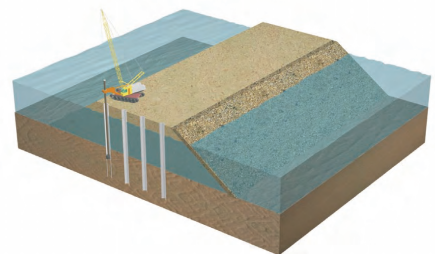
Figura 8.2.2



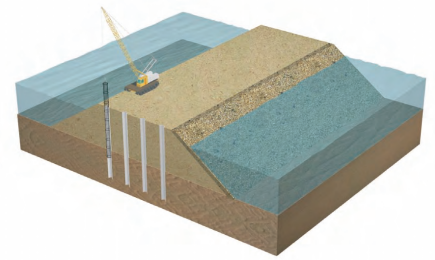
FASE 1. Contrucción de mota de trabajo



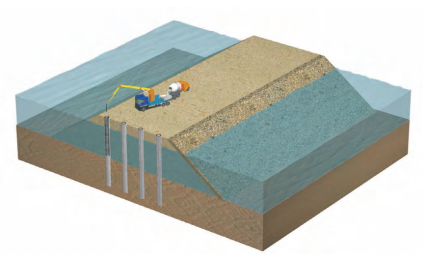
FASE 2. Hinca de la entubación



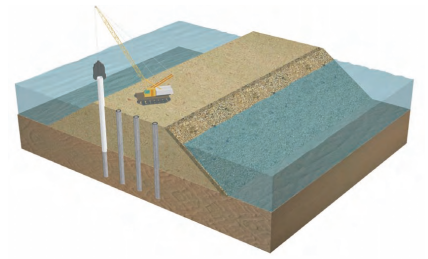
FASE 3. Excavación del pilote



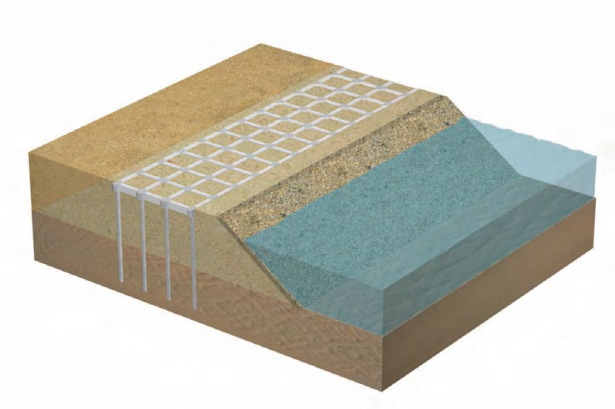
FASE 4. Colocación jaula de armaduras



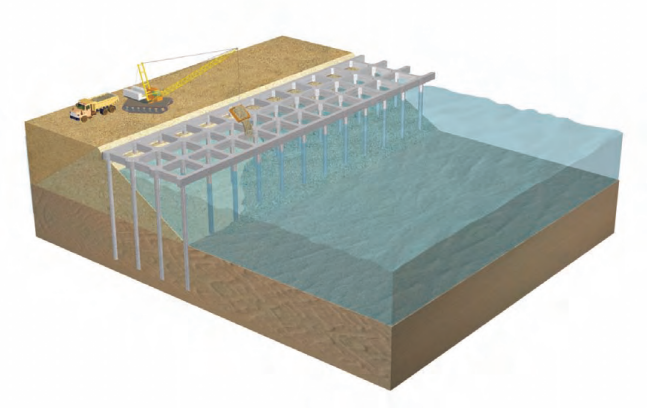
FASE 5. Hormigonado



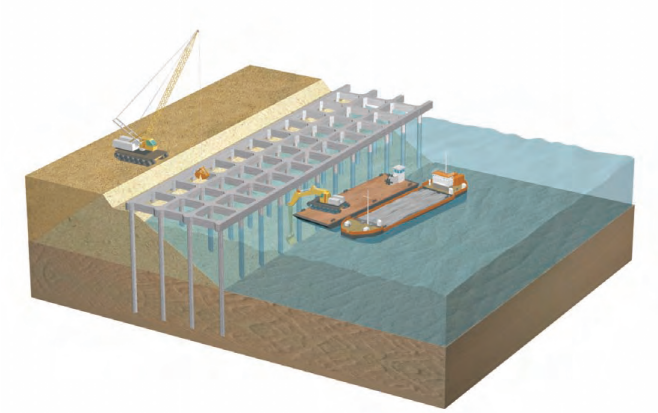
FASE 6. Extracción entubación



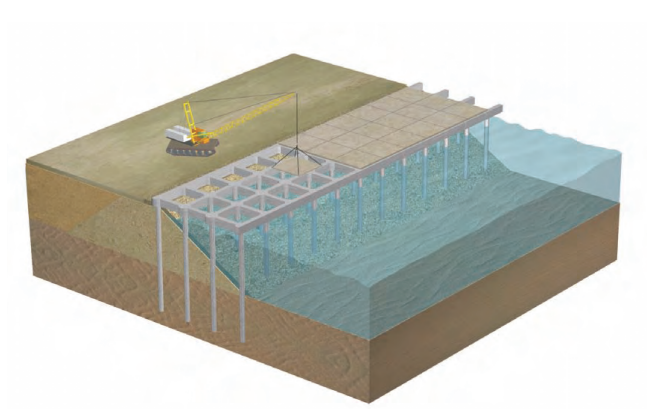
FASE 7. Descabezado de pilotes y contrucción vigas de tablero



