



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA ADECUACIÓN DEL MUELLE 14 COMO TERMINAL DE MERCANCÍAS GENERALES EN EL PUERTO DE ALICANTE

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Titulación: Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.
Curso académico: 2019/2020.
Autor: Verdú Cremades, Ignacio.
Tutor: Garrido Checa, Joaquín.
Valencia, Julio 2020.



DOCUMENTO Nº1: MEMORIA



ÍNDICE

1	Antecedentes	1
2	Objeto del proyecto	1
3	Localización y descripción del Muelle 14	1
4	Estudios previos	2
5	Estudio de la climatología de la zona	2
6	Criterios de diseño	2
6.1	Criterios generales de proyecto.....	2
6.2	Parámetros de proyecto	3
6.3	Procedimiento de verificación	3
7	Elementos de atraque y amarre.....	4
8	Estudio de alternativas.....	4
9	Dragado	6
10	Dimensionamiento de la solución	6
11	Servicios afectados	9
12	Descripción de las obras	9
13	Plan de obra.....	9
14	Presupuesto.....	9
15	Documentos que conforman este Proyecto	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros geotécnicos del terreno.	2
Tabla 2	Características del buque tipo del Muelle 14.	3
Tabla 3	Pesos específicos de los criterios seleccionados.	6
Tabla 4	Matriz multicriterio.....	6
Tabla 5	Cotas del perfil estratigráfico empleado.	7
Tabla 6	Valores de los coeficientes de seguridad frente al hundimiento, F, obtenidos.	7
Tabla 7	Valores de los coeficientes de seguridad frente a la rotura del terreno por tiro horizontal, F, obtenidos.	8
Tabla 8	Cálculo del tope estructural del pilote.....	8
Tabla 9	Cuantía de armado necesaria para resistir las solicitaciones calculadas.	8

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Zona de actuación.....	1
Ilustración 2	Sección tipo tramo 1 (izq.) y tramo 2 (dcha.) con perfil estratigráfico.	1
Ilustración 3	Perfil estratigráfico utilizado, Sondeo 5, Sección F-F'.	2
Ilustración 4	Defensa tipo, perfil (izq.) y alzado (dcha.).	4
Ilustración 5	Bolardo tipo planta (izq.) y alzado (dcha.)......	4
Ilustración 6	Alternativa 1: Columna de Jet grouting, Tramo 1 (izq.) y Tramo 2 (dcha.).	5
Ilustración 7	Alternativa 2: Estructura flotante, Tramo 1 (izq.) y Tramo 2 (dcha.).	5
Ilustración 8	Alternativa 3: Muelle de pilotes, Tramo 1 (izq.) y Tramo 2 (dcha.)......	5
Ilustración 9	Alternativa 4: Muelle de tablestacas, Tramo 1 (izq.) y Tramo 2 (dcha.).	5
Ilustración 10	Punto de vertido.	6
Ilustración 11	Sección tipo Tramo 1 de la solución proyectada.....	8
Ilustración 12	Sección tipo Tramo 2 de la solución proyectada.....	9

1 Antecedentes

El actual Muelle 14 estaba realmente desaprovechado, las instalaciones existentes apenas permitían el atraque de cualquier embarcación de dimensiones moderadas. Las últimas modificaciones que se han podido consultar datan de 1912 y 1925 cuando se realizaron las ampliaciones del dique de Levante.

El uso actual del Muelle 14 era de mercancía general, pero la actividad según la memoria del Puerto de Alicante de 2018, es prácticamente nula en comparación con otros muelles dedicados al mismo tipo de uso. Como consecuencia, se redacta el presente Estudio de soluciones, en el que se justifican y definen las obras a realizar para así poder devolver al Muelle a un régimen de uso y explotación de mercancías generales en consonancia al resto de muelles del puerto.

2 Objeto del proyecto

Para dar respuesta a las necesidades técnicas de los buques esperados, el objetivo es ampliar el calado y disponer de un sistema de defensas y bolardos de mayor capacidad acompañados de la correspondiente solución de adecuación del muelle.

Para la elección de la solución a adoptar entre las 4 alternativas propuestas se ha tenido en cuenta en primer lugar la estabilidad global del muelle (2), ya que se ha demostrado que la disposición actual de la viga cantil no sería suficiente para absorber los esfuerzos requeridos. Como la alternativa 3, el muelle de pilotes, libera totalmente al muelle de gravedad del tiro de bolardo, ha obtenido el valor más alto en la matriz multicriterio detalla en el *Anejo Estudio de Alternativas*.

3 Localización y descripción del Muelle 14

La longitud total de la zona de actuación es de 380 m, estando limitada por ambos lados, lindando por el lado más al NE, con el Tramo 3 del Muelle 14 actualmente explotado por una empresa privada de ocio acuático, y por el SW, lindando con la terminal de pasajeros.

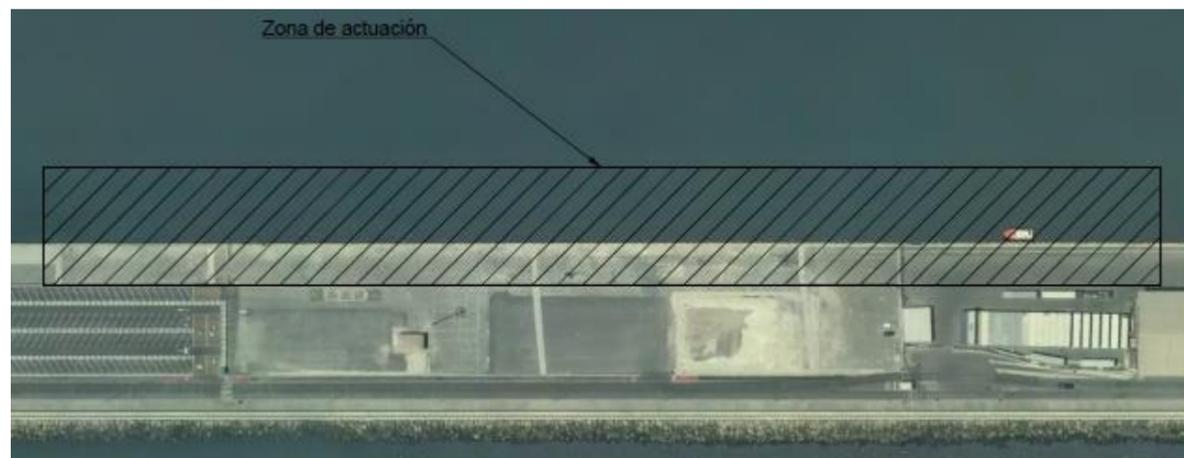


Ilustración 1 Zona de actuación.

