

ANEJO 4

DISEÑO DE LA MARINA SECA

Estudio de soluciones de las obras de atraque y reordenación interior del puerto de Jávea
(Alicante).

ÍNDICE

1. Introducción	5
2. Estudio de alternativas.....	6
2.1. Alternativa 1.....	6
2.2. Alternativa 2.....	7
2.3. Alternativa 3.....	8
2.4. Justificación de la elección	9
2.5. Consideraciones generales	10
3. Diseño y dimensionamiento	12
3.1. Dimensionamiento de la nueva superficie'	12
3.1.1. ACCIONES.....	13
3.1.2. Cálculos.....	16
3.2. Diseño de las plataformas	19
4. Conclusiones	21

Índice de Tablas e Imágenes

Imagen 1. Detalle de la Alternativa 1 para la Marina Seca. Fuente: Elaboración propia.	7
Imagen 2. Detalle de la Alternativa 2 para la Marina Seca. Fuente: Elaboración propia.	8
Imagen 3. Detalle de la Alternativa 3 para la Marina Seca. Fuente: Elaboración propia.	9
Tabla 1. Requerimientos de área para marinas secas. Fuente: “Dry Stack Storage” (PIANC).	10
Imagen 4. Perfil del muelle para la marina seca. Fuente: Elaboración propia.	12
Imagen 5. Sobrecarga en el muelle para la marina seca. Fuente: Elaboración propia.	15
Imagen 6. Tabla de las características del model 3000. Fuente: www.equiport.es	19
Imagen 7. Ejemplo de marina seca. Fuente: www.equiport.es	19

1. Introducción

La misión principal del presente anejo es el dimensionamiento una marina seca que albergue embarcaciones de esloras reducidas, aprovechando la nueva superficie que se va a construir con la solución adoptada para este estudio. La justificación de la marina reside en la redistribución de amarres que se va a realizar en el Puerto de Jávea, permitiendo ésta albergar más embarcaciones que en su antigua distribución.

Además, esta marina seca traer  consigo un gran número de ventajas, como la de albergar embarcaciones (de esloras hasta 8 m) de un modo más económico. Por otra parte, la marina seca liberará espacios en el espacio marítimo para albergar barcos de mayor eslora o barcos de vela, aunque la presente marina tendrá algún amarre para veleros.

Se optimizar  la relación amarres por m², puesto que cada estantería tendrá varios niveles en los que se albergarán embarcaciones una encima de la otra.

A parte de todas estas ventajas, conviene citar todas las que conseguiremos con la nueva marina seca. Dichas ventajas son:

- Reducción de los costes de mantenimiento de la embarcación
- Mayor seguridad para la embarcación, por estar en un recinto cerrado y vigilado
- Amarres más económicos
- Eliminación de la necesidad de pinturas *anti-fouling*
- Reducción de los vertidos de las embarcaciones al mar, aumentando el respeto por el medio ambiente

En conclusión, en el siguiente anejo se pretender  buscar la mejor disposición de la planta, para optimizar así la superficie existente y conseguir una distribución que se adapte a las necesidades del nuevo estudio, pretendiendo siempre buscar la solución más económica y que aproveche mejor el espacio disponible. Por lo tanto, se presentarán varias alternativas y de desarrollará el diseño de la que mejor cumpla estos requisitos.

2. Estudio de alternativas

Antes de definir las posibles alternativas, se deben definir las características mínimas que cada una de ellas ha de cumplir. Estos requisitos son:

- Distancia de seguridad al fondeadero 9,00 metros
- Altura máxima de la estructura 7,5 metros (2,5 metros por nivel)
- Eslora máxima de 8,00 metros
- Margen de seguridad de almacenamiento de 0,30 metros a cada lado
- Margen de seguridad con pasillos y paredes de 1,50 metros
- Anchura mínima del pasillo de operación de 10,00 metros
- Dimensiones de cada superficie o cajón de almacenamiento:
 - Anchura = 3,30 metros
 - Longitud = 8,00 metros
 - Altura = 2,5 metros

2.1. Alternativa 1

La primera opción consiste en dos filas centrales de estanterías, y pasillos a los laterales de gran dimensión. La distribución de las plataformas sigue el esquema de la Imagen 1. Cada hilera central tiene una longitud de 55 metros, teniendo así una capacidad de 51 embarcaciones cada una (3 niveles). Además, se tienen 8 plazas en el exterior que podrían ser utilizadas para barcos con mástiles como veleros. En total, la marina seca tendría una capacidad de 110 embarcaciones. Como se puede observar en la imagen, se respetan todos los márgenes definidos. El fondeadero sería realizado en la esquina inferior, y con las mismas dimensiones que el anterior de 10 x 20 metros.