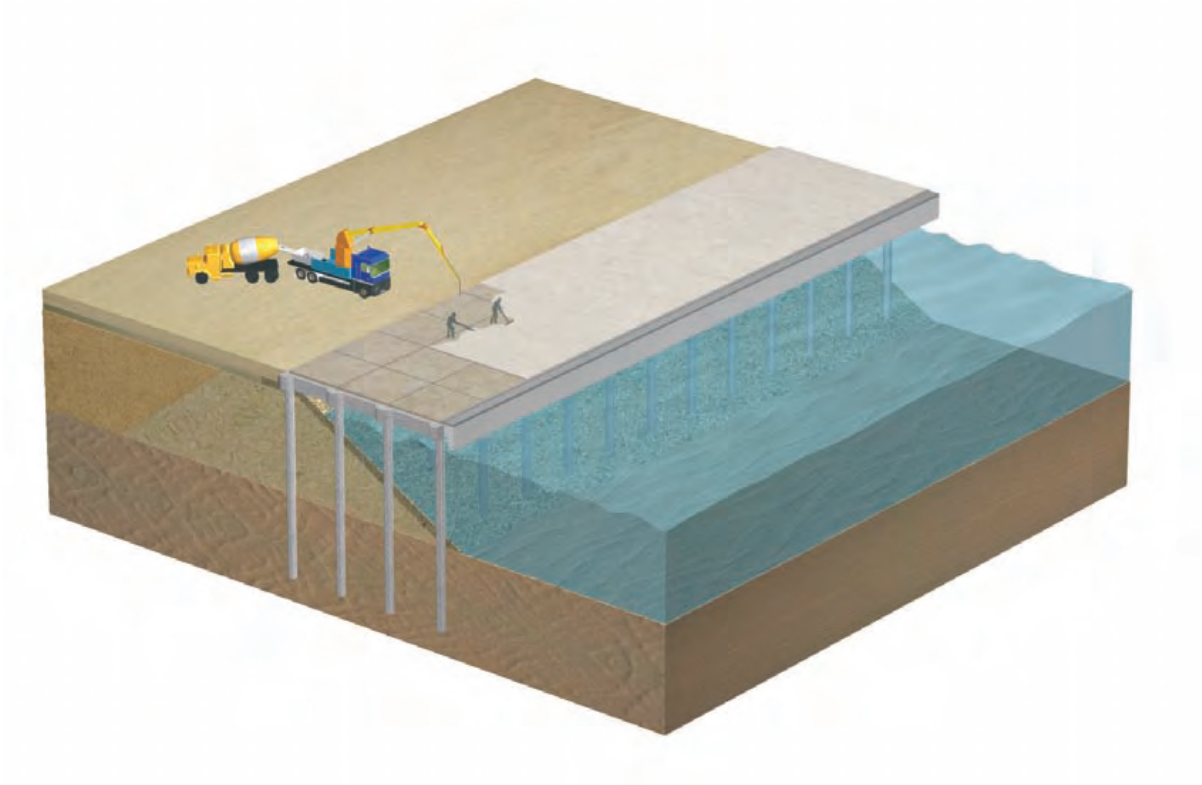
FASE 9. Protección del talud y del pie con escollera vertida con bandeja



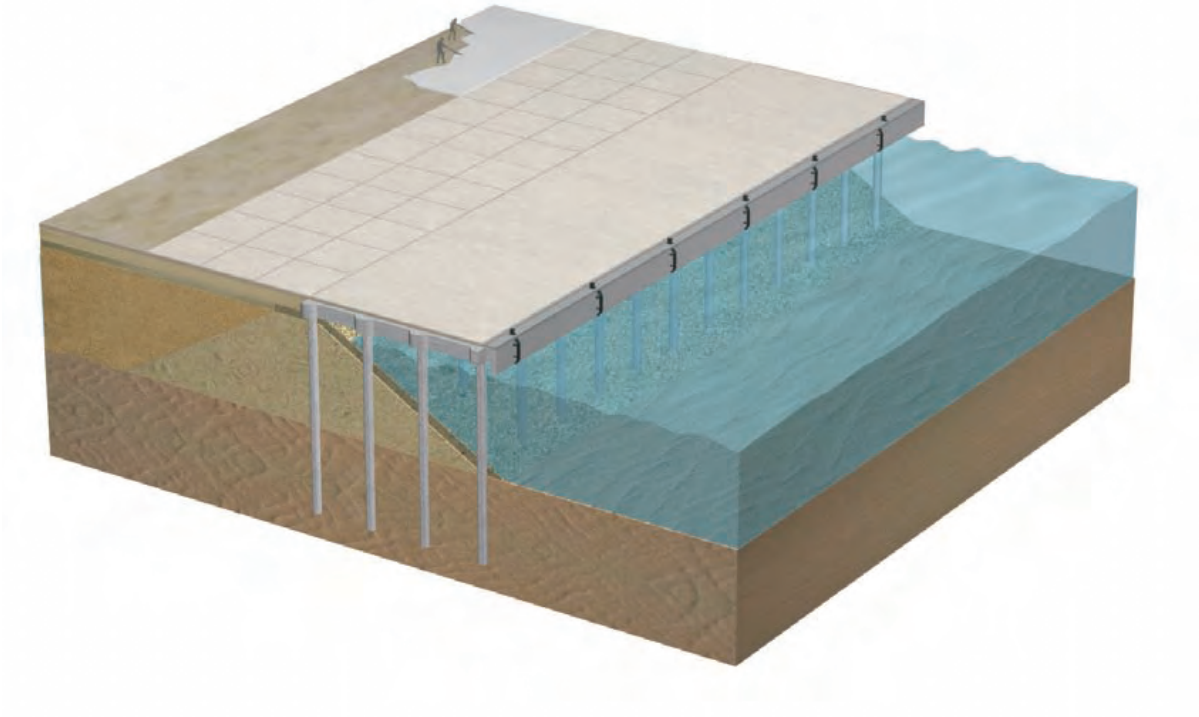
FASE 8. Dragado y perfilado de talud bajo tablero



