

TRABAJO FINAL DE GRADO

PROYECTO BÁSICO DE AMPLIACIÓN DEL PUERTO DEPORTIVO DE CULLERA EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO JÚCAR (VALENCIA): CÁLCULOS ESTRUCTURALES, PAVIMENTOS Y ACONDICIONAMIENTO DEL PUERTO

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universitat Politècnica de València

Titulación: Grado en Ingeniería Civil

Curso académico: 2017/2018

Autor: Luis Francisco Toledano Mondéjar

Tutor: Miguel Figueres Moreno

DOC 1. MEMORIA

PROYECTO BÁSICO DE AMPLIACIÓN DEL PUERTO DEPORTIVO DE CULLERA EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO JÚCAR (VALENCIA)

AUTORES:

LUIS GIMENO RIVERA

LUIS FRANCISCO TOLEDANO MONDÉJAR

JUAN MARCO VERACOECHEA D'URSO

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

CURSO 2017/2018

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ÍNDICE

1. Antecedentes	3	10. Criterios de diseño	10
2. Objeto	3	10.1. Requerimientos en alzado	10
3. Cumplimiento de la legislación vigente.....	3	10.2. Requerimientos en planta	12
4. Descripción del estado actual	3	11. Estudio de soluciones	12
5. Topografía y batimetría	4	11.1. Selección de planta e infraestructuras.....	12
6. Condiciones climáticas.....	4	11.2. Selección de la situación de la marina seca	14
6.1. Caracterización del oleaje	4	11.3. Selección de la forma de la carretera	15
6.2. Caracterización del nivel de marea.....	5	11.4. Tipología de amarres y pantalanes	15
6.3. Caracterización del viento.....	5	12. ACCIONES EN EL PUERTO	17
7. Estudio Geológico y geotécnico	6	13. CALCULOS ESTRUCTURALES	19
7.1. Geología	6	13.1. Verificación del ELU STR	19
7.2. Geotecnia	6	13.2. Verificación del ELS STR.....	21
7.3. Nivel freático	7	13.3. Verificación del ELU GEO	21
7.4. Agresividad de las aguas	7	13.4. Cálculo de la viga cantil	23
7.5. Actividad sísmica	7	13.5. Cálculo de pantalanes	24
8. Estudio hidráulico.....	7	14. SISTEMA DE RENOVACIÓN DE AGUAS DE LA DÁRSENA.....	26
9. Viabilidad del puerto	8	15. FIRMES Y PAVIMIENTOS	26
9.1. Puertos deportivos en España.....	8	15.1. Firmes	26
9.2. Puertos deportivos en la Comunidad Valenciana	9	15.2. Pavimentos	27
9.3. Análisis DAFO de Cullera	9	16. CONSERVACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD	28
9.4. Viabilidad administrativa del nuevo puerto	9	16.1. Conservación y mantenimiento.....	28
9.5. Viabilidad económica.....	9	16.2. Control de calidad	29
9.6. Estudio de demanda de instalaciones portuarias	10	17. PROCESO CONSTRUCTIVO.....	29
- Estudio de demanda según factores cuantitativos: la metodología que se aplica para calcular la demanda en los próximos años es la de aplicar a los factores de base que condicionan la demanda, obteniendo las ratios que en condiciones normales se obtendrían. Este es un método aplicable a todas las actividades y sectores económicos y por lo tanto es válida para las instalaciones náuticas.....	10	17.1. Fase de actividades previas:	29
		17.2. Fase constructiva 1:.....	29
		17.3. Fase constructiva 2:.....	29
		17.4. Fase constructiva 3:.....	31
		17.5. Fase constructiva 4:.....	33
		17.6. Apéndice de planos.....	35
		18. PLANIFICACIÓN DE OBRA.....	35
		19. Equipo redactor	38

1. Antecedentes

El puerto de Cullera se encuentra a 2,5km de la desembocadura del río Júcar al Mar Mediterráneo. Se trata de un puerto fluvial integrado en el actual casco urbano del término municipal de Cullera. Es por ello que la ampliación que este proyecto plantea estaría sujeta a una reestructuración de la zona del puerto con afección total a los vecinos de Cullera.

La Generalitat Valenciana asumió en 1982 la titularidad del puerto. Posteriormente, se llevaron a cabo los estudios pertinentes para planificar y ordenar su desarrollo en concordancia con las necesidades futuras previstas.



Figura 1. Puerto de Cullera

2. Objeto

El objeto del siguiente proyecto es la definición, justificación y valoración de los elementos que conforman la obra, de los materiales de los que están compuestos y los procesos constructivos a seguir para la ejecución del nuevo puerto deportivo de Cullera. Esta actuación se realizará conforme a las condiciones naturales del espacio en el que se localizan y a la legislación y normativa vigente.

3. Cumplimiento de la legislación vigente

En el “Anejo nº1. Antecedentes” podemos observar, en el apartado 5, el marco normativo al que está sujeta la construcción del nuevo puerto deportivo. En él está presente:

- -Legislación de Costas
- -Reglamento de Costas
- -Legislación de Aguas
- -Legislación de Puertos
- -Legislación ambiental
- -Legislación urbanística

Otra normativa que hay que cumplir es el Plan General de Ordenación Urbana, aprobado el 19 de Mayo de 1995 por resolución del Conseller de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Generalitat Valenciana, como consta en la publicación del BOP de 28 de Junio de 1995.

Actualmente, cuenta con una modificación del plan original donde se delimita el sector NPR-5 “Vega-Puerto”, una superficie que se califica como suelo urbanizable no programado (SUNP) en forma de cuña, clasificada como Sistema General Interno destinado a área portuaria. Posteriormente, en 2007, se aprueba el Plan Parcial de Mejora del Sector NPR-5 “Vega Puerto” en la comisión Territorial de Urbanismo.

Para la construcción de nuestro puerto, se deberán presentar los pertinentes informes para la homologación del área donde se alojará la actuación. Habrá que presentar una declaración de interés comunitario. El ayuntamiento deberá aprobar los documentos de homologación en una sesión plenaria, posteriormente el Comité Territorial de Urbanismo deberá aprobar dichos documentos para la aprobación definitiva.

4. Descripción del estado actual

En la actualidad, la zona donde se va a realizar la actuación está ocupada en su totalidad por terrenos destinados al cultivo, los cuáles serán desbrozados.

Podemos realizar un análisis del sector pesquero y deportivo que coexisten en el actual puerto. Los datos que vamos a utilizar en dicho análisis se han obtenido de la publicación de ‘Actualización de la Valoración de las Instalaciones Náutico-Deportivas del Puerto de Cullera’:

El sector pesquero cuenta con un total de 350 metros lineales de muelle, 5456 m² de dársenas, 5848 m² de áreas de servicio, una lonja de 402 m² y una zona de tendido de redes de 857 m². Existen un poco más de 50 embarcaciones, casi en su totalidad de trasmallo,

DOC 1. MEMORIA

aunque hay alguna de arrastre. La tendencia de crecimiento del sector pesquero de bajura es nula debido a las políticas de conservación de recursos pesqueros. No obstante, una vez construido el nuevo puerto se podrá hacer una remodelación del actual emplazamiento para ofrecer unas condiciones adecuadas.

Las embarcaciones deportivas se sitúan en la margen derecha del río Júcar. El club náutico cuenta con un total de 290 metros lineales de muelle de 2,4 metros de ancho. Tiene aproximadamente una superficie de agua de 4700 m² y una superficie de tierra de aproximadamente 3500 m². El atraque se puede realizar mediante el amarre de la embarcación a otro muelle. También, es usual en este puerto amarrar un barco a otro de costado, de modo que es normal ver andadas de tres o cuatro barcos.



Figura 2. Puerto de Cullera

5. Topografía y batimetría

Para la realización del análisis topográfico se ha utilizado un levantamiento topográfico elaborado en mayo de 2004 por la empresa Estudio de Topografía Luis Blanch, S.L en el sector NPR-5 Vega-Puerto, situado en la otra margen del río Júcar, pero a la misma altura en la desembocadura. Este estudio fue ampliado en el 2006 con la realización del proyecto de ampliación del puerto de Cullera. En este estudio se estableció una red de bases de cálculo que cubren toda la zona. Como nuestra zona de actuación se sitúa justo en la otra parte del río, se utilizarán las bases de cálculo más cercanas de este estudio para la realización de los trabajos necesarios.

De todas las bases que muestran este estudio, nos quedaremos principalmente con las que se encuentran más cercanas al río, 7 bases en nuestro caso recogen todo el borde. Con estas, podemos implantar unas nuevas bases de replanteo en la otra margen a partir de las cuales poder realizar un levantamiento de nuestra zona de actuación.

Se utiliza el sistema de topografía clásico, radiación de los nuevos puntos desde distintas bases para así poder minimizar el error que se pueda producir.

Respecto del estudio batimétrico, la carta náutica en la que se encuentra el puerto de Cullera es la 475. Existen numerosas páginas web con visores online para poder ver la profundidad en cada punto. Como en nuestro caso necesitaríamos la batimetría del río Júcar, no todos los visores son tan precisos, así que no podemos obtener los datos a partir de cualquiera. Uno que podemos utilizar se llama Navionics. También se ha podido conseguir el archivo .dwg que se encuentra en la página de la Generalitat Valenciana.

En el “Anejo nº2. Batimetría y topografía” se muestra con más precisión los trabajos realizados.

Tanto la altimetría como la batimetría se han referenciado con el Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA).

6. Condiciones climáticas

En el “Anejo nº3. Estudio Climático” se realiza un análisis de la situación del oleaje a la entrada de la desembocadura, así como de la elevación del nivel de marea que pueda afectar a nuestro puerto para establecer niveles de coronación. Se realizará también un análisis del viento de proyecto y viento extremal en la zona del puerto para realizar futuras comprobaciones de cálculos estructurales. A continuación, se muestra un resumen de cada apartado.

6.1. Caracterización del oleaje

Los datos de oleaje no son realmente importantes de cara al interior del puerto, lo que limitaran es la entrada por la desembocadura del río Júcar. Se realiza el análisis del oleaje en régimen medio y en régimen extremal.

Para el extremal, se utilizan los datos de la boya de Valencia (código 1617), los podemos encontrar en la página oficial de puertos del estado. Se analiza para un periodo de retorno de 100 años, asociado a una probabilidad de excedencia de 0,01. Viendo los resultados que

nos ofrecen los datos de la boya podemos observar una altura de ola significativa de 4,9 metros con un periodo pico de 10,84 segundos.

Para el análisis del régimen medio, utilizaremos un nodo más próximo a nuestro puerto, situada frente a la costa de Cullera, con código B.D 20821110 a una profundidad indefinida.

De la rosa del oleaje obtenida a partir de los datos de la boya, se puede observar que la dirección predominante del oleaje es ENE, aunque también analizaremos la dirección ESE por tener repercusión en la entrada del río Júcar y por ello, puede llegar a ser más perjudicial. De la misma manera que hemos realizado el análisis en régimen extremal, realizaremos el de régimen medio, primero, obtendremos la altura de ola significativa para las direcciones anuales de ENE y ESE admitiendo una probabilidad de no excedencia del 99% y posteriormente mediante la fórmula ya descrita que relaciona la altura de ola significativa con el periodo pico, obtendremos el periodo pico para cada situación.

-Para la dirección del oleaje ENE se obtiene una altura de ola significativa de 2,6 metros y un periodo pico de 7,9 segundos.

-Para la dirección del oleaje ESE se obtiene una altura de ola significativa de 0,95 metros con un periodo pico de 4,77 segundos.

Como ya hemos comentado, lo que importa del oleaje para nuestro puerto es la operatividad de la bocana. Utilizamos las fórmulas de probabilidad anual de excedencia que aparecen en los datos extremales de la boya de Valencia y obtenemos que la duración máxima de altura de olas superiores a 2 metros es de 100 horas al año. Por lo tanto, habrá una operatividad casi completa de entrada a la bocana.

6.2. Caracterización del nivel de marea

Para realizar la caracterización del nivel de marea utilizamos el visor online C3E. En este visor, está contenido gran parte de los resultados obtenidos en el proyecto "Cambio Climático en la Costa Española" financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en el marco de la Acción Estratégica de Energía y Cambio Climático, Plan Nacional. Para el análisis, utilizaremos el punto más cercano a la bocana, el punto 184, con una longitud de -0,16, una latitud de 39,17 y un nivel 6 cm por encima del Nivel Medio del Mar en Alicante.

En las tablas que se muestran en el "Anejo nº 3. Estudio climático" podemos observar la marea meteorológica para un periodo de retorno de 50 años, junto con eso, se muestra el rango de mareo. Obtenemos una altura total de marea de 0,83 m por encima del NMMA.

6.3. Caracterización del viento

Para realizar la caracterización del viento obtenemos la información existente en el atlas de viento en el litoral español de la ROM 0.4-95 y también de la página oficial de puertos del estado. Como para caracterizar el oleaje, también aquí nos fijamos en el régimen medio del viento y el régimen extremal.

-El régimen extremal se analiza a partir de las estaciones costeras, situadas en mar abierto y a una altura de 10 metros. Se obtiene por una parte la velocidad la velocidad básica de proyecto y por otra parte la velocidad del viento de proyecto en condiciones extremas.

- Velocidad básica de proyecto: $V_b = V_b(T, \alpha) \cdot K_\alpha \cdot K_T$
 K_α : Coeficiente direccionalidad \rightarrow SW=0,90; NE=0,80.
 Velocidad Básica: $V_b(T, \alpha) \rightarrow 27,5$ m/s.
 Coeficiente de transformación $\rightarrow K_T = 0,75 \cdot \sqrt{1 + 0,2 \cdot \ln(T)}$ con T en año; $K_T=1,04$
 $V_{b_{SW}} = 27,5 \cdot 0,90 \cdot 1,04 = 25,74$ m/s
 $V_{b_{NE}} = 27,5 \cdot 0,80 \cdot 1,04 = 22,88$ m/s
- Velocidad de viento de proyecto en condiciones climáticas extremas: $V_{v, t(z) T, \alpha} = V_b$
 $T, \alpha \cdot F_A \cdot F_T \cdot F_R$
 $V_{v, 5s, 100, SW} = 25,74 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1,48 = 32,76$ m/s
 $V_{v, 5s, 100, NE} = 22,88 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1,48 = 29,12$ m/s

-El régimen medio lo analizamos observando la ROM 0.4-95, de donde obtenemos la rosa de vientos de la zona donde se encuentra nuestro nuevo puerto. El viento reinante, que es el viento más frecuente, viene de SW y el viento dominante, que se corresponde con el viento más intenso, viene del NE $\frac{1}{4}$ E que significa que esta desplazado una cuarta (resultado de dividir los 360 grados de la circunferencia en 32 partes, cada cuarta corresponde a 11,25 grados) desde la dirección NE hacia el E. Se realiza el análisis con la distribución Weibull y se representa en un gráfico que relaciona la velocidad con la probabilidad de no excedencia.

7. Estudio Geológico y geotécnico

En el “Anejo nº4. Estudio geológico y geotécnico” se ha tratado la geología de la zona, las características geotécnicas y también el nivel freático, la agresividad de las aguas y la actividad sísmica.

7.1. Geología

Respecto a la geología, las características estratigráficas y litológicas, nos fijamos en los mapas que el IGME (Instituto geotécnico y minero de España) que tiene mapas geológicos de España a distintas escalas. Podemos destacar algunas características:

La época del triásico tiene poca relevancia en nuestra zona, pero está presente con arcillas y areniscas con yesos. La época del Jurásico no está representada. El cretácico comienza con unos niveles de areniscas combinados con margas y arcillas, correspondientes a la época del Neocomiense. Las afloraciones que si están presentes en esta zona son las del cuaternario, sus características principales son las siguientes:

- Los limos de inundación, se han formado a partir de las crecidas de los ríos a lo largo de la historia (El río Júcar en nuestro caso), que provocan el desbordamiento de las aguas con los sedimentos que transporta y depositando estos sobre las llanuras en los márgenes como consecuencia de la pérdida de energía del agua. Los sedimentos que el río transporta son finos, en suspensión, que provienen principalmente de las precipitaciones en su cuenca.
- Las dunas litorales, que se tratan de una formación debida a la acción del viento en la costa, sobre el cordón o flecha litoral. Su formación también esta favorecida por el aporte fluvial de los ríos que proporcionan materiales transportados que por las corrientes litorales se depositan en los bordes costeros, formando playas, donde actúan los vientos dominantes, en este caso los vientos con dirección NE-E. Los materiales varían su aspecto morfológico, de compactación y su grado de litificación y color a causa de su antigüedad y zona del cordón litoral en la que se sitúen.
- Los depósitos aluviales muestran alternancias entre las arcillas firmes y las arenas densas.

7.2. Geotecnia

Como no disponemos de medios para realizar un estudio geotécnico sobre el terreno, tomamos como referencia un estudio que se realizó en 2007 por la empresa GIA. Tomando como referencia también otro estudio previo. El primero de ellos fue un estudio Geotécnico en la margen izquierda del río Júcar en la zona próxima a su desembocadura, realizado por INGEOPEC en 1992. El otro es un estudio geotécnico para la mejora y ampliación del nuevo puente del sector vega sobre el río Júcar en Cullera.

A partir de los sondeos realizados en dichos estudios, se obtiene una sección de calcula para dimensionar con ella las secciones criticas del proyecto.

Cotas Superior de Nivel respecto del NMA [m]	
Superficie → 1,2	
A → 0,2	Limos Arenosos
B → 1,4	Arenas limosas uniformes
C → -9,2	Arcillas grisáceas/flojas
D → 12	Arcillas margosas firmes

Figura 3. Sección del terreno

Con los datos de laboratorio proporcionados por el estudio, averiguamos las demás características de los materiales, como puede ser el ángulo de rozamiento (obtenidos utilizando las fórmulas de Muromachi y de meyerhoff), la compacidad (representada por la densidad relativa, representada con la fórmula de Bazaraa), el módulo de deformación no drenado, el módulo de deformación y la resistencia a corte de los materiales. Con ello, podemos mostrar en las siguientes tablas todas las características de los materiales

Estrato	TIPO DE SUELO	Identificación y estado				Parámetros resistentes				
						Corto plazo			Largo plazo	
		SUCS	γ_{ap}	γ_d	W_{nat}	q_u (kp/cm ²)	C_u (kp/cm ²)	ϕ (°)	c' (kp/cm ²)	$\phi' u$ (°)
A	Limos arenosos	ML	1,8	1,6	-	-	-	-	0	27
B	Arenas limosas uniformes	SM-SP	1,8	1,6	21	-	-	-	0	31-31°
C	Arcillas grisáceas	CI-CH	1,8	1,2	45	0,6	0,3	0°	0	25
D	Arcillas margosas firmes	CL	2	1,8	20	2,1	1,05	-	0	30

Tabla 1. Resumen de propiedades

Estrato	TIPO DE SUELO	Identificación y estado				Parámetros de deformación y de consolidación						
						Elásticos		Edométricos				
		SUCS	γ_{ap}	γ_d	W_{nat}	E' (kp/cm ²)	ν	C_c	C_r	C_v (m ² /s)	C_α	K (cm/s)
A	Limos arenosos	ML	1,8	1,6	-	90	0,35	-	-	-	-	10-may
B	Arenas limosas uniformes	SM-SP	1,8	1,6	21	150	0,3	-	-	-	-	5,00E-03
C	Arcillas grisáceas	CI-CH	1,8	1,2	45	40	0,4	0,46	0,046	-	-	10-may
D	Arcillas margosas firmes	CL	2	1,8	20	200-250	0,3	0,15	0,02	5,00E-03	-	10-may

Tabla 2. Resumen de propiedades

Los aspectos más relevantes que podemos obtener de este estudio son los relacionados a la compacidad, ya que nos indica hasta donde habrá que profundizar con las cimentaciones para obtener un apoyo seguro y estable:

-El nivel superior de limos arenosos presenta una baja compacidad, tratándose de material muy suelto, este nivel apoya sobre los niveles de arenas uniformes de compacidad media.

