

## EL DIQUE DE ABRIGO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE BLANES

**Eloy Pita Olalla<sup>1</sup>, Joan Pere Darbra Román<sup>2</sup>, Alfredo Rodríguez Castilla<sup>3</sup>, Oriol Negrell Vila<sup>4</sup> Francisco Rivero<sup>5</sup>**

1. *Ingeniería Creativa Pita, S.L. (INCREA), C/ Baganvilla 6, Portal 1, 1ºA, 28036 Madrid, España. Tlf.: +34 913785266 Fax +34 917305884 e-mail: [epita@increa.eu](mailto:epita@increa.eu)*
2. *Ports de la Generalitat, C/ Dr. Roux, 59-61 Entresuelo, 08017 Barcelona, España. Tlf.: +34 932060930 Fax +932060931 e-mail: [joanpere.darbra@gencat.cat](mailto:joanpere.darbra@gencat.cat)*
3. *Scrinser, S.A., C/ Comte d'Urgell, 204-208, 6º B 08036 Barcelona, España. Tlf.: +34 934411360 Fax +34 934103610 e-mail: [arcastilla@sacyr.com](mailto:arcastilla@sacyr.com);*
4. *SACYR, S.A.U. Pº de la Castellana, 83-85, 28046 Madrid, España. Tlf.: +34 934441360 Fax +34 934103610 e-mail: [onegrell@sacyr.com](mailto:onegrell@sacyr.com)*
5. *Tecnocean Ingeniería. S.L. C/ Balmes 184, 3º 2º, 08006 Barcelona, España. Tlf.: +34 934519387 Fax: +34 934519387 e-mail: [frivero@tecnocean.com](mailto:frivero@tecnocean.com)*

### INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El puerto pesquero de Blanes, situado en la provincia de Girona, presentaba una serie de problemas para sus usuarios (náutica deportiva, recreacional y uso pesquero). Los más acuciantes eran:

- Excesivo rebase por encima del dique de abrigo.
- Agitación interior.
- Falta de espacio, tanto en tierra como en mar.
- Necesidades de mejora y modernización de las instalaciones.

Estaba claro que era necesario ampliar el Puerto.

En esta comunicación se describirán las obras realizadas, insistiendo en los detalles del dique (en particular, del espaldón doble) junto con los ensayos realizados y reflexionando sobre el estado del arte en este tema.

### PROYECTO CONSTRUCTIVO INICIAL

Fruto de un amplio diálogo entre las distintas administraciones y tras lograr el consenso con los diversos agentes sociales, se redacta un Proyecto Básico y, tras superar la tramitación ambiental, Ports de la Generalitat encarga a la empresa Prointec la redacción del "Proyecto Constructivo de la ampliación del Puerto de Blanes". Como actuación complementaria, se aportan 40.000 m<sup>3</sup> de arena de cantera para alimentar la playa situada a poniente del Puerto.

En la siguiente imagen se ve el desarrollo de las obras, con el dique primitivo protegido por el nuevo dique. En recuadro superior derecho mostramos la situación inicial del Puerto.

