

Mejora del atraque del muelle de trasatlánticos del Puerto de Vigo

LEONCIO PRIETO TERCERO (*)

RESUMEN Este artículo detalla la ejecución de las obras de Ampliación de la Línea de atraque del Muelle de trasatlánticos en el Puerto de Vigo, mediante la construcción de tres duques de alba cimentados con pilotes. Se detalla la cimentación de cada estructura mediante siete pilotes de diámetro 1.500 mm, ejecutados desde pontona, describiendo los sistemas y los medios empleados.

DOCK EXTENSION OF THE VIGO PORT

ABSTRACT *The herein article shows the implementation works for the dock extension of the Vigo Port. The extension is carried out by three "DUQUES DE ALBA" each of them founded on 7 piles of the 1500mm of diameter. The pile driving execution system from pontoon and all execution resources are described.*

Palabras clave: Puerto, Duque de alba, Trabajos marinos, Pilote.

Keywords: Port, Cruise wharf, Marine works, Pile.

1. INTRODUCCIÓN

El Puerto de Vigo ha experimentado un considerable crecimiento en su tráfico de cruceros, pasando a ser uno de los tráfico más relevantes dentro del Puerto.

Durante el año 2008 se registraron 110 escalas de cruceros, todas ellas en tránsito, con más de 216.000 pasajeros, que visitaron la Ciudad de Vigo entrando por su Puerto. Se esperaba un mantenimiento de las escalas para el año 2009, con un incremento de pasajeros que llegarían a los 250.000.

Adicionalmente, las necesidades de capacidad de la terminal se han visto incrementadas por el establecimiento de las primeras salidas de cruceros, que han tomado el Puerto de Vigo como Puerto base.

Para satisfacer las necesidades operativas que demandan este tipo de buques, así como para dar respuesta al incremento del tráfico, se necesitaba disponer de nuevas líneas de atraque, y adaptar las estructuras existentes a las necesidades que requerirán los nuevos cruceros turísticos que lleguen al Puerto de Vigo.

El muelle actual tiene una longitud de atraque de 550 m, longitud que se ha ampliado hasta los 700 m, mediante la instalación de tres estructuras de atraque tipo "Duque de Alba", permitiendo el atraque simultáneo de dos grandes cruceros de 300 m de eslora.

El proyecto fue adjudicado en Septiembre del año 2009 a una UTE formada por las Empresas FERROVIAL Y RODIO-

KRONSA, firmándose el Acta de replanteo y comienzo de las Obras en Noviembre de 2009.

El plazo de ejecución de las obras fue de 7 meses (desde Noviembre 2009 a Mayo de 2010).

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Como se ha explicado en el punto anterior, se construyeron tres estructuras de atraque tipo "Duque de Alba", espaciadas entre sí de forma que permita el atraque simultáneo de dos grandes cruceros de 300 m de eslora cada uno, y que a la vez permita la disposición de atraques con cualquier combinación de buques de menor eslora.

La disposición de cada uno de los elementos tiene mucha importancia, ya que se trata de estructuras puntuales de soporte y amarre de buques, por lo que su posición es clave para poder permitir distintas combinaciones de buques atracados.

Con la construcción de estas estructuras tipo "Duque de Alba", se consiguen puntos de apoyo y amarre adicionales para el buque atracado en el muelle, por lo que se han dotado de defensas y bolardos de amarre suficientemente resistentes para el tipo de buques que se han considerado en proyecto.

La disposición de este tipo de estructuras permite prolongar considerablemente la línea de atraque del Muelle de Trasatlánticos, aumentando por tanto su capacidad de atraque para grandes cruceros, reduciendo en gran medida, en comparación con una ampliación tradicional del muelle, tanto el coste de la infraestructura como el impacto medioambiental de la misma. Consideramos que la solución adoptada es la óptima desde el punto de vista de la sostenibilidad.

(*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director Técnico RODIO KRONSA.



FIGURA 1. Vista aérea de la Ría de Vigo.



FIGURA 2. Vista aérea del muelle de trasatlánticos.



FIGURA 3. Vista aérea del muelle de trasatlánticos antes de la ejecución de las obras.