Se consideran 2 tramos por su diferencia de geometría en la sección del muelle.

- Tramo 1: Consta de 281,5 m medidos desde el extremo SW.
- Tramo 2: Consta de 98,5 m medidos desde el extremo NE.

La tipología del Muelle 14 es de bloques de gravedad apoyados directamente sobre la banqueta y de espesor variable.

Las secciones tipo escogidas para el desarrollo del Estudio se han obtenido de los sondeos realizados durante la campaña geotécnica.

La sección tipo del tramo 1 está compuesta por 7 bloques de hormigón de dimensiones 1,40 m de altura y anchura variable entre 4,50 m y 5,50 m. Las dimensiones de la viga cantil son de 2,50 m de altura y 3,30 m de anchura, con una cota de coronación de +1,90 m.

La sección tipo del tramo 2 está formada por 6 bloques de hormigón con unas dimensiones de 1,35 m de altura y una anchura de 4,30 m. La viga cantil posee una altura de 2,25 m y una anchura de 2,40 m, con una cota de coronación de +1,75 m.

La banqueta tiene una variación de espesor de 2,00 m en el tramo 1 a 3,55 m en el tramo 2.

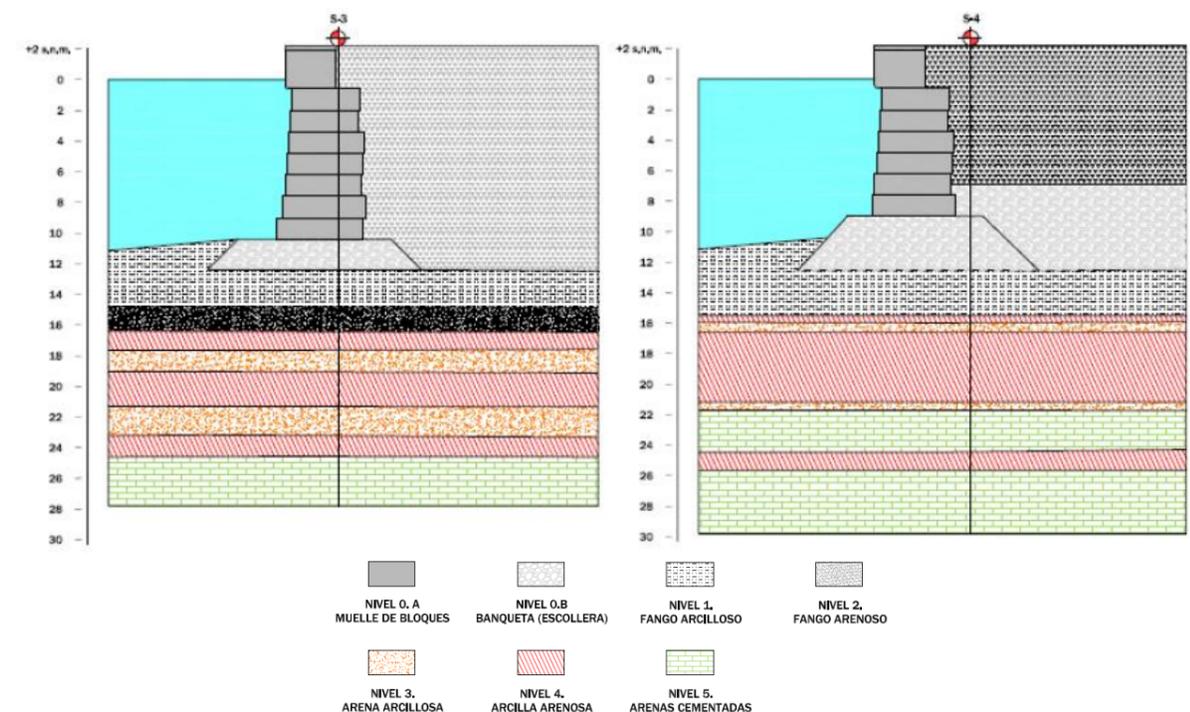


Ilustración 2 Sección tipo tramo 1 (izq.) y tramo 2 (dcha.) con perfil estratigráfico.

Toda la información relacionada con la geometría actual de la sección puede ser contrastada en el plano 2 del *Documento N°2 Planos*.

El muelle está dotado de 19 bolardos de 60 t de tiro y 27 defensas de tipo cilíndrico de diversos tamaños.

Para completar la descripción del muelle, se ha tomado documentación fotográfica de la zona de actuación la cual se puede consultar en el *Anejo Antecedentes y Situación*.

4 Estudios previos

Se realizaron tanto una campaña geotécnica como batimétrica, de las que se pudo extraer tanto un perfil batimétrico de la zona del muelle, como la caracterización del terreno sobre el cual se va a desarrollar la alternativa propuesta, los detalles de cada una de las campañas pueden ser consultados en el *Anejo de Geología y Geotecnia* y el *Anejo Bases de Diseño*.

Para el desarrollo de la alternativa fue necesario usar 2 batimetrías, una en detalle de la zona del muelle (obtenida de la campaña batimétrica) y otra de la dársena (facilitada por la APA).

En cuanto a la geotecnia de la zona, se decidió de manera simplificada adoptar un perfil estratigráfico común para toda la zona de estudio, correspondiente al sondeo nº 5. La columna estratigráfica tipo con los parámetros de resistencia y deformación de los estratos identificados en los sondeos se muestran en la Tabla 1.

Nivel	ϕ	c'	C_u	γ_a	γ_d	E'	K	v'
Unidad de medida	°	Kpa	Kpa	KN/m ³	KN/m ³	Mpa	m/s	-
Nivel 1 Fangos arcillosos	26	0	30	17	15	5	10 ⁻⁸	0.3
Nivel 2 Fangos arenosos	30	0	-	18	15	12	10 ⁻⁵	0.3
Nivel 3 Arena arcillosa	34	0	-	19	16	33	10 ⁻⁵	0.3
Nivel 4 Arcilla arenosa	28	10	125	21	18	18	10 ⁻¹⁰	0.3
Nivel 5 Arenas cementadas	37	0-5	-	19	16	40	10 ⁻⁴	0.3

Tabla 1 Parámetros geotécnicos del terreno.

