



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



# Estudio de soluciones de las obras de abrigo y ordenación interior del Puerto Deportivo "Puerto Amor" (T.M. Alicante).

**Memoria**

**Trabajo final de grado**

*Titulación:* Grado en Ingeniería Civil

*Curso:* 2015/16

*Autor:* Carlos Martínez Martín

*Tutor:* M. Esther Gómez Martín

*Valencia, septiembre de 2016*

# ÍNDICE GENERAL

---

## DOCUMENTO Nº1 MEMORIA

ANEXO Nº1 ESTUDIO DE OFERTA Y  
DEMANDA

ANEXO Nº2 CLIMA MARÍTIMO

ANEXO Nº3 ESTUDIO DE SOLUCIONES DE  
LAS PIEZAS DEL MANTO PRINCIPAL

ANEXO Nº4 CÁLCULO DE LAS OBRAS DE  
ABRIGO

ANEXO Nº5 VALORACIÓN ECONÓMICA

## DOCUMENTO Nº2 PLANOS

# ÍNDICE DE LA MEMORIA

---

1.	Objeto del estudio y organización del TFG	1
2.	Localización	2
3.	Antecedentes y estado actual	3
4.	Estudio de oferta y demanda	7
5.	Estudio de soluciones de las obras de abrigo	9
6.	Estudio de soluciones de reordenación interior	21
7.	Definición de las obras de atraque y amarre	28
8.	Desarrollo de la solución adoptada	36
9.	Valoración económica	39
10.	Conclusiones	40

**ANEJO Nº1 ESTUDIO DE LA OFERTA Y LA DEMANDA**

**ANEJO Nº2 CLIMA MARÍTIMO**

**ANEJO Nº3 ESTUDIO DE LAS SOLUCIONES DE LAS PIEZAS DEL MANTO**

**PRINCIPAL**

**ANEJO Nº4 CÁLCULO DE LAS OBRAS DE ABRIGO**

**ANEJO Nº5 VALORACIÓN ECONÓMICA**



## 1. Objeto del estudio y organización del TFG

---

El objeto del estudio de soluciones es la optimización, definición, justificación y valoración económica de las obras de abrigo y de atraque del puerto deportivo Puerto Amor, así como la reordenación interior del mismo.

Uno de los objetivos del estudio es comparar una solución tradicional del manto principal con una solución innovadora, utilizando piezas especiales de hormigón que permite reducir el consumo de materiales y la huella energética y del carbono, aumentando la seguridad durante la vida útil.

El TFG se ha centrado en la solución de las obras de abrigo, cálculo del muelle y la organización interior intentando optimizar el espacio interior de la dársena y dar refugio a embarcaciones de gran eslora puesto que hay poca cantidad de amarres de estas características en los puertos Españoles.

Se ha organizado en una memoria con anejos para eliminar el cálculo pesado y unos planos.

## 2. Localización

Puerto Amor se encuentra en la provincia de Alicante, al noreste de la misma, entre la playa de la Almadraba y el Cabo de las Huertas. Colindante a la "Cala dels Jueus" como se puede observar en las siguientes imágenes.

Las coordenadas para localizar el puerto serían:

- Latitud: 38,357330 Norte
- Longitud: -0,433838

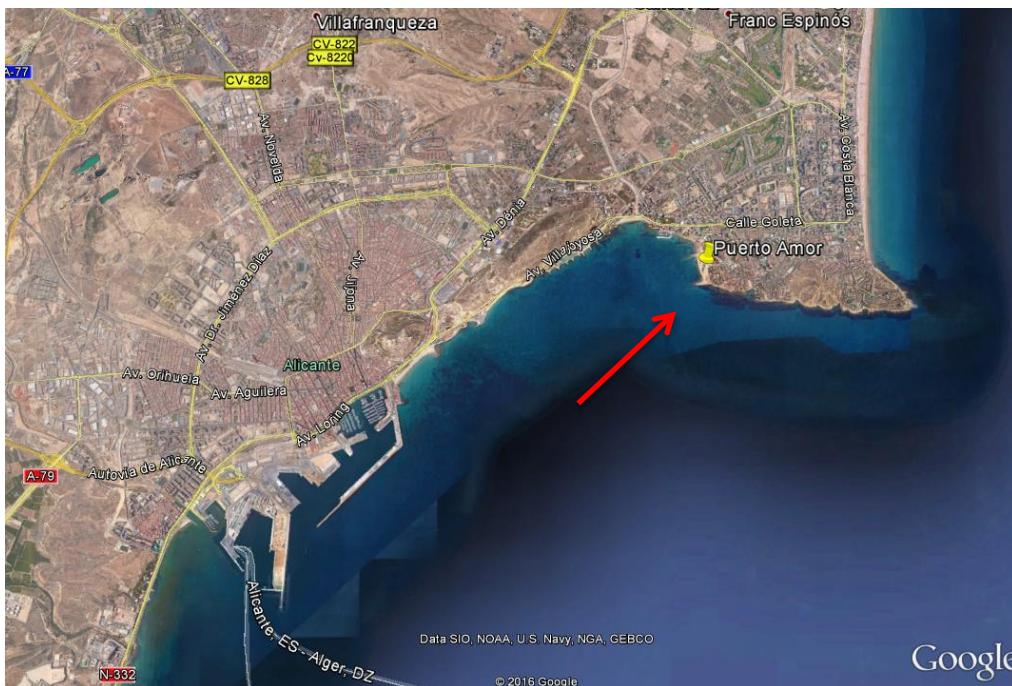


Imagen 1: Captura de satélite de la localización de Puerto Amor.

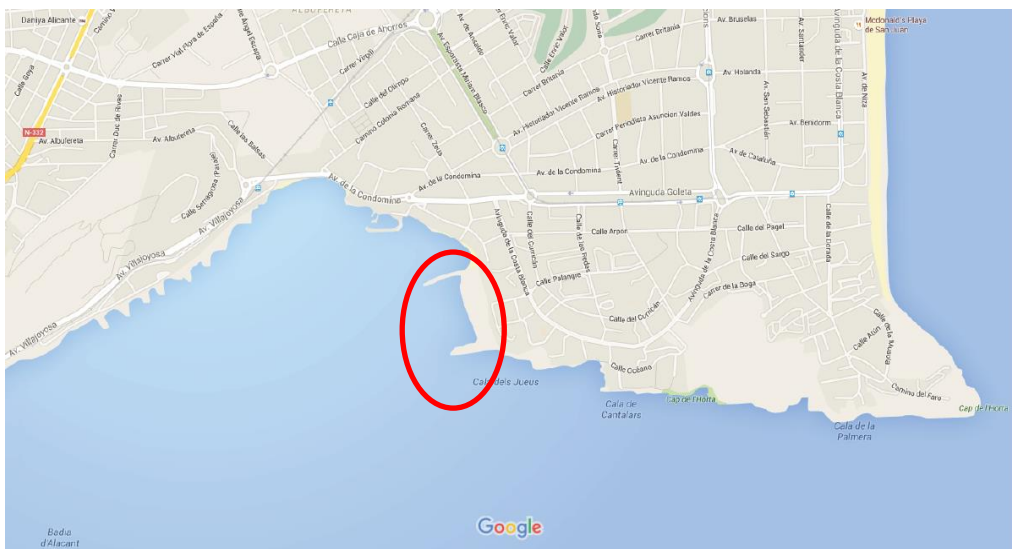


Imagen 2: Ubicación Puerto Amor en plano de Alicante.

### 3. Antecedentes y estado actual

---

#### 3.1. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS.

El 26 de octubre de 1979 se aprueba por el Consejo de Ministros la resolución que autoriza a la construcción de un puerto deportivo en un tramo de costa de La Albufereta, en el T.M. de Alicante.

Dicha resolución se aprueba en el marco de la Ley 55/1969, del 26 de abril, sobre puertos deportivos, siendo también de aplicación la 28/1969, del 26 de abril sobre Costas y la Ley de Puertos de 1928.

Junto al acta de autorización se incluyó el proyecto del puerto visado por el Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos el 30 de enero de 1973.

Además de la autorización para la construcción y explotación del puerto deportivo, se otorgaba una superficie de 24.100 m<sup>2</sup> de suelo ganado al mar que pasaría a ser propiedad privada del concesionario una vez se aprobase el acta de reconocimiento una vez finalizada la totalidad de las obras.

En estos terrenos el concesionario podía ocupar un 25% de la superficie total obtenida, con un aprovechamiento de 2,5 m<sup>2</sup> techo/m<sup>2</sup> suelo y una altura máxima de cubierta de 10,5 metros.

Se autorizaron las obras por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo en abril de 1980 y se aprobó el acta de replanteo en junio del mismo año, dado comienzo a la construcción.

Pero un año después, motivado por la oposición del Ayuntamiento de Alicante a su construcción, comienza un proceso judicial que no terminará hasta el 3 de junio de 1988, cuando la Sala de Lo Contencioso Administrativo de la Audiencia Nacional dicta un Auto que inhabilita la suspensión de las obras.

Durante este periodo de tiempo hasta la resolución del procedimiento judicial, el marco normativo se ve reformado en cuanto a materia de puertos y costas:

El 14 de febrero de 1983, el Pleno del Consell de la Comunidad Valenciana aprueba asumir las competencias sobre puertos deportivos.

El 29 de julio de 1988 entra en vigor la nueva Ley de Costas y el 1 de diciembre de 1989 el Reglamento que la desarrolla.

Por otro lado, la Comunidad Autónoma aprueba la Ley 2/1989 del 3 de marzo, de Protección del Medio Ambiente y el 30 de mayo de 1989 el Plan de Puertos e Instalaciones Náutico-Deportivas de la C. Valenciana.

En esta situación se retoma el proceso administrativo y se solicita a la Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports de la Generalitat Valenciana la reanudación de las obras.



## Estudio de soluciones de las obras de abrigo y ordenación interior del Puerto Deportivo "Puerto Amor" (T.M. Alicante).

El 20 de noviembre de 1991 se firma el acta de reanudación de las obras para la construcción del puerto deportivo, que volverán a ser paralizadas por no tener el proyecto de Estudio de Impacto Ambiental.

Por medio de la resolución del 31 de marzo de 1992 (publicada en DOGV el 7 de abril), la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana comienza los trámites para la contratación de la asistencia técnica para la redacción de un estudio de impacto ambiental (concurso público) resultando adjudicataria la empresa EPYPSA.

La Declaración de Impacto Ambiental se publica el 4 de marzo de 1993.

Mientras tanto, el concesionario decide recurrir la decisión de paralización de las obras de noviembre de 1991 y el 8 de junio de 1993. El Tribunal Superior de Justicia de Valencia dicta un auto suspendiendo la paralización de las obras y declarando nula de Declaración de Impacto Ambiental.