El  rea total ocupada por las estanterías y los pasillos de operación sería de 2397 m² del total de 4998 m² que mide el total de la superficie existente.

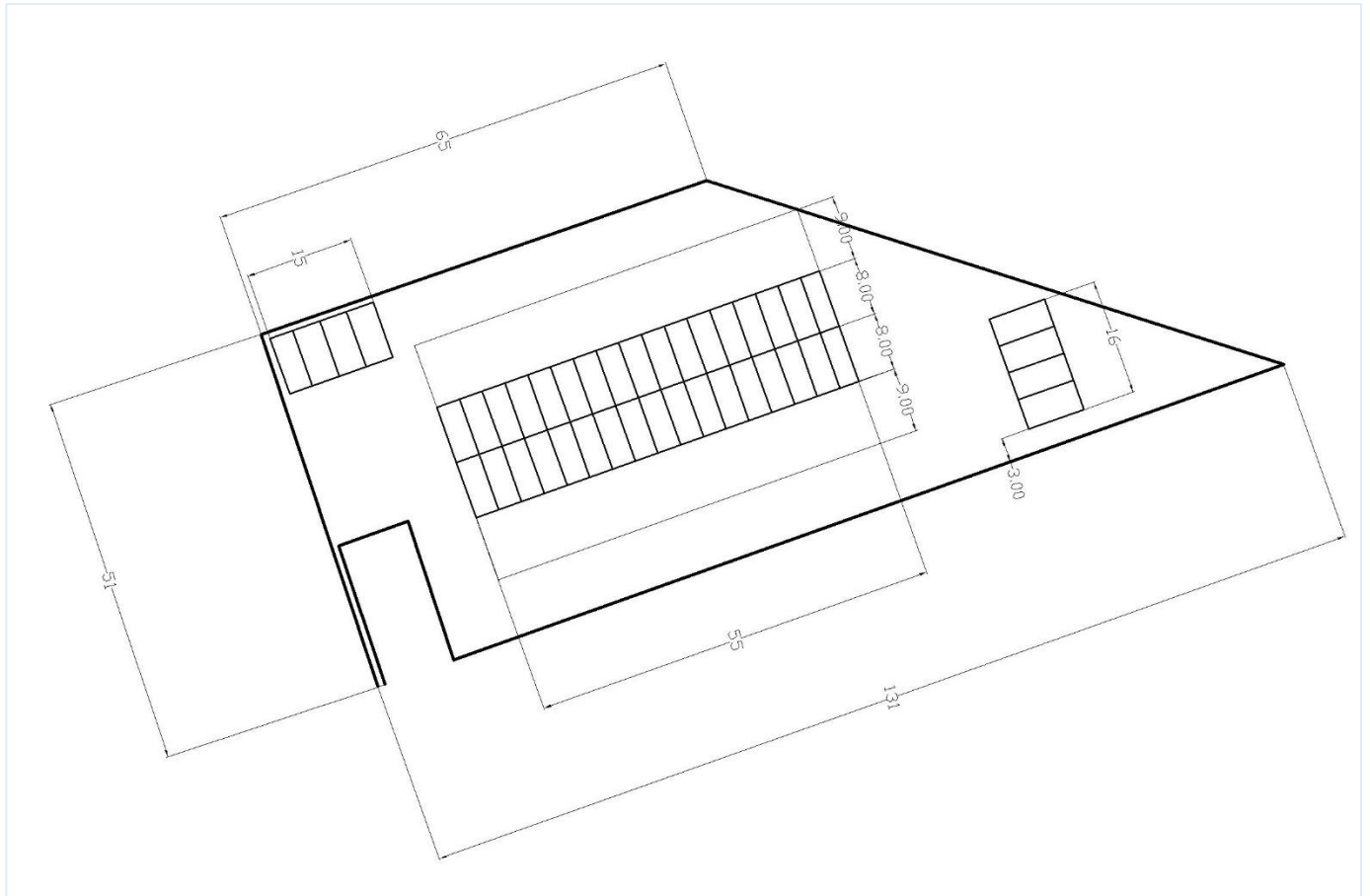


Imagen 1. Detalle de la Alternativa 1 para la Marina Seca. Fuente: Elaboración propia.