-El estrato de formado por arcillas margosas firmes presenta continuidad. Este nivel se puede emplear como terreno de cimentaciones en caso de precisarse cimentaciones profundas.

7.3. Nivel freático

El nivel del agua está marcado por el río Júcar y oscila entre 1,00 metros y 1,50 metros por

debajo de la capa superficial del terreno. Esto se ha podido observar en los sondeos realizados por el estudio realizado por INGEOPEC. Este nivel está medido respecto del Nivel Medio del Mar en Alicante.

7.4. Agresividad de las aguas

La zona está situada dentro del río Júcar, pero debido a la proximidad del mar Mediterráneo, existe una alta presencia de sulfatos que aumentan la agresividad de las aguas. Unido a esto, las aguas pueden presentar abonos químicos debido a que está próxima a zonas de regadío, materia orgánica en el terreno, lo que aportaría un aumento de la acidez, las aguas residuales que se puedan estar aportando por una mala canalización de estas y la falta de calidad en las aguas del río Júcar.

El cemento que se va a utilizar tiene que ser resistente a los sulfatos y/o al agua de mar (SR y/o MR). El hormigón deberá ser de la resistencia que requiera la actuación a realizar, pero este deberá tener clase de exposición IIIa+Qb.

7.5. Actividad sísmica

Conforme a la clasificación de las construcciones, de acuerdo a la "Norma de Construcción Sismorresistente", NCSR-02, las estructuras, cuya destrucción por un terremoto puede ocasionar víctimas e interrumpir un servicio para la colectividad, debe considerarse de importancia normal. Conforme al artículo 1.2.3. de la citada Norma, y dado que al término municipal de Cullera le corresponde, conforme al Mapa de Peligrosidad Sísmica, una aceleración básica de 0,07 g, puede no considerarse este tipo de acciones en el diseño de la estructura.

8. Estudio hidráulico

El estudio que se va a tomar de referencia para obtener las conclusiones es, como ya hemos comentado antes, el estudio hidráulico del "Proyecto de ampliación del puerto de Cullera", que se sitúa en la otra margen del río, obteniendo en nuestra margen valores muy similares. El caudal del río para distintos periodos de retorno se obtiene de un estudio realizado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y del Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia en 1993, "Análisis de los niveles de crecida del río Júcar en su desembocadura".

El caudal que finalmente se ha escogido es ligeramente superior a los de este estudio para tener aún más margen de seguridad, 400 m³/s. Con este caudal y el nivel de marea máximo, se obtiene la hipótesis de cálculo más desfavorable, correspondiente a un nivel de marea de 0,72 metros respecto del NMMA (muy similar al que hemos obtenido nosotros en el "Anejo

nº3. Estudio climático”

Con esta hipótesis se calculan dos escenarios diferentes, el cálculo ha sido realizado por DHI Water • Environment • Health con el modelo HEC- RAS 3.1.3, que es un modelo desarrollado en el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers

- Escenario 0: correspondiente a la situación actual.
- Escenario 1: correspondiente a la situación con las obras ejecutadas (En nuestro caso serían en la otra margen).

Mostramos a continuación el resultado de realizar el puerto, y adjuntamos los resultados de las cotas que alcanza el rio en ciertos puntos.

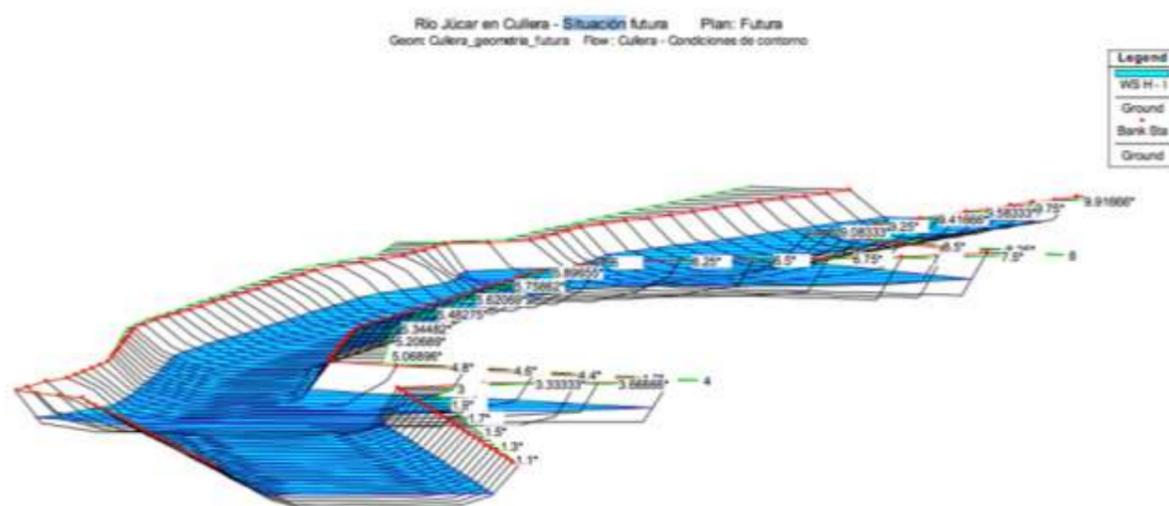


Figura 4. Escenario 1: correspondiente a la situación con las obras ejecutadas

HEC-RAS	Plan: Futura	River: Júcar	Reach: Principal	Profile: H - I							
Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev	W.S. Elev	Vel Head	Frctn Loss	C & E Loss	Q Left	Q Channel	Q Right	Top Width
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m)
Principal	10	H - I	1.31	1.14	0.17	0.01	0		400		62.58
Principal	9	H - I	1.2	1.1	0.1	0	0.01		400		68.13
Principal	8	H - I	1.16	1.15	0.01	0	0		400		160.4
Principal	7	H - I	1.16	1.15	0.01	0	0		400		166.17
Principal	6	H - I	1.14	1.01	0.13	0.01	0		400		54.64
Principal	5	H - I	0.94	0.81	0.13	0	0.02		400		62.03
Principal	4	H - I	0.89	0.88	0.01	0	0		400		196.89
Principal	3	H - I	0.89	0.86	0.03	0	0		400		125.18
Principal	2	H - I	0.88	0.81	0.07	0	0		400		93
Principal	1	H - I	0.8	0.72	0.08				400		83.94

Tabla 3. Resultados del análisis

A partir de los resultados del análisis se extraen las siguientes conclusiones:

Se ha calculado el nivel de la lámina de agua en el río Júcar con objeto de fijar la cota de coronación de los muelles de las nuevas instalaciones deportivas en la margen derecha del río atendiendo a las condiciones de operatividad con el objeto de verificar que con la actuación no se disminuye la capacidad de desagüe del río.

Los valores de cálculo considerados para el nivel de marea y el caudal han sido h, NMMA = 0,72 m. y Q= 400,0 m³/s, aunque nosotros tenemos como nivel de marea máximo 0,83m.

Se han calculado dos escenarios, uno con la situación actual y otro con la situación futura.

El modelo utilizado ha sido el HEC-RAS en régimen permanente. Los resultados obtenidos confirman que con la actuación no se perjudica la capacidad de desagüe del río.

Se propone un valor de 1,5 metros para la coronación de los muelles, superando así la altura limitante de 0,88 metros. No obstante, analizaremos esta situación más en profundidad en el “Anejo 8. Viabilidad del nuevo puerto deportivo” donde influirán también otros valores como las mareas.

9. Viabilidad del puerto

En el “Anejo nº7. Viabilidad del nuevo puerto” se tratan los diferentes condicionantes que pueden afectar a la toma de decisión de la construcción del nuevo puerto.

9.1. Puertos deportivos en España

Para realizar este análisis, nos remitimos a la publicación que realizó La Federación Española de Asociaciones de Puertos Deportivos y Turísticos (FEAPDT), el “Informe anual de puertos deportivos en España 2015”, publicado en enero del 2016. Podemos diferenciar 28 Autoridades Portuarias a lo largo de la península Ibérica e islas. La mayor parte de la oferta está representada en el Mediterráneo, cubriendo un 60% de la totalidad de esta. Encontramos infraestructuras portuarias de nueva construcción en el último año: 3 dársenas. 2 puertos interiores y 2 puertos marítimos, aparte de haber convertido 2 fondeaderos en puertos deportivos de recreo. Un dato también importante es que suben las expediciones de títulos náuticos, factor que representa un aumento de interés por este sector.

9.2. Puertos deportivos en la Comunidad Valenciana

C. VALENCIANA					
	Amarres	Puertos	Dársena	Puerto Interior	Puerto Marítimo
CASTELLÓN	3.448	7	4	0	5
VALENCIA	4.782	10	2	5	3
ALICANTE	11.411	25	12	2	16
	19.641	42	18	7	24

Tabla 4. Distribución de puertos en la Comunidad Valenciana

Como podemos observar, la mayoría de puertos se sitúan en la provincia de Alicante y Cullera abarca la demanda de una gran parte de la provincia de Valencia, por ello, se proyecta la ampliación de este puerto.

9.3. Análisis DAFO de Cullera

El principal objetivo del análisis DAFO es ayudar a una organización a encontrar sus factores estratégicos críticos para una vez identificados, usarlos y apoyar en ellos los posibles cambios que se puedan realizar en un futuro.

El ayuntamiento de Cullera realizó un análisis DAFO del municipio analizando varios aspectos relacionados al municipio, con este artículo, realizamos un análisis para ver cómo afectaría la construcción del nuevo puerto.

Para comenzar, casi todas las fortalezas que se han encontrado están relacionadas con el clima mediterráneo del que Cullera dispone; el turismo nacional; la gran riqueza de su costa, tanto por sus playas de alta calidad, como por los espacios costeros, marjales y zonas húmedas; una alta capacidad emprendedora.

Las debilidades son más extensas que las fortalezas, esto nos indica que debemos trabajar sobre la infraestructura para mejorar estas condiciones tanto sociales como económicas que se vive en la actualidad en Cullera. Algunas debilidades destacables para este proyecto serían, la potencialidad para el desarrollo de prácticas náutico-deportivas infrautilizada; la escasa oferta de ocio animación y deporte, cosa que fomentaría el turismo desde los alrededores del municipio hasta lo internacional.

Respecto a las oportunidades, con la creación de un nuevo puerto deportivo, se podría lograr la creación de nuevos restaurantes y comercios que amplíen la oferta actual, se podría enriquecer la desembocadura del río Júcar además de fomentar su cuidado medioambiental. Esto revalorizaría la zona.

A parte de cumplir con numerosas oportunidades futuras, se conseguirían no solo reducir las debilidades si no también, nuevas fortalezas que se implantarían en el municipio:

- Turismo internacional debido a la demanda de amarres en la costa mediterránea.
- Incremento de puestos de trabajo fijos y también incremento de trabajos temporales en temporada alta.
- Posibilidad de fomentar el deporte náutico y renovación del club náutico de Cullera, el cual podría tener sus instalaciones más cerca de la desembocadura.
- Posibilidad de ampliación urbanística con viviendas de calidad.

9.4. Viabilidad administrativa del nuevo puerto

La norma por la que se rige la viabilidad administrativa de la construcción del nuevo puerto deportivo en el margen derecho del río Júcar es el Plan General de Ordenación Urbana de Cullera, El presente Plan sustituye a las Normas Subsidiarias Transitorias dictadas por la Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, aprobadas definitivamente el 27 de Diciembre 1.991, constituyendo a la vez la adaptación del planeamiento general municipal al Texto Refundido de la Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/1.992 de 26 de Junio de 1.992, en cumplimiento de lo dispuesto en la Disposición Transitoria Sexta, apartado 1, de dicha Ley.

Resaltamos en el Anejo nº7. Viabilidad Administrativa del puerto” los artículos siguientes:

- **Art.4.6.- División en zonas del plan general de ordenación urbana**
- **Art.4.7.- Obras e instalaciones permitidas**
- **Art.4.15.- Suelo no urbanizable de régimen común de normativa general (RC.1).**

Como conclusión de las anteriores normas se puede decir que sería legal realizar una actuación en esta zona debido a que al ser un suelo caracterizado como RC1, la construcción de actividades recreativas y deportivas siempre contando con que las alturas de los edificios sean inferiores a los 8 metros y que haya acceso rodado.

9.5. Viabilidad económica

Cullera no genera la cantidad económica que debería comparándola con otras ciudades similares de la Comunidad Valenciana y teniendo en cuenta tanto su población como el turismo que esta ciudad tiene en las épocas cálidas del año, estas cifras deberían ser más altas. La mayor cantidad de la facturación se obtiene de las embarcaciones deportivas, que es el punto que mediante este proyecto básico se quiere fomentar debido a que este sector podría explotarse de tal manera que acoja la demanda que la comunidad valenciana tiene, e incluso, que pueda llegar a ser mejor opción que el puerto de Denia, situado a escasos 60

kilómetros y que acoge la gran mayoría de la demanda actual, para la gente que este más próxima al municipio de Cullera.

El nuevo puerto acogerá una gran cantidad de trabajo y colaborará en reducir el paro actual, tanto en la fase de construcción como en la fase de explotación, donde los empleos serán de carácter permanente.

9.6. Estudio de demanda de instalaciones portuarias

El objetivo de este estudio de demanda de instalaciones portuarias consiste en la realización detallada de un informe donde se especifiquen las necesidades de los puertos deportivos en los próximos 20 años.

Para ello, se han llevado a cabo dos estudios:

- **Estudio de demanda según factores cuantitativos: la metodología que se aplica para calcular la demanda en los próximos años es la de aplicar a los factores de base que condicionan la demanda, obteniendo las ratios que en condiciones normales se obtendrían. Este es un método aplicable a todas las actividades y sectores económicos y por lo tanto es válida para las instalaciones náuticas.**

Hipotesis minima de demanda		
Años	Amarres/(1000hab)	Amarres/IT
2018	19641	19641
2028	19868,04996	20954,9829
2038	20097,72462	22356,87126

Tabla 5. Predicciones para 20 años

Hipótesis máxima de demanda		
Años	Amarres/(1000hab)	Amarres/IT
2018	19641	19641
2028	20033,82	21015,87
2038	20434,4964	22486,9809

Tabla 6. Hipótesis máxima de demanda

- Estudio de demanda según el PIB: se realiza a partir del informe "La economía española en 2033", realizado por la empresa Pricewaterhouse Coopers S.L. en 2012. Este informe presenta el crecimiento hasta 2020 y hasta 2033. En este estudio, se muestran dos escenarios distintos de crecimiento del PIB.

Escenario 1:		Δ del PIB = 1,6%	Δ del PIB = 2,1%	
Estudio	Numero	2018	2020	2038
Numero de amarres	Uds	100	101,6	144,65

Tabla 7. Escenario 1 de demanda

Escenario 2:		Δ del PIB = 1,9%	Δ del PIB = 2,5%	
Estudio	Numero	2018	2020	2038
Numero de amarres	Uds	100	101,9	155,05

Tabla 8. Escenario 2 de demanda

Mostrando finalmente que el análisis según el PIB no sería viable para unos amarres iniciales tan pequeños ya que debería aumentar el PIB enormemente. Nos quedamos con la conclusión del estudio de demanda según los factores cuantitativos, que finalmente dimensiona el puerto para un total de 400 amarres.

10. Criterios de diseño

Los criterios de diseño se establecen en base a la ROM 3.1-99. Se realiza un análisis individual de los requerimientos en alzado y los requerimientos en planta. A partir de las soluciones de este apartado se comienza a diseñar el puerto. Podemos ver esta información ampliada en el "Anejo nº8. Diseño de ordenación interna del puerto".

10.1. Requerimientos en alzado

Para dimensionar el alzado de nuestro puerto hay que tener en cuenta numerosos factores que nos indica la ROM 3.1-99. Estos están resumidos en la siguiente imagen, donde podemos ver que dependerá de factores relacionados con el nivel del agua, factores relacionados con las medidas del buque y factores relacionados con el fondo.



Figura 5. Factores que intervienen en la determinación de las profundidades de agua en áreas de navegación y flotación. ROM 3.1-99

Los factores relacionados con el buque se resumen en la siguiente tabla y se han obtenido a partir de las medidas más desfavorables en el caso de que la embarcación fuera de motor o de vela. En la tabla podemos observar las embarcaciones hasta 24 metros pero nuestro puerto, por el momento, estará limitado a buques de 15 metros de eslora.

Dimensiones estándar del buque de cálculo	Desplazamiento Δ [t]	Eslora L [m]	Manga B [m]	Calado D [m]
	60	24	4,6	3,6
	35	21	5	3
	27	18	4,4	2,7
	13	15	4	2,4
	10	12	3,5	2,1
	3,5	9	3,3	1,8
	1,5	6	2,4	1,5

Tabla 9. Dimensiones estándar del buque de cálculo

A continuación, vamos a realizar un resumen de las características que se han tenido en cuenta y los resultados que hemos obtenido de ellas:

- Margen de seguridad: este factor depende principalmente del tipo de suelo que haya en el puerto y de la velocidad de navegación en el interior de la dársena y en los canales de navegación. En nuestro caso, como el fondo está formado por arenas

limosas y la velocidad del puerto estará limitada a menos de 8 nudos, tomamos como margen de seguridad 0,3 metros.

- Margen para imprecisiones de la batimetría: normalmente, estas imprecisiones no se deben a malas mediciones del equipo si no al movimiento de los fondos marinos por corrientes y depósitos de sedimento o también por las posibles oscilaciones de la embarcación desde donde se ha realizado la investigación. La ROM 3.1-99 propone un oleaje interior de 0,25 metros y con ellos se establecen los márgenes pertinentes. Como nuestro puerto es interior, el margen será de 0,1 metros.
- Tolerancia de ejecución del dragado: se tomará una tolerancia de 0,3 metros debido a que nuestro fondo no es rocoso, dependerá también de la maquinaria a utilizar pero suponemos que esta no tendrá problemas para tener que dejar un margen mayor por dragado.
- Depósito de sedimentos: como nuestro puerto está construido adentrándonos en tierra, la propia inercia de la zona es volver al estado de equilibrio en el que se encontraba, por ello, en la dársena tendremos continuos aterramientos, y es por eso que para evitar problemas de operatividad y no tener que estar dragando la bocana y demás partes cercanas de esta, se opta por aumentar los márgenes de seguridad. Tomaremos como medida 1 metro de margen para evitar estos problemas.

Con las consideraciones de estos márgenes, el calado final que obtenemos para el puerto es de 4 metros. Pese a que no todo el puerto tendría el mismo calado limitante por las dimensiones del buque, se toma en toda el área de la dársena 4 metros por posibles reestructuraciones de algunos amarres y servicios de la marina seca.