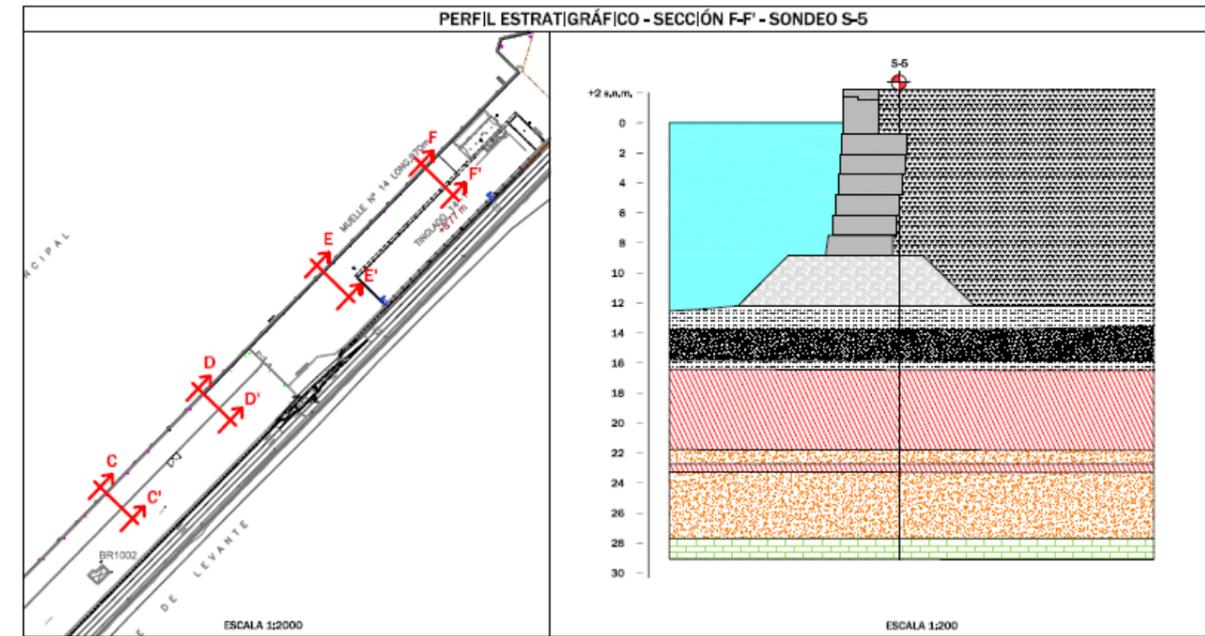


Ilustración 3 Perfil estratigráfico utilizado, Sondeo 5, Sección F-F'.

5 Estudio de la climatología de la zona

El diseño de la solución está directamente relacionado con la influencia de los agentes climáticos, por ello se han caracterizado el oleaje, el viento y el nivel del mar en la zona de actuación.

- El oleaje se han obtenido los datos de la Boya Costera de Alicante y se han propagado hasta el Muelle 14 para los regímenes medio y extremal.
- Del viento los datos se han tomado del registro sintético del nodo SIMAR 2080099 para el régimen medio y, para el régimen extremal se ha seguido el cálculo conforme a la ROM 0.4-95.
- El nivel del mar se han cogido los datos del mareógrafo de Valencia en la ROM 2.0-11 y, se han transformado estos niveles para la zona de Alicante.

El cálculo detallado y los valores de los agentes climáticos se encuentran en el *Anejo Climatología*.

6 Criterios de diseño

Los criterios de diseño utilizados para el dimensionamiento de las obras se describen en el *Anejo Bases de diseño*, de acuerdo con las normativas que se indican en la bibliografía del anejo. Se resumen en los siguientes apartados:

6.1 Criterios generales de proyecto

- Tramos de cálculo
 - Tramo 1: longitud 281,5 m y calado -12,28 m (después del dragado).
 - Tramo 2: longitud 98,5 m y calado -12,28 (después del dragado).
- Carácter general

- Tramo 1 y 2: IRE r_2 , ISA s_2 .
- Vida útil
 - Tramo 1 y 2: 25 años.
- Criterios de seguridad y explotación
 - Tramo 1 y 2: pf,ELU = 0,10; pf,ELS = 0,30.
- Periodo de retorno
 - Tramo 1 y 2: 238 años.

6.2 Parámetros de proyecto

- Cota de coronación del muelle: +2,20 m (para dar continuidad con la explanada del Muelle 14).
- Nivel de referencia altimétrico, el CERO del puerto de Alicante.
- Calado de proyecto: -12,28 m para ambos tramos.
- Nº de alineaciones: 2.
- Extensión en planta del calado de atraque: 440 m de longitud y 30,73 m de anchura.
- Parámetros del terreno: conforme al *Anejo Geología y geotecnia*.
- Agente y acciones:
 - Agentes climáticos: valores umbral: Tabla 3.2.1.3 de la ROM 2.0-11.
 - Agente sísmico: NCSE-02, $a_b = 1,373 \text{ m/s}^2$.
 - Agentes de uso y explotación: Se establece un $A_0 = 22,5 \text{ m}$ medidos desde la línea del cantil para darle toda la ampliación del muelle al área de operaciones. Los tramos 1 y 2 tienen en común:
 - Sobrecarga área de operación: 30 kN/m^2 .
 - Sobrecarga área de almacenamiento: 60 kN/m^2 .
 - Equipos de movilidad no restringida: Grúa móvil 250/35.
 - Equipos auxiliares de transporte y depósito: Carretilla elevadora frontal (200kN).
 - Acciones de amarre.
 - Acciones de atraque.
 - Buque de cálculo:

Este ha sido obtenido calculando el cociente entre el gross tonnage movido el ejercicio anterior y el número de buques atracados del ejercicio anterior. Conociendo el promedio de gross tonnage que transporta cada buque, se puede obtener el desplazamiento medio de los buques de mercancía general en el puerto. Consultando la Tabla 4.6.4.33 de la ROM 2.0-11, se puede averiguar el resto de las características del buque, siendo:

Buque tipo muelle 14		
Eslora total (L)	169.64	m
Eslora entre perpendiculares (L_{pp})	160.64	m
Manga (B)	24.58	m
Calado estático (D_e)	10.44	m
Puntal (T)	14.92	m
Tonelaje de Peso Muerto (TPM)	16212.03	-
Desplazamiento máximo (Δ_{PC})	24645.33	t
Arqueo Bruto (GT)	9858	t
Área transversal sumergida ($A_{t,sumer}$)	234.42	m^2
Área longitudinal sumergida ($A_{l,sumer}$)	1528.51	m^2

Tabla 2 Características del buque tipo del Muelle 14.