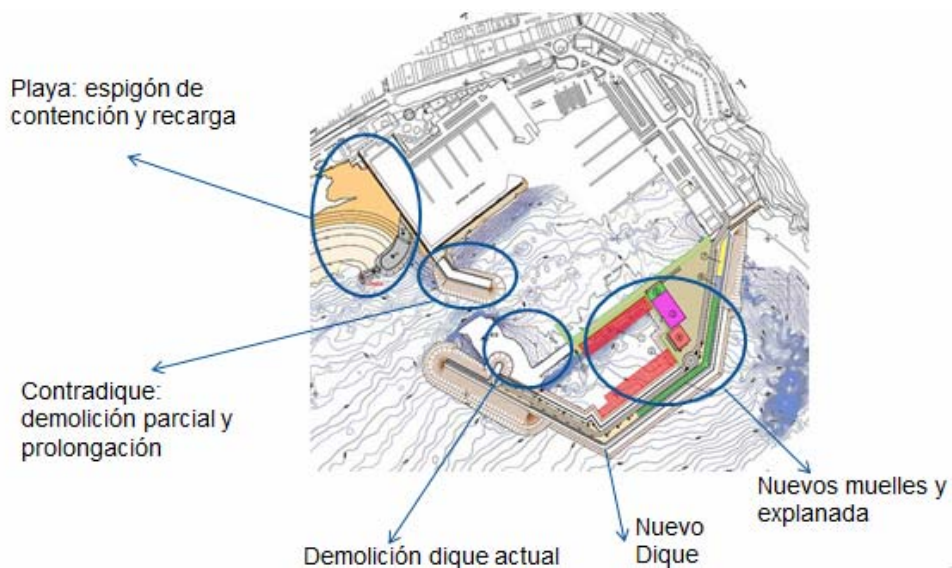


El elemento más singular es el dique de abrigo, que está formado por tres alineaciones, con una longitud total de 595 m. Presenta tres alineaciones, con tipología en talud (arranque y parte final) y tipología vertical:

- Tipología en talud: 15 t en tronco y 22,5 t en morro
- Tipología vertical: cajones de celdas cuadradas con ventanas para reducir rebase en parte central (alineación 2)

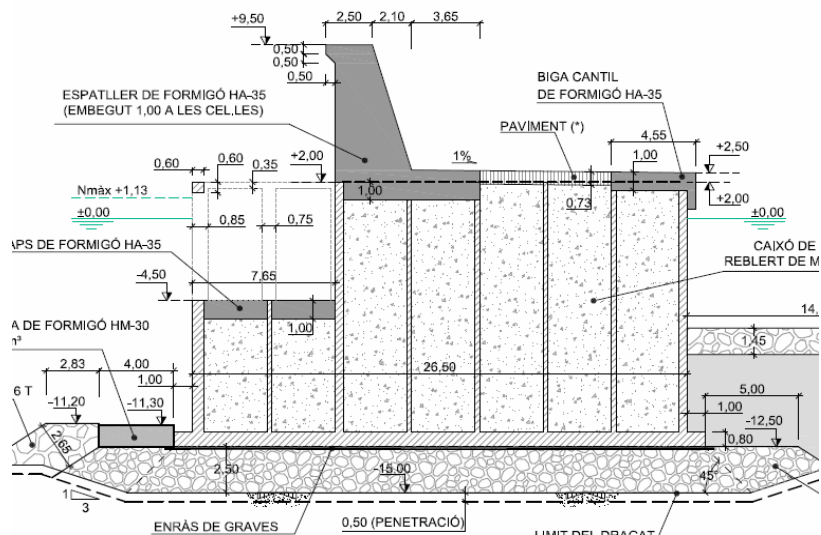
Su tipología es de talud en su arranque y tramo final. Sin embargo, en su tramo intermedio, el dique es vertical, formado por cajones. La cota de coronación del espaldón está limitada en altura (para reducir su impacto visual). Sin embargo, debe lograr una fuerte reducción del rebase que sufre tradicionalmente, lo cual resultaba complicado en la segunda alineación, por su tipología vertical y por la altura de ola de cálculo que incide contra ella.

A continuación pueden verse todos los elementos de la ampliación:



El entronque entre alineaciones se resuelve con hormigón sumergido. Para poder ejecutarlo, se diseñan unos bloques a modo de encofrado perdido que se colocan en su borde exterior, sobre los que se verterá el hormigón que tendrá que tener unas características adecuadas para su correcta puesta en obra. Se define el proceso constructivo y se dimensionan los bloques para asegurar su estabilidad para las tongadas previstas.