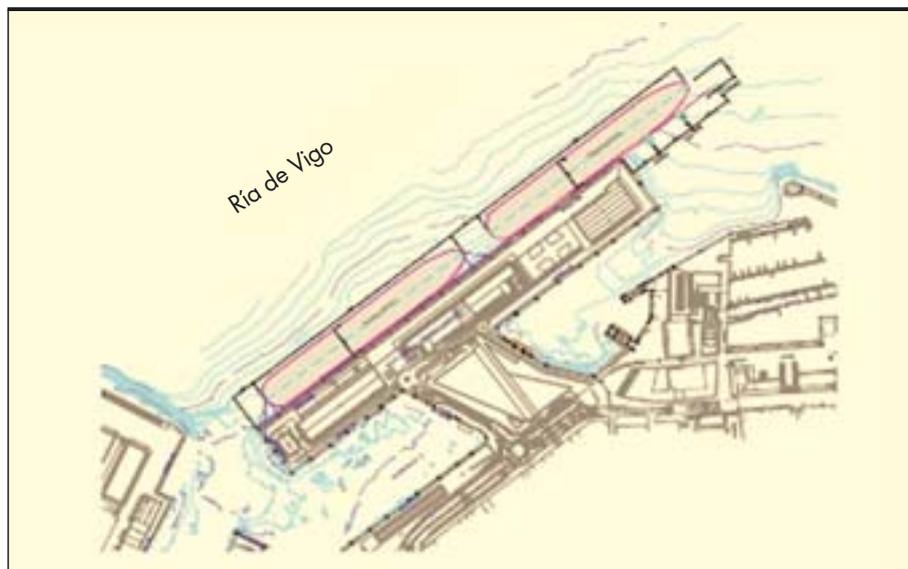


FIGURA 4. Plano de situación.

Se construyeron tres estructuras tipo “Duque de Alba” separadas del borde exterior del actual muelle las distancias siguientes:

- Duque de Alba 1 (DA 1) ⇒ 40,00 m
- Duque de Alba 2 (DA 2) ⇒ 90,00 m
- Duque de Alba 3 (DA 3) ⇒ 145,00 m

Las distancias anteriores permiten el máximo número de combinaciones de buques atracados posibles, actuando, en función de las esloras de los buques, como elementos de soporte y/o amarre de los mismos.

2.1. SOLUCIÓN DE PROYECTO

El Proyecto original contemplaba la solución siguiente:

El duque de alba más próximo al muelle existente (DA 1), está situado a 40,00 m del muelle en sentido NE y en la misma alineación que el muelle actual.

Es de forma octogonal, cimentado con 7,00 pilotes de 1,50 m de diámetro y un cabecero de canto 1,50 m.

Los pilotes tendrán una longitud de 37,50 m medidos desde la cara inferior del cabecero, es decir, van desde la cota +4,50 hasta la cota -33,00.

En la posición donde se ubica, el terreno se encontrará a la cota -15,00 y el sustrato de roca a la cota -24,00.

Los pilotes irán armados en toda su longitud con 20 barras de 25 mm, y en la zona de mayores esfuerzos se reforzará con otras 20 barras de 25 mm.

El cabecero del duque de alba se armará en su cara superior con una parrilla en ambas direcciones con barras de diámetro 25 mm, cada 15 cm, colocando debajo de cada bolardo un refuerzo en forma de parrilla. En la cara inferior se ha contactado con el armado dispuesto en las prelosas.

El duque de alba se equipará con una defensa tipo SC-1250, así como con un bolardo situado en la zona central del cabecero, para un tiro máximo de 150 t, anclado al encepado con 4 anclajes M90 de 1.100 mm de longitud.

El duque de alba para atraque DA 2, se situará a 90,00 m del muelle en sentido NE y en la misma alineación que el muelle actual y el DA 1. Tiene la misma geometría que el anterior, forma octogonal y 7 pilotes de 1,50 m de diámetro.

Los pilotes en este duque de alba serán de 42,50 m de longitud, llegando hasta la cota -38,00. En este caso el terreno se ha encontrado a la cota -17,00 y el sustrato rocoso a la cota -29,00.

La armadura es igual a la del DA 1 y va equipado con las mismas defensas y bolardos.

El duque de alba DA 3 estará situado a 145,00 del muelle en sentido NE y en la misma alineación que el muelle actual. Al igual que los dos anteriores, presenta la misma configuración exterior con forma octogonal, 7 pilotes de diámetro 1,50 y un cabecero de canto 1,50.

En este duque de alba, el terreno se encontrará a partir de la cota -18,00 m y el sustrato rocoso a la cota -38,00. Los pilotes serán de longitud 451.50 m, con una armadura de 20 barras de diámetro 32 mm, con un refuerzo en la zona de mayores esfuerzos de 20 barras de 32 mm.

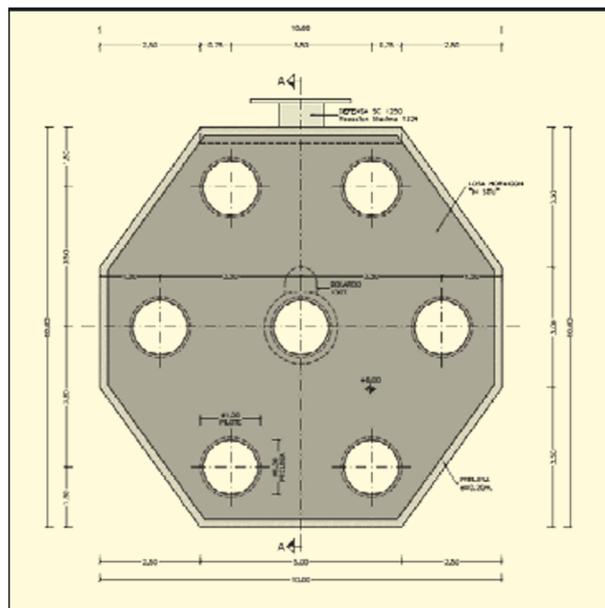


FIGURA 5. Planta tipo del duque de alba.