Un año después, el 18 de julio de 1994, el Conseller d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports de la Generalitat Valenciana firma un acuerdo con el que declara la caducidad de la concesión administrativa para la construcción y explotación del puerto deportivo, perdiendo la fianza y obligando al concesionario a levantar y retirar del dominio público las obras materiales e instalaciones que hubiera construido, restituyendo el medio natural a su estado primitivo, corriendo él con todos los gastos.

Dicho acuerdo es recurrido ante el Tribunal Superior de Justicia de Valencia, que falla a favor del concesionario.

En enero de 2003, la Sala de lo Contencioso-Administrativo del Tribunal Supremo ratifica la sentencia, reconociendo definitivamente el derecho del concesionario a la construcción del puerto según la autorización acordada en su día.

Pese a que en virtud de la Sentencia del Tribunal Supremo, se podría mantener la ejecución de las obras en las mismas condiciones en las que el proyecto fue autorizado en su día, el promotor considera adecuado aprovechar el tiempo transcurrido desde el comienzo para desarrollar una serie de alternativas que permitan una mejora técnica y una renovación de conceptos del proyecto, particularmente teniendo en cuenta la integración urbanística y el medio ambiente.

### *3.2. PROYECTOS DE 1979 Y 2006.*

En origen, el puerto tendría 689 amarres a flote con una eslora de entre 9 y 15 metros, además contaba con 306 plazas en el dique seco, con un máximo de 7 metros de eslora. En 2006 se realiza una nueva propuesta de puerto en el cual se obtendrían 584 amarres a flote con esloras que variarían entre los 6 y 60 metros, más 420 amarres en el dique seco con un máximo de 10 metros de eslora. Se puede comparar en la siguiente tabla:

	Puerto 1978	Puerto 2006
Nº amarres a flote	689 amarres 9-15m de eslora	584 amarres 6-60m de eslora
Nº amarres en dique seco	306 amarres Máx. 7 m de eslora	420 amarres Máx. 10 m de eslora
Superficie de atraque a flote	25.593 m <sup>2</sup>	51.589 m <sup>2</sup>
Superficie de atraque en tierra	4.998 m <sup>2</sup>	13.860 m <sup>2</sup>

**Tabla 1: comparativa entre los dos proyectos presentados.**

Además la promotora propone en el nuevo proyecto:

- a) Ocupar la misma superficie de terreno litoral, 207.863 m<sup>2</sup>.
- b) Regenerar 1,3 kilómetros de la playa Albufereta-Almadraba.
- c) Renunciar al derecho de construcción de 180 viviendas.
- d) Eliminar los 24.100 m<sup>2</sup> ganados al mar para incrementar la superficie de atraque, como se puede ver en la tabla anterior.

### 3.3. ESTADO ACTUAL.

Actualmente debido a todas las paralizaciones de la obra sufridas tenemos que se empezaron a ejecutar tanto el dique de abrigo como el contradique, pero ambos se quedaron en las primeras fases, entre ambos hay importante extensión de tierra que utilizan algunas personas para pescar o tomar el sol, a su vez se puede observar algunas embarcaciones de recreo que se acercan a la Playa de la Almadraba y fondean allí para pasar el día.



**Imagen 3: Dique de abrigo.**

Estudio de soluciones de las obras de abrigo y ordenación interior del Puerto Deportivo "Puerto Amor" (T.M. Alicante).



Imagen 4: Contradique.



Imagen 5: Uso actual de las instalaciones.

## 4. Estudio de oferta y demanda.

Se estudiará la oferta de servicios náutico-deportivos e instalaciones de la Comunidad Valenciana a fin de mejorar los modelos existentes de infraestructuras y dotaciones de servicio.

Además se pretende determinar la demanda futura de amarres y así estimar la flota de diseño que deberemos tener en cuenta para el diseño de nuestro puerto.

Para ver el estudio exhaustivo dirigirse al **ANEXO 1: ESTUDIO DE OFERTA Y DEMANDA**, donde se verá toda la información ampliada. De dicho anexo se extraen las siguientes conclusiones:

- Tendencia hacia mayores esloras.
- Mayor número de embarcaciones superiores a los 12 metros de eslora.
- Déficit de amarres para grandes esloras.

Por tanto, se establece una flota de diseño con las siguientes esloras:

Flota de diseño	
Eslora	Porcentaje
6	6
8	10
10	15
12	17
15	18
20	20
25	9
30	5
TOTAL	100

Tabla 2: Flota de diseño para nuestro puerto.

Flota de diseño			
Eslora	Manga	Calado	Altura de proa
30	7,2	4,0	4,83
25	6,0	3,6	4,00
20	5,5	3,4	3,17
15	4,5	3,0	2,33
12	3,8	2,5	1,83
10	3,5	2,1	1,50
8	3,0	1,8	1,17
6	2,4	1,5	0,83

Tabla 3: Características de la flota de diseño.

Estudio de soluciones de las obras de abrigo y ordenación interior del Puerto Deportivo "Puerto Amor" (T.M. Alicante).

Se debería intentar proyectar unos 700 amarres con las características expuestas anteriormente. Por último, se puede concluir que algunos usos terrestres se encuentran habitualmente confundidos (por ejemplo los usos de talleres con los de almacenamiento de embarcaciones en seco). Se debe a la inexistencia de zonas separadas que delimiten los usos.

Una recomendación que se debería seguir es crear zonas verdes y de recreo amplias y no dar la sensación de lugar inhóspito, de hormigón y pantalanés prefabricados. También generar grandes superficies terrestres para prestar los servicios a las embarcaciones.



## 5. Estudio de soluciones de las obras de abrigo.

### 5.1. DATOS DE PARTIDA.

#### 5.1.1. TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.

La batimetría se ha obtenido mediante los Estudios Ecocartográficos del Litoral facilitados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (ver Imagen 6), y se ha contrastado con el programa SAS.Planet utilizando las capas de Navionics (ver Imagen 7).

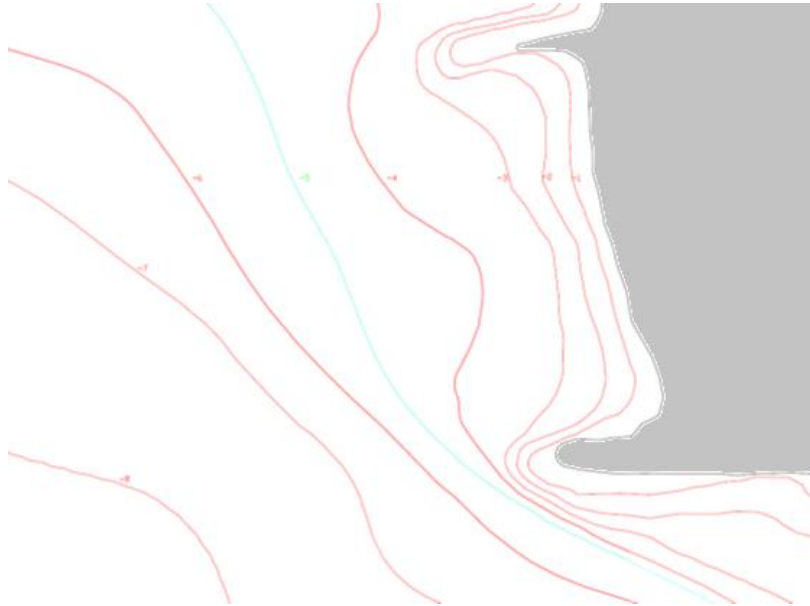


Imagen 6: Batimetría de la zona (Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).

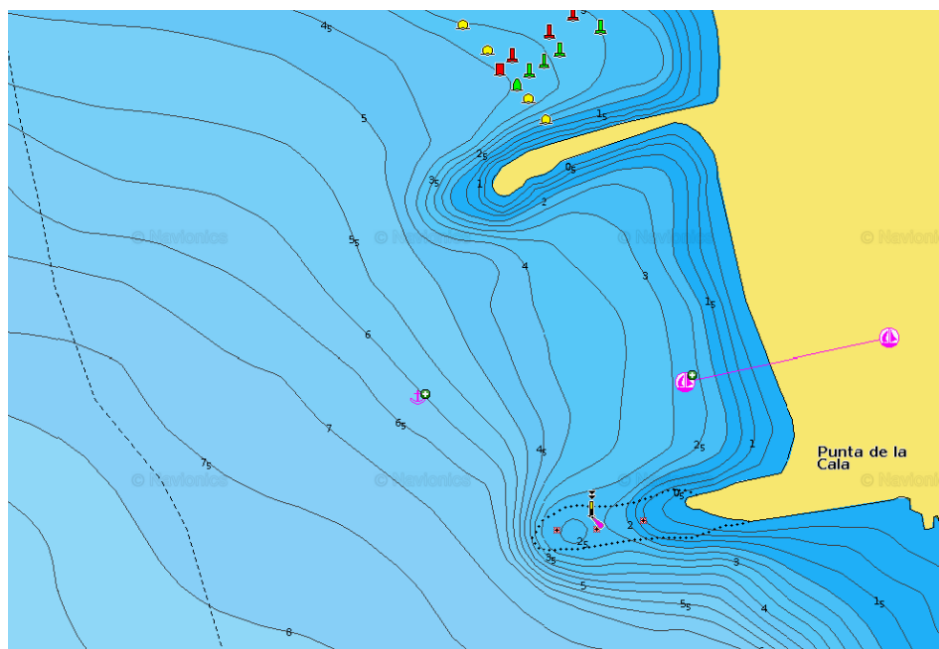


Imagen 7: Batimetría de la zona (Fuente: Navionics).

### *5.1.2. ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO.*

A continuación se describen de manera escueta las condiciones del terreno existentes en la zona de actuación de la obra. Se utilizarán los datos suministrados por la empresa PROES que realizó un estudio detallado para su solución.

El litoral alicantino debe su morfología a la era Cuaternaria. En nuestra zona encontramos dos playas en la franja costera:

- La playa de la Albufereta (con una extensión de 400 metros) corresponde a la desembocadura del canal que unía el mar con una antigua albufera. Actualmente el cauce está adecuado para recoger las aguas pluviales y evitar inundaciones.
- La playa de la Almadraba que se encuentra en proceso de regresión debido a la disminución de aportes y a las construcciones cercanas que modifican la dinámica litoral.

Se considera que el fondo marino estará compuesto por arenas finas debido a la presencia de estas dos playas.

### *5.1.3. NIVEL DEL MAR.*

Para obtener la ola de cálculo se deberá tener en cuenta la sobrelevación debido a la marea meteorológica, admitiremos un valor de 0,5 m, ya que los registros del mareógrafo de Gandía dan registros medios de 0,2m y un pico histórico de 0,49m en Octubre de 2007. También se ha tenido en cuenta la información disponible en la web de Alicante Port en la que no consideran mareas apreciables.

### *5.1.4. CLIMA MARÍTIMO.*

La caracterización del oleaje se ha realizado a partir de la información de Puertos del Estado, utilizando la boya de Alicante y el conjunto de datos SIMAR del punto 2079100, de los cuales se ha obtenido datos en régimen extremal y régimen medio.