En el **Proyecto Constructivo** se plantea, como solución al espaldón en los tramos de dique vertical, el retranqueo del mismo. Sin embargo, en la alineación 2, este retranqueo no es suficiente, por lo que se proyecta una sección tipo en la que el espaldón está muy retranqueado y, además, la zona del cajón situada por delante del espaldón es demolida parcialmente, para generar un emparrillado tridimensional de vigas y pilares situados por delante de la parte baja del espaldón, que funciona como cámara disipativa de la energía del oleaje. A continuación podemos ver una imagen de la alineación 2 del Proyecto:

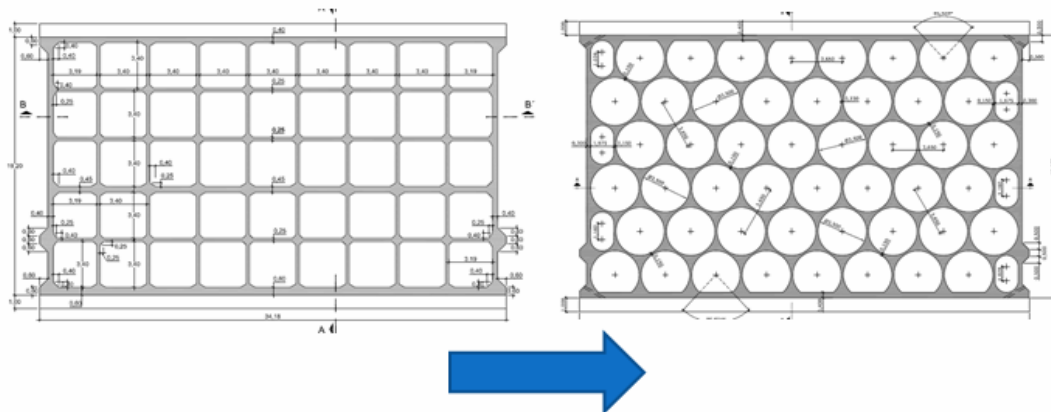


Ports de la Generalitat convocó un Concurso de Construcción que fue ganado por la UTE formada por Sacyr-Scrinser-Tau Icesa.

### MEJORAS PRINCIPALES TRAS LA ADJUDICACIÓN

La UTE adjudicataria contrató a Increa y a Tecnocean como asesores técnicos durante la construcción. De este modo, se adaptó el Proyecto a los medios de la UTE, siendo las mejoras y adaptaciones realizadas las siguientes:

- Recálculo de los cajones** pasando de celdas rectangulares a circulares incluido el cálculo del remolque de los cajones desde Sagunto a Blanes.



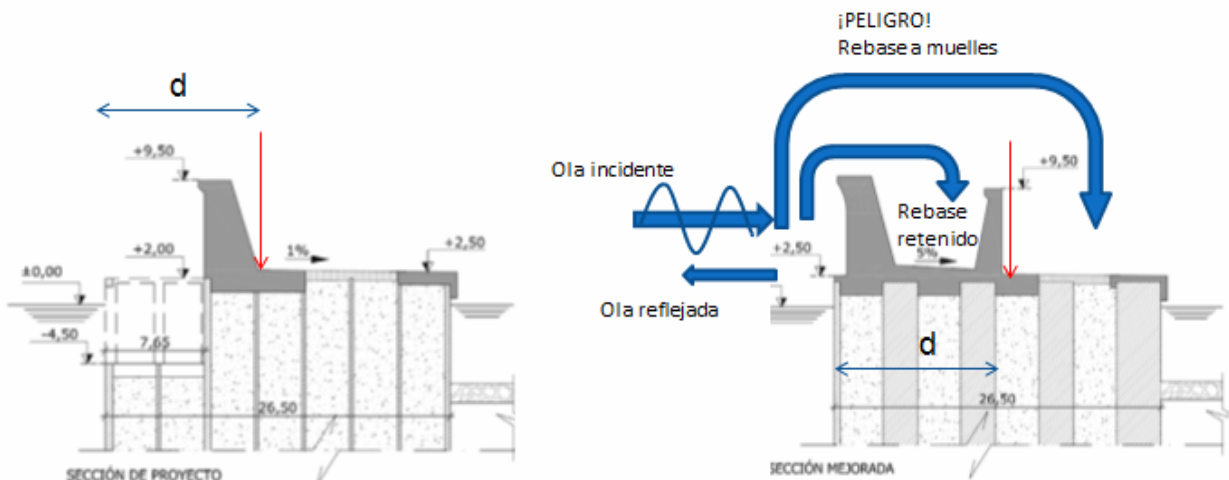
El objeto del estudio de remolque es determinar las necesidades, características y seguridades del remolque de los cajones fabricados para el Puerto de Blanes desde el puerto de fabricación en el Puerto de Sagunto hasta su destino. Para el cálculo de los requerimientos de remolque, se han empleado métodos de cálculo basados por una parte en formulas estadísticas (Lloyd's Register) y cálculos hidrodinámicos, para garantizar la fiabilidad de los resultados. En el estudio se calcula el efecto de remolcar los cajones, la seguridad y la viabilidad de dicho remolque.