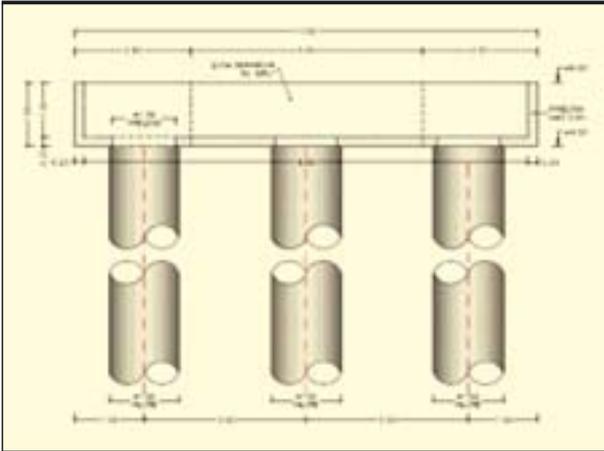


FIGURA 6. Alzado tipo del duque de alba.

La armadura del cabecero es igual a la de los dos duques de alba anteriores, y en este caso se equipará con un bolardo en la zona central para un tiro máximo de 200 t. y el mismo tipo de defensa que en los anteriores.

2.2. GEOTECNIA

El estudio geotécnico del proyecto se basó en la realización de cinco sondeos a rotación, con extracción de testigo, y quince ensayos de penetración dinámica continua superpesada tipo DPSH. Se realizaron en puntos próximos a los de ubicación de las futuras estructuras, aunque ningún sondeo se hizo coincidir con la situación real de los futuros duques de alba.

El corte geotécnico deducido de los sondeos más próximos a las ubicaciones de los duques de alba mostraban la siguiente configuración del suelo:

- Calados variando entre 17,00 y 21,00 m.
- Primer nivel de fangos limosos sueltos de color gris oscuro, correspondientes a depósitos marinos en proceso de consolidación, con espesores que podían variar entre 4,00 y 5,00 m. Se trata de materiales sin cohesión, con gran contenido en agua y escasos restos conchíferos comúnmente fracturados. Materiales fácilmente dragables.
- Segundo nivel de arenas fangosas de color gris oscuro y grano medio, con espesores variables entre 6,00 y 16,00 m. Presenta niveles más arcillosos con mayor contenido en fangos y restos de conchas diseminados. Al final del tramo aparecen gravas de naturaleza cuarcítica de pequeño tamaño. En su conjunto se corresponden con depósitos marinos en proceso de consolidación, pasando a una facies de fondo de canal, de compacidad muy suelta a suelta, y fácilmente dragables.
- Tercer nivel de arenas limosas compactas, de color ocre, correspondiente con un sustrato rocoso naturaleza gneisica (jabre), alterado en grado IV-V, de compacidad media a densa con la profundidad, en espesores variables hasta 7,00 m. Se trata de materiales dragables con dificultad.

Los DPSH muestran la gran variabilidad que presenta el nivel de sustrato rocoso en el que debían empotrarse los pilotes.

Analizando los golpes de los ensayos realizados en las proximidades de las nuevas estructuras, se comprueba que la cota de aparición del tipo de terreno clasificado como "muy denso", varía desde los 7,00 m hasta los 21,00 m.



FIGURA 7. Pontona con equipo de sondeos.



FIGURA 8. Cajas de testigos del primer sondeo.

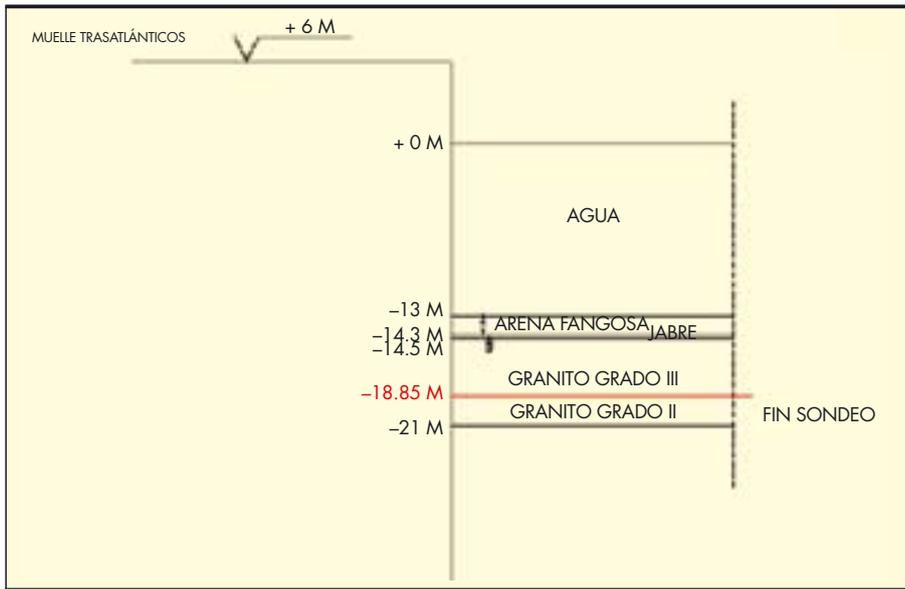


FIGURA 9.