FASE 10. Colocación de prelosas del tablero



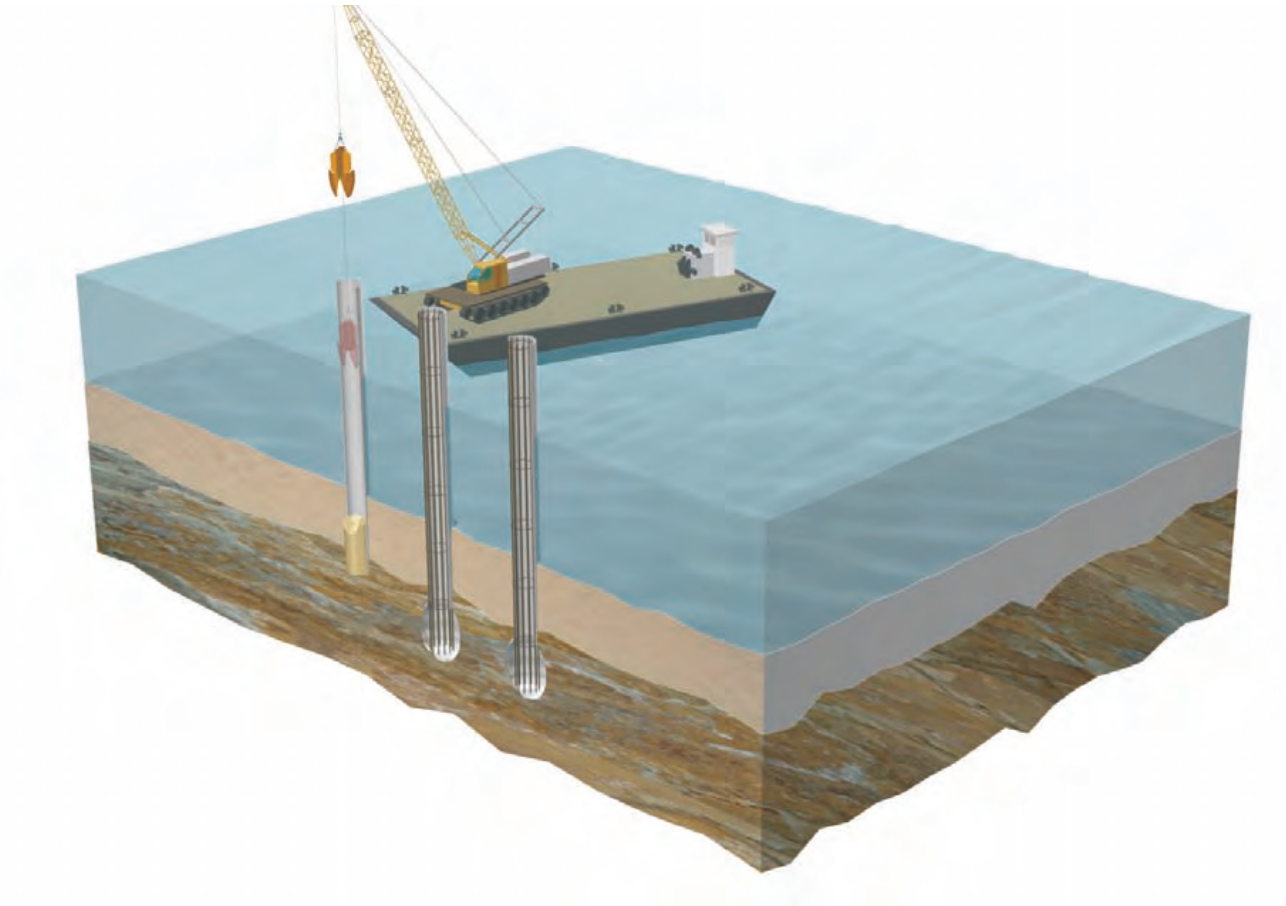
FASE 11. Hormigonado de superestructura



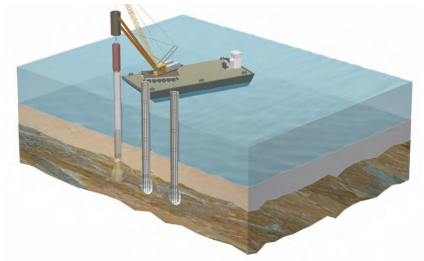
FASE 12. Colocación de relleno seleccionado y compactado