Para obtener el nivel de coronación nos basamos en algunas especificaciones de mareas y de la subida del nivel del río Júcar. El Nivel Medio de Operación (NMO) se determina a partir de la tabla 7.5 de la ROM 3.1-99 donde para nuestra zona de operación la tomamos mediante el nivel medio del mar medido en el mareógrafo de Gandía mas 0,10 metros, por estar en una zona con marea astronómica y meteorológica, aunque bastante reducidas ambas, como hemos podido observar en "Anejo Nº3. Estudio climático". Por lo tanto, sumándole 1.00 metros correspondientes a las embarcaciones deportivas de las de 12 metros de eslora, 15 metros en nuestro caso, el nivel de coronación de los muelles quedaría situado en 1 metro por encima del nivel medio de operación, pero esto no sería el cálculo correcto. Como nuestro puerto también está influenciado por las subidas de nivel del río Júcar, a expensas de que coincida con una marea alta, tomaremos el nivel de coronación en 1,5 metros, un valor también similar al actual puerto de Cullera que se sitúa 1,6 metros.

10.2. Requerimientos en planta

Para dimensionar las medidas principales del puerto, se utiliza la ROM 3.1-99. Se analizan las vías de navegación, la bocana del puerto y las áreas de maniobra.

- Las vías navegables para las embarcaciones deportivas serán lo más rectas posibles y su anchura dependerá de la eslora de los barcos y condiciones de su velocidad, exposición al viento olas y corriente. Estos deben ser lo más rectilíneos posible y evitar zonas de posible sedimentación. Utilizaremos la ROM 3.1 define la anchura del canal de acceso como la distancia medida perpendicularmente al eje longitudinal de la vía y en el punto más estrecho de la sección. Podemos determinar la anchura nominal de la vía de navegación, que correspondiendo con un puerto deportivo coincide con la anchura total, mediante la formulación del método determinista.

$$B_n = 2[B + b_d + 2(b_e + b_r + b_b)] + b_s + (rh_{sm} + rh_{sd})_i + (rh_{sm} + rh_{sd})_d$$

Aplicando la formula obtenemos un resultado de 43,6 metros, por facilidad de construcción y por redondear hacia el lado de la seguridad adoptaremos 45 metros.

- La bocana, según la ROM 3.1, debe ser como mínimo igual a la longitud de la mayor eslora que va a entrar en el puerto deportivo, para prevenir riesgos de verse encallado entre ambas márgenes y evitar también el riesgo de partirse al verse apoyado en ambos extremos con mareas bajas. También recomienda dejar un margen. Como el tamaño máximo de buque es de 15 metros y pretendemos que puedan circular dos embarcaciones a la vez, la anchura mínima debería ser de 30 metros según la ROM. Dejando un margen de seguridad de 5 metros por cada lado, obtendríamos un ancho de bocana de 40 metros, que es por el que finalmente se opta.
- Para el análisis de las maniobras, realizaremos el cálculo de las maniobras más determinantes: el atraque, la entrada y salida de embarcaciones deportivas. El análisis lo podemos observar en el "Anejo nº8. Diseño de ordenación interna del puerto". Las conclusiones finales son las siguientes y dependen de los tamaños de buques que estén atracados. Las distancias que se muestran son las mínimas que deben tener dos pantalanes donde se atraquen los buques indicados.

Distancia entre pantalanes		
Esloras1	Eslora2	Dp
6	6	22,5
6	9	30,75
9	9	33,75
9	12	45
12	12	48
12	15	57
15	15	60

Tabla 10. Distancia entre pantalanes

11. Estudio de soluciones

Se va a proceder a la selección de alternativas. Se ha dividido el puerto en diferentes partes que se someterán al método multicriterio.

- 1- Planta e infraestructuras.
- 2- Marina seca.
- 3- Carretera de acceso y parking.
- 4- Pantalanes y amarres

Se va a realizar un análisis multicriterio para la elección de la alternativa, es un método que permite basar la toma de decisiones en varios criterios comunes.

Una vez elegida la primera alternativa, ya se implementará en la siguiente decisión, así, podemos ir conformando la planta definitiva de nuestro puerto a lo largo de este anejo. Una vez tengamos la planta definitiva, trabajaremos en los amarres y tipología de pantalanes.

11.1. Selección de planta e infraestructuras

En este apartado, se van a resumir los criterios utilizados para la elección de las alternativas, se va a realizar una descripción gráfica de las soluciones analizadas y se mostrara la conclusión para la elección de cada alternativa. Los condicionantes son los siguientes:

- Condicionante legal: En el "Anejo nº7 Viabilidad del nuevo puerto", se exponen los artículos que nos afectan de cara a la construcción del nuevo puerto.
- Condicionantes físicos: este se basa en los distintos agentes medioambientales que

están presentes en la zona de nuestro puerto y que puedan ser afectado por la construcción y explotación.

- **Condicionantes técnicos:** Analiza las posibles afecciones que pueden formarse a partir de temporales por oleaje o viento y también las acumulaciones de sedimentos en el interior del puerto.
- **Condicionantes funcionales:** Estos condicionantes van relacionados con la existencia de una buena accesibilidad al puerto, una buena navegabilidad por las vías de navegación del puerto y también con una buena capacidad de maniobra de los buques a la hora de realizar las labores de atraque
- **Condicionantes económicos:** En el caso de la construcción la economía es un factor fundamental y habrá que tenerlo en cuenta
- **Condicionantes estéticos:** Desde el punto de vista paisajístico este se debe mimetizar con el ambiente que lo rodea y respetar las vistas hacia la costa y el río Júcar. Los paseos marítimos al borde de las dársenas, las zonas de jardines y árboles lograrán esta meta.

Condicionantes	Porcentaje
Legales	15 %
Físicos	10 %
Técnicos	15 %
Funcionales	25 %
Economicos	15 %
Esteticos	20 %

Tabla 11. *Condicionantes en el multicriterio*

Muy bueno	5
Bueno	4
Normal	3
Malo	2
Muy malo	1

Tabla 12. *Puntuación para el método multicriterio*

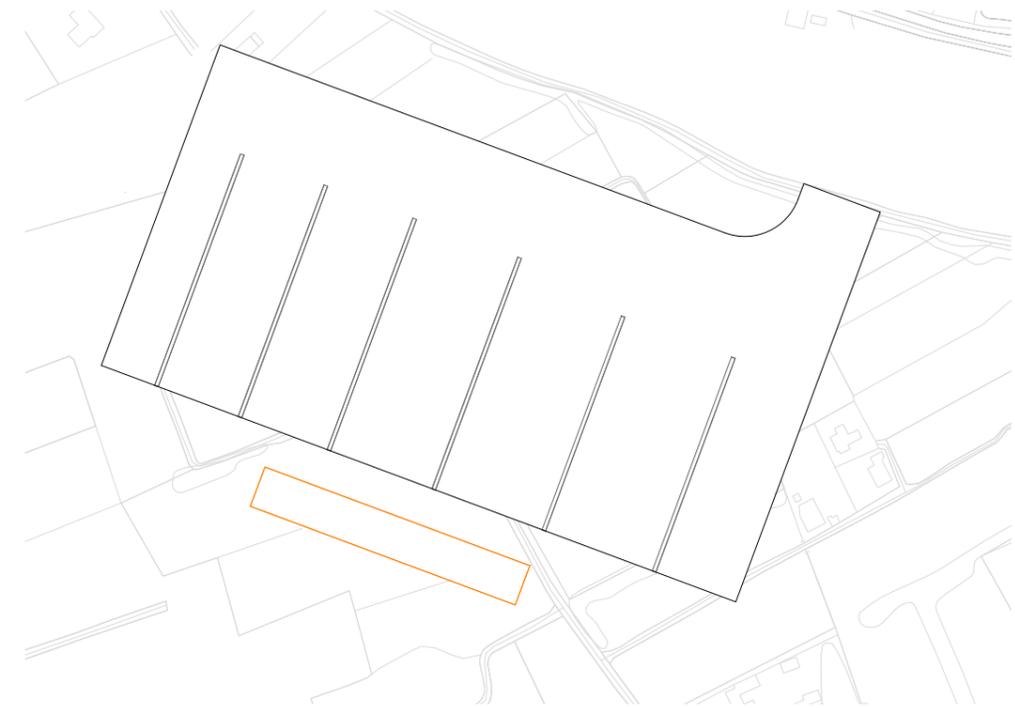


Figura 6. Alternativa 1

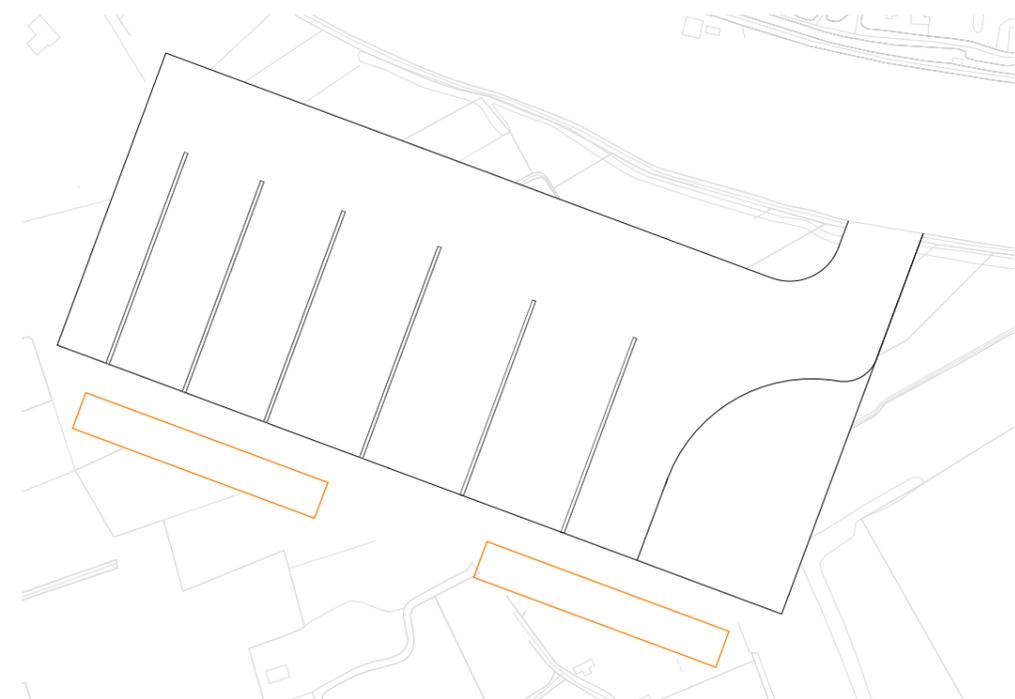


Figura 7. Alternativa 1

DOC 1. MEMORIA

En el “Anejo N°9. Estudio de soluciones” se muestra el análisis de cada una de las alternativas, así como una justificación de porque se le ha otorgado la puntuación que se muestra en la “Tabla 3. Método multicriterio de las alternativas”.

Condicionantes	%	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
Legales	15	4	60	4	60	4	60	4	60
Físicos	10	3	30	3	30	3	30	3	30
Técnicos	15	2	30	2	30	2	30	3	45
Funcionales	25	4	100	4	100	4	100	5	125
Economicos	15	4	60	4	60	3	45	3	45
Esteticos	20	2	40	3	60	4	80	5	100
	100		320		340		345		405

Tabla 13. Método multicriterio de las alternativas

Una vez obtenidos los resultados finales podemos comprobar que la alternativa 4 es la elegida, marcada principalmente por los condicionantes funcionales y estéticos que se considera que tiene que tener un puerto de nueva construcción.

11.2. Selección de la situación de la marina seca

Para la elección de la situación de la marina seca no utilizamos un método de análisis multicriterio, valoramos las alternativas objetivamente y tomamos una decisión clara.

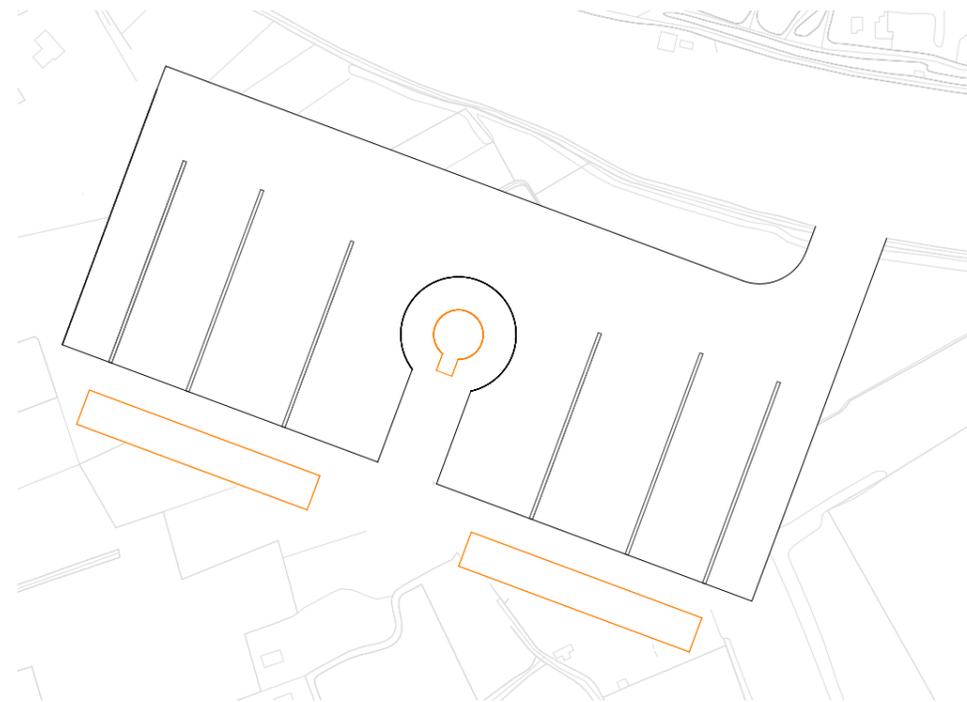


Figura 8. Alternativa 1

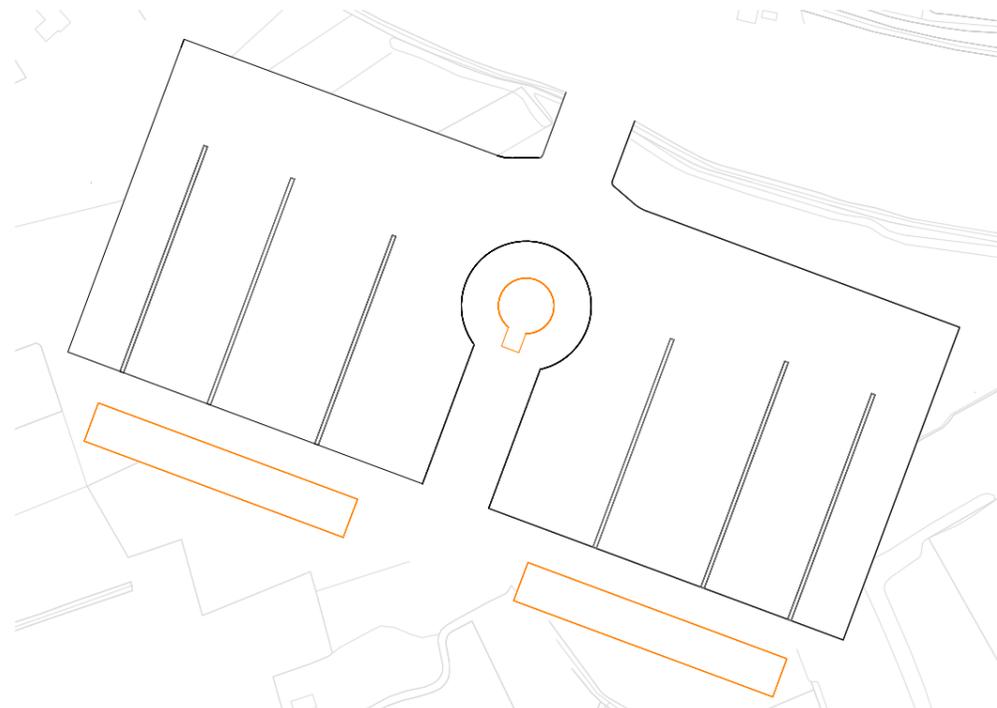


Figura 9. Alternativa 4

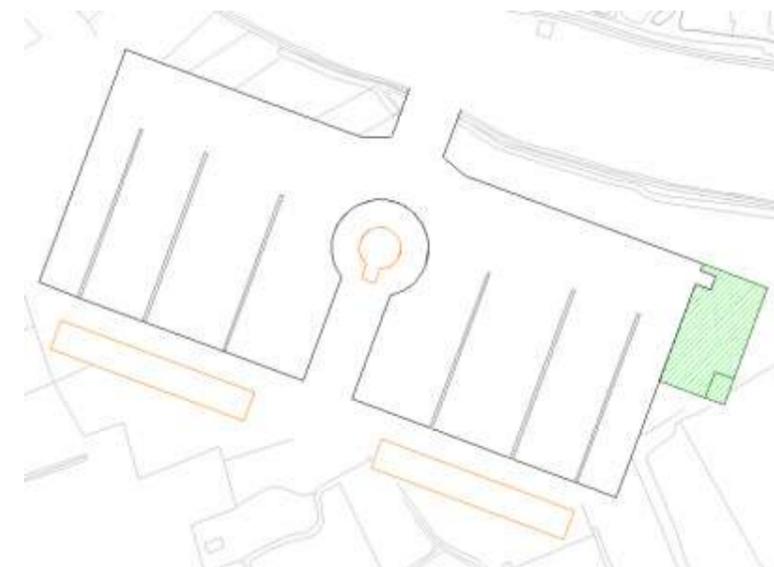


Figura 10. Alternativa de la marina seca 1

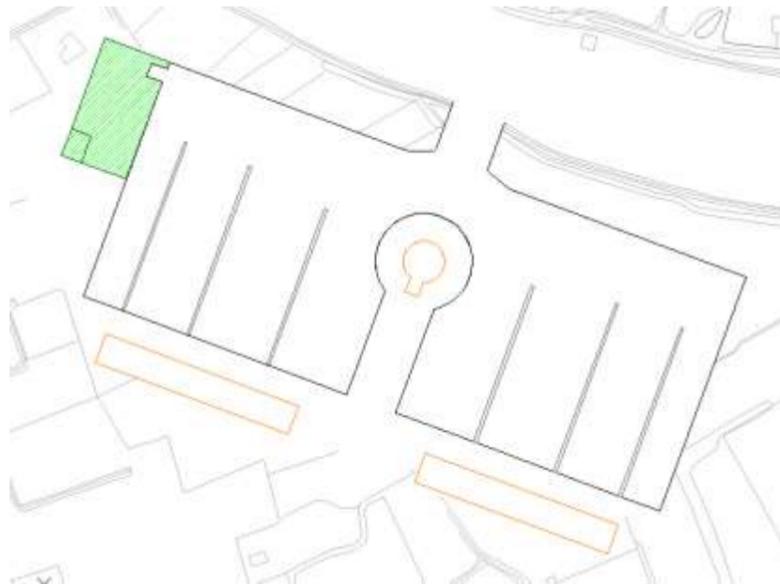


Figura 11. Alternativa de la marina seca 2

La solución final escogida es la de realizar la marina seca en la esquina norte-izquierda, con un único motivo, el estético. Al ser un puerto simétrico, todas las demás características son iguales pero la diferencia entre las dos alternativas estéticamente hablando es la distancia a la costa y la posible pantalla que la alternativa no escogida podría producir, al tapar vistas desde la zona del medio de la dársena, que será una zona comercial.

11.3. Selección de la forma de la carretera

La elección de la alternativa no se va a someter a un análisis multicriterio, vamos a hacer la mejor elección basándonos en los criterios de explotación del puerto.