Una vez adjudicadas las obras, se procedió a la realización de una nueva campaña de sondeos, replanteando los mismos en el lugar exacto de ubicación de cada duque de alba. Por lo tanto se realizaron 3 sondeos con extracción de testigo (desde pontona), complementados con un ensayo presiométrico en el sondeo SDA-3, y ensayos de resistencias a compresión simple de las muestras extraídas en todos los sondeos.

La descripción de los niveles obtenidos en cada punto de sondeo es la siguiente:

• **Duque de alba 1 (Sondeo SDA-1)**

- Nivel 1: Arenas fangosas, en un espesor de 1.30 m (cotas -13 a -14.3 m).
- Nivel 2: Jabre, en un espesor de 0.2 m (cotas -14.3 a -14.5 m).

- Nivel 3: Granito (grado III), en un espesor de 4.35 m (cotas -14.5 a -18.85).
- Nivel 4: Granito (grado II), en un espesor de 2.15 m (cotas -18.85 a -21).

Un corte tipo de la situación real en este primer duque de alba sería:

• **Duque de alba 2 (Sondeo SDA-2)**

- Nivel 1: Fangos sueltos, en un espesor de 4.75 m (cotas -15.65 a -20.40 m).
- Nivel 2: Arenas sueltas, en un espesor de 3.50 m (cotas -20.40 a -23.90 m).
- Nivel 3: Fangos sueltos, en un espesor de 2.5 m (cotas -23.90 a -26.40 m).

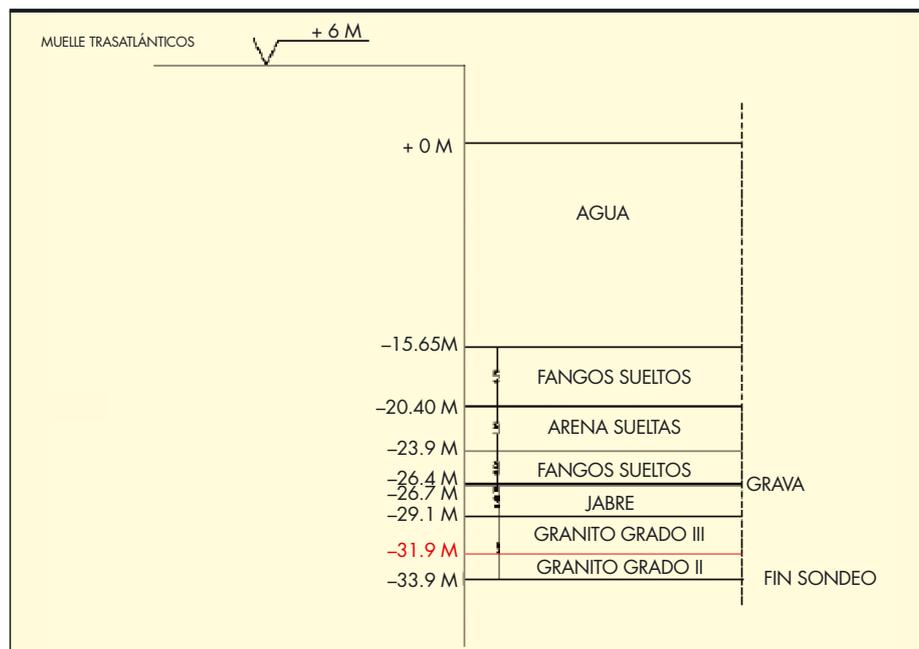


FIGURA 10.

	CARGA ROTURA (Tn)	TENSION DE ROTURA (kp/cm ²)	PROFUNDIDAD SONDEO (m)	COTA TERRENO
DA-1, n° 1	15,134	378,0	19,10 a 19,34	-15,10
DA-1, n° 2	20,4	508,9	20,53 a 20,70	-16,53
DA-1, n° 3	13,74	344,8	22,30 a 22,48	-18,30
DA-1, n° 4	27,6	690,6	24,55 a 24,8	-20,55
DA-2, n° 1	4,95	169,4	33,00 a 33,30	-29,40
DA-2, n° 2	7,148	180,2	34,00 a 34,40	-30,40
DA-2, n° 3	19,407	495,1	34,90 a 35,40	-31,30
DA-2, n° 4	28,0	716,0	37,06 a 37,50	-33,46
DA-3, n° 1	19,519	492,0	46,11 a 46,31	-44,25
DA-3, n° 2	22,5	574,8	46,60 a 46,86	-44,74
DA-3, n° 3	26,4	661,6	47,50 a 48,10	-45,64

TABLA 1.