Ejemplo de construcción de un muelle de pilotes a flote, sobre un fondo marino de arena y roca

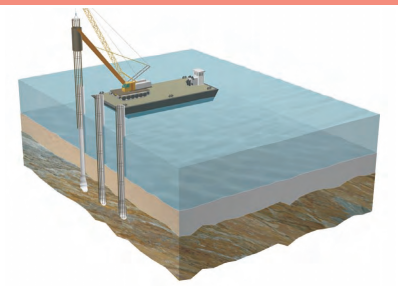
Figura 8.2.3



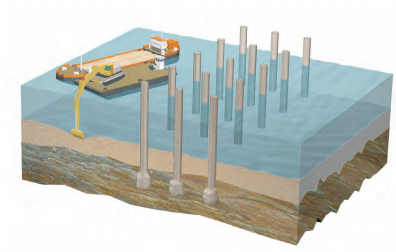
FASE 1. Hinca camisa recuperable hasta apoyo en roca y extracción de materiales



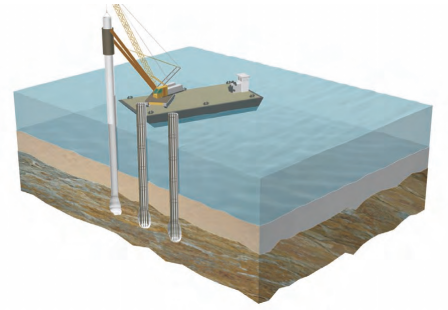
FASE 2. Excavación en roca con trépano y cuchara



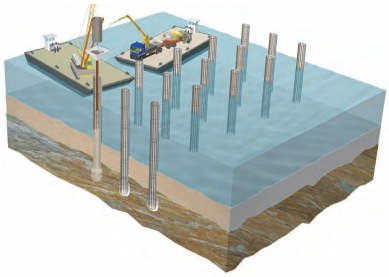
FASE 4. Colocación armadura de pilote



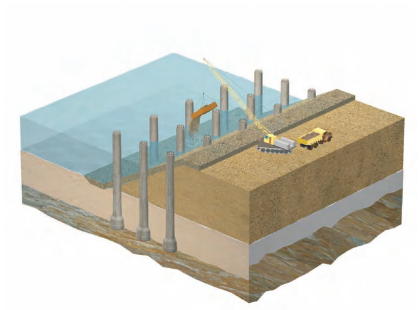
FASE 6. Ejecución dragado



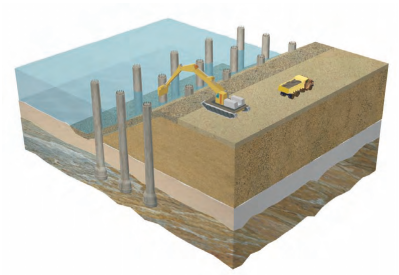
FASE 3. Colocación camisa perdida



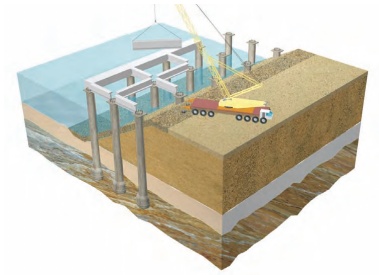
FASE 5. Hormigonado pilotes con tubo Tremie y recuperación camisa principal



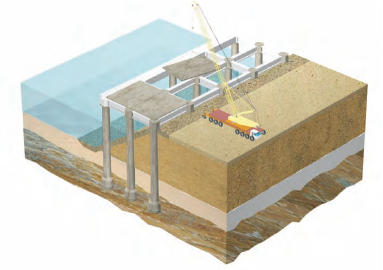
FASE 7. Perfilado de talud de relleno y protección del talud con escollera vertida con bandeja



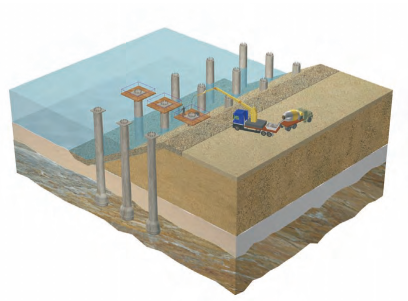
FASE 7.a. Perfilado del talud de escollera con retroexcavadora



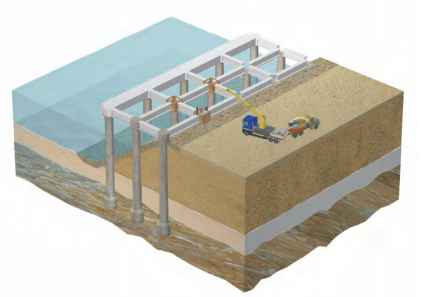
FASE 9. Colocación vigas sobre capiteles