6.3 Procedimiento de verificación

- Método de cálculo:
 - Métodos de nivel I con coeficientes de seguridad parciales:
 - Modos de fallo tipo GEO: ROM 0.5-05.
 - Modos de fallo tipo ELS: ROM 0.5-05.

La verificación de estabilidad geotécnica del muelle se realiza en los tramos 1 y 2 para el escenario de condiciones de uso futuro con las cargas previstas según la ROM 2.0-11.

- Condiciones de trabajo:
 - CT1: Condiciones de trabajo operativas correspondientes a las cargas transmitidas por equipos de movilidad no restringida con capacidad de carga y descarga del buque por elevación, con el viento como agente climático predominante.
 - CT2: Condiciones de trabajo extremas con el viento como agente climático predominante.
 - CT3.3.2: Condiciones excepcionales debidas a la presentación de una acción sísmica.
- Modos de fallo:
 - Modos de fallo adscritos a ELU:
 - Geotécnicos (GEO):
 - Hundimiento.
 - Rotura por arranque.
 - Rotura del terreno por tiro o empuje horizontal.
 - Estructurales o de inestabilidad interna (STR):
 - Resistencia tope estructural.
 - Modos de fallo adscritos a ELS:
 - Asientos
 - Asiento del pilote aislado.

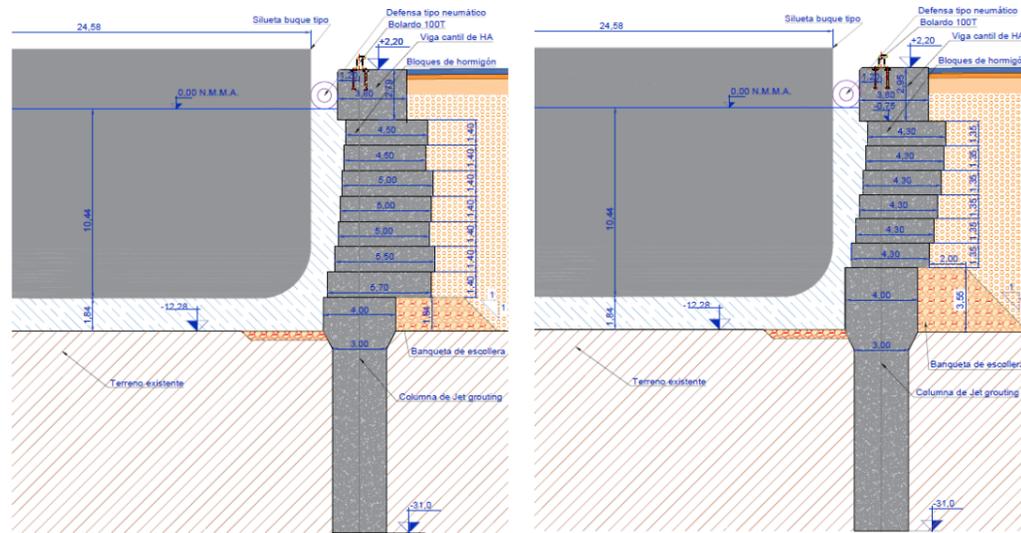


Ilustración 6 Alternativa 1: Columna de Jet grouting, Tramo 1 (izq.) y Tramo 2 (dcha.).

Alternativa 2: Estructura flotante

En esta alternativa se plantea la puesta de una estructura flotante entre la viga cantil y el buque, con el único fin de alejar la línea de atraque lo máximo posible del muelle. La banqueta existente no se ve afectada por el dragado a realizar, por lo que no se compromete la capacidad estructural del muelle durante la actividad de dragado. En esta opción se rellenaría las zonas donde aparece una mala distribución o carencia de escollera según el estudio batimétrico realizado.

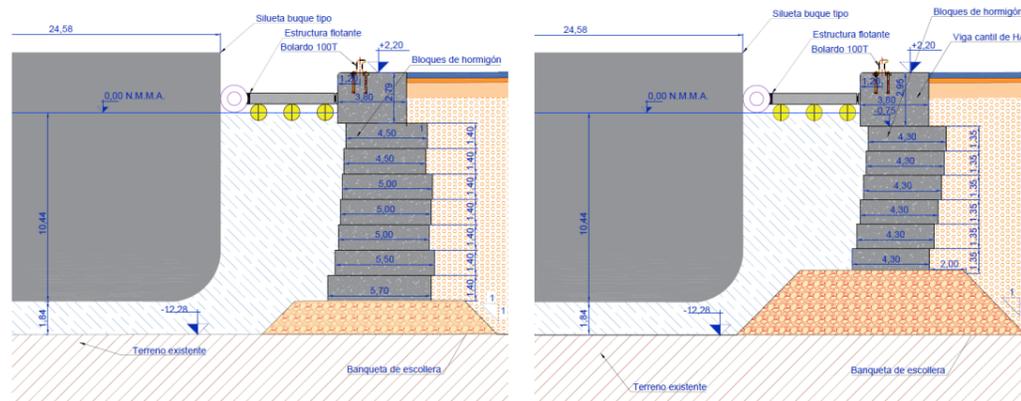


Ilustración 7 Alternativa 2: Estructura flotante, Tramo 1 (izq.) y Tramo 2 (dcha.).

Alternativa 3: Muelle de pilotes

Se propone como tercera alternativa la ampliación del muelle mediante pilotes, los pilotes serán hincados hasta la profundidad necesaria para soportar las cargas a la que será sometida la estructura. Se pretende con esta opción limitar el área de operaciones a la ampliación, dejar una zona de rodadura entre el área de operaciones y el área de almacenamiento y ubicar la zona de almacenamiento a una altura donde las cargas producidas por el almacenamiento de mercancías no afecten a la estructura de bloques.

Se colocará adicionalmente para evitar una socavación del pie de la columna de jet grouting, se colocará una banqueta de escollera para evitar la erosión de las hélices de los buques.