- Nivel 4: Gravas, en un espesor de 0.30 m (cotas -26.40 a -26.70).
- Nivel 5: Jabre, espesor de 2.4 m (cotas -26.70 a -29.1).
- Nivel 6: Granito (grado III), espesor de 2.8 m (cotas -29.1 a -31.9).
- Nivel 7: Granito (grado II), espesor de 2 m hasta fin del sondeo (cotas -31.9 a -33.9 m).

Un corte tipo de la situación real en el segundo duque de alba sería:

- **Duque de alba 3 (Sondeo SDA-3)**

- Nivel 1: fangos sueltos y arenas limosas en un espesor de 17.5 m (cotas -18.5 a -36.0 m).
- Nivel 2: arenas sueltas, en un espesor de 9.2 m (cotas -36.0 a -45.0 m).
- Nivel 3: granito (grado III), espesor de 0.5 m (cotas -45.0 a -45.5).
- Nivel 4: granito (grado II), espesor de 3.5 m hasta fin del sondeo (cotas -45.5 a -49.0 m).

Las condiciones geotécnicas extraídas de la nueva campaña de sondeos constataron que:

- Las cotas de los diferentes estratos geotécnicos en los puntos de ubicación real de los 3 Duques de Alba no coincidían con las contempladas por el proyecto original, principalmente en el DA1 y DA3.
- Los ensayos de rotura a compresión de las muestras de roca obtenidas en la zona de actuación manifestaron que dicho estrato rocoso se corresponde con un granito grado II, mucho más competente que el contemplado en el proyecto original, roca de grado III. Resultando necesario variar el criterio de diseño empleado por el cual el empotramiento de los pilotes en roca solicitado era de 9 m.

La Tabla 1 muestra los resultados de los ensayos de rotura a compresión de las muestras de roca obtenidas de los nuevos sondeos.

2.3. ADAPTACIÓN DEL PROYECTO A LAS NUEVAS CONDICIONES

Los duques de alba del proyecto base estaban previstos con rótulas en la unión tablero-pilote. Sin embargo, se consideró conveniente convertir esa unión en un nudo rígido (empotramiento), para permitir que el tablero trabaje y para reducir los esfuerzos de flexión en la parte enterrada del pilote y así conseguir menos esfuerzos sobre la roca.

Los duques de alba constan de 7 pilotes de hormigón armado con camisa de chapa de 1.5 m de diámetro y longitud variable según el duque de alba, sobre los que apoya una prelosa prefabricada de 0.2 m de canto, la cual se perfora con círculos concéntricos a la sección del pilote para permitir el paso de la armadura del mismo a través de los huecos. Posteriormente se hormigona el resto del tablero que tiene un canto total de 1.5 m.

Para poder llevar a cabo este proceso constructivo, fue necesario ejecutar los pilotes en dos fases; una primera en la que se hincó la camisa de chapa de 10 mm debiendo quedar la cota superior a la +4.5 m, de tal forma que la prelosa apoye sobre las camisas de los 7 pilotes. En la primera fase se coloca la armadura dejando las esperas para la siguiente fase, y se ejecuta el hormigonado del pilote hasta la cota necesaria.

La prelosa se divide en 4 partes, sellando las juntas con silicona una vez posicionadas. Una vez ejecutadas las perforaciones de la prelosa sobre los pilotes, se coloca la armadura de la parte superior del pilote, a través de los huecos, y la armadura del tablero para ejecutar a continuación el hormigonado de la segunda fase.

- **Duque de alba 1 (DA1)**

Según el sondeo realizado el terreno de cimentación de los pilotes está compuesto por 1,5 m de arenas y jabre, y a continuación granito con grado de alteración III. Debido a la dificultad de realizar un empotramiento en esa roca correspondiente a 6 diámetros, se ha reducido la longitud de empotramiento en roca a 4.35 m, quedando así la cota de cimentación de los pilotes a la -18.85. La longitud de los pilotes en estas condiciones es de 23.35 m.