Figura 13. Alternativa de la carretera 1

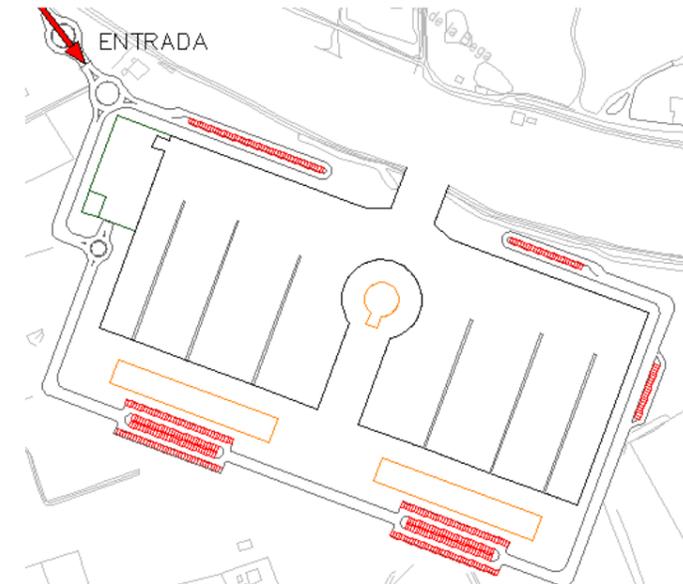


Figura 12. Alternativa de la carretera 2

Se va a escoger la alternativa 2 como solución final de acceso al puerto. Las pegas de esta solución, nombradas anteriormente en la breve descripción de la alternativa, no disuaden al motivo por el que esta solución es mejor:

-El acceso al puerto sería más rápido para los usuarios que vayan a utilizar las instalaciones a diario. Este puerto no solo ofrecerá servicios náuticos, complementando a estos, este ofrecerá una infraestructura ampliamente dotada de los servicios deportivos y sociales que permitirán a las personas poder venir con regularidad varias veces a la semana. Por lo tanto, el servicio rápido de entrada tiene que estar orientado hacia el pueblo de Cullera.

-La obra que hay que realizar para llegar a dicha entrada sería la ampliación y acondicionamiento de la actual vía de tráfico que circula paralela al río Júcar y un nuevo acceso a la urbanización del Marenyet. La realización de la otra alternativa conllevaría el corte de la carretera paralela al Júcar, la construcción de la carretera que viene del Marenyet y la carretera de incorporación desde la ciudad de Cullera, que puede salir de la carretera CV-605 o el camino de Gandía.

11.4. Tipología de amarres y pantalanes

Se ha realizado un análisis multicriterio para seleccionar la tipología de pantalanes más adecuada, las dos tipologías analizadas son las de pantalanes fijos y pantalanes flotantes.

DOC 1. MEMORIA

Analizaremos la colocación de estas dos tipologías respecto de la economía en su construcción, la facilidad constructiva, la funcionalidad, la velocidad de ejecución y el mantenimiento. A continuación, colocamos la tabla de pesos.

Economía	25%
Facilidad constructiva	25%
Funcionalidad	20%
Velocidad de ejecución	15%
Mantenimiento	15%
	100%

Tabla 14. Tabla de pesos

El estudio de soluciones se realiza valorando cada criterio y aplicando la ponderación anterior.

Muy bueno	5
Bueno	4
Normal	3
Malo	2
Muy malo	1

Tabla 15. Puntuación para el método multicriterio

		Pantales fijos		Pantales flotantes	
Economía	25%	3	75	5	125
Facilidad constructiva	25%	2	50	5	125
Funcionalidad	20%	5	100	2	40
Velocidad de ejecución	15%	2	30	5	70
Mantenimiento	15%	5	75	3	45
	100%		330		405

Tabla 16. Método multicriterio

Por lo tanto, se concluye con la elección del pantalán flotante las labores de mantenimiento serán más costosas, pero a la hora de la elección pesan más otros criterios como el económico y el constructivo. La opción escogida dentro de la tipología escogida es la de pilotes guiados.

El amarre de las embarcaciones se va a realizar de popa. Este método permite optimizar el espacio de agua disponible. La elección entre amarrar el barco de popa y no de proa es debido a la facilidad con la que los usuarios puedan realizar la entrada al buque y realizar las maniobras de amarre.

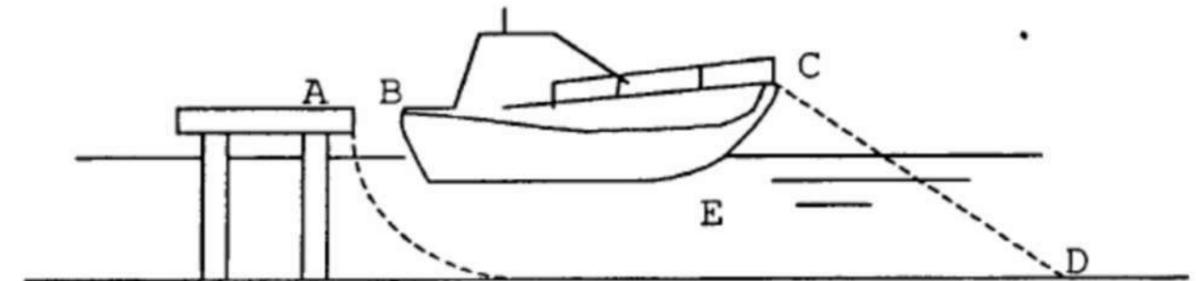


Figura 14. Descripción grafica del amarre

La colocación de los amarres en el puerto no se va a someter a análisis ya que se van a distribuir desde la bocana hacia la parte interna del puerto ordenados de mayores esloras a menores esloras. De este modo, que los barcos que tengan que realizar las mayores maniobras sean los de menor eslora.

	Tipo de embarcación
Pantalán 1: 2x130m	20 embarcaciones con eslora de 12 metros y 51 embarcaciones con eslora de 9 metros
Pantalán 2: 2x130m	54 embarcaciones con eslora de 12 metros y 8 embarcaciones con eslora de 15 metros
Pantalán 3: 2x120m	48 embarcaciones con eslora de 15 metros
Pantalán 4: 2x120m	48 embarcaciones con eslora de 15 metros
Pantalán 5: 2x130m	54 embarcaciones con eslora de 12 metros y 8 embarcaciones con eslora de 15 metros
Pantalán 6: 2x130m	20 embarcaciones con eslora de 12 metros y 48 embarcaciones con eslora de 9 metros



Figura 15. Embarcaciones por pantalán

12. Acciones en el puerto

Se calculan los diferentes valores para las acciones desarrolladas en el puerto, la finalidad de las mismas es la de establecer una combinación de acciones que nos permita calcular la sobrecarga repartida sobre los muelles y poder justificar tanto estructuralmente como geotécnicamente la solución adoptada por la misma.

Se establecen las siguientes acciones posibles en el puerto.

1) Acciones del medio físico

-Viento

Obteniendo un viento dominante de 29,12 m/s en dirección NE, y un viento reinante de 32,76 m/s en dirección SW.

-Corrientes marinas

No se prevé una afectación a los muelles por las corrientes marinas.

-Oleaje

No se prevé una afección por el oleaje interno de la dársena.

-Agente térmico

No se prevé una afección por el agente térmico en los muelles.

-Agente sísmico

Al ser una obra de importancia moderada, y por la zona sísmica en la que se encuentra, no se tendrá en cuenta.

-Mareas

Se toma como referencia el mareógrafo del puerto de Gandía, siendo las variaciones las siguientes.

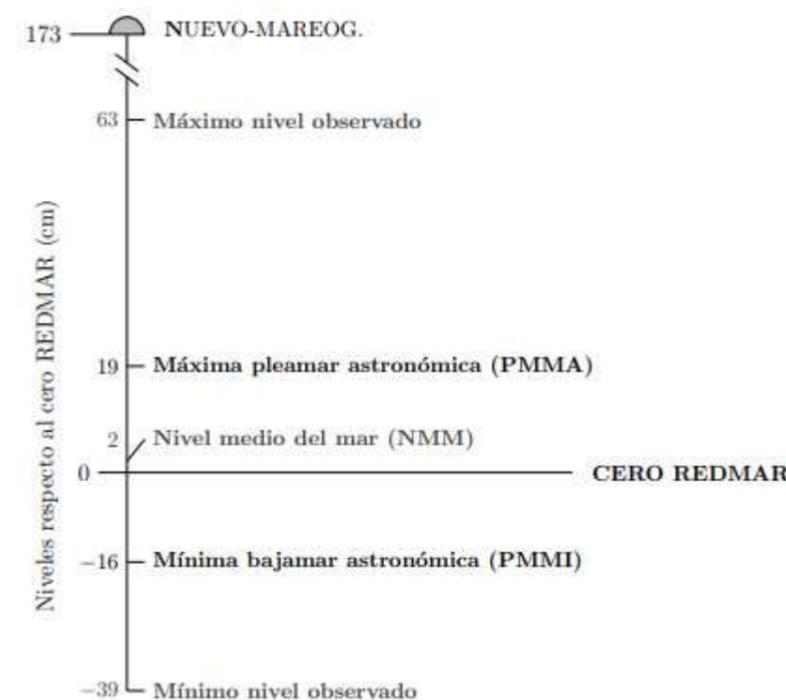


Figura 1. Niveles del mar

2) Acciones del terreno

Se establecen los empujes tanto activos como pasivos producidos en la sección del muelle para su posterior verificación del ELU GEO, dichas acciones son calculadas en el anejo nº11 Cálculo estructural de los muelles.

3) Acciones de uso y explotación

Para las acciones de uso y explotación se ha seguido la normativa vigente "R.O.M. 2.1-11", dicha normativa contempla multitud de acciones de este tipo, no obstante, al tratarse de un puerto deportivo y con una única zona con equipos de manipulación (marina seca), se simplifica considerablemente el cálculo.

-Estacionamiento, almacenamiento y manipulación de mercancías

Al tratarse de un puerto deportivo limitado a embarcaciones de 15 m de eslora, no se tiene prevista una sobrecarga por las mercancías.

-Embarque y desembarque de pasajeros

No se tiene previsto el uso de equipos auxiliares para el embarque y desembarque.

-Equipos de manipulación de embarcaciones

DOC 1. MEMORIA

Se proyecta una carretilla tipo pórtico (travelift) para la manipulación de embarcaciones de 15 m de eslora.

Las características del equipo son las siguientes.

- Peso de 173 kN.
- Altura libre interior de 4,7 metros.

La configuración geométrica es la siguiente como mínimo.

- Número de ruedas por pata y eje 1.
- Distancia (L_1) entre ejes de banda de rodadura de 5,95 metros.
- Separación (L_3) entre ejes de ruedas de 5 metros.
- Distancia (a) mínima entre cantil y eje de banda de rodadura de 0,38 metros.

Máxima carga por rueda,

- Sin operación 43 kN.
- En condiciones de operación una carga vertical de 139 kN.
- En condiciones de operación una carga horizontal de 18 kN.

Por último, se considera una sobrecarga debido al uso peatonal que predomina en todo el puerto, considerando una sobrecarga de $5 \text{ kN}/\text{m}^2$

4) Agentes del tráfico terrestre

Dentro del tráfico terrestre se contemplan una multitud de vehículos que pueden circular por el interior del puerto.

Se proyecta una carretera por el interior del puerto de 10 metros de anchura, para ello se tiene diferentes hipótesis según la normativa.

De las diferentes hipótesis se establece la hipótesis I en la cual se muestra una sobrecarga por eje tándem y una sobrecarga, obteniendo unas cargas de 150 kN y una sobrecarga repartida de $10 \text{ kN}/\text{m}^2$, no obstante, la normativa dice que se puede simplificar la

sobrecarga por una repartida de $30 \text{ kN}/\text{m}^2$

5) Operaciones de los buques

Respecto a las operaciones de los buques tenemos las cargas debidas al atraque de las embarcaciones y las debidas al amarre de las embarcaciones.

- Cargas de atraque

Las cargas de atraque de las embarcaciones afectarán en los pantalanés.

La formulación es la siguiente:

$$E_f = E_b * C_b = \left(\frac{1}{2} * (C_m * M_b) * (V_{b,\alpha} * \cos \alpha)^2\right) * C_e * C_g * C_c * C_s$$

Siendo:

E_b : Energía cinética desarrollada por el buque durante el atraque

C_b : Coeficiente atraque adimensional

$C_m * M_b$: Masa movilizada del buque durante el atraque

$V_{b,\alpha}$: Velocidad longitudinal del buque durante el atraque

C_e : Coeficiente de excentricidad

C_g : Coeficiente geométrico del buque

C_c : Coeficiente de configuración de atraque

C_s : Coeficiente de rigidez del sistema de atraque

Obteniendo una energía cinética del buque del siguiente valor.

$$E_f = 3,289 \text{ kN} * m$$

Una vez obtenida la energía cinética se elige una defensa y a través de sus gráficas energía-deformada y deformada-reacción se obtiene una reacción de atraque del siguiente valor.

$$R = 45 \text{ kN}$$

- Cargas de amarre

Las cargas de amarre afectan tanto al pantalané como a la tablestaca.

Para el cálculo de las cargas de amarre se sigue el procedimiento de la tabla 4.6.4.59. de la "R.O.M. 2.0-11" componente cuasi-estática de la resultante horizontal de la acción del viento sobre un buque amarrado.

Según esta metodología la reacción producida por el buque es la siguiente:

$$R_v = \frac{\rho_a}{2} * V_{v,t}^2 * \frac{C_{DV,L} * A_{V,T} * \cos \alpha^2 + C_{DV,T} * A_{V,L} * \sin \alpha^2}{\cos(\varnothing - \alpha)}$$

Siendo:

R_v : Fuerza total de arrastre resultante de la acción del viento en dirección α , medida desde el eje longitudinal del buque considerado de proa a popa, sobre el buque amarrado.

$V_{v,t}$: Velocidad horizontal máxima probable correspondiente al estado del viento.

$C_{DV,L}$: Factor adimensional de arrastre para el viento actuando sobre el buque amarrado en la dirección de su eje longitudinal.

$A_{V,T}$: Área emergida de la proyección del buque sobre un plano vertical perpendicular al eje longitudinal del mismo, incluyendo todos sus elementos y las cargas en cubierta.

α : Ángulo que forma el viento con el buque respecto a su eje longitudinal.

\varnothing : Ángulo formado entre el eje longitudinal del buque, considerado de proa a popa, y la dirección de la fuerza de arrastre resultante de la acción de un viento de dirección α sobre el buque amarrado.

$C_{DV,T}$: Factor adimensional de arrastre para el viento actuando sobre el buque amarrado en la dirección perpendicular a su eje longitudinal.

$A_{V,L}$: Área emergida de la proyección del buque sobre un plano vertical perpendicular que contenga a su eje longitudinal, incluyendo todos sus elementos y las cargas en cubierta.

ρ_a : Densidad del aire. Por lo general se adopta el valor de $1,23 * 10^{-3} t/m^3$.

Obteniendo un valor de la reacción del siguiente valor.

$$R_v = 14 \text{ kN}$$

13. Cálculos estructurales

Se verifican las soluciones adoptadas tanto para las secciones transversales que componen el perímetro de la dársena, como los pantalanes.

Se establecen las secciones tipo como cimentaciones profundas formadas por tablestacas con un anclaje a la cota -0,4 metros respecto al nivel medio del mar.

Las cimentaciones se eligen como profundas y se prevén según los modos de fallo tanto geotécnicos como estructurales una longitud de tablestaca (incluidos los 0,50 metros de empotramiento en la viga cantil) de 12 metros, y una cota de empotramiento de 11 m respecto el nivel del mar.

En cuanto a la sección tipo geotécnica, según los sondeos realizados se tiene la misma sección transversal en todo el puerto.

Una vez definida la tipología de las secciones transversales, se realiza la combinación de acciones fundamental para la verificación del ELU STR y el ELU GEO.

Se establece la combinación de acciones fundamental, siendo la más desfavorable la siguiente.

HIPÓTESIS	CARGA	FACTOR
1	Tráfico viario	1,00
	Tiro de bolardo	0,70
	Cargas peatonales	0,70
	Nivel de marea	Mínima bajamar astronómica (PMMI)

Tabla 1. Combinación de acciones

Obteniendo una sobrecarga de $65 \text{ kN}/\text{m}^2$ para el ELU STR y de $59 \text{ kN}/\text{m}^2$ para el ELU GEO.

13.1. Verificación del ELU STR

Para el estado límite último estructural se comprueba la pantalla delantera, la pantalla trasera y la verificación de la tensión admisible en el anclaje.

-Pantalla delantera

Se proyecta una tablestaca AZ-41 700 obteniendo los siguientes esfuerzos.

Hipótesis	Momento	Cortante	Deformación	Reacción del	Profundidad
-----------	---------	----------	-------------	--------------	-------------

	máximo	máximo	máxima	tirante	de hincas mínima
1	201,919 kN*m/m	175,812 kN/m	0,005 m	133,38 kN/m	10,50 m

Tabla 2. Resultados para la hipótesis 1

Se comprueba los siguientes esfuerzos.

- Flexión

Se debe cumplir que:

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4745.10^{-6} * 355.10^3}{1,05} = 1604,26 \text{ kN} * \text{m}/\text{m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd} \rightarrow 201,919 \text{ kN} * \text{m}/\text{m} \leq 1604,26 \text{ kN} * \text{m}/\text{m} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Cortante

Se debe cumplir que:

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{M0}} = \frac{28,88 * \frac{355.10^{-1}}{\sqrt{3}}}{1,05} = 563,73 \text{ kN}/\text{m}$$

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd} \rightarrow 175,812 \leq 563,73 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Interacción de esfuerzos

Se debe cumplir que:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1 \rightarrow \frac{201,919}{1604,919} + \frac{175,812}{563,73} \leq 1 \rightarrow 0,49 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

-Pantalla trasera

Se proyecta una tablestaca PU-32 obteniendo los siguientes esfuerzos.

Hipótesis	Momento máximo	Cortante máximo	Deformación máxima	Reacción del tirante
1	61,48 kN*m/m	197,66 kN/m	0 m	133,38 kN/m

Tabla 3. Resultados para la hipótesis 1

Se comprueba los siguientes esfuerzos.

- Flexión

Se debe cumplir que:

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3687.10^{-6} * 355.10^3}{1,05} = 1246,55 \text{ kN} * \text{m}/\text{m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd} \rightarrow 61,48 \leq 1246,55 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Cortante

Se debe cumplir que:

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{M0}} = \frac{131,153 * \frac{355.10^{-1}}{\sqrt{3}}}{1,05} = 2560,09 \text{ kN}/\text{m}$$

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd} \rightarrow 197,66 \leq 2560,09 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Interacción de esfuerzos

Se debe cumplir que:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1 \rightarrow \frac{61,48}{1246,55} + \frac{197,66}{2560,09} \leq 1 \rightarrow 0,12 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

-Anclaje

DOC 1. MEMORIA

Se comprueba la tensión admisible del anclaje.

Teniendo una reacción de 133,38 kN/m y proyectando un tirante de 44 mm de diámetro.