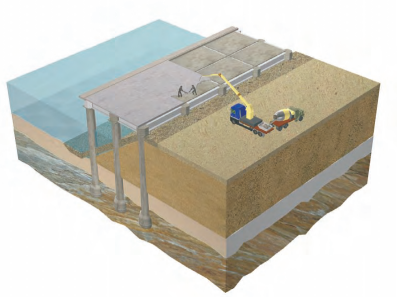
FASE 11. Colocación prelosas



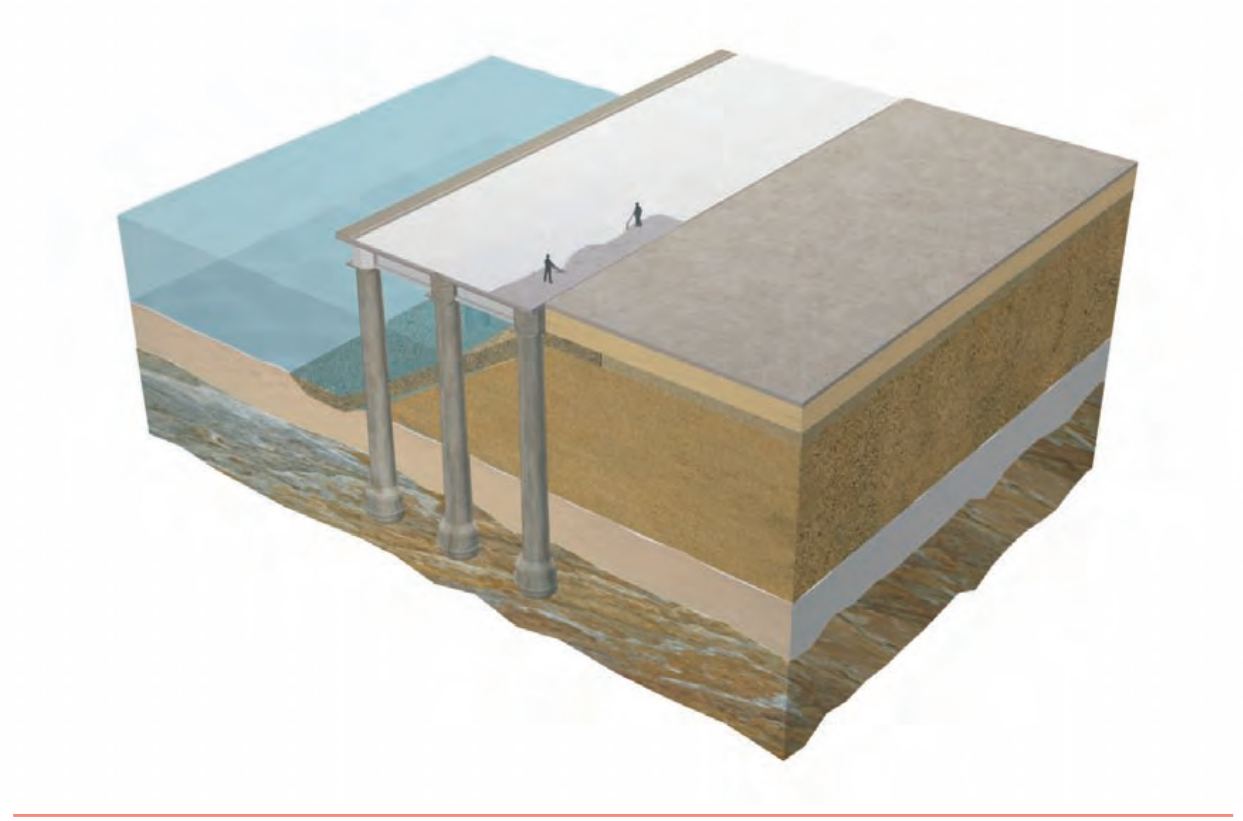
FASE 8. Ejecución de capiteles



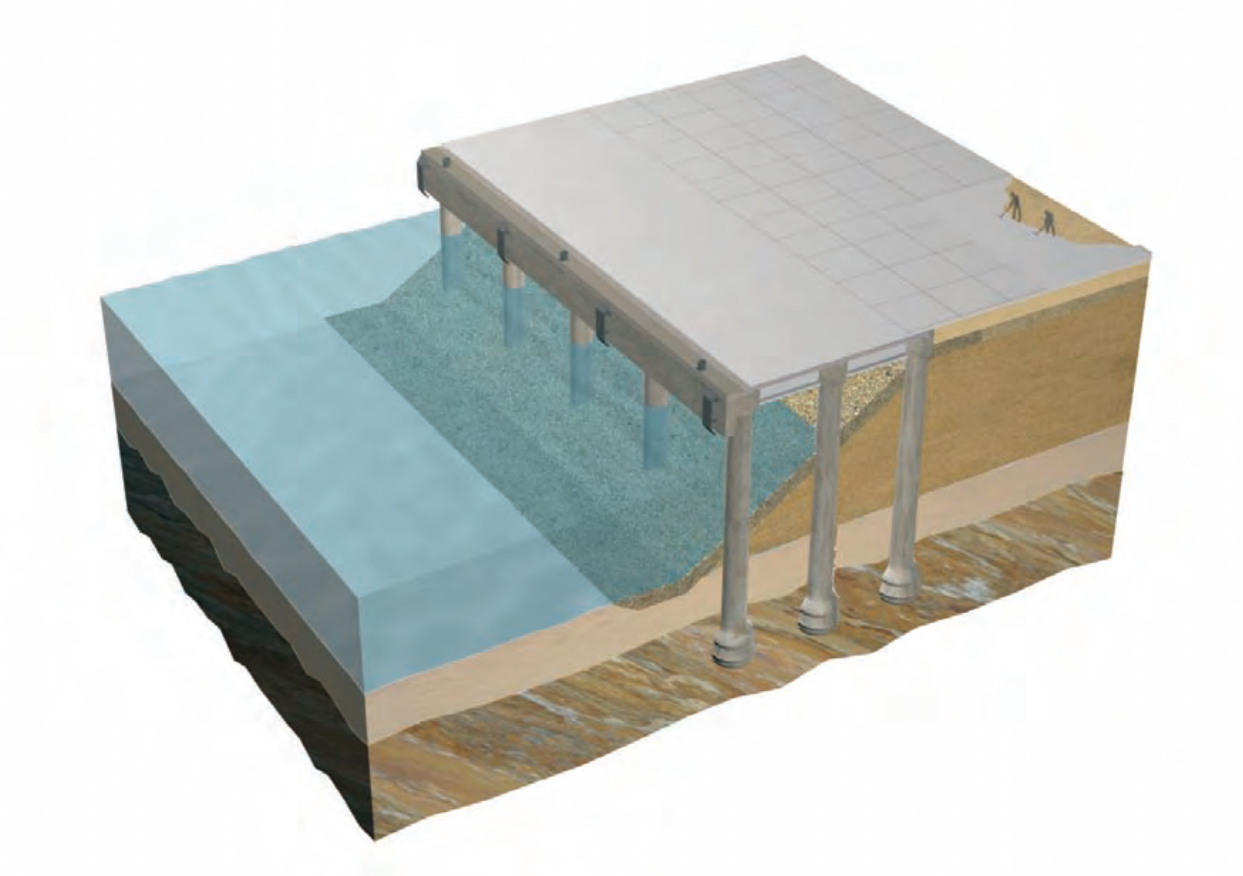
FASE 10. Hormigonado nudos



FASE 12. Hormigonado de tablero



FASE 13. Ejecución pavimentación y habilitación muelle



FASE 14. Colocación defensas, bolardos, carriles y terminación

- La colocación de las armaduras y el hormigonado se debe realizar teniendo en consideración lo expuesto en el apartado 8.2.2.b *Construcción de los pilotes desde la explanada*.

- Desde equipos semiflotantes:

Los equipos flotantes no son adecuados cuando la zona donde se deben construir los pilotes está sometida a la acción del oleaje y sea necesario trabajar con altura de ola significante mayor de 0,50 m. En este caso, resultan adecuados los equipos semiflotantes que se apoyan en el fondo mediante patas.

8.2.3.b Relleno entre pilotes

El relleno entre los pilotes se debe planificar y ejecutar de forma que:

- No se produzcan esfuerzos horizontales sobre los pilotes por el empuje de los rellenos.
- No se originen deslizamientos del terreno que puedan afectar a los pilotes.
- Se tenga en consideración que las medidas necesarias cuando se deba reducir el efecto del rozamiento negativo sobre los pilotes pueden condicionar la colocación de los rellenos.