La relación entre la altura de ola en profundidades indefinidas e intermedias se obtiene mediante el coeficiente de refracción ( $K_R$ ), sus valores se recogen en el Atlas de Clima Marítimo de la ROM 0.3-91: Área VII.

El desarrollo completo se puede consultar en el **ANEXO 2: CLIMA MARÍTIMO**.

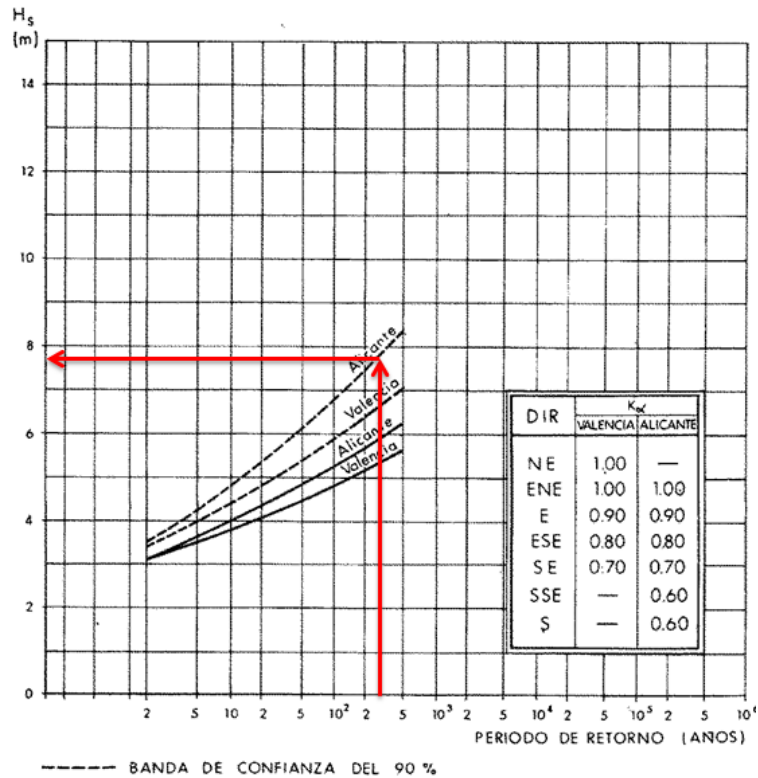


Imagen 8: Determinación de la altura de ola Hs según ROM 0.3-91.

A partir de la Imagen 11 obtenida de la ROM 0.3-91 obtenemos la altura de ola del régimen extremal en la boya de Alicante, que para un periodo de retorno de 250 años y la banda de confianza del 90%, obtenemos una altura de ola significativa de **H<sub>s</sub>=7,7 metros**.

Para esta altura de ola usando el Atlas de Clima Marítimo de Alicante obtenemos periodos pico de T<sub>p</sub>= 13.9 y T<sub>p</sub>=17.5 segundos.

A continuación obtenemos los oleajes en aguas profundas considerando la direccionalidad del oleaje de la zona establecida en el Atlas de Clima Marítimo de Alicante:

Hso con Tp=15s				
DIRECCIÓN	Hs (m)	K <sub>α</sub>	K <sub>r</sub>	H <sub>S0</sub> (m)
ENE	7,7	1	0,92	8,37
E	7,7	0,9	0,9	7,70
ESE	7,7	0,8	0,9	6,84
SE	7,7	0,7	0,79	6,82
SSE	7,7	0,6	0,81	5,70
S	7,7	0,6	0,8	5,78

Tabla 4: Altura de ola significativa en aguas profundas para el periodo pico de 15 segundos.

Se han marcado en rojo las direcciones que pueden incidir en el puerto, debido a que por la morfología del terreno se encuentra protegido de las direcciones ENE y E.

Se ha realizado la propagación de todos los oleajes mediante la teoría lineal de Airy, hasta la profundidad máxima a la que se encuentra el dique (d=7,5m) considerando la máxima carrera



Estudio de soluciones de las obras de abrigo y ordenación interior del Puerto Deportivo "Puerto Amor" (T.M. Alicante).

de marea, y se ha comprobado que el dique se encuentra sometido a rotura por fondo. Por tanto, la altura de ola máxima que atacará el dique se puede obtener mediante el criterio de rotura de McCowan (1891):

$$H_b = 0,78 d$$

Así pues, la altura de ola de cálculo máxima será la correspondiente a la profundidad  $d=7,5\text{m}$ , siendo  $H_b = 0,78 \times 7,5 = 5,85\text{m}$ .

## 5.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES DE LAS OBRAS DE ABRIGO.

En este apartado se incluye una imagen en la que aparece la geometría exterior del con las líneas batimétricas, donde se marcan con elipses los tres tipos de secciones a estudiar y que todas ellas deben definir el peso del manto principal de las distintas zonas que tiene nuestro puerto: arranque, cuerpo y morro del dique principal y el cuerpo y morro del contradique.

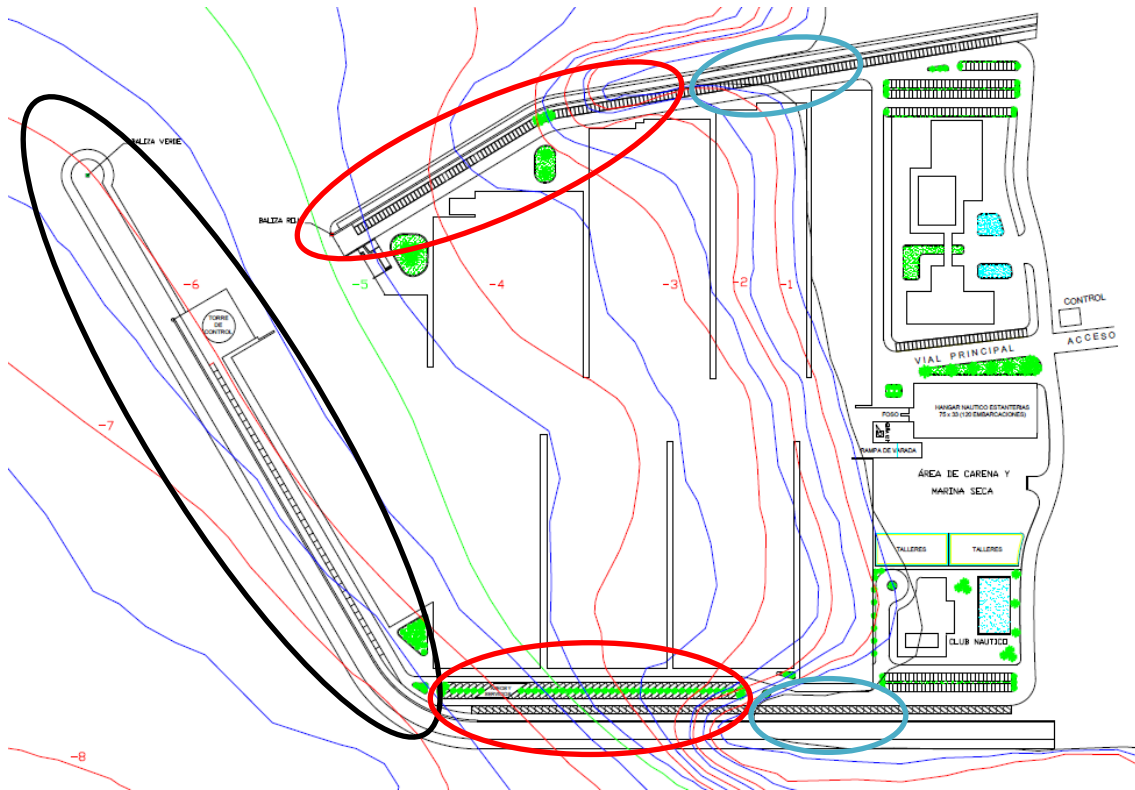


Imagen 9: Esquema de las secciones del puerto.

Podemos ver que se ha dividido en 3 secciones distintas:

- SECCIÓN TIPO 1 (elipse en negro): comienza en el codo del dique (PK 0+322) hasta el morro incluido (PK 0+731,9).
- SECCIÓN TIPO 2 (elipses en rojo): incluye el tronco del dique (PK 0+56,98) hasta el codo del mismo (PK 0+322). Además del tronco del contradique (PK 0+57,75) hasta el morro (PK 0+248).
- SECCIÓN TIPO 3 (elipses en azul): empieza en el arranque del dique (PK 0+000) hasta el encuentro con la sección 2 (PK 0+ 56,98). También desde el arranque del contradique (PK 0+000) hasta la sección 2 (PK 0+57,75).

### 5.3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE ABRIGO.

#### 5.3.1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL MANTO.

Mediante la propagación de oleaje se ha comprobado que el dique se encuentra sometido a oleaje que rompe por fondo, además se ha obtenido la profundidad a la que se produce la rotura para la máxima altura de ola significativa existente en aguas profundas:

$$d = \frac{H_{s0}}{0.78} = \frac{6,84}{0,78} = 8,77 \text{ m}$$

Siendo:

- $H_{s0}$ : Altura de ola en aguas profundas.
- d: Profundidad.

Como la máxima profundidad que tenemos en nuestro dique son 7,5 metros podemos decir que nos encontramos en rotura por fondo y por tanto nuestra ola de cálculo viene determinada por la profundidad:

	Profundidad (m)	Diferencia Cota NMMA (m)	d (m)	H (m)
BMVE	7	-0,25	6,75	5,27
NMMA	7	0	7	5,46
PMVE	7	0,50	7,5	5,85

Tabla 5: altura de ola de la sección 1.

	Profundidad (m)	Diferencia Cota NMMA (m)	d (m)	H (m)
BMVE	4	-0,25	3,75	2,94
NMMA	4	0	4	3,12
PMVE	4	0,50	4,5	3,51

Tabla 6: altura de ola de la sección 2.

	Profundidad (m)	Diferencia Cota NMMA (m)	d (m)	H (m)
BMVE	2	-0,25	1,75	1,37
NMMA	2	0	2	1,56
PMVE	2	0,50	2,5	1,95

Tabla 7: altura de ola de la sección 3.

Para obtener nuestra ola de diseño siempre usaremos PMVE, como la rotura viene determinada por fondo se calculará para cada profundidad su ola de rotura y será la que se aplique en el cálculo del peso.

Para calcular el peso de las piezas del manto principal se utilizará la fórmula de Hudson (1958):

$$W = \frac{\gamma * H^3}{K_D * \left(\frac{\gamma}{\gamma_w} - 1\right)^3 * \cot \alpha}$$

Dónde:

- W: Peso medio de las piezas del manto principal (t).
- H: Altura de ola de diseño (m).
- $\gamma$ : Peso específico de los elementos del manto (t/m<sup>3</sup>).
- $\gamma_w$ : Peso específico del agua de mar (1,025 t/m<sup>3</sup>).
- $\alpha$ : Ángulo del talud respecto a la horizontal.
- $K_D$ : Coeficiente de estabilidad de la pieza.