Se debe verificar la siguiente expresión.

$$\frac{P_{Nd}}{A_T} \leq \frac{f_{yk}}{1,15} \rightarrow \frac{200}{1521 \cdot 10^{-6}} \leq \frac{355 \cdot 10^3}{1,15} \rightarrow 131492,44 \leq 308695,65 \rightarrow CUMPLE$$

13.2. Verificación del ELS STR

Se verifica el estado límite de servicio de deformaciones, estableciendo un valor límite de la deformación del siguiente valor.

$$Deformación\ máxima = \frac{h}{500} = \frac{5,5}{500} = 0,011\ m$$

Como deformación se debe añadir la deformación producido por la tracción del tirante, siendo la formulación la siguiente.

$$\delta = \frac{P * L}{E * A} = \frac{133\ kN * 14\ m}{210 \times 10^6\ kPa * 1,52 \times 10^{-3}\ m^2} = 0,0058\ m$$

$$Deformación = 0,0058 + 0,005 = 0,0108\ m < 0,011\ m \rightarrow CUMPLE$$

13.3. Verificación del ELU GEO

Para la verificación del estado límite último geotécnico se ha seguido la formulación de la R.O.M. 0.5-05, en primer lugar, se realiza el cálculo de empujes del terreno a través de la teoría de Coulomb y de Rankine.

Comprobando los siguientes estados límites últimos geotécnicos.

- Verificación de la seguridad frente al giro del anclaje
- Verificación de la seguridad frente a la rotura del terreno en el anclaje
- Verificación de la seguridad frente al deslizamiento conjunto
- Verificación de la seguridad frente al equilibrio global
- Verificación de la seguridad frente al equilibrio vertical
- Verificación de la seguridad frente a la erosión interna

- Verificación de la seguridad frente a la socavación

- Verificación de la seguridad frente al giro del anclaje

A través de dicha verificación se obtiene una longitud de profundidad mínima en la cual este modo de fallo estaría en equilibrio.

Para ello se resuelve la siguiente ecuación en función de la longitud de hinca.

$$\sum M_{anclaje} = 0$$

Obteniendo así, una longitud de hinca del siguiente valor.

$$t_0 = 2,30\ metros$$

Teniendo el siguiente coeficiente de seguridad.

$$F = \frac{t}{t_0} = \frac{7}{2,30} = 3,04 \rightarrow CUMPLE$$

- Verificación de la seguridad frente a la rotura del terreno en el anclaje

Para dicha verificación se tiene la siguiente formulación.

$$T_{rotura} = E_p - E_a = 1176,32 - 900,7 = 275,62\ kN/m^2$$

El coeficiente de seguridad queda definido de la siguiente forma.

$$F = \frac{T_{rotura}}{T} = \frac{275,62}{133,38} = 2,05 \rightarrow CUMPLE$$

- Verificación de la seguridad frente al deslizamiento conjunto

Para la verificación del deslizamiento conjunto se ha procedido a seguir una metodología similar al método de Kranz.

Para ello se ha realizado el equilibrio de fuerzas de un bloque del terreno delimitado por la pantalla trasera y la zona donde el cortante es nulo en la pantalla delantera.

Tras realizar el equilibrio se obtienen todas las fuerzas de dicho bloque (rozamientos, reacciones normales, etc.).

Obteniendo así, un coeficiente de seguridad de la siguiente manera.

$$F = \frac{N' * \tan \phi + c * l}{S} = 1,439 \rightarrow CUMPLE$$

-Verificación de la seguridad frente al equilibrio global

Para verificar el equilibrio global se ha realizado una interpretación mediante el software informático Slide, para ello se han analizado las situaciones de rotura circular.

Obteniendo para la hipótesis de carga dicha, el siguiente coeficiente de seguridad.

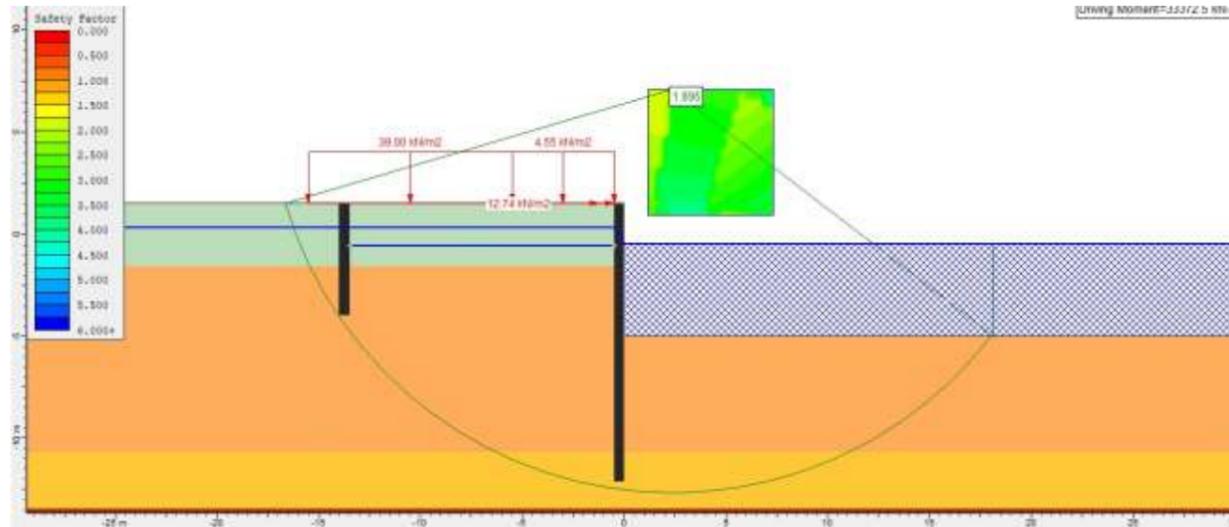


Figura 2. Equilibrio global

Se obtiene un coeficiente de seguridad de 1,895 y por tanto cumple.

- Verificación de la seguridad frente al equilibrio vertical

Para dicha verificación, se consideran dos tipos de resistencias, la resistencia por punta y la resistencia por fuste. Contribuyendo ambas a la resistencia al hundimiento.

Además, se obtiene la resistencia al hundimiento tanto en condiciones sin drenar (corto plazo), como en condiciones drenadas (largo plazo), al tener estratos cohesivos.

1) Resistencia por punta

En primer lugar, la resistencia por punta a corto plazo.

$$Q_p = q_p * A_p$$

Para ello, se obtiene la resistencia unitaria por punta con la siguiente formulación.

$$q_p = (9 - 3 * D) * s_u = (9 - 3 * 0,024) * 29,42 = 262,66 \text{ kPa}$$

Obteniendo así, una resistencia por punta a corto plazo del siguiente valor.

$$Q_p = q_p * A_p = 262,66 * A_p = 6,30 \text{ kN}$$

En segundo lugar, la resistencia por punta a largo plazo.

$$R_p = q_p * A_p$$

Para la obtención de la resistencia unitaria por punta a largo plazo se realiza una formulación diferente.

$$q_p = (3 * \sigma'_{vp} * N_q + 3 * c' * N_c) * f_D$$

Obteniendo así, una resistencia por punta a largo plazo del siguiente valor.

$$R_p = q_p * A_p = 30,94 \text{ kN}$$

2) Resistencia por fuste

En este caso la resistencia por fuste es variable a lo largo de la tablestaca, y de la misma forma se tienen resistencias diferentes a corto y largo plazo.

En primer lugar, se calcula la carga de hundimiento unitaria por fuste a corto plazo de cada estrato es de los siguientes valores.

$$\tau_f = \frac{100 * s_u}{100 + s_u} = \frac{100 * 29,42}{100 + 29,42} = 22,73 \text{ kPa}$$

En segundo lugar, se calcula la carga de hundimiento unitaria por fuste a largo plazo de cada estrato es de los siguientes valores.

$$\tau_f = \sigma'_v * k * f * \tan \phi + c' = 16,4 * 0,75 * 1 * \tan 31 = 9,37 \text{ kPa}$$

$$\tau_f = \sigma'_v * k * f * \tan \phi + c' = 44 * 0,75 * 1 * \tan 25 = 17,34 \text{ kPa}$$

Por lo que nos queda una carga de hundimiento por fuste a corto plazo del siguiente valor.

$$Q_f = \int_0^L \tau_f * C * dz = 165,33 \text{ kN}$$

Para la carga de hundimiento por fuste a largo plazo tenemos el siguiente valor.

$$Q_f = \int_0^L \tau_f * C * dz = 196,89 + 126,12 = 323,01 \text{ kN}$$

Para la obtención del coeficiente de seguridad, tenemos los datos de las resistencias, el peso propio de la tablestaca obtenido a través del catálogo de tablestacas y por último la sobrecarga considerada en la cabeza de la tablestaca, siendo la misma el peso propio de la viga cantil.

A corto plazo se tiene el siguiente valor.

$$F = \frac{R_p + E_{pv} - W}{E_{av} + N + T * \sin \theta} = \frac{171,63 - 1,56}{25} = 6,80 \rightarrow CUMPLE$$

A largo plazo se tiene el siguiente valor.

$$F = \frac{R_p + E_{pv} - W}{E_{av} + N + T * \sin \theta} = \frac{353,95 - 1,56}{25} = 14,09 \rightarrow CUMPLE$$

-Verificación de la seguridad frente a la erosión interna

En este proyecto no se esperan flujos de agua importantes entre trasdós e intradós por lo que se recomienda que durante la ejecución de las obras se realice una inspección submarina de las juntas, verificando así su correcta terminación y, durante la fase de servicio, se inspeccione de forma regular la aparición de socavones en la superficie del trasdós de los elementos de contención, adoptando en caso de que aparezcan, las medidas oportunas para su rápida reparación.

- Verificación de la seguridad frente a la socavación

Se ha dispuesto una franja perimetral de 0,50 metros de espesor de escollera de 50 kg.

A modo resumen, se tienen los siguientes coeficientes de seguridad.

MODO DE FALLO	COEF. DE CÁLCULO	COEF. ROM
Giro alrededor del anclaje	3,04	1,20
Rotura del terreno en el anclaje	2,05	2
Deslizamiento conjunto	1,439	1,30
Equilibrio global	1,895	1,40
Equilibrio vertical (CP)	6,80	2,20
Equilibrio vertical (LP)	14,09	2,20
Erosión interna	MP	MP
Socavación	MP	MP

Tabla 4. Resumen coeficientes de seguridad

13.4. Cálculo de la viga cantil

Para verificar el armado de la viga cantil, se ha realizado una modelización en el SAP2000, modelizando la viga cantil como una viga de sección cuadrada de 1x1 m y que se encuentra empotrada sobre un apoyo elástico que sería la tablestaca.

La hipótesis de carga es únicamente el tiro de bolardo, siendo esta sobrecarga de un valor de 21 kN.

Una vez ejecutada la simulación se tienen los siguientes resultados.

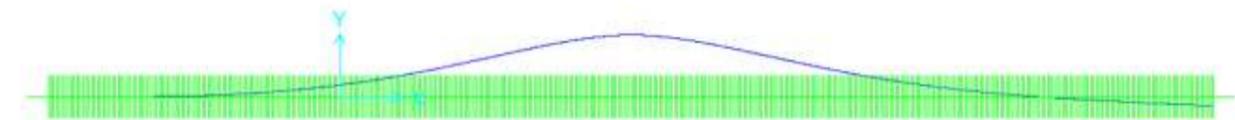


Figura 3. Deformada de la viga cantil

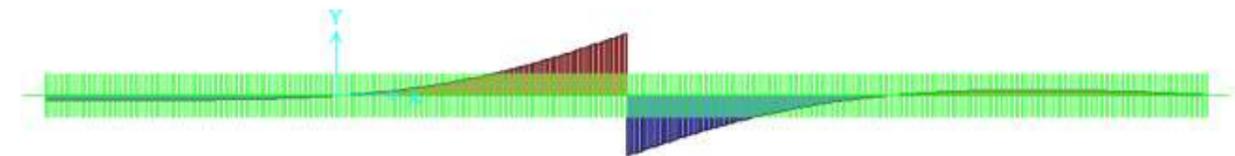


Figura 4. Ley de esfuerzos cortantes de la viga cantil

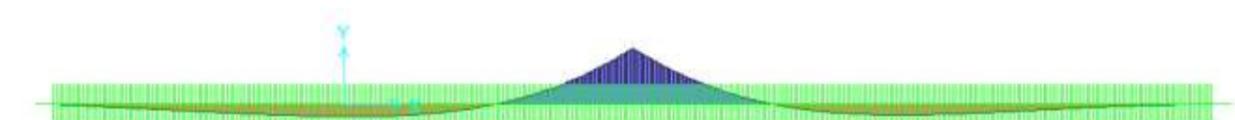


Figura 5. Ley de esfuerzos de momentos flectores de la viga cantil

Una vez obtenidos los esfuerzos de cálculo se procede al dimensionamiento del armado.

$$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 10,44 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 32,09 \text{ kN} * m$$

Para obtener el armado se obtiene el diagrama interacción axil-flector, obteniendo que con el momento de cálculo se tiene una zona C, y por tanto un área igual a cero para la armadura superior.

No obstante, al obtener el armado de cálculo se observa que es inferior al mínimo exigido por la normativa y por tanto se obtiene el siguiente armado mínimo.

$$A'_s = 840 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 2800 \text{ mm}^2$$

La disposición propuesta del armado es la siguiente.

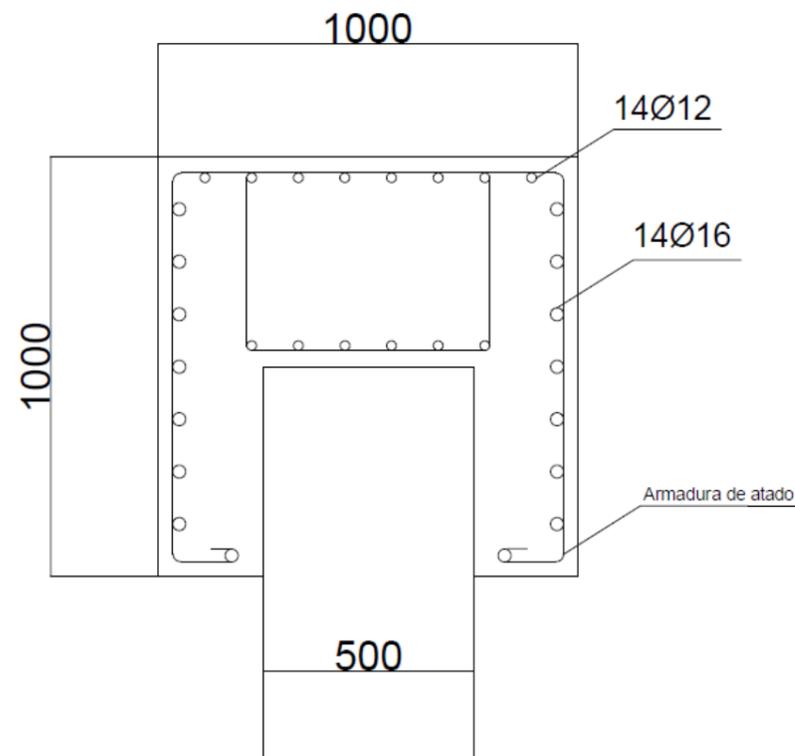


Figura 6. Disposición del armado

13.5. Cálculo de pantalanés

La "R.O.M. 0.5-05" considera los siguientes modos de fallo geotécnicos sobre los pilotes de los pantalanés.

- Hundimiento o arranque de los pilotes.
- Rotura horizontal del terreno.
- Erosión del talud.
- Deslizamiento superficial.

- Equilibrio global.

- Erosiones internas y arrastres.

De dichos ELU GEO solamente se tienen en cuenta los dos primeros, debido a que los pantalanés no presentan ningún talud en las inmediaciones de los pilotes, por lo que los modos de fallo en relación a deslizamientos y erosiones no serán considerados.

1) Hundimiento o arranque de los pilotes

Se calcula de la misma forma que las tablestacas.

- Resistencia al hundimiento por punta

A corto plazo obtenemos los siguientes valores.

$$q_p = (9 - 3 * D) * s_u = (9 - 3 * 0,60) * 102,96 = 741,312 \text{ kPa}$$

$$Q_p = q_p * A_p = 741,312 * A_p = 209,60 \text{ kN}$$

A largo plazo obtenemos los siguientes valores.

$$q_p = (3 * \sigma'_{vp} * N_q + 3 * c' * N_c) * f_D = 4528,36 \text{ kPa}$$

$$Q_p = q_p * A_p = 4528,36 * A_p = 1280,36 \text{ kN}$$

- Resistencia al hundimiento por fuste

A corto plazo obtenemos los siguientes valores para los estratos.

$$\tau_f = \frac{100 * s_u}{100 + s_u} = \frac{100 * 29,42}{100 + 29,42} = 22,73 \text{ kPa}$$

$$\tau_f = \frac{100 * s_u}{100 + s_u} = \frac{100 * 102,96}{100 + 102,96} = 50,73 \text{ kPa}$$

$$Q_f = \int_0^L \tau_f * C * dz = 119,96 + 592,86 = 712,82 \text{ kN}$$

A largo plazo obtenemos los siguientes valores para los estratos.

$$\tau_f = \sigma'_v * k * f * \tan \phi = 16,4 * 0,75 * 1 * \tan 31 = 7,39 \text{ kPa}$$

$$\tau_f = \sigma'_v * k * f * \tan \phi + c' = 44 * 0,75 * 1 * \tan 25 = 15,38 \text{ kPa}$$

$$\tau_f = \sigma'_v * k * f * \tan \phi + c' = 77,6 * 0,75 * 1 * \tan 30 + 9,8 = 44,1 \text{ kPa}$$

$$Q_f = \int_0^L \tau_f * C * dz = 108,65 + 81,17 + 515,38 = 705,2 \text{ kN}$$

Para obtener los coeficientes de seguridad se tienen los datos de las resistencias al hundimiento de pilotes, el peso de la parte exenta del pilote y la sobrecarga de uso en la cual contribuyen las cargas peatonales y sobre todo el peso propio de cada módulo.

A corto plazo.

$$F = \frac{922,42}{270 + 38,87} = 2,98 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

A largo plazo.

$$F = \frac{1985,83}{270 + 38,87} = 6,42 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

2) Rotura horizontal del terreno

En este caso, como sobrecargas tenemos el atraque y el amarre de las embarcaciones mayoradas por el valor de 1,30 al ser un ELU GEO.

La formulación es la siguiente.