Para realizar el remolque con seguridad se realiza el diseño de las tapas de las celdas.



**-Cambio de la sección en la alineación 2**, pasando de espaldón con demolición parcial de cajón a espaldón doble con cuenco intermedio. Estudios detallados y ensayos en modelo reducido.



**-Comprobación de estabilidad de los nuevos diseños.**

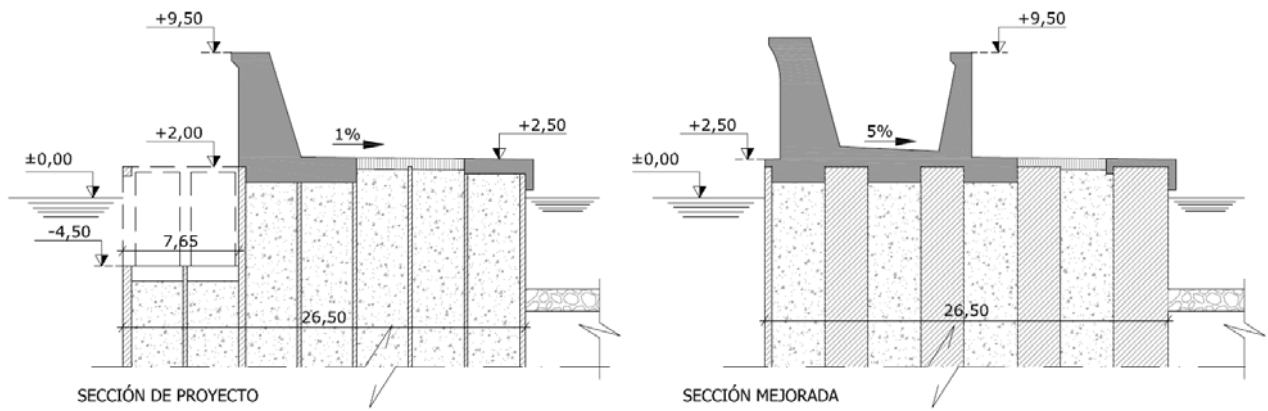
### ESPALDÓN DOBLE

Se realizó un profundo estudio del fenómeno del rebase (tanto con modelos físicos como matemáticos), de su desagüe, así como de la estabilidad del dique. Las formas de cada uno de los dos espaldones fueron analizadas con sumo detalle.

Las características del espaldón doble son:

- Aprovechamiento del retranqueo: no se reduce la superficie disponible.
- Eliminación de la demolición parcial de los cajones.
- Mantenimiento de la cota de coronación a la +9,5 en el espaldón trasero

En la siguiente imagen mostramos la sección tipo del Proyecto Constructivo y la sección propuesta (y finalmente, construida) por la UTE.