2.2. Alternativa 2

La segunda opción consiste en un total de tres filas de estanterías y pasillos centrales para las operaciones de movimiento de barcos. La distribución de las plataformas sigue el esquema de la Imagen 2. La primera hilera tiene un total de 43 metros, albergando 39 embarcaciones, la segunda un total de 70 metros, albergando 63 embarcaciones y la última hilera tiene 80 metros de longitud y una capacidad de 72 embarcaciones. También hay una zona exterior para barcos con mástil, en la que caben hasta 4 veleros. En total, la marina seca tendrá una capacidad de 179 embarcaciones. Como se puede observar en la imagen, se respetan todos los márgenes definidos. El fondeadero será realizado en la esquina inferior, y con las mismas dimensiones que el anterior de 10 x 20 metros.

El área total ocupada por las estanterías y los pasillos de operación sería de 3114 m² del total de 4998 m² que mide el total de la superficie existente.

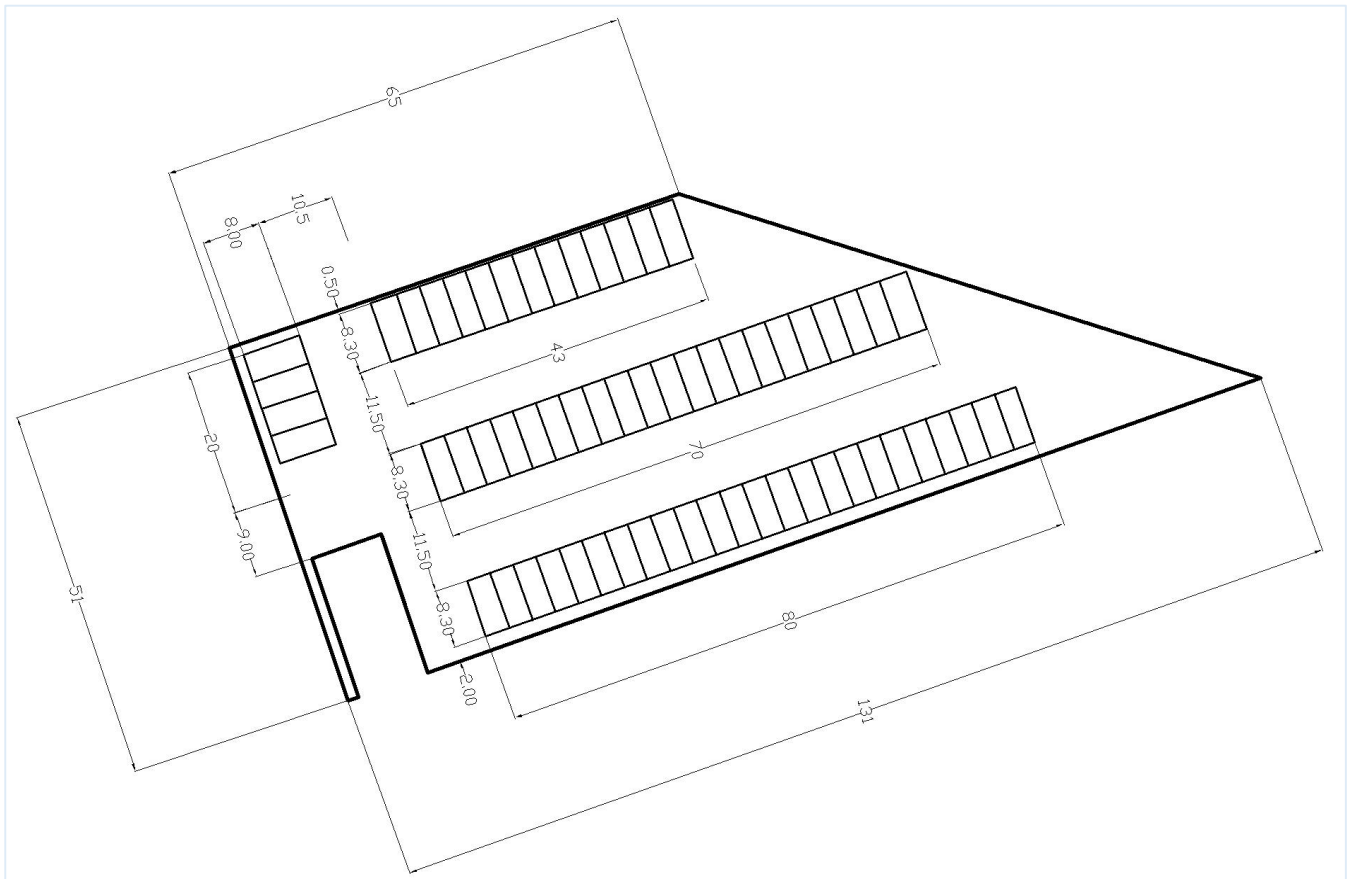
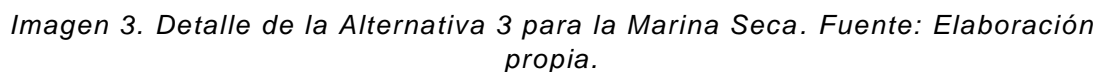