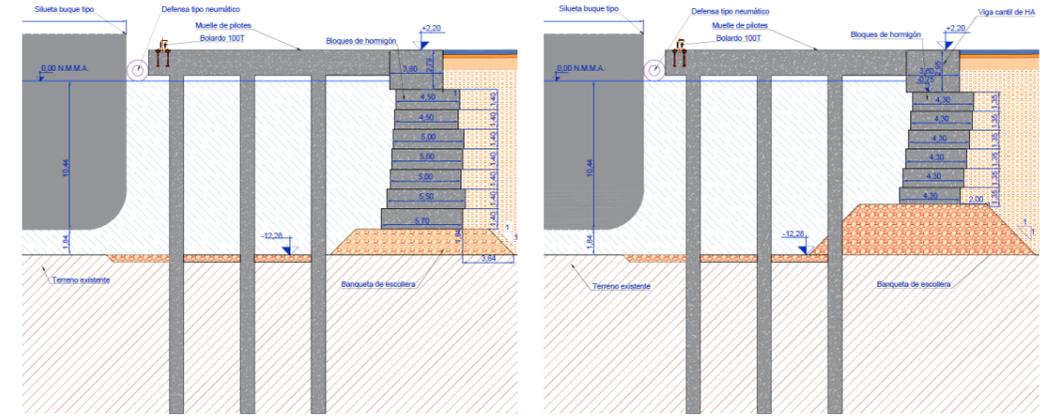


Ilustración 8 Alternativa 3: Muelle de pilotes, Tramo 1 (izq.) y Tramo 2 (dcha.).

Alternativa 4: Muelle de tablestacas

En la presente alternativa se pretende colocar un muro de tablestacas delante del muelle de bloques existentes. Al estar hincada a gran profundidad, la tablestaca mejorará la estabilidad global del conjunto.

Se pretende hincar la tablestaca justo delante del bloque inferior y colocar una pantalla de anclaje a una distancia que permita el correcto funcionamiento del sistema. Al pie de la tablestaca se colocará escollera para evitar la socavación y el futuro descalce de la tablestaca.

A la hora de la colocación presentará gran dificultad, ya que tendrá que atravesar la escollera. Se utilizará por tanto para la hincada de perfiles una inercia adecuada a la operación a realizar, y en todo caso, con un azuche reforzado en punta.

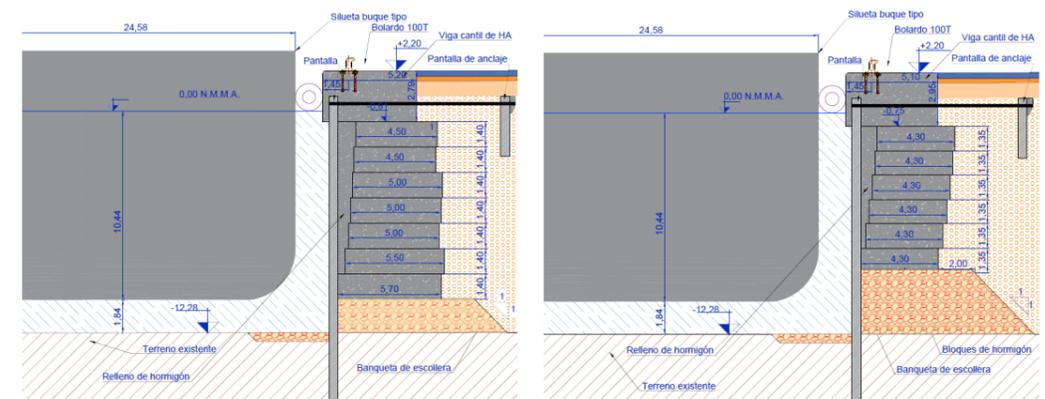


Ilustración 9 Alternativa 4: Muelle de tablestacas, Tramo 1 (izq.) y Tramo 2 (dcha.).

Para el estudio comparativo de las alternativas se adoptan los siguientes indicadores:

Pesos específicos de los criterios

Criterio	Indicador	Peso específico	Peso total
Funcionalidad	Operatividad y maniobrabilidad	0.1	0.25
	Adaptabilidad a uso futuro	0.15	
Estructural	Estabilidad global	0.5	0.5
Ejecución	Proceso constructivo	0.05	0.15
	Plazo de ejecución	0.1	
Económico	Coste de ejecución	0.1	0.1

Tabla 3 Pesos específicos de los criterios seleccionados.

Una vez ponderado todas las evaluaciones de los criterios de las diferentes alternativas se obtiene como resultado que la alternativa de Muelle de pilotes es la más adecuada a los objetivos del proyecto.

Elección de la alternativa				
Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Funcional	1.6	0.65	1.55	1.6
Estructural	3	1	4.5	3
Ejecución	0.7	1.5	0.3	0.6
Económico	0.4	1	0.2	0.6
Valoración final	5.7	4.15	6.55	5.8

Tabla 4 Matriz multicriterio.

9 Dragado

Para dar cabida a los buques tipos mencionados es necesario ampliar el calado de la zona de atraque. Como se ha mencionado el apartado 4 Estudios previos, para el cálculo del material a dragar se han utilizado 2 batimetrías.

- Con la batimetría del muelle, al ser suficientemente ancha se han calculado la zona de dragado para el atraque que sería necesaria conforme a la ROM 2.0-11, la cual establece un área en planta para el atraque mínima de 31 m de anchura y 440 m de longitud.
- Con la batimetría de la dársena, se ha calculado un área para que el buque tipo pueda realizar las maniobras de aproximación y desatraque en condiciones de seguridad. Esta área de maniobras tiene forma rectangular en planta con unas dimensiones de 92 m de anchura y 493 m de longitud.

El total de material a dragar será de 53382 m³. Cabe destacar que en la zona próxima al muelle se han seguido respetando los taludes originales de la banqueta de escollera, por lo que próximo a esa zona será un dragado de limpieza.

En el *Anejo Dragado* se ha realizado un análisis entre numerosas dragas y finalmente se ha optado por el uso de una draga de cuchara bivalva. La razón principal por la cual se ha seleccionado esta draga es por los pertrechos de navegación que se pueden encontrar en el fondo de una dársena (anclas, ruedas, muerto de hormigón, cables de acero...) lo cual sería un gran inconveniente para otras dragas con mejores rendimientos.

Por último, se ha ubicado la zona de vertido teniendo en cuenta dos factores, el primero, la distancia entre el puerto y el punto de vertido, y el segundo, desde el punto de vista medioambiental se ha evitado zonas pertenecientes a la Red Natura 2000. El área de vertido se delimitará mediante boyas previamente posicionadas.



Ilustración 10 Punto de vertido.

10 Dimensionamiento de la solución

La elección de la alternativa 3 Muelle de pilotes, desde el punto de vista técnico y funcional, ofrece una mayor fiabilidad y garantía a la hora de reducir los esfuerzos transmitidos al muelle. Al colocar una plataforma "independiente" del muelle, el tiro de bolardo queda totalmente absorbido por la superestructura que tiene justo delante, aislando al muelle de lo que son los esfuerzos más agresivos en este tipo de infraestructuras. Además, desde la perspectiva geotécnica, los pilotes coserán el círculo de rotura del muelle, dotándole de una mayor estabilidad global.