Durante la ejecución del relleno se controlará la situación de la cabeza de los pilotes para evitar su desplazamiento por los esfuerzos horizontales a los que están sometidos. Para ello se podrán arriostrar en el sentido transversal y se cuidará de que el vertido del relleno se realice de la forma más homogénea posible.

8.2.3.c Superestructura

En el apartado *9.6 Superestructura de muelles de pilotes*, se hacen consideraciones al respecto.

8.2.4 Control de la ejecución de pilotes “in situ”

Los distintos sistemas de construcción de pilotes “*in situ*” tienen establecidos sistemas de control que deben verificar que se cumple que:

- La situación en la que se implanta el pilote es la correcta. En caso contrario, se debe reestructurar el tablero, y si es necesario, con la inclusión de nuevos pilotes.
- La punta del pilote alcanza la profundidad requerida, en caso de duda se puede recurrir a realizar una inyección en la punta del mismo.

- Está limpio el fondo de la excavación antes de iniciar el hormigonado.
- Los aceros de las armaduras son los que el Proyecto contempla.
- El hormigón es el que el Proyecto prescribe en cuanto a tipo de cemento, áridos, aditivos y dosificación.
- La excavación y los eventuales sostenimientos aseguran que se ejecuta la sección prevista.
- No se han producido discontinuidades en el hormigón.

Se cumplimentará un parte de ejecución para cada uno de los pilotes.

Se arbitrarán procedimientos para verificar la continuidad estructural de los pilotes ejecutados.