Imagen 2. Detalle de la Alternativa 2 para la Marina Seca. Fuente: Elaboración propia.

2.3. Alternativa 3

La última alternativa consiste en 5 filas horizontales de estanterías, pasillos entre cada una de las filas y un gran pasillo central. La distribución de las plataformas sigue el esquema de la Imagen 3. La distribución de hileras sería la siguiente: Una primera hilera de 26,5 metros y 24 embarcaciones de capacidad, a continuación dos hileras de 33 metros de longitud y 30 embarcaciones de capacidad cada una, la cuarta tiene una longitud de 23 metros con una capacidad de 21 embarcaciones y la última con una longitud de 10 metros y capacidad para 9 embarcaciones. Los pasillos serían de una anchura de 10,5 metros. Cada estantería consta de 3 niveles. En total, la marina seca tendría una capacidad de 114 embarcaciones. Como se puede observar en la imagen, se respetan todos los márgenes definidos. El fondeadero sería realizado en la esquina inferior, y con las mismas dimensiones que el anterior de 10 x 20 metros.

El  rea total ocupada por las estanterías y los pasillos de operación sería de 3235 m² del total de 4998 m² que mide el total de la superficie existente.



En este caso, el criterio económico será crucial, que va directamente relacionado con el tamaño de la nave con la capacidad de barcos que se pueda almacenar y las dimensiones de la marina. Otro aspecto fundamental es la logística a seguir en la marina seca: una distribución con muchos pasillos significará una gran dificultad operativa si solo se dispone de una máquina. La superficie ocupada también es un factor clave ya que será un reflejo del aprovechamiento de espacio de la solución (con una menor superficie se pueden llegar a almacenar más barcos), haciéndola más o menos eficiente.

La Alternativa 3 es descartada por su baja capacidad. Aunque es la que más espacio ocupa, no lo hace de forma eficiente. No obstante, la distribución de pasillos parece que sería la mejor en el aspecto logístico, por contar con un gran pasillo que comunica todos los estantes, motivo por el que se ha tenido en cuenta.

9

la 3), sí es la más eficiente. Esta opción también tiene la posibilidad de albergar algún barco de vela.

Además, esta alternativa cumple con alguna de las recomendaciones del documento *Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la Región de Murcia*, y de la norma PIANC para el diseño de Marinas Secas *Dry Stack Storage*, que son:

- En alzado, la estructura de estanterías deberá superar 3 veces la manga del buque de cálculo (8m) que vaya a ser almacenado en la misma.
- En planta, la estructura de estanterías deberá superar al menos la eslora del buque de cálculo (8m) que vaya a ser almacenado en la misma.
- Para una marina seca que albergue 100 embarcaciones, el requerimiento de área mínimo será de 2500 m² (PIANC).

Capacity (Number of Boats)	racks, alleys, way to water, services (m ²)	car parking (m ²)	Total (m ²)
100	2,500	600	3,100
300	7,500	2,000	9,500
500	12,500	3,000	15,500
800	20,000	5,000	25,000

Tabla 1. Requerimientos de área para marinas secas. Fuente: "Dry Stack Storage" (PIANC).

En este caso, interpolando entre los dos valores, el área requerida para 178 embarcaciones sería de aproximadamente 5000 m², por lo que se cumpliría con el requerimiento.

2.5. Consideraciones generales

Las embarcaciones de hasta 8 metros pesan entre 3 y 5 toneladas, llegando algunas a pesar hasta 5,5 toneladas, por lo que se escogerá una grúa de 6 toneladas con la posibilidad de alquilar una segunda grúa en temporada alta, debido a que se dispone de dos pasillos de operación. Esta grúa estará complementada con una maquinaria que desplace las embarcaciones de la marina seca hasta la zona de operación de la grúa.