Al estudiar con detalle la ejecución de los pilotes en ese tipo de terreno, se analizó la posibilidad de que los medios constructivos no permitieran profundizar 4.35 m en la roca, y se planteó una solución alternativa con micropilotes bajo la

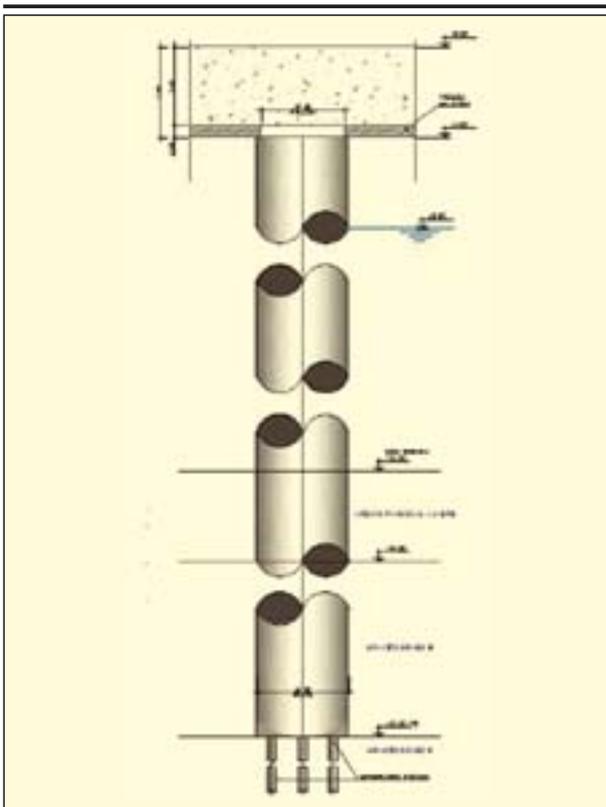


FIGURA 11. Sección tipo pilote + micropilotes en el DA 1.

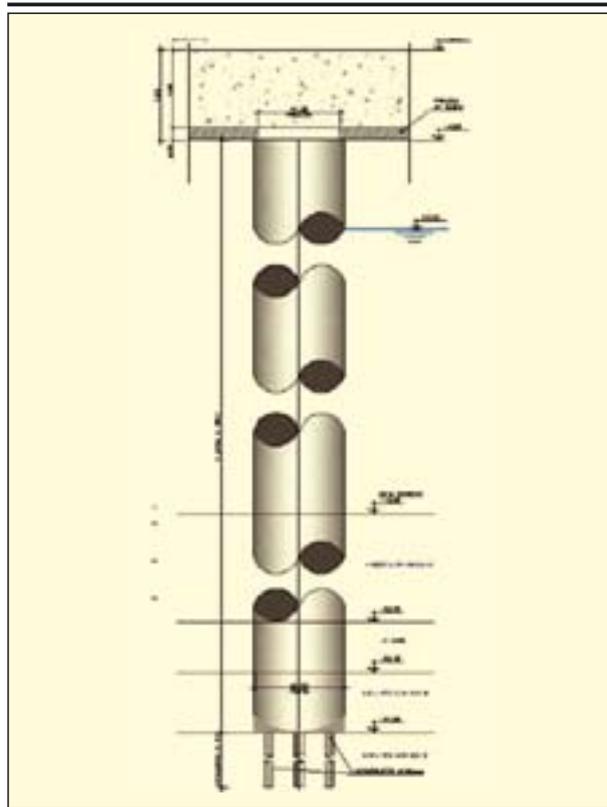


FIGURA 12. Sección tipo pilote + micropilotes en el DA 2.

punta de los pilotes. En este caso, el empotramiento de los pilotes en la roca sería como mínimo de 2.8 m.

Se dispusieron 4 micropilotes por cada pilote, con un diámetro de 150 mm y 5 m de longitud, que ayudan a resistir parte de la flexión en la punta del pilote.

- **Duque de alba 2 (DA2)**

Los pilotes del duque de alba 2 cambian con respecto al diseño inicial debido a los datos geotécnicos obtenidos mediante el sondeo SDA-2, ya que en éste se ha detectado granito de grado de alteración II a la cota -31.9, siendo la capa inmediatamente superior de granito de alteración.

III en un espesor de 2.8 m. Para evitar el empotramiento en la roca menos alterada se ha definido la solución en la que la cota de cimentación esté situada al final del estrato de granito grado III, es decir, con un empotramiento en roca de 2.8 m, resultando pilotes con una longitud de 36.4 m.

Al igual que el duque de alba anterior se han dispuesto 4 micropilotes por cada pilote, con un diámetro de 150 mm y 5 m de longitud.

- **Duque de alba 3 (DA3)**

Los pilotes del duque de alba 3 tienen una longitud mayor que los contemplados en el diseño inicial del proyecto base debido a los datos geotécnicos obtenidos mediante el sondeo SDA-3, ya que la roca granítica se encuentra a la cota -44, y no a la -38 como se asumía en el proyecto base. En el SDA-3 se ha detectado por encima de la roca una capa de 9 m de granito alterado (jabre) de la -36 a la -44, por lo que se decidió empotrar los pilotes en el estrato completo de jabre, así como 2.8 m en roca, dejando su cota de cimentación a la -46.8 m. Los pilotes del DA3 tuvieron una longitud de 51.3 m.