8.2.5 Muelles de pilotes prefabricados ejecutados desde medios flotantes

A continuación se hace referencia únicamente a aquellas actividades propias para la construcción de pilotes prefabricados. Lo habitual es construir estos pilotes desde medios flotantes, por tanto no se considera la posibilidad de su construcción desde plataforma terrestre.

8.2.5.a Tipos de pilotes

En la construcción de muelles se utilizan los siguientes tipos de pilotes prefabricados:

- PILOTES METÁLICOS: generalmente cilíndricos, con diámetros muy variables que alcanzan los 2 m y grandes longitudes (80 m).
- PILOTES DE HORMIGÓN ARMADO: se fabrican con una gran variedad de secciones (cilíndricas, rectangulares, hexagonales, octogonales, etc.) y normalmente su longitud no supera los 30 m.
- PILOTES DE HORMIGÓN PRETENSADO: se han utilizado con gran profusión en los puertos españoles y habitualmente son cilíndricos con las siguientes dimensiones:
  - Diámetros: entre 0,60 m y 1,80 m.
  - Longitudes: se han alcanzado hasta 60 m.
  - Espesores de pared: entre 0,10 m y 0,15 m.
  - Pretensado: entre 4 MPa y 9 MPa.

8.2.5.b Fabricación de pilotes

El elevado número de tipologías de pilotes prefabricados conlleva una gran cantidad de procedimientos de fabricación. No obstante, se pueden hacer algunas consideraciones de tipo general:

- PILOTES METÁLICOS: es frecuente construir en taller tramos de longitud inferior a 12 m, que se transportan por carretera sin necesidad de permisos especiales y que, posteriormente, son unidos en la obra. No obstante, en puertos existentes, pueden ser suministrados por barco desde fábrica con las longitudes pedidas y su tratamiento de pintura ganando en plazo y calidad.
  - Las uniones de tramos realizadas en la obra se someterán a los controles y, en su caso, a rectificaciones para garantizar su calidad.
  - Antes de instalar el pilote en obra se comprobará que las protecciones que pueda tener no han sido dañadas para, en caso contrario, proceder a realizar las oportunas reparaciones.
  - Se tomarán medidas para evitar deformaciones y, cuando sea necesario, se colocarán rigidizadores para evitar su ovalización durante el transporte.

- PILOTES DE HORMIGÓN ARMADO: en los procesos de fabricación se observarán los procedimientos que los fabricantes, los diseñadores y/o el Pliego dispongan, en particular en lo referente a:
  - Características del hormigón:
    - Tipo de cemento.
    - Aditivos.
    - Características físico-químicas de los áridos.
    - Dosificaciones.
  - Acero de armaduras:
    - Recubrimiento.
    - Refuerzo de armaduras en la cabeza de los pilotes para soportar los esfuerzos de la hinca.
    - Curado de hormigón.
    - Resistencia: las distintas operaciones que se hacen con los pilotes (manipulación, transporte e hinca) requieren que el hormigón tenga una edad y una resistencia mínimas. Se arbitrarán procedimientos para asegurar que se cumplen estos requerimientos.

- PILOTES DE HORMIGÓN PRETENSADO: Generalmente se construyen uniendo unas secciones de pilote de longitudes, que no suelen ser mayores de 6 m, con cables de pretensado. Son de aplicación los requerimientos que se hacen para los pilotes de hormigón armado y, además, se observarán los correspondientes a las operaciones de tesado e inyección:
  - La geometría de las piezas que forman el pilote estará dentro de la tolerancia.
  - En el proceso de tesado se evitará la concentración no prevista de esfuerzos en el hormigón.

- En zonas abrigadas en las que se pueda trabajar con Hs < 1 m.
- En ambientes no agresivos químicamente.
- Para muelles con calados inferiores a 10/12 m.
- Si no se disponen de explanadas para el parque de bloques.
- Si no hay equipos para el transporte y colocación de bloques.

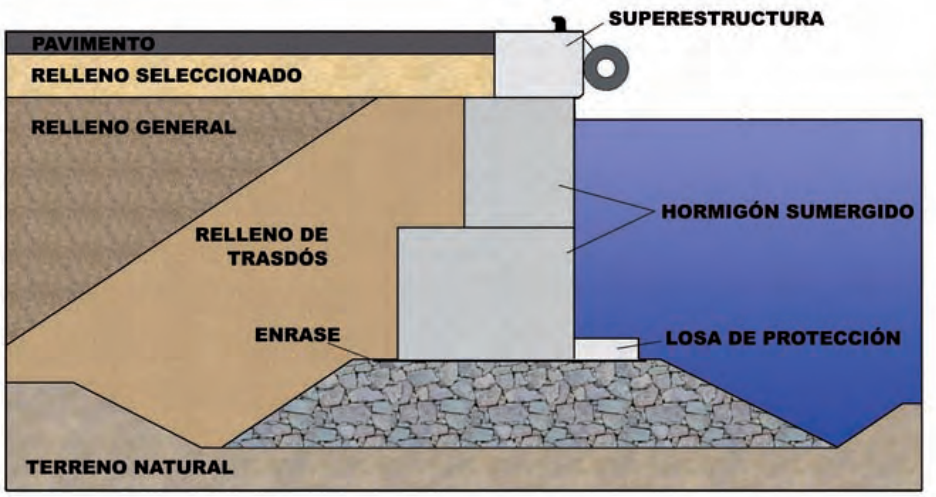


Figura 8.1.3.a A Sección muelle de hormigón sumergido

La construcción de un muelle de hormigón sumergido requiere las siguientes operaciones (figura 8.1.3 a B):

- Actividades iniciales.
- Preparación del terreno de cimentación.