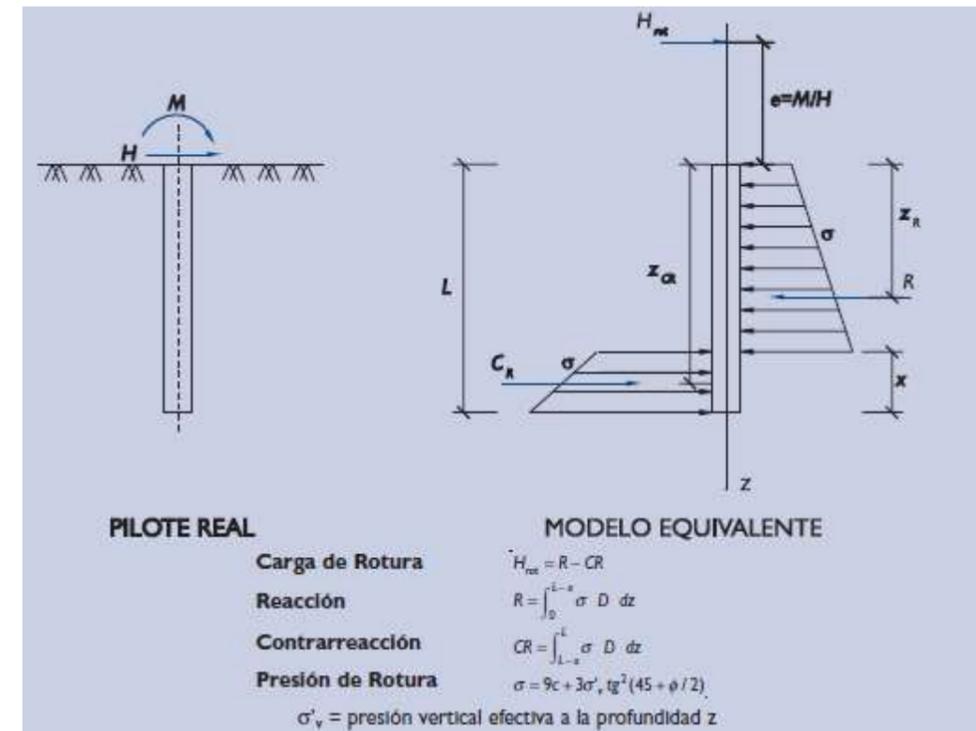


Figura 7. Rotura horizontal del terreno

Teniendo los siguientes valores.

$$R = \int_0^{L-x} \sigma * D * dz = 375 - 60 * x + 2,4 * x^2$$

$$CR = \int_{L-x}^L \sigma * D * dz = 60 * x - 2,4 * x^2$$

$$H_{rot} = R - CR = 375 - 120 * x + 4,4 * x^2$$

Para la obtención del valor x, se ha tomado momentos a la altura de la sobrecarga de las embarcaciones.

$$(e + z_{CR}) * CR = (e + z_R) * R \rightarrow x = 2 \text{ m}$$

$$F = \frac{H_{rot}}{H} = \frac{152,6}{76,7} = 1,98 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Como se ha comentado anteriormente, solo se consideran estos modos de fallo.

Dentro de los pantalanos podemos obtener la formulación para dimensionar los trenes de fondeo.

$$F_{RM} = \mu * N = \mu * (W_{SM} - T_H * \tan \alpha_v) = 0,8 * (6 - 2,2 * \tan(36)) = 3,52 \text{ tn}$$

$$C_{SD} = \frac{F_{RM}}{T_H} = \frac{3,52}{2,2} = 1,6 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

14. Sistema de renovación de aguas de la dársena

Se debe garantizar una renovación de aguas de la dársena para evitar posibles acumulaciones de sedimentos en la propia dársena y por tanto problemas a la hora de realizar maniobras.

Según lo establecido en la Directiva Marco del Agua (DMA) y la R.O.M. 5.1-05, se trata de una masa de agua modificada y con una serie de características que hacen que el tiempo de renovación de las aguas sea inferior a 7 días.

Por tanto, para ello se toman 4 alternativas diferentes.

1) No actuar

En la primera de ellas, se obtendría la renovación total de la dársena gracias a las carreras de marea que suceden en el interior de la dársena.

No es una solución factible.

2) Realizar un canal de apertura

En la segunda alternativa, se opta por realizar una segunda bocana de entrada al puerto (no permitido el acceso de las embarcaciones por dicha bocana), de esta forma el caudal de entrada y salida sería mayor en caso de disponer una sola bocana.

Esta solución no parece factible, ya sea por motivos constructivos y que no queda garantizada la renovación de aguas.

3) Colocación de agitadores

En esta alternativa, se opta por la colocación de 2 agitadores formados por hélices, de esta forma el caudal de la dársena quedaría removido y sería más fácil evacuar el agua.

Debido a la disposición del puerto, se opta por colocar 2 agitadores, uno a cada lado del puerto.

4) Circulación forzada

La última de las alternativas, supone la inclusión de un bombeo forzado a través de una tubería de PVC de 500 mm de diámetro.

El caudal del bombeo se considera de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, no obstante, dicho bombeo no se considera en funcionamiento durante todo el tiempo, es decir, el bombeo se empleara de forma intermitente.

Finalmente, se opta por una solución mixta, es decir, se prevé un bombeo forzado y la colocación de los dos agitadores, de esta forma, la renovación de aguas en la dársena queda garantizada.

15. Firmes y pavimentos

Se diseña el firme que compondrá la carretera por el interior del puerto y los pavimentos de las zonas de paseo.

15.1. Firmes

Para el diseño de los firmes, se ha seguido la normativa 6.1 I.C.

En primer lugar, se comprueba el tipo de suelo que tenemos en la zona a estudiar, para saber el tipo de suelo se sigue el "Pliego de prescripciones técnicas generales PG3-330".

Según dicho pliego se tiene un suelo seleccionado, y por tanto se selecciona una explanada tipo E2 compuesto por un mínimo de 100 centímetros de suelo seleccionado, se observa que el estrato de limos tiene un espesor superior a 100 centímetros, por lo tanto, ya tendríamos la explanada compuesta por el propio terreno.

No obstante, se observará que se realizaran rellenos de suelo seleccionado para poder alcanzar la cota de coronación.

Una vez formada la explanada se tiene la capa del firme siguiendo la misma normativa.

Se opta por elegir un IMD_p entre 50 y 200 vehículos pesados, teniendo así una categoría de tráfico pesado de T31.

TABLA 1.A. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

TABLA 1.B. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 Y T4

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Figura 9. Categoría de tráfico

Se elige la siguiente sección transversal.

- Subbase de suelocemento SC20 con CBR>10 de 30 cm.
- Capa base AC32 Base G de 7 cm de espesor.
- Capa de rodadura AS16 Surf D de 5 cm de espesor.

Entre ellas se disponen los siguientes riegos.

Riego de curado sobre la subbase de suelocemento (SC20), dicha capa se coloca para impermeabilizar la superficie y evitar la evaporación de agua para un correcto fraguado.

Riegos de adherencia, sobre la subbase de suelo cemento (SC20), sobre la capa de base y sobre la capa de rodadura.

En la siguiente figura se observa lo comentado.

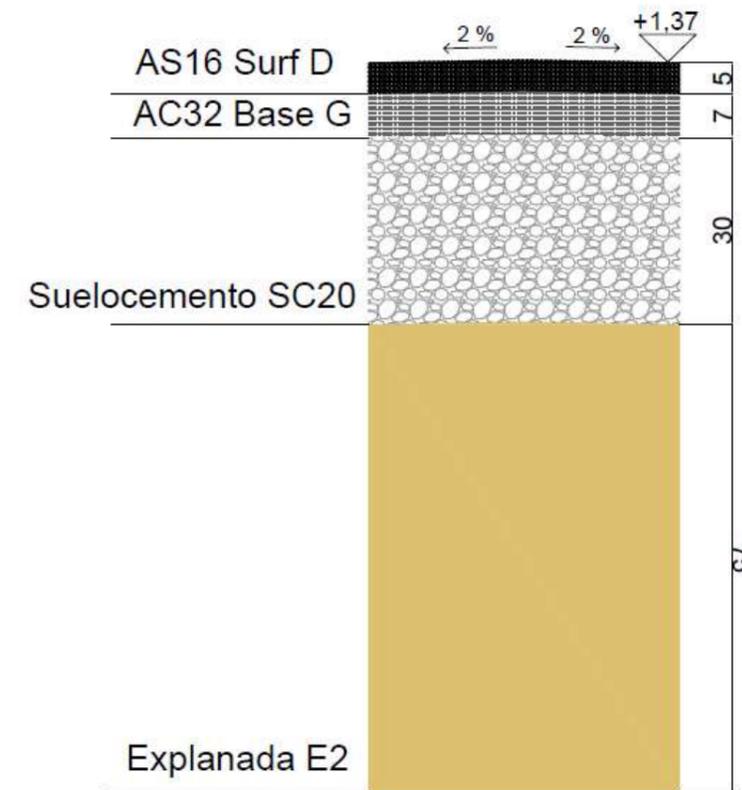


Figura 10. Sección de la carretera

Como se ha comentado anteriormente, se tiene un relleno de material seleccionado de 75 cm con la finalidad de poder alcanzar la cota de coronación a la +1,50 metros.

En cuanto a los arcenes de la carretera, se opta por no realizarlos debido a que no parecen necesarios en una zona de carretera dentro del puerto, simplemente se opta por dar una anchura de 10 m a la carretera para que, en caso de avería se pueda seguir circulando.

15.2. Pavimentos

Una vez definida la sección de la carretera, se tienen que definir los pavimentos que componen el resto de zonas del puerto, como es el paseo marítimo.

Para ello se sigue la R.O.M. 4.1-95, teniendo la siguiente sección transversal.

- Capa de explanada tipo E2, suelo seleccionado de 88 cm de espesor para alcanzar la cota de coronación.
- Capa de SC20 de 30 cm de espesor.
- Capa de 3 cm de arena limpia de nivelación.

-Adoquines prefabricados de hormigón de 8 cm de espesor, color gris.

Dicha sección transversal se considera en toda la zona del paseo.

En la siguiente figura se observa lo comentado.

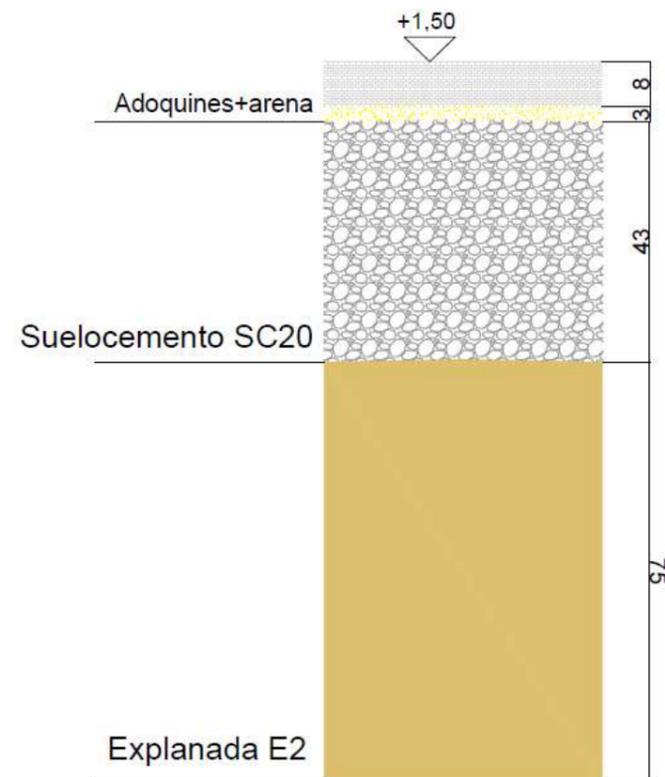


Figura 11. Sección del paseo marítimo

Se observa lo mismo que en la carretera, se tiene un relleno de material seleccionado de 75 cm de espesor para poder alcanzar la cota de coronación.

Por último, se tiene proyecto realizar zonas verdes para mejorar la estética del puerto, en ellas la sección transversal se compone de tierra vegetal sobre el terreno natural y realizar diversas plantaciones de vegetación.

16. Conservación, mantenimiento y control de calidad

Se proyectan diferentes medidas de mantenimiento y conservación para maximizar el periodo de vida de las diferentes infraestructuras.

16.1. Conservación y mantenimiento

Se toman medidas en las siguientes unidades de obra.

- a) Unidades de obra generales
 - Renovación de aguas de la dársena
 - Balizamiento del puerto
 - Vehículos del puerto
- b) Muelles
 - Tablestacas
 - Bolardos
 - Defensas
 - Pantalanes flotantes
- c) Resto de obra civil
 - Taludes de escollera
 - Fondeos y amarres
- d) Urbanización
 - Jardinería
 - Edificaciones
 - Firmes y pavimentos
 - Zonas peatonales
 - Señalización
 - Mobiliario urbano
- e) Instalaciones y redes
 - Red eléctrica
 - Red de agua potable
 - Red de saneamiento
 - Red de alumbrado
 - Equipos de extinción de incendios
- f) Tareas varias
 - Limpieza de la zona terrestre
 - Limpieza de la dársena
 - Retirada de basuras
- g) Planes de vigilancia e inspección
 - Revisión de fondeos y amarres
 - Revisión de muelles y taludes

- Inspecciones de pantalanés flotantes

16.2. Control de calidad

Se debe verificar la idoneidad de los diferentes materiales que se reciben de la obra.

Se realiza un control de calidad en las siguientes unidades de obra.

Escolleras

- Hormigón
- Tablestacas
- Pantalanés
- Adoquines
- Firmes, mezclas bituminosas y riegos

17. Proceso constructivo

Una vez diseñado el modelo final del puerto, se tomará la decisión de que procesos constructivos son necesarios para poder ejecutar de esta manera el puerto en su totalidad.

El proceso de construcción se dividirá en diversas fases constructivas. Dichas fases incluirán diversas actividades, las cuales se ejecutarán simultáneamente o por lo contrario, que estén ligadas de manera que una actividad limite la posterior ejecución de la siguiente.

Por tanto, las fases constructivas serán las siguientes:

17.1. Fase de actividades previas:

- Delimitación de la zona
- Localización de servicios afectados:
- Replanteo
- Instalaciones previas
 - Accesos
 - Vallado
 - Servicios higiénicos
 - Locales de descanso o alojamiento
 - Primeros auxilios
 - Señalización

- Instalaciones eléctricas
- Instalaciones hidráulicas
- Movilización de la maquinaria:
- Acopio de materiales:

17.2. Fase constructiva 1:

- Desbroce y despeje del terreno
- Demolición de firmes y edificaciones asiladas

17.3. Fase constructiva 2:

- Hincas de tablestacas:

Se procederá a hincar las tablestacas delanteras y traseras mediante 2 equipos de hincas los cuales son una grúa telescópica de 70 toneladas con el acoplamiento de un vibrohincador y el transporte mediante un camión de 20 toneladas.

La distancia entre las tablestacas será de 14 metros y entre ellas se colocará un tirante de acero para que de esta manera queden ancladas.

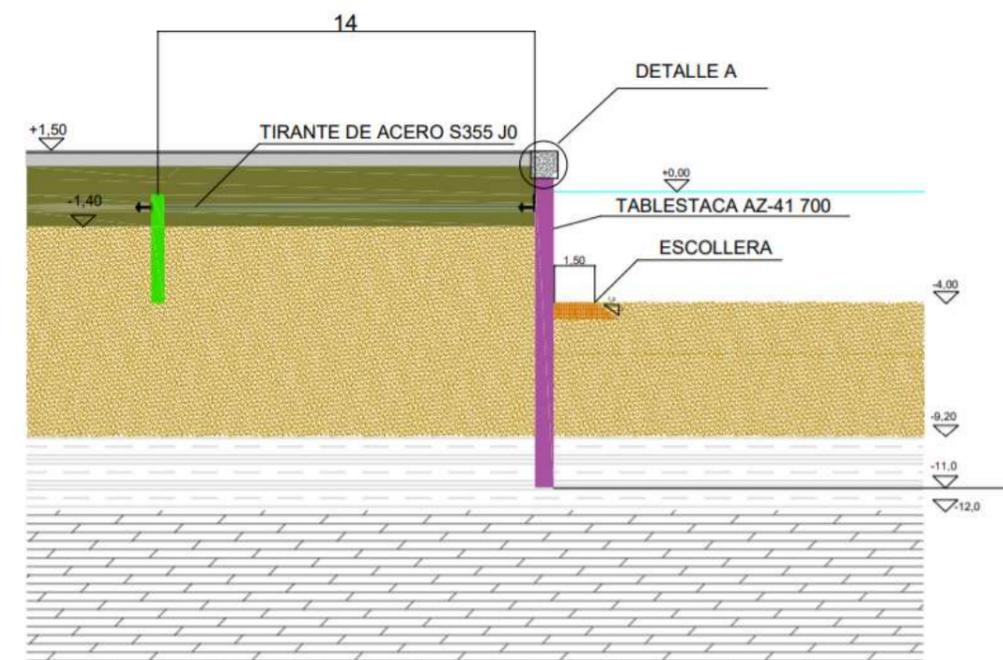


Figura 1. Sección transversal del tablestacado

Los frentes de trabajo son los siguientes:

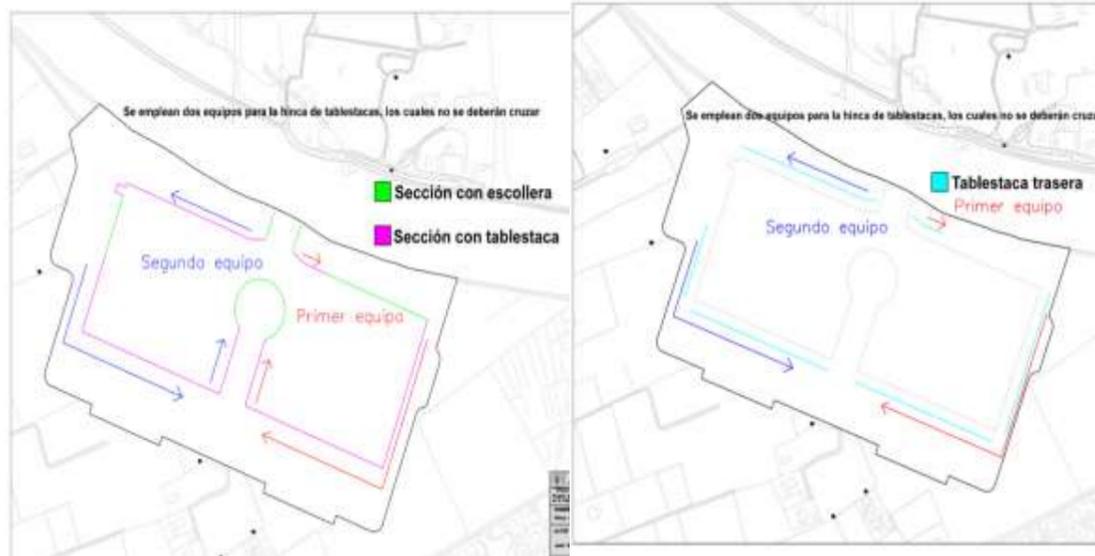


Figura 2. Frentes de trabajo del tablestacado

- Excavación de la dársena:
- Puesta en obra de viga cantil

El proceso constructivo de la excavación de la dársena se subdividirá en 2 fases. La primera fase implica excavar el interior de la dársena dejando sin excavar las zonas que están junto a las tablestacas por motivos de desalineación y posibles irregularidades entre ellas. Por tanto, una vez se vayan anclando las tablestacas y se vaya colocando la viga cantil, se podrá empezar a excavar la zona junto a las tablestacas ya que de esta manera se evita los problemas mencionados. También se formarán taludes en las zonas donde se va a colocar escollera posteriormente.



Figura 3. Primera fase de excavación

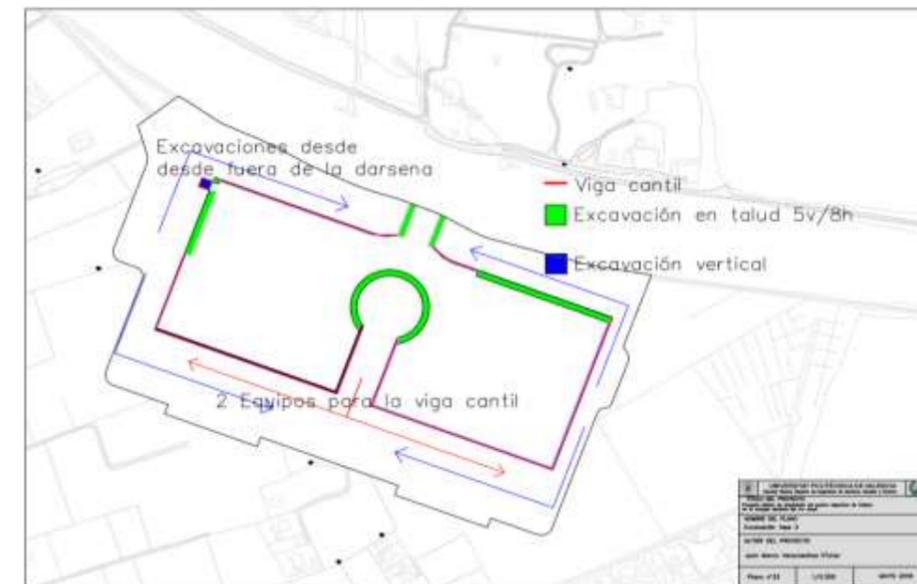


Figura 4. Excavaciones finales y frentes de trabajo de la viga cantil

17.4. Fase constructiva 3:

- Apertura de zanja y bomba para la circulación de aguas de la dársena.
El objetivo de esta operación es abrir una vía para que el agua proveniente del río entre al puerto de manera que sea impulsada por una bomba y de esta forma provocar una renovación de aguas, lo cual es un objetivo muy importante para evitar sedimentaciones en zonas donde el agua es prácticamente estanca.