Se ha tenido en cuenta el impacto visual que tendría el puerto en la playa situada al norte del mismo, por ello el arranque del contradique se realizará con escollera a fin de reducir el mismo.

Por último, para la selección de materiales se ha realizado un estudio que se puede ver en el **ANEXO 3: ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LAS PIEZAS DEL MANTO PRINCIPAL** y para el cálculo estructural pormenorizado se puede consultar el **ANEXO 4: CÁLCULO DE LAS OBRAS DE ABRIGO**.

Zona	Material	H	W
Arranque dique	Escollera	1,17	0,18
Tronco 1ª alineación dique	Cubípedo	3,12	1,84
Codo	Cubípedo	5,85	12,10
Tronco 2ª alineación dique	Cubípedo	5,23	8,63
Morro dique	Cubípedo	5,07	13,50
Arranque contradique	Escollera	1,17	0,18
Tronco contradique	Cubípedo	3,12	1,84
Morro contradique	Cubípedo	4,06	4,03

Tabla 8: Cálculo de los pesos de las piezas seleccionadas.

Como se trata de una obra de pequeña envergadura lo más recomendable es no utilizar gran variedad de encofrados, ya que esto encarecerá la obra. Se optará por realizar piezas solo de dos tamaños distintos. Un encofrado para la sección 1 del puerto y otro inferior para la sección 2. La sección 3 se solventará con dos capas de escollera de 400Kg, quedando por el lado de la seguridad y permitiendo utilizar la misma escollera en la capa de filtro de otras secciones. Los pesos adoptados serán:

Zona	Material	Nº Capas	W (t)
Arranque dique	Escollera	2	0,40
Tronco 1ª alineación dique	Cubípedo	1	4,50
Codo	Cubípedo	1	13,50
Tronco 2ª alineación dique	Cubípedo	1	13,50
Morro dique	Cubípedo	2	13,50
Arranque contradique	Escollera	2	0,40
Tronco contradique	Cubípedo	1	4,50
Morro contradique	Cubípedo	1	4,50

Tabla 9: Pesos de los elementos del manto principal y número de capas.

En resumen, los pesos empleados en el manto principal serán:

- SECCIÓN TIPO 1: Cubípedos de 13,5 toneladas en manto monocapa de codo y tronco, y manto bicapa en el morro. Comenzando desde el inicio del codo del dique (PK 0+322) hasta el morro (PK 0+731,9).
- SECCIÓN TIPO 2: Monocapa de Cubípedos de 4,5 toneladas. Empezando desde el tronco del dique (PK 0+56,98) hasta el codo del mismo (PK 0+322). A su vez también se emplearan estos mismos Cubípedos desde el tronco del contradique (PK 0+57,75) hasta el morro del mismo (PK 0+248).
- SECCIÓN TIPO 3: Bicapa de escollera de 400 Kg. Comenzando desde el arranque del contradique (PK 0+000) hasta la unión con la sección 2 (PK 0+57,75), y desde el arranque del dique (PK 0+000) hasta el encuentro con la sección 2 (PK 0+ 56,98).

### 5.3.2. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL FILTRO.

Para el filtro se utilizará escollera que se colocará debajo del manto principal. Es recomendable que el peso del filtro se encuentre entre 1/10 y 1/20 del peso de las piezas del manto. Se recuerda que en la sección 3 la misma escollera que se utilizaba como manto principal podría servir de filtro, colocándose directamente sobre el núcleo que será de todo-uno de cantera.

	W manto principal (t)	W filtro (t)
SECCIÓN 1	13,50	1,3
SECCIÓN 2	4,50	0,4
SECCIÓN 3	0,40	todo-uno

Tabla 10: Pesos del manto principal y el filtro.

### 5.3.3. DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DEL MANTO PRINCIPAL Y FILTRO.

Para comprobar los cálculos de la determinación se puede recurrir al **ANEXO 4: CÁLCULO DE LAS OBRAS DE ABRIGO**.

MANTO PRINCIPAL	DIQUE				CONTRADIQUE	
	SECCIÓN 1a	SECCIÓN 1b	SECCIÓN 2	SECCIÓN 3	SECCIÓN 2	SECCIÓN 3
$\gamma$ (t/m)	2,35	2,35	2,35	2,65	2,35	2,65
W (t)	13,5	13,5	4,5	0,4	4,5	0,4
$D_{n50}$ (m)	1,79	1,79	1,24	0,53	1,24	0,53
n	2	1	1	2	1	2
e (m)	3,58	1,79	1,24	1,06	1,24	1,06

Tabla 11: Espesores del manto principal.

FILTRO	DIQUE			CONTRADIQUE	
	SECCIÓN 1	SECCIÓN 2	SECCIÓN 3	SECCIÓN 2	SECCIÓN 3
$\gamma$ (t/m)	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
W (t)	1,3	0,4	todo-uno	0,4	todo-uno
$D_{n50}$ (m)	0,79	0,53	-	0,53	-
n	2	2	-	2	-
e (m)	1,58	1,06	-	1,06	-

Tabla 12: Espesores del filtro.

#### 5.4. COTAS DE CORONACIÓN.

Considerando la ROM 1.0-09 y las recomendaciones de Grau (2008) se han obtenido los francobordos de la estructura (Fc), la cota de coronación de la berma superior del manto principal, filtro y núcleo. Véase el **ANEXO 4: CÁLCULO DE LAS OBRAS DE ABRIGO**.

Se ha tenido en cuenta la recomendación constructiva de que la cota de coronación del núcleo sea al menos 1 m sobre PMVE y que la berma superior del manto de Cubípodos tenga dos capas, independientemente de que el manto sea monocapa o bicapa. Por tanto, en coronación se debe considerar siempre un espesor del manto igual a 2Dn.

Así pues, las cotas de coronación sobre el NMMA, obtenidas teniendo en cuenta todos los condicionantes son las siguientes:

- SECCIÓN 1:
  - Cota de coronación del manto = 6,7 m.
  - Cota de coronación del espaldón = 6,7 m.
  - Cota de coronación del núcleo = 1,5 m.
  - Cota de coronación del filtro = 3,1 m.
  
- SECCIÓN 2:
  - Cota de coronación del manto = 5,0 m.
  - Cota de coronación del espaldón = 5,0 m.
  - Cota de coronación del núcleo = 1,5 m.
  - Cota de coronación del filtro = 2,6 m.

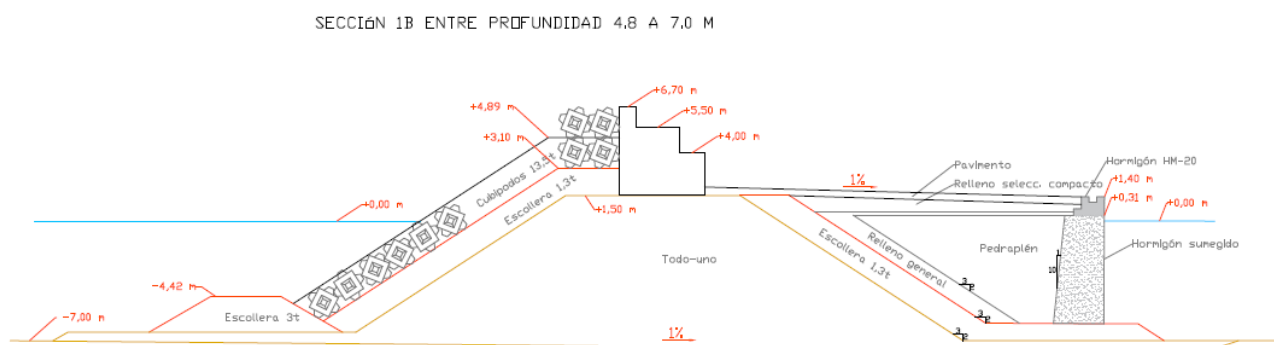


Imagen 10: Sección 1 a 7 metros de profundidad.

SECCIÓN 2 ENTRE PROFUNDIDAD 3 A 4,8 M

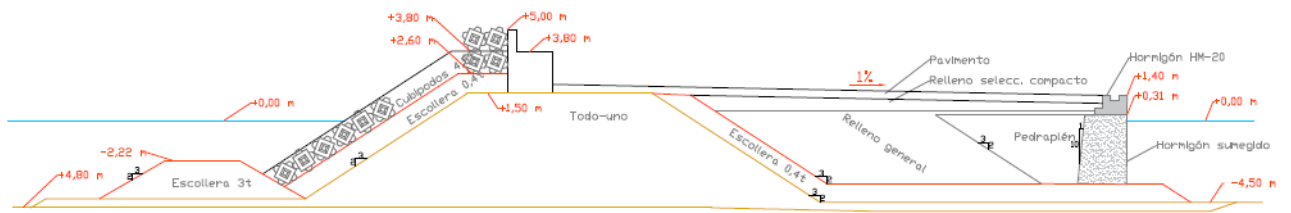


Imagen 11: Sección 2 a 4,8 metros de profundidad.

SECCIÓN 3

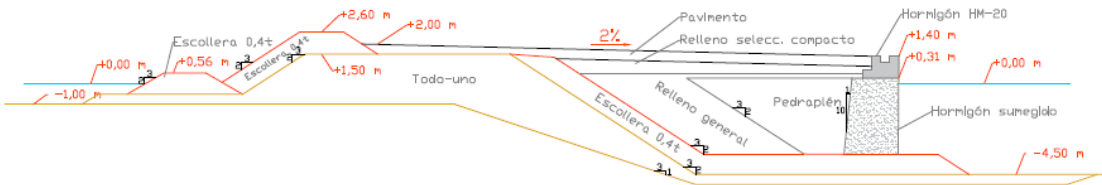


Imagen 12: Sección 3 en arranque.



### 5.5. CÁLCULO DEL ESPALDÓN.

El cálculo pormenorizado se encuentra en el **ANEXO 4: OBRAS DE ABRIGO**. Se ha considerado el método de Medina y Gómez-Martín (2016) para la determinación de las fuerzas sobre el espaldón. Este método está basado en las fórmulas de Molines (2016) para estimar la fuerza horizontal máxima y la fuerza vertical correspondiente a las subpresiones.

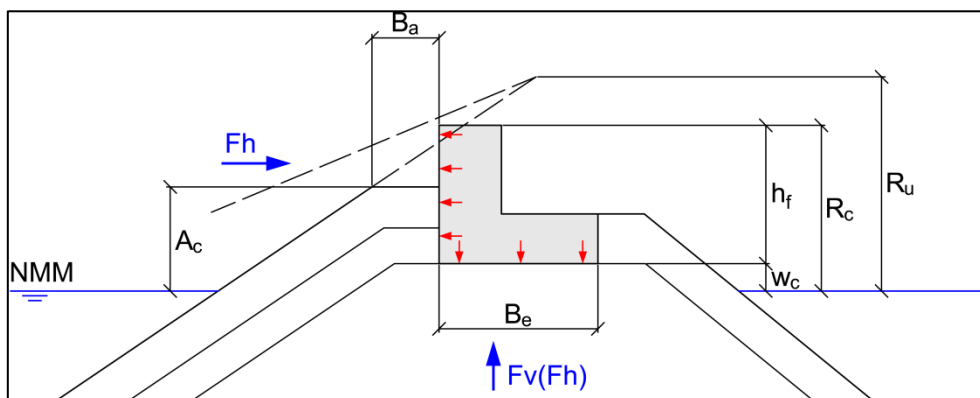


Imagen 13: Esquema de presiones y subpresiones sobre el espaldón.