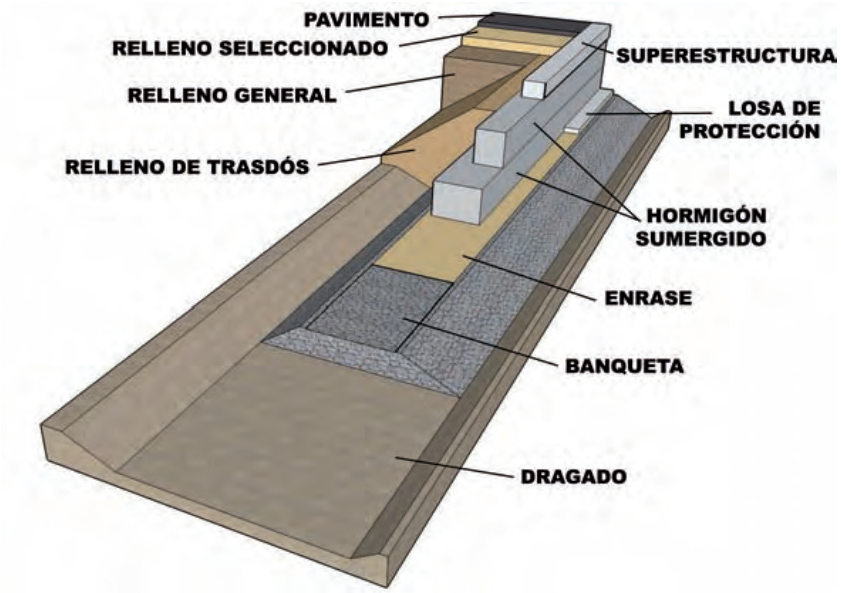


Figura 8.1.3.a B Secuencia constructiva muelle de hormigón sumergido

- Encofrados.
- Hormigonado.
- Relleno de trasdós.
- Rellenos.
- Superestructura.
- Pavimento.

8.1.3.b Actividades iniciales

Previamente a la ejecución de un muelle de hormigón sumergido hay que planificar las distintas actividades y, en particular, los encofrados y la dosificación de los hormigones. Aspectos sobre los que hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Encofrados:
  - Se deben reducir las operaciones que tengan que realizarse con buzos, diseñando los encofrados de forma que su montaje y la operación de desencofrado se realicen fácilmente (figura 8.1.3.b).
  - Suelen tener un plazo de entrega de 1-2 meses.
  - La forma de los encofrados facilitará la trabazón entre las distintas puestas.

- Dosificación del hormigón que permita que éste tenga las siguientes características:
  - Ser bombeable, lo que requiere una consistencia entre fluida y plástica y un tamaño máximo de los áridos de 25 mm.
  - Tener una granulometría cerrada.
  - Debe ser de rápido fraguado.



Figura 8.1.3.b Encofrado

8.1.3.c Preparación del terreno de cimentación

La preparación del terreno sobre el que se coloca el hormigón se ejecuta de forma distinta según la naturaleza de los fondos:

- Fondos rocosos
  - Se limpiarán de vegetación, de finos y de sedimentos.
  - Se regularizará la superficie donde se apoye el encofrado, normalmente con sacos de hormigón en seco, que además sellan la salida de la lechada del hormigón.

Cabe destacar que los muelles de hormigón sumergido cimentados directamente sobre fondos rocosos tienen un comportamiento excelente.

- Fondos con materiales sueltos
  - Se construirá una banqueta de escollera.
  - Se regularizará la superficie con los criterios empleados en los enrases.
  - Sólo es necesario enrasar las zonas de apoyo de los encofrados.

8.1.3.d Encofrados

Los encofrados se pueden diseñar de varias formas:

- **ENCOFRADOS PERDIDOS**

Construidos con piezas prefabricadas de hormigón (figura 8.1.3.d A) con sección transversal en forma de L, H ó T que configuran los paramentos exteriores del cuerpo del muelle de hormigón "*in situ*":

- Los paramentos vistos formados por las piezas prefabricadas pueden tener gran calidad y fabricarse con hormigones especiales: resistentes a la abrasión, a las aguas agresivas, etc.
- Es recomendable que la altura de estas piezas prefabricadas no sobrepase los 2 m, ya que tienen que soportar el empuje del hormigón fluido y al mismo tiempo ser transportables por carretera.
- El sistema de cuelgue se debe diseñar de forma que las piezas queden suspendidas en la misma posición en la que se colocarán.
- Se puede disponer de piezas de encofrado perdido especialmente construidas para anclaje de escalas, defensas y otros elementos.
- La superficie de los paramentos construidos con encofrados perdidos de hormigón pueden tener acabados superficiales con formas y texturas adaptadas al entorno o, incluso, presentar un paramento exterior de piedra natural o artificial.