Para asegurar la óptima funcionalidad de la marina seca, se seguirán las recomendaciones que se detallan ahora mismo extraídas del documento *Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la Región de Murcia*. Son las siguientes:

- El sistema de almacenamiento contará con plataformas de sujeción para la quilla de las embarcaciones, para poder restringir su movimiento.
- Deben haber suficientes apoyos para repartir el peso de la embarcación adecuadamente, descansando la quilla sobre material no metálico.

Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea

- Los apoyos se revisarán regularmente para corregir posibles movimientos.
- Las embarcaciones estarán debidamente aseguradas frente a posibles balanceos
- Los movimientos se realizarán mediante alzada y no arrastre
- Para el almacenamiento se desmontarán aparejos, cabos y velas, y las embarcaciones se cubrirán mediante lonas o telas protectoras
- Los puestos de almacenamiento tendrán acceso a electricidad para embarcaciones en hibernación

3. Diseño y dimensionamiento

3.1. Dimensionamiento de la nueva superficie

Para la creación de una superficie de terreno que dote del espacio suficiente a la nueva marina seca, como primera opción se ha pensado el utilizar hormigón sumergible. No obstante, debido al elevado coste y al gran macizo de hormigón que resultaría, se va a realizar un pequeño muelle de cajones, como el realizado en el Anejo 3.

Primero, al igual que con el anterior, se dragar  la zona hasta la cota -7 para así realizar una banqueta de 1,5 metros de espesor y 5 metros de ancho. Se extenderá la misma por toda la longitud del muelle.

A continuación, se tendrán dos cajones hasta el nivel del mar: un primer cajón de 2,75 m de altura y 3,5 metros de ancho, y un segundo cajón con la misma altura y 3 metros de ancho. Para finalizar, se colocará un último cajón de 2 metros de 2,5 metros de ancho por 2 metros de alto. Se ha pretendido que las alturas de los cajones sean las mismas, puesto tanto los del muelle de yates como estos se van a prefabricar y de este modo se podrán utilizar los mismos equipos.

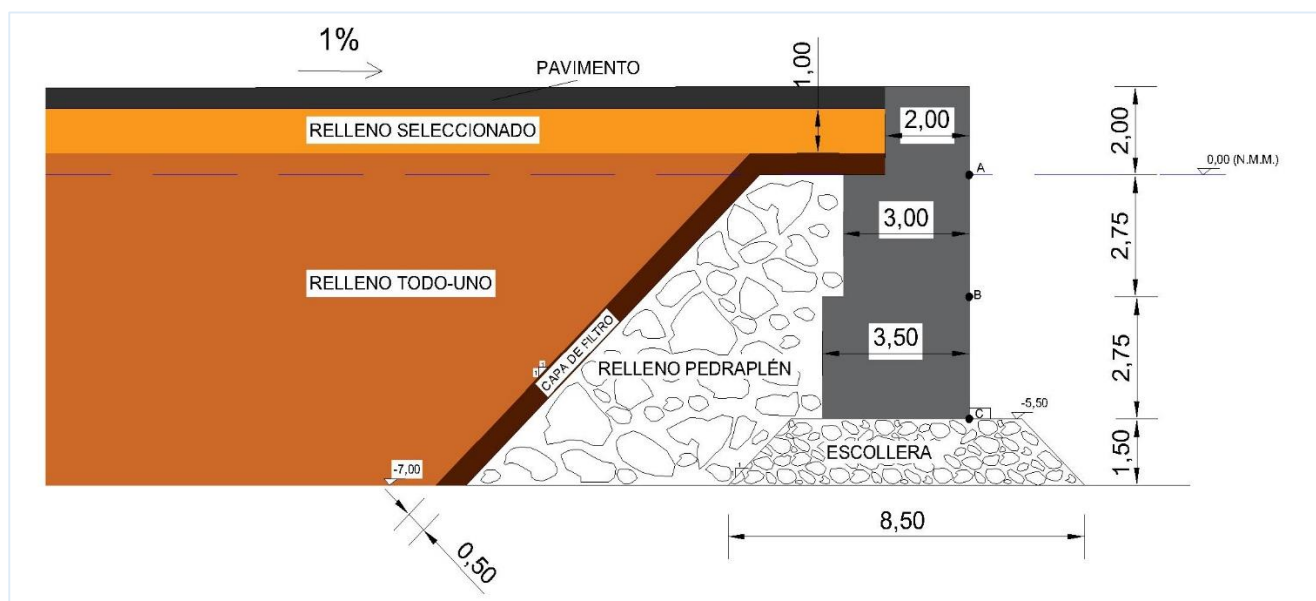


Imagen 4. Perfil del muelle para la marina seca. Fuente: Elaboración propia.