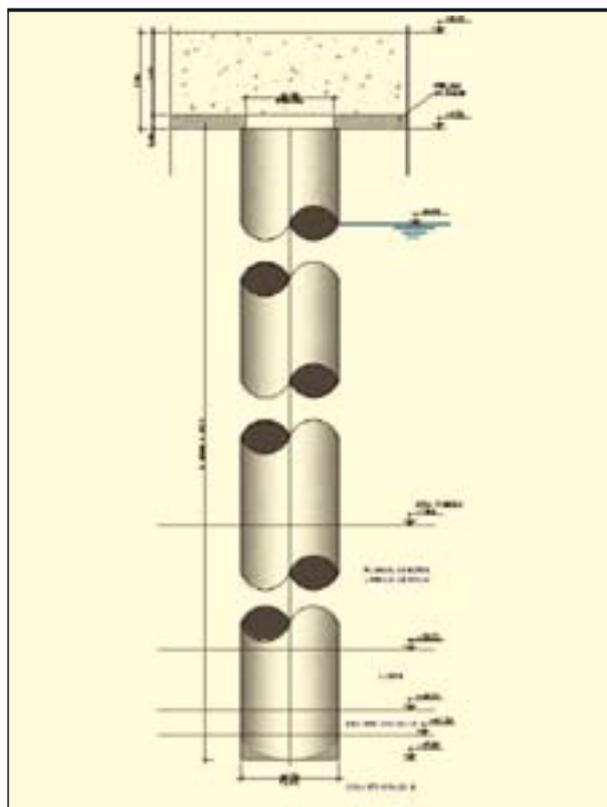


FIGURA 13. Sección tipo pilote en el DA 3.



FIGURA 14. Plataforma principal con las gruas.



FIGURA 15. Barco auxiliar remolcando la plataforma de madera.

3. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Los duques de alba se construyeron de forma secuencial, comenzando desde el más próximo al muelle existente y continuando por el segundo más alejado, para finalizar con el tercero más alejado del muelle.

La secuencia de trabajos fue la siguiente:

- Ejecución de los siete pilotes de cimentación de cada duque de alba, complementados con los micropilotes por el interior, en el caso de los dos primeros.
- Colocación de la prelosa que apoya sobre los pilotes, de 0,20 m de canto, con los orificios de paso de la armadura de espera de los pilotes. La prelosa se dividió en cuatro partes, para facilitar su colocación, y una vez completada se sellaban las juntas con silicona.
- Colocación de la armadura del cabecero.
- Hormigonado del cabecero.
- Colocación de las defensas y los bolardos.
- Posicionamiento y fijación de las plataformas metálicas de comunicación entre los tres duques de alba y el muelle.

La ejecución de los pilotes se realizó en las siguientes fases:

- Plataformas flotantes y otros medios marinos.
Se utilizó una plataforma flotante con dos gruas de 80 t. de capacidad, con unas dimensiones de 70 m de eslora x 16 de manga. Para los desplazamientos se utilizaba un remolcador.
También se utilizó una gran plataforma de madera para el transporte de todos los elementos auxiliares de gran tamaño (tubos, armaduras, prelosas, etc.), remolcada por un pequeño barco.
Otro elemento utilizado durante toda la ejecución fue un barco autopropulsado con una pequeña pluma, para pequeños transportes y trasiego de detritus en contenedores.
Para el desplazamiento del personal se utilizó una lancha de transporte.
- Replanteo
El replanteo se realizaba una vez posicionada la pontona en las proximidades del pilote a ejecutar. La topografía se realizó tomando dos ejes y presentando la camisa en la intersección de los mismos. Los desplazamientos de la pontona para posicionarse en el punto exacto se efectua-

ban con los motores de las eslingas que anclaban la pontona.

Se controlaba la verticalidad de la camisa, durante todo el proceso de hinca de la misma.

- Colocación de la camisa perdida

El izado y la colocación de la camisa perdida se realizaba con una de las gruas con que estaba equipada la pontona. Se trasladaba desde el muelle en la plataforma auxiliar, se elevaba y se introducía dentro del elemento centrador fijado a la pontona. En los pilotes cortos se transportaba y se colocaba en un solo tramo y en los más largos se transportaba en dos tramos y se soldaba in situ.



FIGURA 16. Colocación de la tubería en la plataforma auxiliar.



FIGURA 17. Vibrado de la tubería para su introducción en el terreno.



FIGURA 18. Perforadora en transporte en la pontona.

La colocación de la camisa se realizó utilizando un vibrador eléctrico tipo TOMEN 5000, que se alimentaba de un grupo electrógeno situado en la pontona de 250 KVA. Antes del hincado se comprobaba que la posición estaba dentro de las tolerancias admitidas (5 cm.). La camisa se apoyaba en el estrato resistente mediante vibración hasta que la excavación interior del pilote en la roca permitía introducirla el empotramiento necesario (2,80 m).

- Perforación de los pilotes.