En el *Anejo Dimensionamiento de la alternativa* se desarrollan todos los cálculos necesarios para la verificación de los estados límite últimos de la ampliación en el Muelle 14.

Los modos de fallo a comprobar para los pilotes han sido:

- de tipo GEO:
 - Hundimiento.
 - Arranque.
 - Rotura horizontal del terreno.
- de tipo STR:
 - Tope estructural.

Se han tomado varias consideraciones a la hora de realizar el dimensionamiento de la estructura del muelle.

- Se han desestimado los empujes y cargas transmitidos en el trasdós del muelle, ya que las solicitaciones futuras que recibirá serán inferiores a las que ha estado sometida durante su vida útil.
- No se realizarán las pertinentes comprobaciones de estabilidad del muelle de bloques de gravedad.
- El dimensionamiento de los pilotes se considerará como pilotes aislados, ya que al estar separados entre sí más de 3 veces su diámetro, no se espera que haya solapamiento entre los bulbos de presiones.
- Al no disponer datos de presiones intersticiales se descarta la presencia de flujo.
- Los coeficientes de ponderación y combinación de cargas han sido obtenidos de la ROM 0.5-05 y la ROM 0.0.
- El perfil estratigráfico es el siguiente:

Perfil estratigráfico						
Profundidad Sondeo	Profundidad NMMA	Espesor	Acumulado	Tipo		
14.4	16	12.2	13.8	1.6	1.6	Fango arcilloso
16	18	13.8	15.8	2	3.6	Fango arenoso
18	18.6	15.8	16.4	0.6	4.2	Fango arcilloso
18.6	24	16.4	21.8	5.4	9.6	Arcilla arenosa
24	24.9	21.8	22.7	0.9	10.5	Arena arcillosa
24.9	25.4	22.7	23.2	0.5	11	Arcilla arenosa
25.4	29.9	23.2	27.7	4.5	15.5	Arena arcillosa
29.9	31.3	27.7	29.1	1.4	16.9	Arcilla arenosa
31.3	32	29.1	29.8	0.7	17.6	Arena cementada

Tabla 5 Cotas del perfil estratigráfico empleado.

- Las solicitaciones que actúan sobre el pilote para su dimensionamiento son:
 - Cargas permanentes (El peso propio de la losa de hormigón contenido en el área tributarias del pilote, el peso propio del pilote)
 - La sobrecarga de operación.
 - La sobrecarga por los equipos de movilidad no restringida.
 - El empuje de tierras en los pilotes.
 - El tiro de bolardo.
 - El sismo en sentido "g".

A continuación, se verificarán los modos de fallo anteriormente mencionados:

Verificación de la seguridad frente a hundimiento

De acuerdo con la ROM 0.5-05 se aplica el cálculo analítico para la comprobación frente a hundimiento. Se propone un diseño del pilote de 24,65 metros de longitud (12 m de profundidad

enterrada y 12,65 exenta) y 1,5 m de diámetro, por lo que el pilote se apoyará en el estrato de arcillas arenosas, obteniéndose:

Valores de los coeficientes de seguridad, F, obtenidos		Coeficientes mínimos ROM 0.5-05
Persistente (largo plazo)	Transitoria (corto plazo)	Persistente y transitoria
CT1, fundamental	CT1, fundamental	Fundamental
2.94	3.04	2.2
CT1, cuasi-permanente	CT1, cuasi-permanente	Cuasi-permanente
3.98	4.11	2.5
CT2, fundamental	CT2, fundamental	Fundamental
3.57	3.69	2.2
CT2, cuasi-permanente	CT2, cuasi-permanente	Cuasi-permanente
4.58	4.73	2.5
CT3.3.2, excepcional	CT3.3.2, excepcional	Excepcional
4.23	4.37	2.0

Tabla 6 Valores de los coeficientes de seguridad frente al hundimiento, F, obtenidos.

Verificación de seguridad frente al arranque

Se desestima el cálculo de la verificación de la seguridad frente al arranque, ya que el peso propio de las cargas muertas (superestructuras + peso propio del pilote) es superior a la fuerza de arranque ejercida por el tiro de bolardo.

Verificación de la seguridad frente a la rotura del terreno por tiro horizontal

Se aplica el cálculo definido en la ROM 0.5-05 considerando las combinaciones de carga que produzcan la máxima componente horizontal y/o mayor momento.

Se considera que el tiro de bolardo al igual que en la verificación de arranque, se divide el tiro entre los 3 pilotes correspondientes a cada bolardo y, de manera conjunta se tendrá en cuenta la disposición de la pata más cargada de la grúa móvil, de esta manera:

Valores de los coeficientes de seguridad, F, obtenidos		Coeficientes mínimos ROM 0.5-05
Persistente (corto plazo)	Transitoria (largo plazo)	Persistente y transitoria
CT1, fundamental	CT1, fundamental	Fundamental

17.14	3.73	1.6
CT1, cuasi-permanente	CT1, cuasi-permanente	Cuasi-permanente
43.81	9.52	1.8
CT2, fundamental	CT2, fundamental	Fundamental
11.58	2.52	1.6
CT2, cuasi-permanente	CT2, cuasi-permanente	Cuasi-permanente
30.12	6.55	1.8
CT3.3.2, excepcional	CT3.3.2, excepcional	Excepcional
715.30	155.50	1.5

Tabla 7 Valores de los coeficientes de seguridad frente a la rotura del terreno por tiro horizontal, F, obtenidos.

Tope estructural

Para el cálculo de esta verificación se ha empleado la *Guía de cimentaciones de obras de carreteras*. Se compara la carga recibida por el pilote con la carga máxima que soporta la sección, de esta manera:

Tope estructural		
A	1.77	m ²
σ	9	MPa
f _{ck}	30	MPa
Q, tope est.	15904.32	kN
Q, max	4272.64	kN

Tabla 8 Cálculo del tope estructural del pilote.

Al ser la carga de servicio menor que el tope estructural el pilote resiste perfectamente.