Se obtiene la **altura del espaldón de 5,2 m en la sección tipo 1 y 3,5 m en la sección tipo 2**.

Se propone un espaldón de hormigón en masa con una densidad de  $2.4 \text{ t/m}^3$  y las geometrías que se muestran a continuación para cada sección:

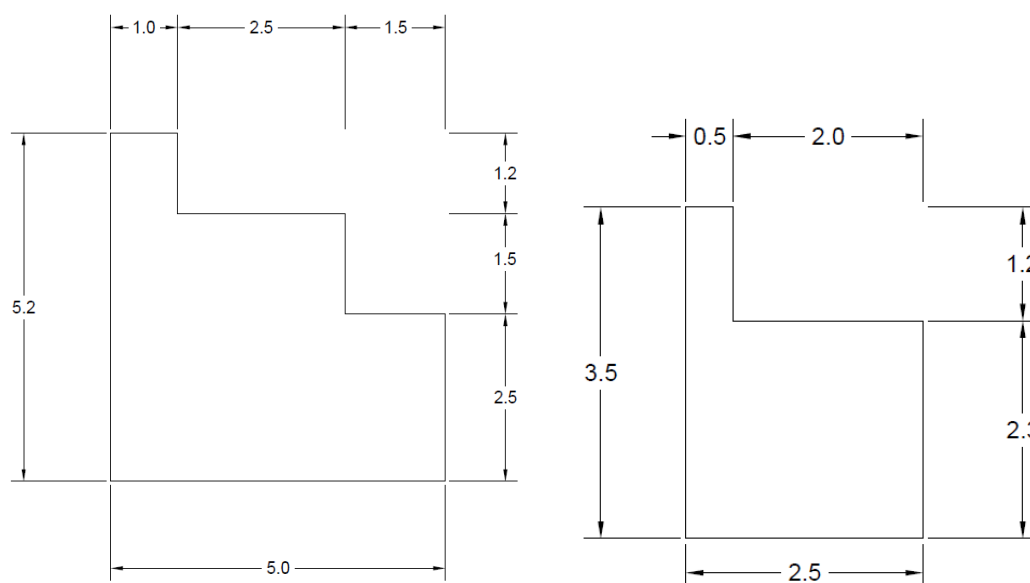


Imagen 14: Croquis de la geometría del espaldón en sección 1 a la izquierda y sección 2 a la derecha.

Cumpliendo ambas con los factores de seguridad frente al vuelco y deslizamiento.

El espaldón de la sección 2 se ha sobredimensionado para que sea transitable por los peatones y permita la visión del horizonte de las personas que lo transitan.

## 6. Estudio de soluciones de reordenación interior.

---

El diseño del puerto se orientará a la funcionalidad de la instalación, sin desestimar las variables económicas, estéticas y ambientales.

Para el dimensionamiento interno se cumplirá el RD 2/2011, del 5 de septiembre con las correcciones publicadas en el BOE núm. 73, de 26 de marzo de 2012. Además se tomarán en cuenta las recomendaciones que aparecen en:

- ROM 3.1-99.
- Publicación del PIANC nº 134-2013 “Design and operational guidelines for superyacht facilities”.
- Publicación de “Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la región de Murcia” del Instituto Portuario de Estudios y Cooperación de la Comunidad Valenciana.
- Libro “Obras Marítimas” de Rafael del Moral.
- Libro “Port Engineering” de Zhou Liu & Hans F. Burcharth.

### 6.1. BOCANA.

Según la ubicación del puerto los temporales de mayor fetch son los que proceden del ENE, E y ESE, pero debido a la orografía de la costa se encuentra protegido de manera natural de estas direcciones.

Deberá evitarse la zona de rompientes en la bocana y evitar la penetración del oleaje y sedimentos dentro de la dársena, al igual que no se deberán provocar problemas por fenómenos de agitación interior.

En cuanto al dimensionamiento:

- Anchura de bocana de 72 metros (respetando el proyecto original).
- Calado de 6 metros.

### 6.2. SUPERFICIES DE SERVICIO.

El puerto ha sido diseñado para acoger embarcaciones de hasta 30 metros, predominando en la dársena las esloras mayores o iguales a 15 metros, por lo que según la Comisión Internacional para la Navegación Deportiva y de Recreio nuestro puerto deberá tener una superficie mínima de 104.000 m<sup>2</sup> (nuestro puerto cuenta con 106.000 m<sup>2</sup>).

Además el reglamento exige superficies y dotaciones mínimas para los servicios en tierra:

- La zona de varada debe estar dotada como mínimo de:
  - Una grúa de 6 toneladas de capacidad.
  - Un travelift de 25 toneladas de capacidad por cada 300 amarres.
  - Una rampa de varada de 5 metros de anchura y un máximo de pendiente del 10%.

- La **zona de talleres y carenaje** debe estar comunicada con la zona de varada y sus medios. El reglamento especifica la necesidad de  $2 \text{ m}^2/\text{atraque}$ , por lo que se debe habilitar un mínimo de  $1056 \text{ m}^2$ . En nuestro caso tenemos  **$7.700 \text{ m}^2$** .
- **El suministro de combustible** se hará desde un atraque exclusivo para dicho fin y bien comunicado con la bocana del puerto. El **atraque** deberá tener una longitud mínima **de 30 metros** y una **superficie de  $240 \text{ m}^2$** .
- El **mínimo de plazas de aparcamiento debe ser el 50% de los amarres**, siendo recomendable en los puertos deportivos que haya una plaza por amarre. Suponiendo que cada plaza de aparcamiento ocupa una superficie de  $12,5 \text{ m}^2$  tenemos una **superficie mínima de  $3.168 \text{ m}^2$** , siendo recomendable obtener  **$6.336 \text{ m}^2$** .
- La zona de servicio no está sujeta a ningún mínimo, obtenemos una superficie de  $78.788 \text{ m}^2$ .

### 6.3. CANALES MARÍTIMOS.

Los canales se dividirán en canal principal y canales secundarios. La anchura de ellos variará según la eslora máxima del barco que circule por los mismos.

#### ➤ Canal principal:

Para el dimensionamiento utilizaremos el criterio que aparece en el libro "Obras Marítimas" de Rafael del Moral (1980) que dice que la anchura del canal ha de ser tal que permita 3 vías de navegación con un ancho de 2 mangas de la mayor embarcación, separada cada una de ellas por 2 metros, tanto entre ellas como de los márgenes:

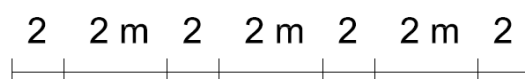


Imagen 15: Dimensiones del canal principal.

Cogiendo como modelo el barco de 30 metros de eslora y 7.2 metros de manga tenemos una **dimensión mínima de 51.2 metros**.

#### ➤ Canales secundarios:

Según el criterio de Rafael del Moral (1980) para los canales secundarios la anchura debe ser la que permita 2 vías de navegación de anchura dos esloras de la embarcación mayor con 1 metro de resguardo tanto entre ellas como a los lados:



Imagen 16: Dimensiones del canal secundario.

Usando las mismas dimensiones que en la página anterior obtenemos **una dimensión mínima de 31.8 metros**.

El diseño de los canales interiores depende del tipo de atraque que se implante. En nuestro caso se opta por el atraque con fingers ya que es el más utilizado actualmente y más recomendable en embarcaciones de recreo por su comodidad.

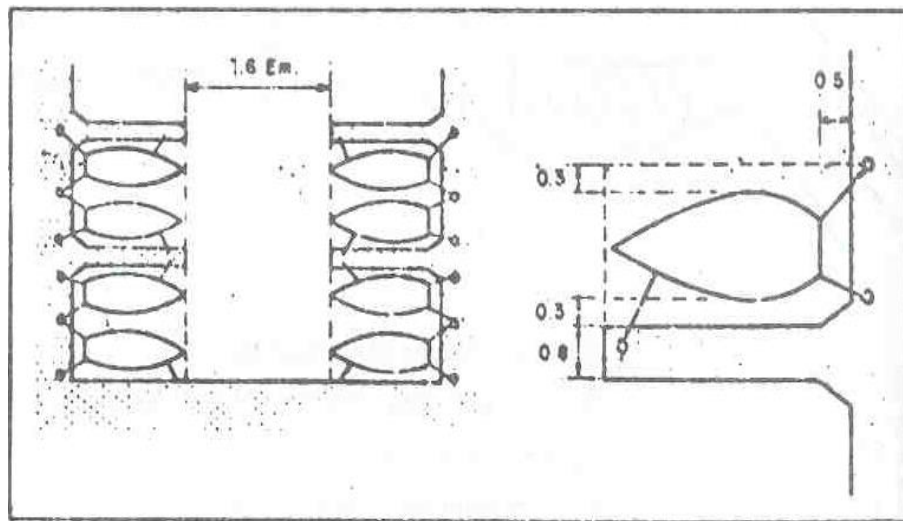


Imagen 17: Esquema de amarre y canales internos.

Con respecto a la figura 14 que corresponde con la Fig. 437 del Tomo II del libro “Obras Marítimas” de Rafael Del Moral se han tomado estas distribuciones a excepción del tamaño del finger que se ha supuesto de 1 metro de ancho.

#### 6.4. PANTALANES.

La longitud variará según la morfología de las obras de abrigo para poder aprovechar al máximo el espacio interior. La anchura mínima establecida en el artículo 4.6 del Reglamento de la Ley de Puertos Deportivos es de 2 metros y de 3 metros en caso de que el pantalán supere los 100 metros de longitud.

#### 6.5. ATRAQUES Y AMARRES.

Para todos los muelles y pantalanes se usará la solución de amarres de proa con finger lateral, ya que ofrece las ventajas de alejar la hélice del pantalán, comodidad de acceso y mayor intimidad a la tripulación. La materialización del amarre será mediante argollas con anclajes de varillas de acero.

El ancho de los atraques seguirá el expuesto en la **Imagen 14** que es el mismo que establece Rafael del Moral para el caso de atraque con finger lateral:

$$\text{Atraque} = \text{Manga} + 0.60$$

## 6.6. CALADOS.

En este caso se ha considerado que el calado de las embarcaciones se puede aproximar a la altura de proa. Esta hipótesis sería excesiva para pequeñas embarcaciones, pero como el uso de motores fueraborda está bastante extendido se ajusta bastante bien la dimensión a la realidad. El calado se ha determinado con la siguiente aproximación:

$$\text{Calado} = \frac{\text{Eslora} + 6}{8}$$

Dando unos calados de:

Eslora	30	25	20	15	12	10	8	6
Calado (m)	4,5	3,875	3,25	2,625	2,25	2	1,75	1,5

Tabla 13: Calados considerados según esloras.