La perforación interior de los pilotes se realizó con un equipo hidráulico a rotación tipo SOILMEC R-930, utilizando diferentes herramientas de perforación, dependiendo del tipo de terreno (auger, bucket o carotier).

Finalizada la perforación interior del pilote en toda la longitud de empotramiento en el sustrato rocoso se con-

tinúa con la introducción del tubo por vibración hasta la cota definitiva, es decir hasta alcanzar el empotramiento de 2,80 m en granito grado III.

El granito de empotramiento se caracterizó con resistencias a compresión simple de 350 a 450 Kg/cm², presencia de biotita y poco fracturado.

- Colocación de armaduras y hormigonado.

Una vez finalizada la perforación y estando la tubería perdida a su cota final, se procedía a la limpieza del fondo de la perforación, una vez que el fondo está limpio se comienza con las operaciones de colocación de las armaduras y del tubo "tremie" para el hormigonado.

Las armaduras se montaban en el muelle y se transportaban al pilote en la plataforma auxiliar. En los pilotes cortos la armadura se transportaba de una sola pieza y en los largos en dos piezas que se colocaban y



FIGURA 19. Perforadora posicionada para perforar por el interior del tubo.



FIGURA 20. Colocación de la armadura.

soldaban en el pilote, desde plataformas auxiliares colocadas alrededor de la tubería de los pilotes.

A continuación se colocaba la tubería tremie desde la plataforma auxiliar hasta el fondo del pilote.

El hormigón se bombeaba desde el muelle: en el caso del primer duque de alba (el más próximo al muelle) directamente a través de la tubería de la propia bomba, y en los otros dos el bombeo se efectuaba a una tubería de transporte desde el duque de alba anterior, y de ahí al tubo tremie.

- Perforación de los micropilotes.

Debido a la reducción del empotramiento a 2,80 metros, se complementó la cimentación de los DA1 y DA2 con 4 micropilotes de 150 mm., por pilote, empotrados en granito grado II 5,0 metros. La tubería de los micropilotes se colocaba solidaria a la armadura del pilote, quedando esta situada a 1,5 metros del fondo del pilote. Los micropilotes se perforaron a través de los tubos dejados en la armadura y rompiendo el tapón de fondo, perforando 1,50 metros de hormigón y continuando la



FIGURA 21. Hormigonado con bomba desde el muelle (DA 1).



FIGURA 22. Hormigonado desde muelle con bomba y tubería (DA 3).

	Longitud Total (m)	Longitud Media (m)	Total h insistencia	Horas media insistencia
DDAA 01	157,95	22,56	120,00	17,14
DDAA 02	252,45	36,06	161,00	23,00
DDAA 03	337,85	48,26	166,00	23,71

TABLA 2.

perforación en granito grado II 5,00 metros. Finalmente se colocaba la armadura del micropilote consistente en un tubo de acero A-52 de 127x10 de 6,50 metros de longitud, y por último se inyectaba.

La ejecución de los micropilotes se realizó a rotoperforación con una Sonda perforadora tipo KLEMM 806.

Los rendimientos de perforación en el granito descrito anteriormente se pueden resumir en la Tabla 2.

Una vez ejecutados todos los pilotes de cada duque de alba se procedió a la construcción de la superestructura de los mismos, construyendo el cabecero, colocando las defensas y los bolardos y finalmente las pasarelas metálicas de comunicación de un duque de alba a otro.

Para la ejecución de los cabeceros se construyeron unas prelosas en el muelle, que harían la función de encofrado perdido de todo el cabecero. Se encofraron, armaron y hormigonaron en el muelle en cuatro tramos, para facilitar tanto su



FIGURA 23. Perforación de los micropilotes.



FIGURA 24. Fabricación de las prelosas en el muelle.



FIGURA 25. Colocación de un tramo de prelosa en el cabecero.



FIGURA 26. Armado del cabecero utilizando la prelosa como encofrado perdido.

transporte hasta el punto de colocación, como para facilitar su puesta en obra con los medios marítimos.

Una vez colocados todos los tramos de la prelosa, se sellaron las juntas con silicona y se procedió al armado “in situ” de todo el cabecero.

Finalmente se hormigonó el cabecero con la ayuda de bombas y tuberías, con la misma disposición utilizada para hormigonar los pilotes.

Posteriormente se colocaron los bolardos y las defensas en la posición proyectada, así como las dos pasarelas metálicas que comunican los tres duques de alba con el muelle.

4. AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer especialmente la colaboración prestada para la elaboración de este artículo a algunas de las personas que trabajaron con gran dedicación en esta obra:

Directora de Obra (A.P.V.)	D ^a Beatriz Colunga
Jefa de Obra (Ferrovia)	D ^a Eliana Pérez
Jefe de Producción (Rodio Kronsa)	D. Miguel Angel Rodríguez



FIGURA 27. Hormigonado del cabecero.



FIGURA 28. Duques de alba finalizados.



FIGURA 29. Atraque simultáneo de dos grandes cruceros utilizando los duques de alba.