Cuántía de armado:

Mediante el programa SAP2000 se ha modelado la losa con la sollicitación de cargas que generaba los esfuerzos mas desfavorables. Se ha diseñado el armado en aquellos puntos que se han considerado como críticos, la sección de la losa donde se encuentra el pilote más cargado, y la sección de la losa que se encuentre en el punto medio de los 4 pilotes adyacentes. El resultado ha sido la obtención de la cuántía de armado para esas dos zonas y la comprobación de la necesidad de armado de punzonamiento:

Cuántía de armado			
Armadura	Punto central entre pilotes	Pilote izquierdo/derecho	Ud.
Cortante	10.69	13.64	cm2/m
Flexión Capa superior	10.69	27.70	cm2/m
Flexión Capa inferior	10.69	10.69	cm2/m

Tabla 9 Cuántía de armado necesaria para resistir las sollicitaciones calculadas.

Respecto a la armadura de punzonamiento, la sección resiste sin necesidad de ella, siendo los esfuerzos de cálculo: 113,97 kN < 318,67 kN.

Solución adoptada

A continuación, se muestran las secciones tipo de la solución proyectada:

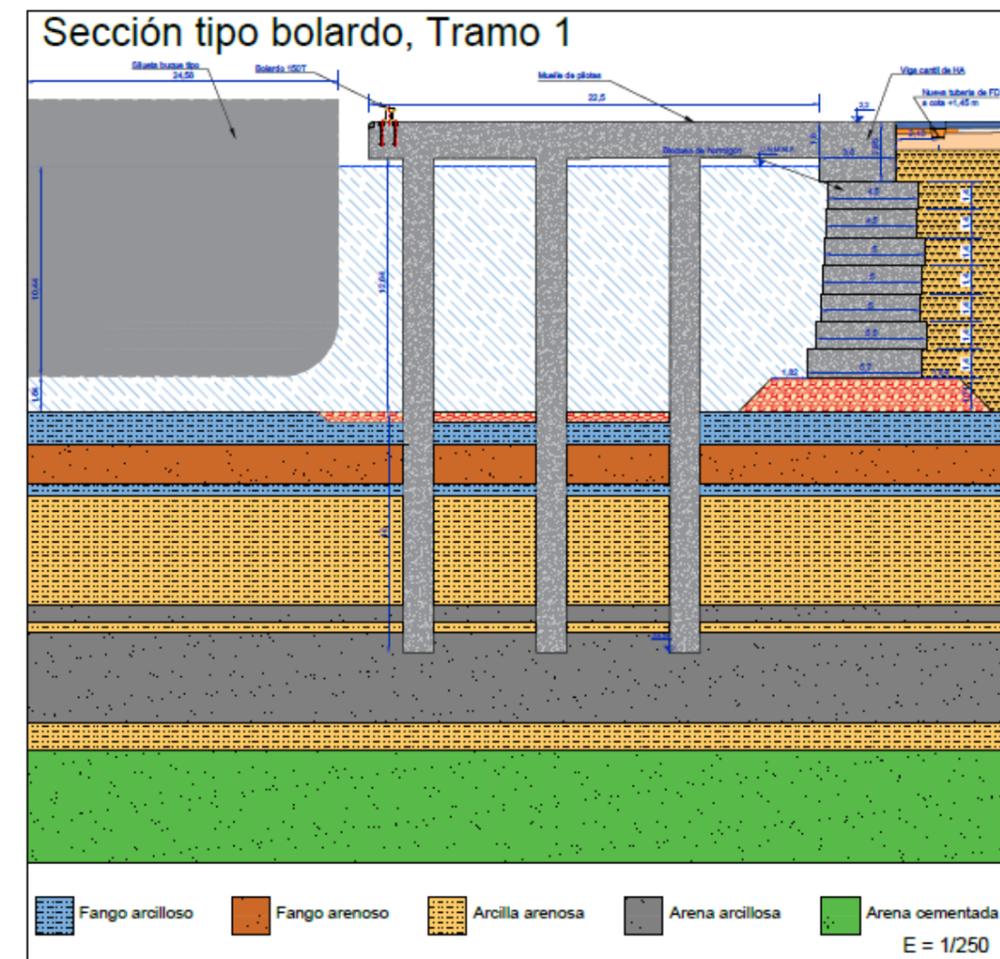


Ilustración 11 Sección tipo Tramo 1 de la solución proyectada.

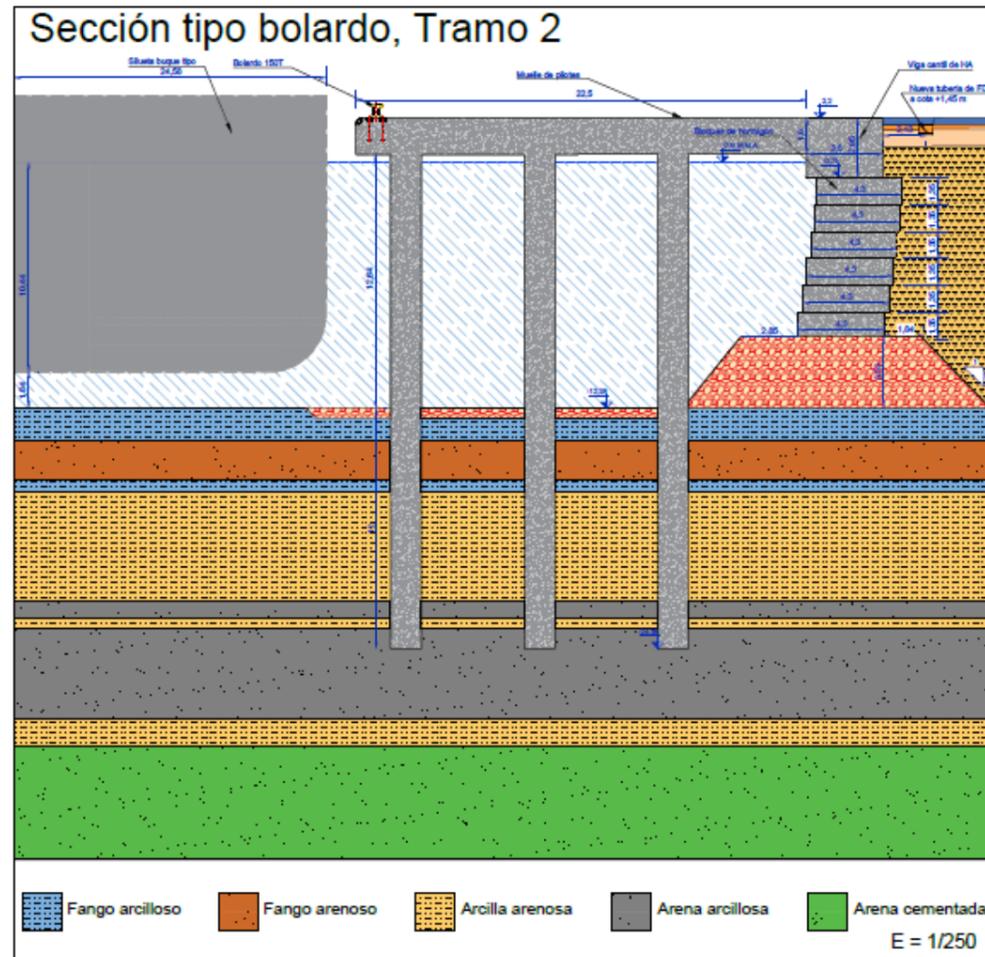


Ilustración 12 Sección tipo Tramo 2 de la solución proyectada.