Con estos datos se considera **dragar a 6.0 metros de profundidad para el dique principal y el canal de acceso de varada y a 4.5 metros el resto de la dársena.**

## 6.7. SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO.

Para la bocana se adoptará el sistema IALA/AISM, España al estar en la región A las luminarias deberán ser de color rojo a babor y verde en estribor, según el sentido natural de entrada al puerto.

El balizamiento a colocar siguiendo las normas de la Dirección General de Puertos y Señales Marítimas de Fomento es:

- Marcas laterales: guiando el sentido de la embarcación que viene de alta mar y se aproxima al puerto
  - Baliza de luz roja, con un alcance de 12 millas, colocada a babor del barco que arriba, sobre boya cilíndrica con 3 destellos cada 12 segundos.
  - Baliza de luz verde, con un alcance de 6 millas, colocada a estribor del barco que arriba, sobre boya cónica. Grupo de 2 destellos.
- Marcas de peligro aislado: es un castillete negro con franjas rojas y marcas de tope formadas por dos esferas superpuestas. La luminaria será blanca con un alcance de 2 millas.
- Boyas de señalización del extremo de los pantalanes.

## 6.8. ZONA DE VARADA.

Está comprendida por la rampa, grúas para botar la nave y la zona de aparcamiento de remolques o vehículos que transportan las naves. El Reglamento de la Ley de Puertos

Deportivos sólo especifica la anchura mínima de 5 metros para la rampa en puertos de escala. En este caso se prevé una rampa de 8.9 metros de anchura.

### 6.9. TALLER Y ÁREA DE ALMACENAMIENTO.

Se localizarán alrededor de las instalaciones de izada y varada. El Reglamento de la Ley de Puertos Deportivos establece que se deben cumplir una superficie de 2 m<sup>2</sup>/atraque, por tanto una superficie mínima de 1056 m<sup>2</sup> (suponiendo 120 amarres en marina seca + 408 dársena).

### 6.10. SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE.

La instalación para el suministro contará con su propio atraque, que será exclusivo para tal fin y deberá poder entrar la mayor nave con seguridad (30 metros de longitud mínima). Se ubica lo más cercana posible a la bocana del puerto y deberá facilitar el atraque, contar con acceso para el camión cisterna que la abastece y estar lo más alejada posible de los edificios.

### 6.11. APARCAMIENTOS Y VIALES.

Los aparcamientos deben permitir reducir los trayectos a pie y dar accesibilidad a todo el puerto. Según el Reglamento de la Ley de Puertos Deportivos, en los puertos de escala el número mínimo de plazas deberán corresponder al 50% del número total de amarres, que serían 264 plazas. Pero estudios recientes basados en la experiencia calculan que sería más acertado tener al menos 1 plaza de aparcamiento por cada amarre, suponiendo un total de **528 plazas de aparcamiento**.

Los pavimentos y firmes se realizarán según la Instrucción de Carreteras 6.1 y 6.2. y las directrices expuestas en la ROM 4.1-94.

- Zona de varada (tabla C.1 de la ROM 4.1-94):
  - Intensidad de uso: MEDIA.
  - Carga de cálculo: MEDIA.
  - Categoría de tráfico: B

De la tabla C.2 de la ROM 4.1-94 obtenemos que para una coronación de suelo seleccionado o todo-uno de cantera con relleno BNC se tiene una explanada E1.

Será necesaria la colocación de una capa de subbase de 0,25 m de zahorra natural y otra capa de base con espesor de 0,25 m de zahorra artificial.

Usando la tabla C.17 se puede adoptar la solución de colocar una losa de hormigón vibrado HP40 de 30 cm de espesor, con juntas de contracción cada 5 metros.



Imagen 18: Dimensionamiento de firme para la zona de varado y carena.

Estudio de soluciones de las obras de abrigo y ordenación interior del Puerto Deportivo "Puerto Amor" (T.M. Alicante).

- Zona de estacionamiento (tabla C.1 de la ROM 4.1-94):
  - Intensidad de uso: MEDIA.
  - Carga de cálculo: MEDIA.
  - Categoría de tráfico: B

De la tabla C.2 de la ROM 4.1-94 obtenemos que para una coronación de suelo seleccionado o todo-uno de cantera con relleno BNC se tiene una explanada E1.

Será necesaria la colocación de una capa de subbase de 0,25 m de zahorra natural y otra capa de base con espesor de 0,25 m de zahorra artificial.

Usando la tabla C.18 se puede adoptar la solución de colocar una losa de hormigón vibrado HP40 de 25 cm de espesor, con juntas de contracción cada 5 metros.

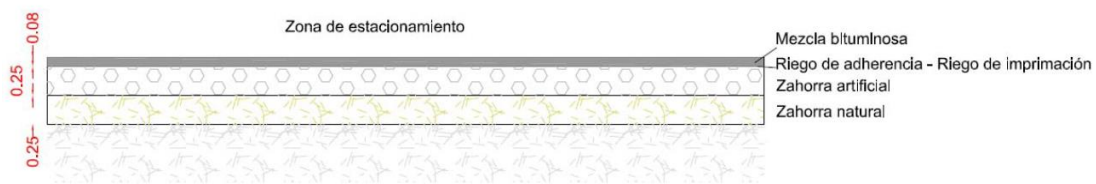


Imagen 19: Dimensionamiento de firme para la zona de estacionamiento.

- Viales de acceso y zonas complementarias de circulación (según la instrucción 6.1-IC y 6.2-IC):
  - Tráfico previsto: Pesado.
  - Periodo de proyecto: 20 años.
  - Se prevén 40 vehículos pesados diarios y no se tendrán en cuenta aumentos de tráfico pesado durante su vida útil por ser una vía de tráfico restringido.
  - Se obtiene un valor de  $IMD_p$  inferior a 50, por lo que el tráfico se califica como ligero y corresponde a la categoría T4.

La explanada resultante es tipo E1, constituida por una capa de suelo adecuado de 50 cm sobre suelo tolerable, compactado al 95% del ensayo Proctor Modificado.

Con estos datos se selecciona un firme 411, formado por:

- Subbase granular de 20 cm de zahorra natural compactada al 95% del Proctor Modificado.
- Base granular de zahorras artificiales de 30 cm de espesor compactada al 98% del Proctor Modificado.
- Capa de rodadura de 6 cm de mezcla bituminosa.

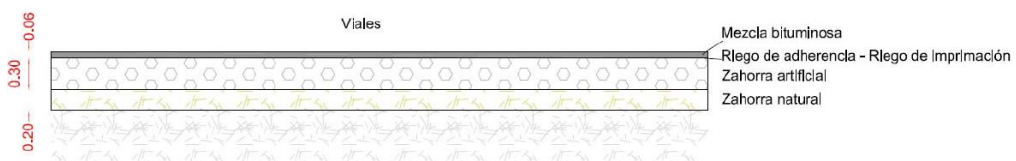


Imagen 20: Dimensionamiento de firme para los viales.

### *6.12. EDIFICACIONES.*

La Administración limita las edificaciones al 25% de la superficie de la zona de servicio (excluidas las obras de abrigo). El volumen construible será como máximo  $2.5\text{m}^3/\text{m}^2$  y como máximo de 3 alturas (incluyendo la planta baja).

Se propone realizar un hangar a modo de marina seca de tres alturas y planta 75 metros por 33 metros con capacidad de 120 embarcaciones de entre 6 y 8 metros de eslora. Además de un club náutico y una zona comercial.



## 7. Definición de las obras de atraque y amarre

### 7.1. INTRODUCCIÓN.

El objetivo del siguiente apartado es definir los muelles verticales y pantalanés que se van a utilizar.

Para el cálculo de las fuerzas actuantes y las comprobaciones de resistencia se utilizarán los métodos y procedimientos referentes a las ROM 0.5-05 y ROM 2.0-11.

### 7.2. MUELLES.

#### 7.2.1. MODELIZACIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

En lo referente a la sección transversal del muelle, la estructura se puede dividir en la superestructura y el muro de gravedad, realizando las comprobaciones por separado y considerando el fallo por deslizamiento de la superestructura.

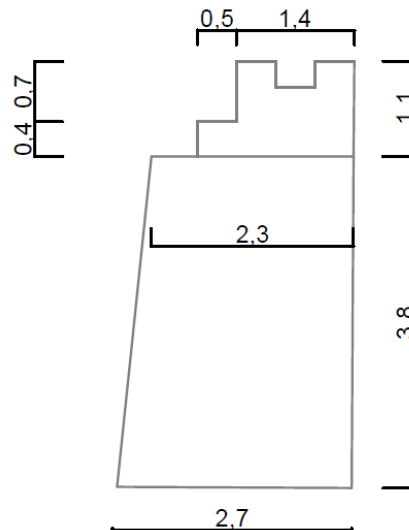


Imagen 21: dimensiones de la superestructura del muro.

El peso del firme se considerará sobrecarga sobre el terreno en el trasdós del muro, para simplificar los cálculos esta será la sección.

### 7.2.2. FUERZAS ACTUANTES SOBRE EL MUELLE.

#### - Peso propio del muro y la superestructura.

CÁLCULO DE LOS PESOS DEL MURO Y SUPERESTRUCTURAS			
$\gamma_h$	Densidad del hormigón	t/m <sup>3</sup>	2,4
$S_{muro}$	Superficie del muro	m <sup>2</sup> /m	9,50
$S_{estruc}$	Superficie de la superestructura	m <sup>2</sup> /m	1,50
$W_{muro}$	Peso del muro por metro lineal	KN/m	<b>228</b>
$W_{estruc}$	Peso de la superestructura por metro lineal	KN/m	<b>36</b>

Tabla 14: Cálculo de los pesos propios.

#### - Fuerza horizontal por tiro de bolardo.

Consideraremos que nuestro puerto tiene la mayoría de embarcaciones de gran eslora y por tanto podemos aproximar el **valor del tiro de bolardo a  $T= 11.2 \text{ KN/m}$**  con los criterios de Vasco Costa (1964).

#### - Empuje activo en el trasdós del muro por el peso efectivo del terreno.

El cálculo se hará como indica la ROM 0.5-05 en el apartado 3.7.5.3. por el método de Rankine con los siguientes parámetros:

- $\gamma$ : 19 KN/m<sup>3</sup>
- $\gamma_{sat}$ : 22 KN/m<sup>3</sup>
- N: 30%
- $\Phi$ : 40°

Con lo que obtenemos  $\gamma_s= 26,6 \text{ KN/m}^3$ ,  $\gamma_{ap}= 20,1 \text{ KN/m}^3$  y  $\gamma'= 10,75 \text{ KN/m}^3$ .