Figura 5. Trazado de la zanja



Figura 6. Bomba centrífuga de alto caudal

- Colocación de agitadores:
Se procederá a disponer en el puerto 2 agitadores de agua con el fin de renovar las aguas estancadas de la dársena cumpliendo una función complementaria a la bomba mencionada previamente.

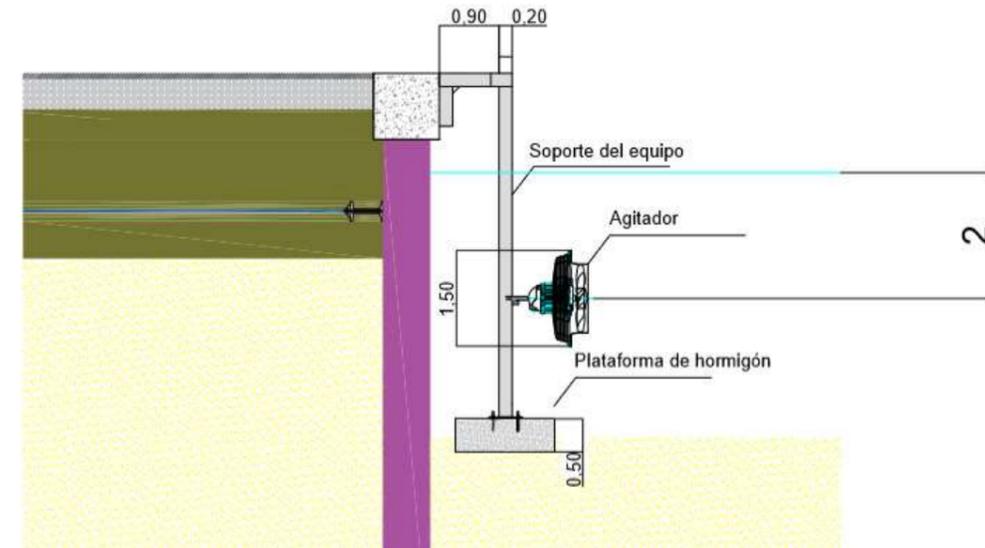


Figura 7. Agitador de agua

- Escollera en taludes y en pie de tablestacas

En estas zonas donde no hay tablestacado, no tendrán función de operaciones para las embarcaciones. Básicamente serán encargadas de disipar el oleaje y proteger la marina del puerto.

Sus funciones básicas son:

- Soportar las acciones del oleaje, las mareas y/o las corrientes.
- Cumplir la condición de filtro entre los terrenos que se protegen y la capa exterior del manto.
- Asegurar la estabilidad de los taludes proyectados, formando los mantos con materiales que, además de la granulometría adecuada, tengan un ángulo de rozamiento interno suficiente.

Los taludes estarán compuestos por unos mantos intermedios que actuará como filtro y base de asentamiento para el manto exterior, el cual será el encargado de la disipación del oleaje y protección del puerto.

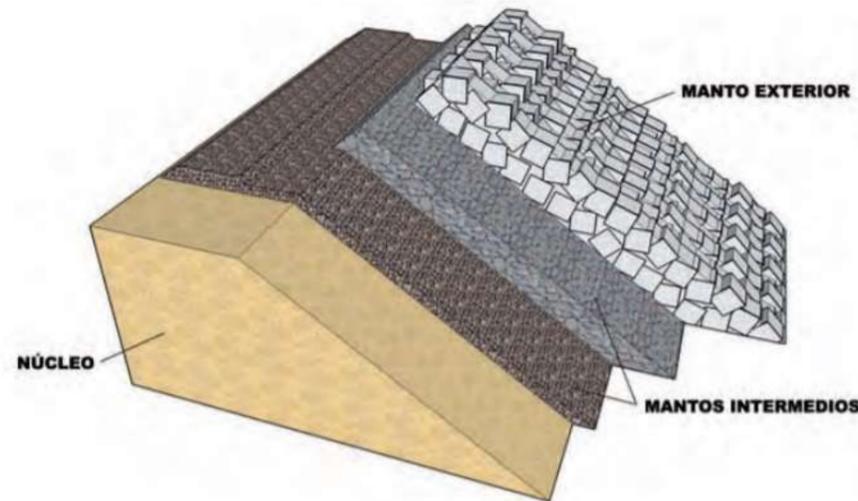


Figura 8. Capas que componen el talud.

Para su puesta en obra, Los materiales se transportarán hasta la zona de acopio de la obra mediante varios camiones bañera con capacidad de 25 toneladas y mediante una pala cargadora se llevará el material depositado en el acopio hasta la grúa encargada de colocar la escollera en el talud.

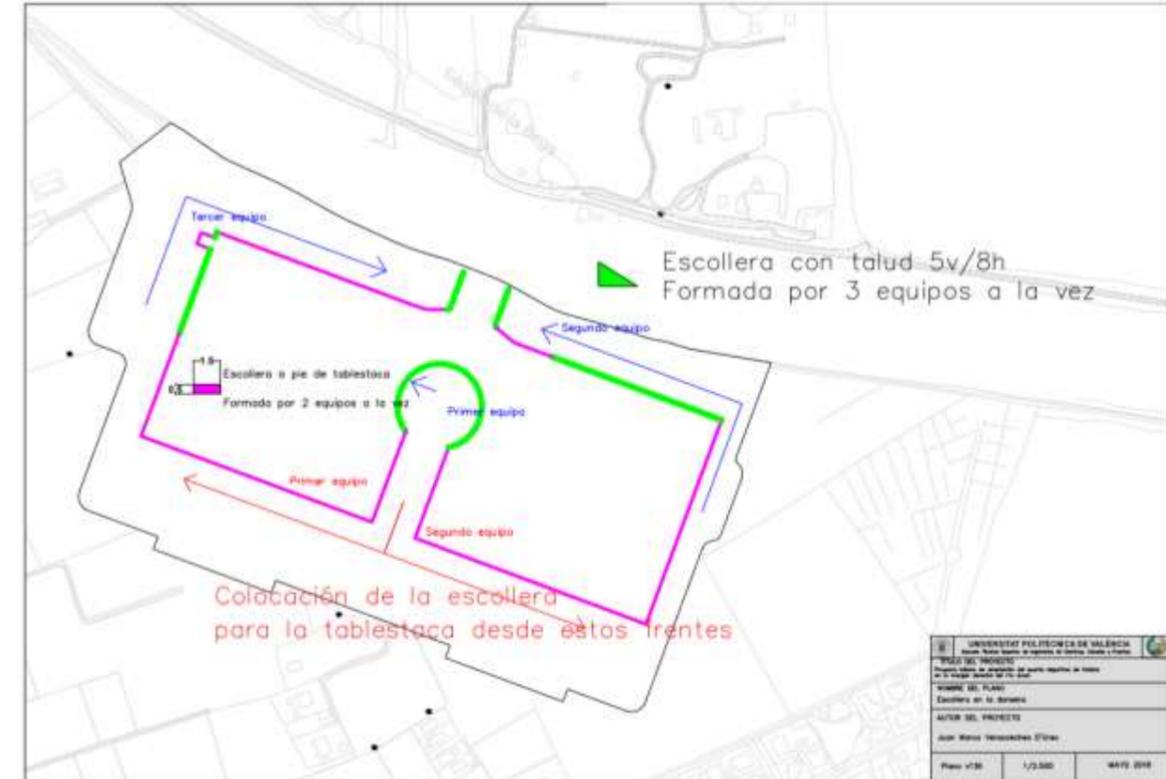


Figura 9. Frentes de actuación de los equipos de vertido para taludes y tablestacas.

- Hinca de pilotes mediante medios acuáticos y montaje de pantalanés:
Se procederá a hincar los pilotes de los 6 pantalanés flotantes que se van a disponer. La maquinaria a emplear estará compuesta de una pontona la cual integra un equipo especializado para la hinca de dichos pilotes. Cuando la pontona llegue a los puntos donde hay que hincar, se anclará al suelo de manera que se consiga una buena estabilidad y procederá posteriormente a hincar los pilotes de hormigón prefabricado a 18 metros de profundidad.

Como distribución de estos, cada pilote se hincará a 6 metros de distancia con respecto al siguiente.

Cada vez que la pontona coloque todos los pilotes de un pantalán, se procederá al montaje de los módulos, dando paso mientras tanto a la pontona a colocar el segundo pantalán y así sucesivamente con este desfase.

Se montarán de manera sucesivas desde ambos frentes del puerto Norte y Sur mediante dos equipos de hinca tal y como se muestra en la imagen siguiente:

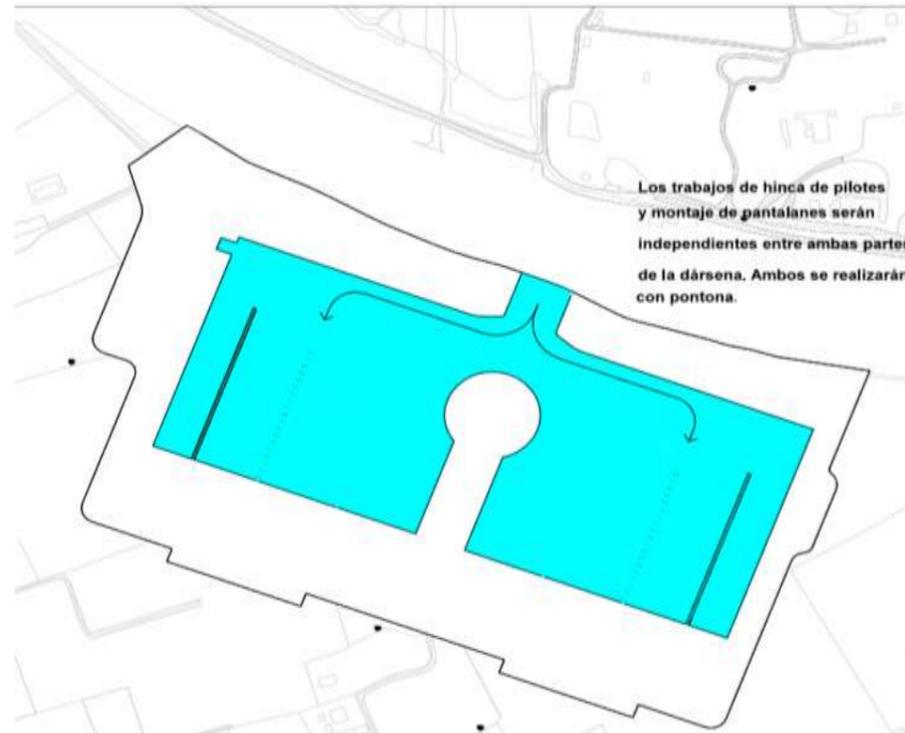


Figura 10. Fase 1 de hinca de pilotes y pantales

Los módulos son flotantes de hormigón. Estos tienen un acabado de losa de madera, la cual se coloca sobre los bloques de hormigón flotante, los cuales tienen un compuesto relleno de poliespán que alcanza unos niveles de flotación muy elevados por si mismo sin necesidad de utilizar flotadores independientes.



Figura 11. Pantalán de hormigón flotante

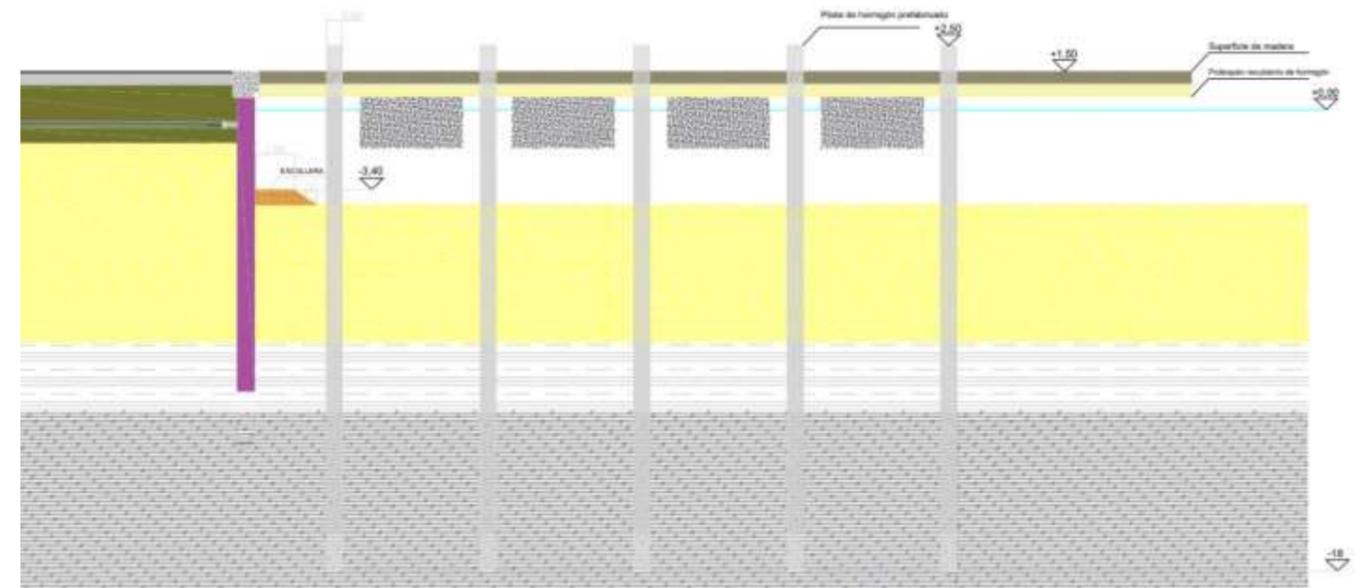


Figura 12. Sección transversal de pantalán

17.5. Fase constructiva 4:

- Redes de servicios:

Esta actividad de redes de servicios implica la ejecución de la red de saneamiento y alcantarillado. Se incluye la ejecución de las zanjas, hormigón de limpieza, puesta de la tubería y relleno, así como los pozos de registro. A su vez la ejecución de la red de abastecimiento de agua consiste en la ejecución de las zanjas, hormigón de limpieza, conjunto de tuberías, arquetas, acometidas, colectores, drenajes y sistemas de evacuación de aguas para la disposición de la red de saneamiento del puerto.

Tanto como en el primer punto como en el segundo se dispondrá de unas redes de conducciones ejecutadas con un orden lógico estudiado previamente. Tales servicios abarcarán todas las zonas del puerto que los requieran.

La ejecución de la red eléctrica y alumbrado consiste la ejecución de tomas de tierra, conductores, canalizaciones subterráneas de protección del cableado, cableado para red subterránea, cuadro de protección y control de alumbrado público, estabilizador de tensión y reductor de flujo luminoso y luminaria de alumbrado exterior y centros de transformación

Por último, la red de telecomunicaciones incluye la ejecución de zanjas y canalizaciones subterráneas incluso arquetas para líneas de teléfono, arquetas para

fibra óptica, canalizaciones subterráneas de telecomunicaciones con tubo rígido y de tritubo.

- Pavimentación y firmes.:

Esta actividad comenzará una vez se hayan terminado de ejecutar todas las redes de servicios ya que irán por encima de las zanjas. Se distinguen dos tipos de pavimentación, una flexible compuesta por mezclas bituminosas la cual es ejecutada en la zona de carretera del puerto y otra rígida la cual es está compuesta por adoquines prefabricados de 8 cm y está situada detrás de las tablestacas en los muelles y detrás del muro de separación en las zonas donde hay escollera en la dársena del puerto.

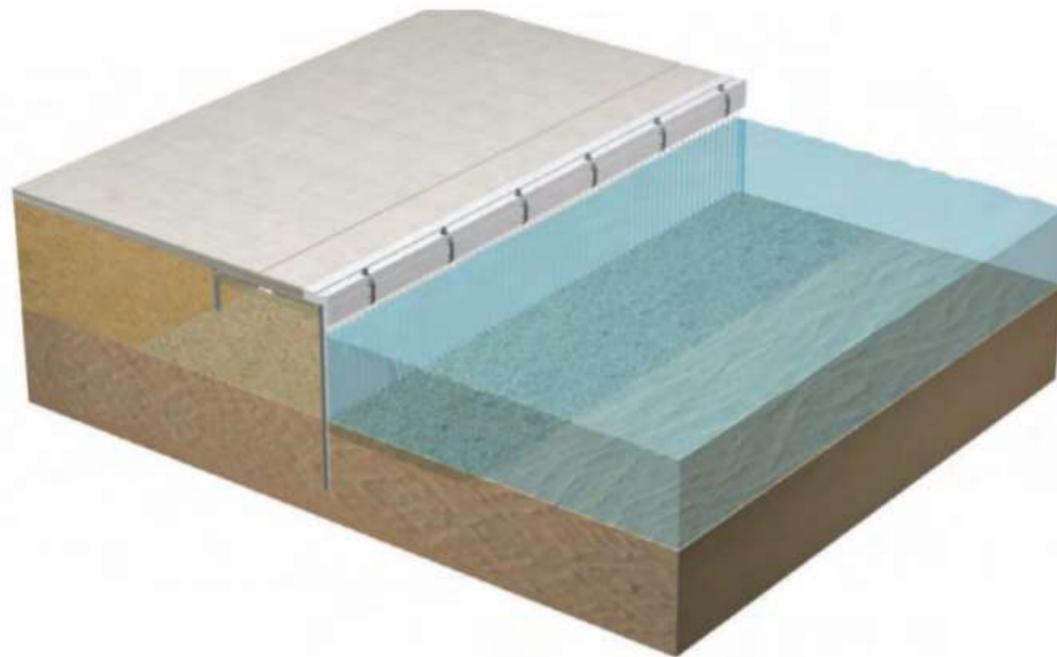


Figura 13. Pavimentación rígida del muelle

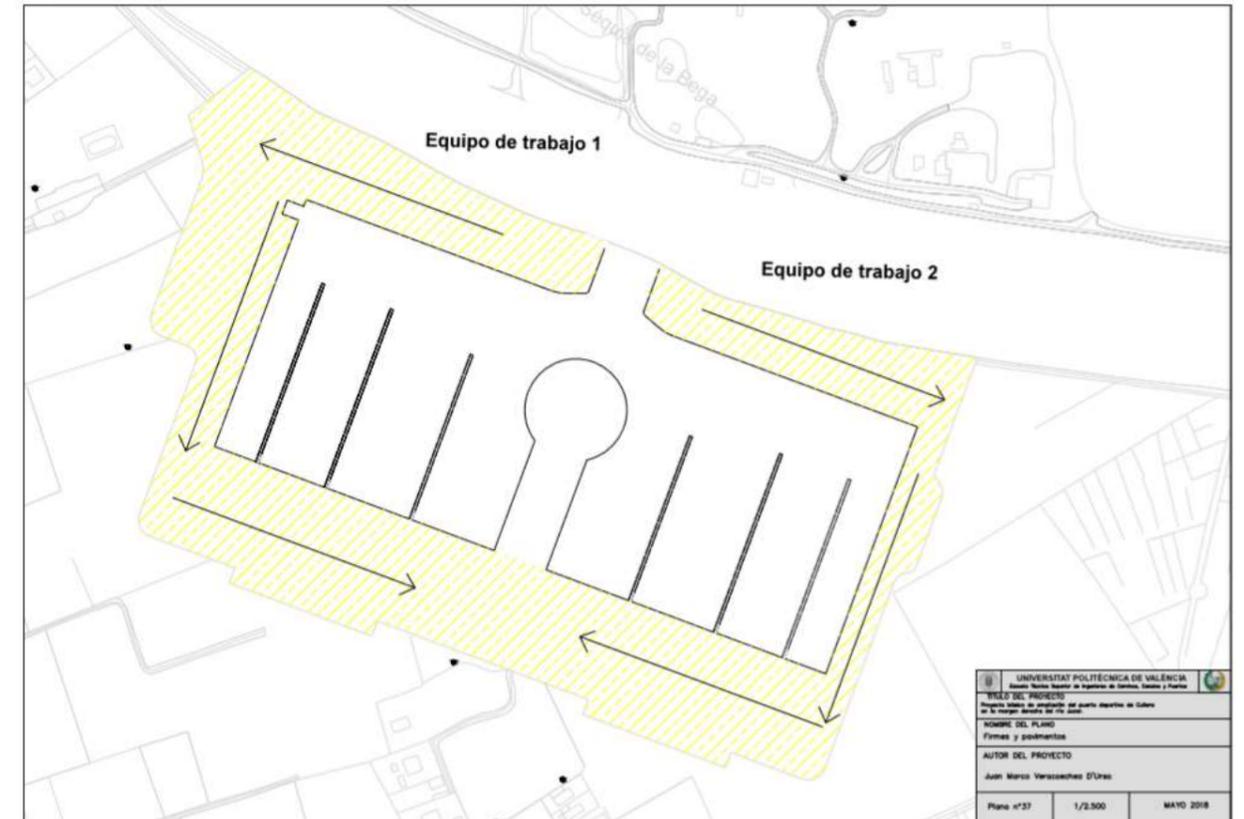


Figura 14. Frentes de trabajo de los equipos de pavimentación

- Elementos de defensa y bolardos:

Por último, se colocarán en los muelles y en los pantalanes elementos de defensa los cuales sus objetivos son:

Absorber la energía de atraque del buque, limitando la fuerza de reacción en el muelle.