11 Servicios afectados

Durante el transcurso de la obra solamente se verá afectada la red de abastecimiento de agua potable que transcurre paralela a la alineación del cantil. Se realizará un by-pass mientras duren las obras para seguir suministrando agua a las oficinas en uso ubicadas en el SW del dique. Posteriormente se instalará la conducción definitiva según indica en el *Documento Planos*. La descripción del diseño de la red y los elementos que la componen se detalla en el *Anejo Servicios afectados*.

12 Descripción de las obras

Las obras que se contemplan en el proyecto son las siguientes:

- Dragado de la zona de atraque y zona de maniobras a cota -12,28 m en el área indicada en el *Plano de Dragado Planta de perfiles*. El volumen total de dragado asciende a 53382 m³.
- Ejecución de los 171 pilotes de Ø1,5 m y 24,65 metros de longitud (12 m de profundidad enterrada y 12,65 exenta) mediante pilotadora sobre pontona.
- Demolición de los 380 m de la antigua viga cantil y ejecución del estribo para la losa del muelle.
- Ejecución de la losa en módulos de 20x22,5x1,8 m, en total 19 módulos a ejecutar.

- Renovación del sistema de defensas y bolardos existentes en el muelle, por unos bolardos de 150 t y unas defensas cilíndricas de clase A 1500-750.
- Reposición de la red de agua potable por una nueva conducción de FDØ100 mm y un ramal de FDØ150 mm.
- Reposición mediante capa asfáltica de espesor 30 cm de las zonas afectadas por la red de agua potable y nuevo estribo del muelle.

13 Plan de obra

Conforme a las estimaciones realizadas en el *Anejo Plan de obra* de los rendimientos de las maquinarias a emplear durante el desarrollo de los trabajos, se estima que la duración de obra con fecha de inicio 08/04/2020 tendrá lugar a su fin el 23/12/2020, por lo que su duración asciende a ocho meses y dos semanas (186 días laborales).

14 Presupuesto

Para obtener el cálculo del presupuesto, se han justificado los precios con las bases de datos disponibles en internet (CYPE, IVE). Una vez obtenido los precios de cada unidad de obra, se aplican las mediciones correspondientes a cada precio y se obtiene un Presupuesto de Ejecución Material de OCHO MILLONES OCHENTA Y TRES MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y TRES EUROS con CINCO CÉNTIMOS (8.083.873,05€).

El desglose por capítulos del Presupuesto de Ejecución Material es el siguiente:

C01	DRAGADOS.....	1.388.350,60	17,17%
C02	DEMOLICIÓN Y RETIRADA DE INSTALACIONES.....	199.667,30	2,47%
C03	SUPERESTRUCTURA DEL MUELLE.....	6.075.139,81	75,15%
C04	EQUIPAMIENTO DEL MUELLE.....	286.629,83	3,55%
C05	INSTALACIONES.....	36.128,77	0,45%
C06	SEGURIDAD Y SALUD.....	36.377,52	0,45%
C07	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	61.579,22	0,76%
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL.....	8.083.873,05	100%

Aplicándole a esta cifra el porcentaje de gastos generales (13%) y el porcentaje de beneficio industrial (6%), genera un incremento de UN MILLÓN QUINIENTOS TREINTA Y CINCO MIL NOVECIENTOS TREINTA Y CINCO EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS (1.535.935,88€):

13% GASTOS GENERALES.....	1.050.903,50
6% BENEFICIO INDUSTRIAL.....	485.032,38
SUMA DE G.G. Y B.I.	1.535.935,88

Si a esta cifra se le aplica el porcentaje correspondiente de IVA (16%) se obtiene el Presupuesto de Ejecución por Contrata que asciende a ONCE MILLONES CIENTO CINCUENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS (11.158.978,36€):

16% I.V.A. 1.539.169,43
 TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA 11.158.978,36

El cálculo detallado de todo el presupuesto se encuentra en el *Documento N°3 Presupuesto*.

15 Documentos que conforman este Proyecto

DOCUMENTO N°1

MEMORIA

ANEJOS A LA MEMORIA:

ANEJO 1	ANTECEDENTES Y SITUACIÓN
ANEJO 2	CLIMATOLOGÍA
ANEJO 3	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
ANEJO 4	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
ANEJO 5	BASES DE DISEÑO
ANEJO 6	ACCIONES DE ATRAQUE Y AMARRE
ANEJO 7	DIMENSIONAMIENTO DE LA SOLUCIÓN
ANEJO 8	DRAGADO
ANEJO 9	SERVICIOS AFECTADOS
ANEJO 10	PLAN DE OBRA

DOCUMENTO N°2

PLANOS

02_01 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
02_02.1 ESTADO ACTUAL PLANTA
02_02.2 ESTADO ACTUAL SECCIONES TIPO
02_03.1 ESTADO FUTURO PLANTA
02_03.2 ESTADO FUTURO SECCIONES TIPO POR BOLARDO
02_03.3 ESTADO FUTURO SECCIONES TIPO POR DEFENSA
02_04.1 DEMOLICIONES PLANTA

02_04.2 DEMOLICIONES SECCIONES TIPO
02_05.1 INSTALACIONES PLANTA
02_05.2 INSTALACIONES SECCIONES TIPO
02_06.1 BOLARDO
02_06.2 DEFENSA Y ARISTÓN
02_06.3 ESCALA
02_07.1 DRAGADO PLANTA DE PERFILES
02_07.2 DRAGADO PERFILES DE DRAGADO ZONA DÁRSENA
02_07.3 DRAGADO PERFILES DE DRAGADO ZONA MUELLE

DOCUMENTO N°3

PRESUPUESTO