Obtenemos el coeficiente horizontal de empuje  $K_{ah}$  según Blum (1931)

Con  $\alpha= 5,71$ ,  $\beta= 0^\circ$  y  $\delta=26,7^\circ$  podemos obtener el valor  $K_{ah}$  interpolando como se muestra en la tabla a continuación:

$$K_{ah}= 0,212$$

Estudio de soluciones de las obras de abrigo y ordenación interior del Puerto Deportivo "Puerto Amor" (T.M. Alicante).

$\alpha \setminus \phi$	$\delta$	20°					30°					40°				
		-20°	-10°	0°	+10°	+20°	-20°	-10°	0°	+10°	+20°	-20°	-10°	0°	+10°	+20°
+20°	+20°	1,132	1,132	1,132	1,132	1,132	0,798	0,708	0,646	0,595	0,547	0,555	0,488	0,454	0,416	0,380
	+10°	1,132	0,818	0,721	0,651	0,590	0,708	0,605	0,537	0,483	0,435	0,498	0,440	0,396	0,359	0,324
	0°	1,132	0,721	0,609	0,532	0,470	0,646	0,537	0,468	0,414	0,367	0,454	0,396	0,353	0,316	0,283
	-10°	1,132	0,651	0,532	0,455	0,394	0,595	0,483	0,414	0,362	0,317	0,416	0,359	0,316	0,281	0,250
	-20°	1,132	0,590	0,470	0,394	0,335	0,547	0,435	0,367	0,317	0,275	0,380	0,324	0,283	0,250	0,220
+10°	+20°	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,661	0,558	0,539	0,502	0,468	0,426	0,385	0,355	0,329	0,306
	+10°	1,000	0,726	0,644	0,588	0,541	0,588	0,505	0,454	0,413	0,378	0,385	0,344	0,313	0,288	0,265
	0°	1,000	0,644	0,551	0,489	0,440	0,539	0,454	0,402	0,361	0,326	0,355	0,313	0,283	0,259	0,237
	-10°	1,000	0,588	0,489	0,426	0,377	0,502	0,413	0,361	0,321	0,288	0,329	0,288	0,259	0,235	0,213
	-20°	1,000	0,541	0,440	0,377	0,300	0,468	0,378	0,326	0,288	0,256	0,306	0,265	0,237	0,213	0,193
0°	+20°	0,883	0,883	0,883	0,883	0,883	0,532	0,477	0,441	0,413	0,389	0,315	0,287	0,267	0,251	0,235
	+10°	0,883	0,638	0,569	0,523	0,486	0,477	0,413	0,374	0,344	0,321	0,287	0,258	0,238	0,221	0,207
	0°	0,883	0,569	0,490	0,440	0,401	0,441	0,374	0,333	0,304	0,279	0,267	0,238	0,217	0,201	0,187
	-10°	0,883	0,523	0,440	0,388	0,350	0,413	0,344	0,304	0,275	0,251	0,250	0,221	0,201	0,186	0,172
	-20°	0,883	0,486	0,401	0,350	0,311	0,389	0,321	0,279	0,251	0,227	0,235	0,207	0,187	0,172	0,159
-10°	+20°	0,773	0,773	0,773	0,773	0,773	0,421	0,375	0,348	0,327	0,311	0,219	0,200	0,187	0,177	0,169
	+10°	0,773	0,551	0,492	0,455	0,426	0,375	0,325	0,296	0,275	0,258	0,200	0,181	0,169	0,159	0,150
	0°	0,773	0,492	0,426	0,385	0,355	0,348	0,296	0,266	0,245	0,228	0,187	0,169	0,156	0,146	0,138
	-10°	0,773	0,455	0,385	0,344	0,313	0,327	0,275	0,245	0,224	0,208	0,177	0,159	0,146	0,137	0,128
	-20°	0,773	0,426	0,355	0,313	0,283	0,311	0,258	0,228	0,208	0,191	0,169	0,150	0,138	0,128	0,121
-20°	+20°	0,665	0,665	0,665	0,665	0,665	0,312	0,277	0,258	0,244	0,233	0,135	0,124	0,117	0,112	0,108
	+10°	0,665	0,456	0,412	0,382	0,360	0,277	0,240	0,220	0,206	0,195	0,124	0,114	0,107	0,101	0,097
	0°	0,665	0,412	0,357	0,325	0,302	0,258	0,220	0,199	0,185	0,174	0,117	0,107	0,100	0,095	0,090
	-10°	0,665	0,382	0,325	0,292	0,269	0,244	0,206	0,185	0,171	0,160	0,112	0,101	0,096	0,090	0,085
	-20°	0,665	0,360	0,302	0,269	0,246	0,233	0,195	0,174	0,160	0,150	0,108	0,097	0,090	0,085	0,081

Tabla 15: Valores  $K_{ah}$  según Blum.

- Los empujes horizontales se obtendrán:

$$e_1 = K_{ah} \times \sigma_B' \times \cos \alpha$$

$$e_2 = K_{ah} \times \sigma_c' \times \cos \alpha$$

$$E_{h1} = 0.5 \times e_1 \times h_b / \cos \alpha$$

$$E_{h2} = 0.5 \times (e_1 + e_2) \times (h_c - h_b) / \cos \alpha$$

- Los empujes verticales se obtendrán:

$$E_{v1} = E_{h1} \times \tan(\alpha + \beta)$$

$$E_{v2} = E_{h2} \times \tan(\alpha + \beta)$$

De donde obtenemos:

DATOS DE PARTIDA							
$\gamma_{ap}$	$\gamma'$	$\gamma_w$	$h_b$	$h_c$	$K_{ah}$	$\alpha$	$\delta$
20,1	10,75	10,25	0,31	3,8	0,212	5,78	26,7

RESULTADOS							
$\sigma_b'$	$\sigma_c'$	$e_1$	$e_2$	$E_{h1}$	$E_{h2}$	$E_{v1}$	$E_{v2}$
6,23	43,75	1,16	8,13	0,20	18,49	0,13	11,77

Tabla 16: Tabla de resultados de empujes.

- **Empuje hidrostático.**

Como el nivel de agua en las dos partes es igual la presión que tenemos es la hidrostática deberemos considerar solo las subpresiones que se generan en la base del muro:

$$u = \gamma_w \times (h_c - h_b) = 35,77 \text{ KN/m}^3$$

Resultante de las subpresiones:

$$U = u \times B = 35,77 \times 2,7 = 96,59 \text{ KN/m}$$

- **Sobrecargas.**

Las sobrecargas consideradas son el peso del firme y la sobrecarga de uso, se puede adoptar un valor de  $2 \text{ t/m}^2$  según la ROM 2.0-11.

$$e = K_{ah} * q * \frac{\cos^2 \alpha * \cos \beta}{\cos(\beta - \alpha)}$$

Y la fuerza horizontal resultante:

$$E_h = e \times h / \cos \alpha$$

➤ Obtenemos el efecto de la sobrecarga de uso ( $q = 2 \text{ t/m}^2$ ):

- $e_{sc} = 0,41 \text{ t/m}^2$
- $E_{sc} = 15,47 \text{ KN/m}$

➤ Obtenemos el efecto del peso del firme ( $q = 2,06 \text{ t/m}^2$ ):

- $e_{sf} = 0,42 \text{ t/m}^2$
- $E_{sf} = 15,93 \text{ KN/m}$

### 7.2.2. VERIFICACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE.

#### ➤ DESLIZAMIENTO:

La fuerza horizontal que puede generar el deslizamiento se puede estimar como:

$$H_{rotura} = V \times \tan(\phi_c) + a \times S + (E_p - E_a) \times R_c$$

Donde:

- V: carga vertical efectiva
- $\phi_c$ : ángulo de rozamiento
- a: adhesión del cemento y el terreno
- S: superficie de apoyo
- $E_p$ : empuje pasivo
- $E_a$ : empuje activo
- $R_c$ : resistencias del contorno

Según la ROM 0.5-05 el ángulo de rozamiento recomendado es de  $\phi_c = \phi = 40^\circ$ .

En la siguiente tabla se resumen los valores obtenidos para H en las 3 combinaciones según especifica la ROM 0.5-05 artículo 3.3.5.4. y se compara con  $H_{rotura}$  para ver si cumple o no:

$$F \leq \frac{H_{rotura}}{H}$$

combinación	H	V	Hrotura	Hrotura/H	Coef. Seg
QP	49,68	179,31	168,73	3,03	1,5
Fundamental	66,89	179,31	168,73	2,25	1,3
Accidental	66,48	185,86	184,30	2,35	1,1

Tabla 17: tabla resumen frente al deslizamiento.

#### ➤ HUNDIMIENTO:

Se utilizará la fórmula de Brinch-Hansen (1970) para obtener la carga de hundimiento de la cimentación:

$$P_{vh} = q * N_q * f_q + c * N_c * f_c + \frac{1}{2} * \gamma * B * N_\gamma * f_\gamma$$

Donde:

- q= sobrecarga del peso de las tierras en el entorno
- c= cohesión
- $\gamma$ = peso específico del suelo
- $N_q, N_c, N_\gamma$ = coeficientes de capacidad de carga
- $f_q, f_c, f_\gamma$ = factores correctores

Se resumen en la siguiente tabla las fuerzas verticales y los brazos respecto al extremo inferior derecho de la sección:

FUERZAS VERTICALES		BRAZO
$W_{est}$	36	0,7
$W_{mur}$	228	1,25
$E_{v1}$	0,13	2,5
$E_{v2}$	11,77	2,5
U	-96,59	1,4

Tabla 18: Fuerzas verticales y su brazo.

Punto de paso de la vertical:

$$X_R = 1,05 \text{ m}$$

$$e_B = 0,14 \text{ m}$$

$$B' = B - 2 \times e_B = 2,42 \text{ m}$$

Datos que tenemos de la fórmula:

- $q = 0 \text{ KN/m}^2$
- $c = 0$
- $\gamma_{calculo} = \gamma' + \frac{\gamma_{ap} - \gamma'}{1,5B'} * h_B = 11,55 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$

Además de la tabla 3.5.5. de la ROM 0.5-05 se puede obtener para un ángulo  $\phi = 40^\circ$  los coeficientes de carga:

- $N_q = 64,2$
- $N_c = 75,3$
- $N_\gamma = 106,1$

Podemos obtener el ángulo de desviación de la carga respecto de la vertical  $\delta$  como:

$$\delta = \arctan(H/V) = \arctan(0.278) = 15,55^\circ$$

$$D = 0 \text{ m}$$

$$\eta = 0^\circ$$

$$\psi = 22,35^\circ$$

Con el apartado 3.5.4.8.2. de la ROM 0.5-05 obtenemos los valores de corrección:

Estudio de soluciones de las obras de abrigo y ordenación interior del Puerto Deportivo "Puerto Amor" (T.M. Alicante).

	$f_g$	$f_c$	$f_y$
s	3,03	3,03	0,9
i	0,48	0,47	0,33
d	1	1	1
r	1	1	1
t	0,32	0,84	0,32
<b>f</b>	<b>0,47</b>	<b>1,19</b>	<b>0,1</b>

Tabla 19: Valores de los factores de corrección.