Se realizaron una serie de ensayos a modelo reducido para asegurar el correcto comportamiento del diseño frente a rebase:



A continuación pueden observarse una serie de imágenes de la ejecución del espaldón doble:

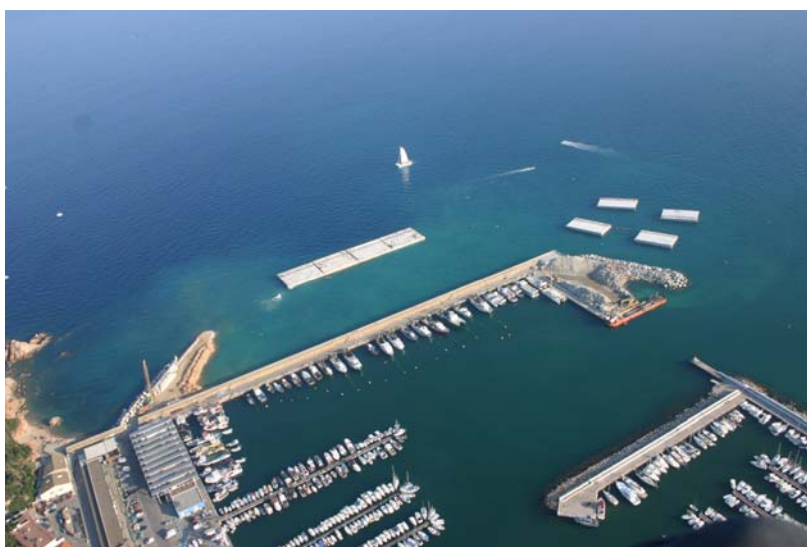


### EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

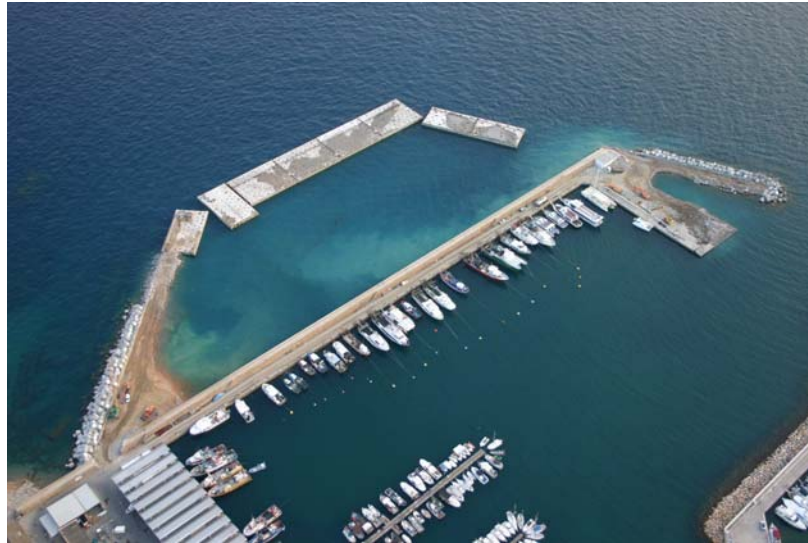
El primer punto en la construcción de las obras fue la ejecución de los cajones, que fueron fabricados en Sagunto y transportados a Blanes:



Tras la colocación de las tapas de remolque, los cajones son transportados a Blanes. Allí son acopiados y colocados sobre la banqueta de cimentación previamente ejecutada. Puede observarse el arranque de los diques en talud.



Simultáneamente se prosigue con el avance del dique en talud hasta entroncar con el dique vertical:



Una vez finalizada la estructura del dique, se procede a la ejecución de los rellenos y posteriormente de los espaldones:



El punto final es la ejecución de pavimentos, las instalaciones y elementos de atraque y amarre. A continuación podemos ver una imagen de la obra prácticamente finalizada, donde se observan todos los elementos.





### **COMPORTAMIENTO FRENTE A REBASE DE LA SEGUNDA ALINEACIÓN**

Uno de los aspectos más innovadores del diseño realizado es la definición del espadón doble. Con su ejecución, se consigue reducir el rebase sin necesidad de incrementar en exceso la cota del espadón y sin tener que ejecutar la cámara disipativa que complicaba en gran manera la construcción.

Tras la llegada de los primeros temporales, se ha observado que el comportamiento de la segunda alineación, donde se ejecutó el espadón doble, ha sido un éxito



Durante los temporales acaecidos hasta la fecha, el rebase en la segunda alineación siempre ha sido despreciable, cumpliéndose con las previsiones teóricas.