Proteger el casco del buque, evitando que entre en contacto con la superestructura de los muelles y pantalanes.

Los elementos de defensa serán los siguientes:

DOC 1. MEMORIA

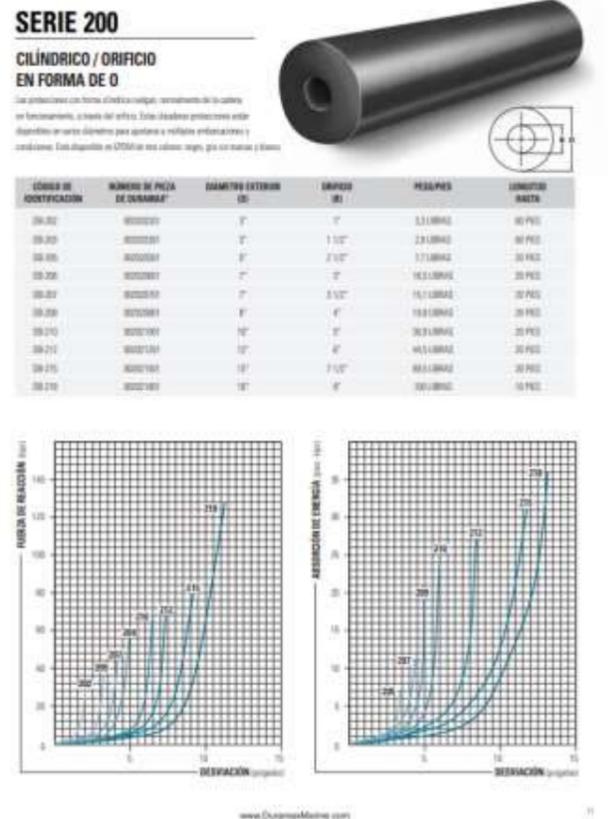


Figura 15. Defensa Serie 200 para muelles y pantalanes

Y los bolardos para el amarre de los buques:

A-700
 Noray para 6 Tn - 12 Kgrs.
 Revisión: 01 - 08/01/2018



-ES- 

Descripción: Noray de 12 Kg.

Material: Hierro, Fundición gris tipo 20.

Tiro: 6 Tn.

Acabado: Pintado poliéster al horno.

Anclaje mediante:

4 tornillos de M.16 de 300 mm de longitud con arandela y tuerca.

Figura 60. Bolardo Noray-700

- Jardinería, mobiliario urbano, limpieza y acabados

Estas actividades completan la fase final de construcción del puerto. Se realizarán una vez se haya acabado todas las partidas mencionadas anteriormente.

El puerto constará de una gran cantidad de zonas verdes en las cuales se formarán explanadas de césped sembradas sobre el terreno vegetal procedente de la dársena que se ha colocado previamente y plantaciones de diversas variedades de árboles y arbustos.

Por otro lado, se colocará en el puerto diferentes mobiliarios urbanos como pueden ser papeleras, fuentes, jardineras, bancos, parking de bicicletas, etc.

Por último, para finalizar, se realizará una limpieza general del puerto para dejar un buen acabado y proceder a la apertura del mismo.

17.6. Apéndice de planos

En el anejo se incluyen una serie de planos, mostrando los frentes de trabajo de los equipos y su disposición

18. Planificación de la obra

Se ha descrito el proceso constructivo que justifica el plazo previsto para la ejecución de las obras. Dicho proceso constructivo se ha definido a partir de los siguientes puntos:

- Se ha realizado un estudio detallado de todas las unidades de obra, determinando para cada una de ellas la duración a contemplar en el plan de obra, a partir del número de equipos a asignar para su ejecución y de los rendimientos previstos para estos equipos. Los rendimientos medios previstos para cada equipo, se han corregido mediante la aplicación de unos coeficientes para tener en cuenta las posibles paradas en la ejecución de los trabajos, tanto por causas climatológicas como por averías de la maquinaria.
- Se ha realizado una descripción global del proceso constructivo, que recoge las relaciones e interdependencias entre las distintas unidades de obra y que define el plan de obra y el plazo previsto para la ejecución de las obras.
- Se adjunta el plan de trabajo obtenido mediante un Excel de mediciones y su respectiva distribución temporal en una hoja de Microsoft Project en el anejo número 16 "Planificación de Obra"

DOC 1. MEMORIA

Primeramente, se ha estudiado el posible orden cronológico de fases constructivas en la realización del puerto tal y como se muestra en el anejo número 15.

Una vez establecido un orden lógico de ejecución se ha diseñado un plan de trabajo a partir de una serie de mediciones tomadas del diseño del puerto.

Estas mediciones recogen las cantidades necesarias para ejecutar cada partida y han sido elaboradas una serie de tablas en una hoja Excel las cuales se encuentran con detalle en el anejo 16.

Por otro lado, para estimar la duración de cada partida, se ha obtenido el rendimiento de los equipos implicados en cada una de ellas. De esta manera se obtiene la duración en horas dividiendo la cantidad de cada partida entre el rendimiento. Para obtener la duración en días luego el resultado se ha dividido por lo que se estima que durará una jornada laborable, que en este caso son de 9 horas.

Cabe resaltar que los rendimientos de la maquinaria han sido tomados de referencia de otros proyectos de construcción de obras portuarias.

Una vez obtenidas las jornadas de trabajo para cada partida, se ha decidido cuantos equipos de trabajo implicar para acortar o no la duración de cada una de ellas. Se ha tenido en cuenta en todo momento la viabilidad de implicar más o menos equipos de manera que no resulte incompatible con la disposición de la obra.

Por tanto, se ha obtenido una tabla resumen que incluye todo lo mencionado anteriormente para que posteriormente se traslade el plan de la obra a un diagrama de Gantt.

La tabla mencionada es la siguiente:

	MEDICIÓN	UD	Rendimiento (UD/h)	Horas de trabajo previstas	Jornada (h)	Tiempo estimado (días)	Equipos	Días Teórico	Día propuestos
Desbroce y despeje	85170	m²	200.00	426	9	47	4	12	15
Demolición	6500	m³	10.00	650	9	72	5	14	15
Manca de Tablestacas delanteras	1750162	kg	850.00	2059	9	229	2	114	130
Manca de Tablestacas traseras	547776	kg	850.00	644	9	72	2	36	45
Excavación entre tablestacas	13328	m³	32.36	413	9	46	2	23	30
Ancaje de tirantes	55348	kg	111.00	498	9	55	3	18	25
Relleno	14660.8	m³	45.00	326	9	36	3	12	15
Compactación	14660.8	m³	83.33	176	9	20	3	7	10
Excavación cota 1 metro	2177.6	m³	50.00	44	9	5	2	2	5
Larguero de unión tablestacas	14489.84	kg	58.80	247	9	27	4	7	10
Excavación cota 5 metros	329150	m³	50.00	6583	9	731	5	146	150
Taludes	22000	m³	40.00	550	9	61	2	31	35
VIGA CANTIL	1034	m³	0.80	1280	9	142	2	71	80
Excavación zanja bomba	1028	m³	40.00	26	9	3	1	3	5
Colección tubería bomba	257	m	2.50	103	9	11	1	11	15
Relleno zanja bomba	873.8	m³	45.00	19	9	2	1	2	5
Compactación relleno de zanja	616.8	m³	55.55	11	9	1	1	1	5
Regletas	2	UD	0.02	84	9	9	1	9	15
ESCOLLERA TABLESTACAS	2048	Tn	10.00	205	9	23	2	11	20
TODO EN UNO TALUDES	20547.2191	Tn	15.00	1370	9	152	3	51	55
ESCOLLERA TALUDES	21764	Tn	15.00	1451	9	161	3	54	60
MURO DETRÁS DE ESCOLLERA	220	m³	8.00	28	9	3	1	3	5
MUNICA DE PILOTES	124	UD	0.20	620	9	69	2	34	45
MONTAJE DE PANTALANES	74	UD	0.20	370	9	41	2	21	30
CORNAMUSAS/BOLARDO	365	UD	2.00	183	9	20	2	10	15
MUERTELOS	365	UD	2.00	182.5	9	20	2	10	15
O.C. ABASTECIMIENTO Y RIEGO	1800	ml	17.22	104.5	9	12	1	12	15
O.C. SANEAMIENTO	800	ml	5.56	144	9	16	1	16	20
O.C. ELÉCTRICA	1600	ml	8.33	192	9	21	1	21	25
O.C. TELECOMUNICACIONES	1100	ml	11.11	99	9	11	1	11	15
O.C. ALUMBRADO	1600	ml	16.67	96	9	11	1	11	15
INSTALACIONES		UD			9	0	1	20	25
ADOQUINADO DETRÁS DE TABLESTACA					9	0	1	0	0
Esplanada E2	15521	m²	55.56	279.4	9	31	2	16	25
Subbase de sujeción SC20	8888	m²	60.00	148.3	9	16	2	8	10
Adoquines prefabricados	20694	m²	50.00	413.9	9	46	2	23	25
ADOQUINADO DETRÁS DE MURO					9				
Esplanada E2	8905	m²	55.56	160.3	9	18	2	9	15
Adoquines prefabricados	6500	m²	50.00	130.0	9	14	2	7	10
FIRMES					9				
Esplanada E2	10035	m²	55.56	180.6	9	20	2	10	15
Subbase de sujeción SC20	4014	m²	60.00	66.9	9	7	2	4	8
AC32 Base G (Base)	2266.572	Tn	17.50	129.5	9	14	2	7	8
AS15 Surf D (Capa rodadura)	1572.15	Tn	17.50	89.8	9	10	2	5	8
BORDILLO	2676	m	5.00	535.2	9	59	4	15	20
ELEMENTOS DE DEFENSA	1024	m	2.00	512.0	9	57	4	14	20
BOLARDOS	45	ud	2.00	22.5	9	3	2	1	5
LIMPIEZA Y MOBILIARIO URBANO					9	0	2	8	10
JARDINERÍA	39195	m³	83.3333333	470.34	9	52	2	10	15
SEGURIDAD Y SALUD					9	0		TODA LA OBRA	TODA LA OBRA

Tabla 1. Mediciones, rendimientos, Número de equipos y tiempo de ejecución para cada partida

El diagrama de Gantt asociado a la tabla es el siguiente:

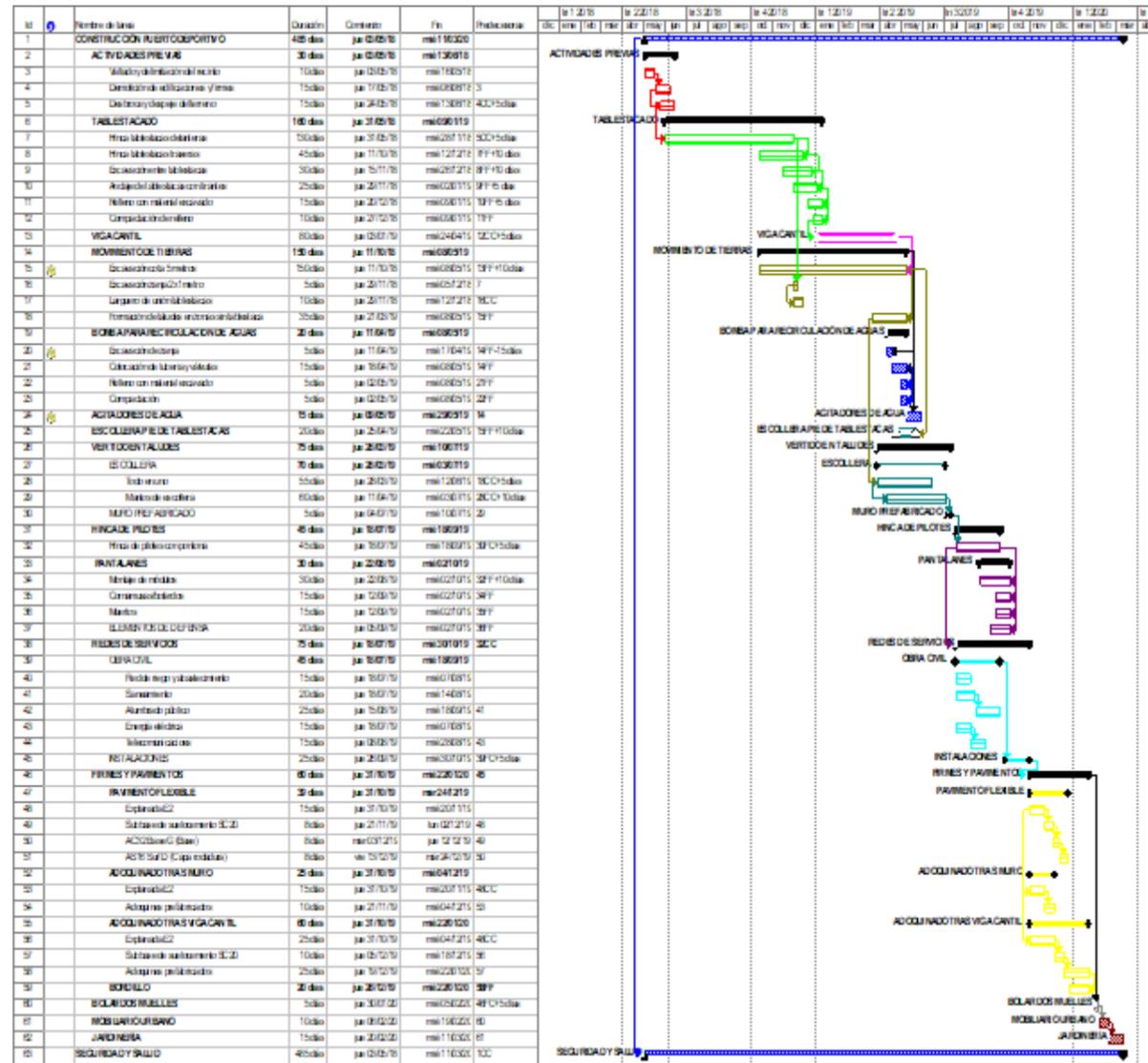


Figura 1. Diagrama de Gantt

Cabe resaltar que las mediciones obtenidas en el anejo han servido para que posteriormente se pueda realizar el presupuesto en el documento número 3 del proyecto.

Documentos de que consta el proyecto

Los documentos de que consta el proyecto básico son los siguientes:

Documento nº1: Memoria y anejos.

MEMORIA

Anejo nº1. Antecedentes

Anejo nº2. Batimetría y Topografía

Anejo nº3. Estudio climático

Anejo nº4. Estudio geológico y geotécnico

Anejo nº5. Estudio hidráulico

Anejo nº6. Descripción gráfica del estado actual

Anejo nº7. Viabilidad del nuevo puerto

Anejo nº8. Diseño de ordenación interna del puerto

Anejo nº9. Estudio de soluciones

Anejo nº10. Acciones en el puerto

Anejo nº11. Cálculos estructurales

Anejo nº12. Diseño del sistema de renovación de aguas

Anejo nº13. Firmes y pavimentos

Anejo nº14. Conservación y mantenimiento

Anejo nº15. Proceso constructivo

Anejo nº16. Planificación de obra

Documento nº2: Planos

Plano nº1. Situación

Plano nº2. Planta general

DOC 1. MEMORIA

Plano nº3. Batimetría

Plano nº4. Delimitación actual

Plano nº5. Usos globales y accesos al puerto

Plano nº6. Alternativa 1

Plano nº7. Alternativa 2

Plano nº8. Alternativa 3

Plano nº9. Alternativa 4

Plano nº10. Alternativa dársena 1

Plano nº11. Alternativa dársena 2

Plano nº12. Alternativa carretera 1

Plano nº13. Alternativa carretera 2

Plano nº14. Delimitación y superficie

Plano nº15. Delimitaciones administrativas

Plano nº16. Delimitaciones administrativas 2

Plano nº17. Usos del suelo

Plano nº18. Distribución de amarres

Plano nº19.1. Planta general

Plano nº19.2. Dimensiones generales

Plano nº19.3. Dimensiones de la dársena

Plano nº19.4. Dimensiones de los pantalanés

Plano nº19.5. Dimensiones de los edificios

Plano nº19.6. Dimensiones de las vías de navegación

Plano nº19.7. Dimensiones del pavimento

Plano nº20. Sección genérica

Plano nº21. Detalle viga cantil

Plano nº22. Sección pantalan

Plano nº23. Sección marina seca

Plano nº24. Detalle bolardo

Plano nº25. Carretera

Plano nº26. Sistema de agitadores

Plano nº27. Sección de escollera

Documento nº3: Presupuesto

19. Equipo redactor

El equipo redactor del Proyecto básico de ampliación del puerto deportivo de Cullera en la margen derecha del río Júcar (Valencia), está formado por los alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Luis Gimeno Rivera, Luis Francisco Toledano Mondéjar y Juan Marco Veracochea D'Urso.