Con todos estos factores ya podemos calcular la carga de hundimiento según Brinch Hansen (1970)  $P_{vh} = 148,28 \text{ KN/m}^2$

combinación	V	Pv	Pvh	Pvh/Pv	Coef. Seg
QP	179,31	66,41	148,28	2,23	2,5
Fundamental	179,31	66,41	148,28	2,23	2
Accidental	185,86	68,84	148,28	2,15	1,8

Tabla 20: Seguridad frente a hundimiento.

Vemos que la combinación cuasi-permanente no cumple, debería hacerse un cálculo considerando la capa de escollera que hay en lugar de considerar la banquetta de todo-uno y ver si sería válida.

➤ VUELCO:

Para el vuelco rígido se calcula los momentos resultantes respecto al extremo inferior derecho:

VALOR DE COMBINACIÓN			MOMENTO		
ACCIONES	FUNDAMENTAL	ACCIDENTAL	BRAZO	FUNDAMENTAL	ACCIDENTAL
HORIZONTALES					
Eh1	0,20	0,33	-3,13	-0,64	-1,03
Eh2	18,49	29,58	-1,15	-21,26	-34,02
Ew	0,00	4,70	-1,4	0,00	-6,58
Esc	15,47	18,87	-1,7	-26,30	-32,08
Esf	15,93	25,49	-1,7	-27,08	-43,33
T	10,50	11,20	-3,4	-35,70	-38,08
VERTICALES					
U	-96,59	-96,59	1,4	-135,23	-135,23
Ev1	0,13	0,20	2,5	0,33	0,51
Ev2	11,77	18,83	2,5	29,43	47,08
Wmur	228,00	228,00	1,25	285,00	285,00
West	36,00	36,00	0,7	25,20	25,20

Tabla 21: Cálculo de los momentos producidos por las fuerzas actuantes.

COMBINACIÓN	Mest	Mv	Mest/Mv	coef. Seg
FUNDAMENTAL	339,95	246,21	1,38	1,3
ACCIDENTAL	357,79	290,35	1,23	1,1

**Tabla 22: Comprobación a vuelco rígido.**

Vemos que cumple las condiciones así que si sospechamos que no hay problemas de hundimiento (bastante probable por el uso de banquetas de escollera) no necesitamos modificar la sección.



## 8. Desarrollo de la solución adoptada

Los buques de proyecto son de 30 metros de eslora, las características de las embarcaciones serán:

Flota de diseño			
Eslora	Manga	Calado	Altura de proa
30	7,2	4,0	4,83
25	6,0	3,6	4,00
20	5,5	3,4	3,17
15	4,5	3,0	2,33
12	3,8	2,5	1,83
10	3,5	2,1	1,50
8	3,0	1,8	1,17
6	2,4	1,5	0,83

Tabla 23: Flota de diseño.

Para la colocación geométrica de los pantalanes se ha tenido en cuenta las recomendaciones del Reglamento de Puertos Deportivos en la medida de lo posible.

- La longitud de los pantalanes variará según los casos pero se recomienda que no se superen los 150 metros de longitud.
- La anchura mínima de los pantalanes es de 3 metros y en caso de amarrar barcos de más de 15 metros de eslora se recomiendan pantalanes de 4 metros de anchura. En nuestro caso a excepción del pantalán que se encuentra más al Noreste todos los pantalanes serán de 4 metros.
- La altura de muelles como pantalanes debe estar entre 0,8 y 1,5 metros sobre el NMM, en nuestro caso se han colocado a 1,4 metros.

El ancho del atraque será 0,6 metros superior a la manga que tenemos de la tabla para cumplir con las recomendaciones de Rafael Del Moral (1980), en cuanto a la longitud siguiendo sus mismos criterios se le añade una distancia de 0,5 metros a la eslora para que haya una distancia de seguridad con el muelle o pantalán.

Con estas condiciones se desarrollaron dos soluciones, la opción A que contaba con un canal central y la opción B en la que se desarrollan dos canales los cuales sirven para dividir el tráfico por dos vías, pero a costa de perder espacio para amarres:



Imagen 22: Propuesta A, con canal central para dar acceso al foso y rampa de varada.



Imagen 23: Propuesta B, con dos canales y pantalán central.

Puesto que a priori no se calculan problemas de tráfico se optó por la propuesta A, ya que permitía un mayor número de amarres como podemos ver a continuación:

Estudio de soluciones de las obras de abrigo y ordenación interior del Puerto Deportivo "Puerto Amor" (T.M. Alicante).

Eslora	NÚMERO DE AMARRES	
	A	B
10	81	50
12	58	75
15	60	39
20	132	112
25	54	35
30	23	23
<b>TOTAL</b>	<b>408</b>	<b>334</b>

Tabla 24: Comparativa de amarres entre las dos propuestas.

En cuanto a la marina seca se ha previsto una superficie de 75x33 metros con 3 alturas, con una capacidad prevista de 120 embarcaciones de entre 6 y 8 metros de eslora ya que no se han previsto en la dársena amarres específicamente para estas esloras. El varado y botadura se hará en la rampa de varado que cuenta con una grúa de 12 toneladas de capacidad y un travelift.

## 9. Valoración económica

A continuación se expone el extracto del **ANEXO 5: VALORACIÓN ECONÓMICA** donde se muestra la ejecución material de cada capítulo:

Capítulo		IMPORTE
Capítulo 1	REPLANTEO Y PREPARACIÓN	3.640,78
Capítulo 2	DEMOLICIONES	73.382,74
Capítulo 3	MOVIMIENTOS DE TIERRA	1.544.253,66
Capítulo 4	OBRAS DE ABRIGO	13.325.324,73
Capítulo 5	MUELLES	1.647.372,18
Capítulo 6	VIALES	1.138.042,70
Capítulo 7	SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENO	56.721,38
Capítulo 8	JARDINERÍA Y MOBILIARIO	84.851,18
<b>El presupuesto de ejecución material será</b>		<b>17.873.589,35</b>

Tabla 25: Presupuesto general de las obras estudiadas.

## 10. Conclusiones

---

De acuerdo con lo expuesto en la presente memoria, sus anejos y los planos que componen el "Estudio de soluciones de las obras de abrigo y ordenación interior del Puerto Deportivo "Puerto Amor" (T.M. Alicante)" se ve que la solución planteada puede satisfacer las necesidades actuales, si bien sería cuestionable económicamente al ser una concesión privada y perder los derechos de la misma en caso de no ejecutarse habría que hacer un estudio de amortización para ver si sería factible económicamente.



Carlos Martínez Martín

Valencia, a 2 de septiembre de 2016

## 11. Bibliografía

---

- ACNCV (2010) El impacto económico de los clubes náuticos de la Comunidad Valenciana. Universidad de Alicante
- Airy, G.B. (1845) Tides and Waves, Encycloped. Metropolitana, 5, Art. 525-528, London.
- Brinch Hansen, J. (1970): "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity". Danish Geotechnical Institute, Bulletin No 28.
- CIRIA, CUR, CETMEF (2007). The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition). C683, CIRIA, London.
- FEAPDT (2014) Informe annual de puertos deportivos en España 2013.
- Grau, J.I. (2008). "Avances en la construcción de Diques de Abrigo en España", in Libro del III Congreso Nacional de la Asociación Técnica de Puertos y Costas, Organismo Público Puertos del Estado, Madrid, 13-60 (in Spanish).
- Hudson, R.Y. (1958) Design of quarry stone cover layers for rubble-mound breakwaters. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Research report. 2-2.
- Puerto de Alicante: <http://www.puertoalicante.com/el-puerto/caracteristicas-tecnicas/condiciones-generales/>
- McCowan, J. (1891) On the solitary wave. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, Vol. 32, No. 5, pp. 45-48.
- Medina, J.R. y Gómez-Martín, M.E. (2015). Manual del Cubípodo® 2015. Editorial Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/53871>.
- Medina, J.R. y Gómez-Martín, M.E. (2016). Cubipod® Manual 2016. Editorial Universitat Politècnica de València. (En prensa).
- MINISTERIO DE FOMENTO. (2003). Instrucción de Carreteras Norma 6.1, Secciones de firme IC. BOE, 12 de diciembre de 2003.
- MINISTERIO DE FOMENTO. (2003). Instrucción de Carreteras Norma 6.2, Secciones de firme IC. BOE, 12 de diciembre de 2003.
- MINISTERIO DE FOMENTO. (2008) Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas. Organismo Público Puertos del Estado. Madrid: Puertos del Estado
- Molines, J. (2016). Wave overtopping and crown wall stability of cube and Cubipod-armored mound breakwaters. PhD Thesis. Universitat Politècnica de València. doi:10.4995/Thesis/10251/62178.
- PROGRAMA DE LAS RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS (ROM) 0.0-0.1 Procedimiento General y Bases de Cálculo.
- PROGRAMA DE LAS RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS (ROM) 0.2 Acciones para Proyecto. Puertos del Estado
- PROGRAMA DE LAS RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS (ROM) 0.3 Acción Climática I. Puertos del Estado
- PROGRAMA DE LAS RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS (ROM) 0.3 Acción Climática II. Puertos del Estado
- PROGRAMA DE LAS RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS (ROM) 0.4-95 Recomendación de Obras Marítimas con Acciones climáticas II: Viento. Puertos del Estado
- PROGRAMA DE LAS RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS (ROM) 0.5-05 Recomendaciones Geotécnicas I. Puertos del Estado

Estudio de soluciones de las obras de abrigo y ordenación interior del Puerto Deportivo "Puerto Amor" (T.M. Alicante).

- PROGRAMA DE LAS RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS (ROM) 0.5-94 Recomendaciones Geotécnicas II. Puertos del Estado
- PROGRAMA DE LAS RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS (ROM) 1.0 Diseño y Ejecución de Obras de Abrigo. Puertos del Estado
- PROGRAMA DE LAS RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS (ROM) 2.0 TOMO I Obras de Atraque y Amarre. Puertos del Estado
- PROGRAMA DE LAS RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS (ROM) 2.0 TOMO II Obras de Atraque y Amarre. Puertos del Estado
- PROGRAMA DE LAS RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS (ROM) 3.1-99 Proyecto de la configuración marítima de los puertos. Puertos del Estado
- PROGRAMA DE LAS RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS (ROM) 4.1-94 Recomendaciones para el proyecto y construcción de pavimentos portuarios. Puertos del Estado
- Rafael Del Moral Carro. José María Berenguer Pérez Obras marítimas. Tomo II. M.O.P.U. & C.E.E.O.P. Madrid, 1980. Resumen de la ponencia de Iribarren para la determinación de la nueva fórmula del peso para escolleras.
- Van deer Meer y Pilarzyk. "Offshore breakwaters and shore evolution control" Coastal Engineering 1984
- Zhou Liu and F. Burcharth (1999). Port engineering. Aalborg Universitet