Para obtener más información sobre los materiales, consultar el apartado 2.2 *Características de los materiales*, puesto que se utilizarán los mismos. Para obtener más información acerca de las operaciones geotécnicas a realizar y su explicación, consultar el apartado 3 *Comprobaciones Geotécnicas*, puesto que al tratarse de un muelle por cajones se realizarán las mismas. En cuanto al cálculo, también se considerarán las mismas simplificaciones realizadas.

3.1.1. ACCIONES

- PESO PROPIO:
 - PUNTO A

$$PESO PROPIO EN A = PPA = W_1 = \gamma_{HM} * \text{área viga cantil} = 2,3 * 9,81 * (2 * 2)$$

$$PPA = 90,25 \frac{kN}{m}$$

- PUNTO B

$$PPB = PPA + W_2 + W_5$$

$$W_2 = \gamma_{HM} * \text{área bloque 1} = 1,3 * 9,81 * (2,75 * 3) = 105,21 \frac{kN}{m}$$

$$W_7 = \gamma_p * \text{Columna de terreno 1} = 1,7 * 9,81 * (1 * 2) = 33,35 \frac{kN}{m}$$

$$PPB = 90,25 + 105,21 + 33,35$$

$$PPB = 228,81 \frac{kN}{m}$$

- PUNTO C

$$PPC = PPB + W_3 + W_6$$

$$W_3 = \gamma_{HM'} * \text{área bloque 2} = 1,3 * 9,81 * (3,5 * 2,75) = 122,75 \frac{kN}{m}$$

$$W_4 = \gamma_{p'} * \text{Columna de terreno 2 sumergido} + \gamma_p * \text{Columna de terreno 2 seco} = 1,17 * 9,81 * (2,75 * 0,5) + 1,7 * 9,81 * (2 * 0,5) = 12,35 + 16,67 = 29,03 \frac{kN}{m}$$

$$PPC = 228,81 + 122,75 + 29,03$$

$$PPC = 380,59 \frac{kN}{m}$$

- CARGAS HIDRÁULICAS:

Actuar  una subpresión en la toda base del último bloque de hormigón, de sentido contrario a la gravedad y de valor:

$$p = \gamma * g * z$$

$$p = 1,03 * 9,81 * 5,5$$

$$p = 55,57 kPa$$

➤ EMPUJE DE TIERRAS:

Como se ha indicado en el anterior Anejo, para el cálculo del empuje de tierras se seguir  la Teoría de Coulomb:

$$E_a = f(Y, \alpha, \delta, \beta, h, \dots): \begin{cases} E_a = K_a * Y * h \\ E_{ah} = K_{ah} * Y * h \\ E_{av} = K_{av} * Y * h \end{cases}$$

$$K_{ah} = \frac{\sin^2(\alpha + \Phi)}{\sin^2(1 + \sqrt{\frac{\sin(\alpha + \delta) * \sin(\Phi - \beta)}{\sin(\alpha + \delta) * \sin(\alpha + \beta)}})}$$

$$K_{ah} = \frac{\sin^2(90+40)}{\sin^2(1 + \sqrt{\frac{\sin(40+15) * \sin(40-0)}{\sin(90+15) * \sin(90+0)}})} = 0,1942$$

$$K_{av} = \cot(\alpha - \delta) * K_{ah}$$

$$K_{av} = \cot(90 - 15) * 0,1942 = 0,052$$

Quedando del siguiente modo la ley de empujes (referenciaremos ahora la altura h con una z , ya que trabajaremos con profundidades):

$$Ea = \sqrt{0.1942^2 + 0.052^2} * Y * z = 0.201 * Y * z$$

- $0 \leq z \leq 2,00 \text{ m}$

$$Ea(z) = 0.201 * 1.70 * 9,81 * z$$

$$Ea(z) = 3,352z \text{ kPa}$$

- $z \geq 2,00 \text{ m}$

$$Ea(z') = K_a * (Y' * (z - z_0) + Y * z_0)$$

$$Ea(z') = 0.201 * 9.81 * (1.17 * (z - z_0) + 1.70 * z_0)$$

$$Ea(z') = 1,045z_0 + 2,310z$$

➤ SOBRECARGAS DE USO:

Según la ROM, se consideran dos cargas diferentes las cuales no pueden superponerse. En primer lugar, la sobrecarga producida en el muelle por un equipo y/o instalación de elevación de embarcaciones, de valor 2.0 t/m2. En segundo lugar, el estacionamiento y almacenamiento sobre la estructura, que recibe un valor de 1.5 t/m2. En este caso, por ser más restrictiva la primera carga se considerará ésta para quedar del lado de seguridad ($Q_{sc} = 20 \text{ KPa}$).

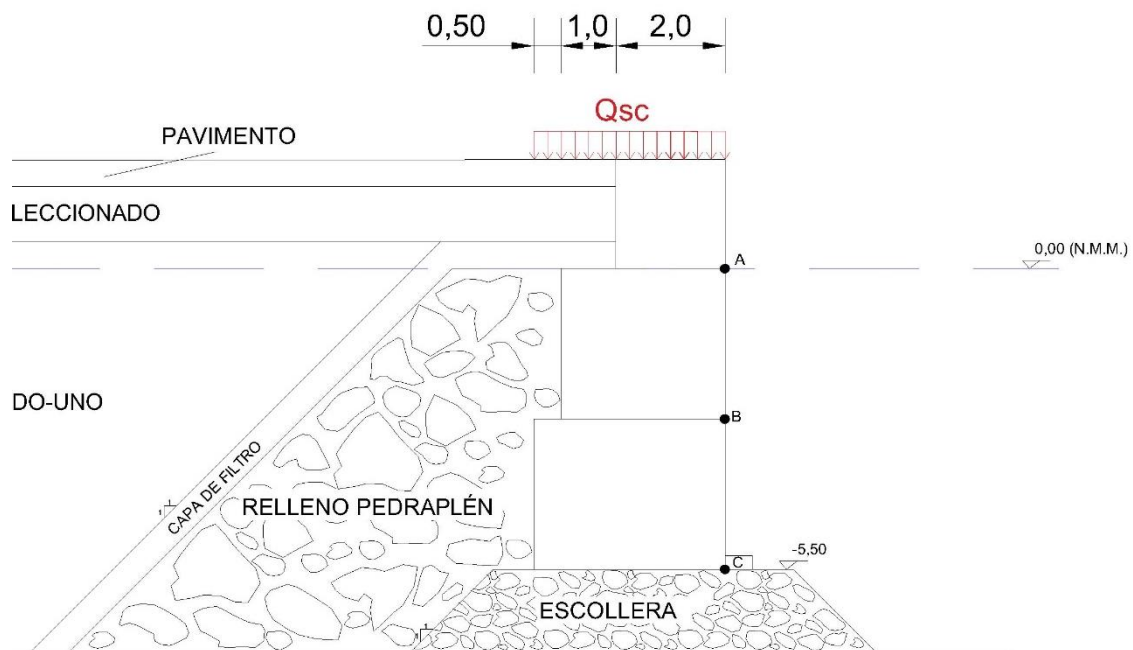


Imagen 5. Sobrecarga en el muelle para la marina seca. Fuente: Elaboración propia.

Además, se considerará la sobrecarga de uso mínima actuante en toda la vertical del muelle, y del siguiente valor:

$$E_{sc} = \lambda * q_2 * \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$E_{sc} = 0,344 * 5 * \frac{\sin 90}{\sin(90 + 0)}$$

$$E_{sc} = 1,72 \text{ kPa}$$

ANEJO 4

Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea

3.1.2. Cálculos

- PUNTO A

ACCIONES			
VERTICALES		HORIZONTALES	
Peso propio (kN)	90,25	Empuje de Tierras (kN)	6,704
Hidráulicas (kN)	0	Sobrecarga mínima (kN)	3,44
Sobrecarga (kN)	0		

MOMENTOS			
ESTABILIZADORES		VOLCADORES	
Mpp (kNm)	90,250	Msc (kNm)	3,440
Msc (kNm)	0	Mhd (kNm)	0
		Mter (kNm)	4,469

COMPROBACIONES			
Seguridad frente a deslizamiento		Seguridad frente a vuelco	
$\sum F_V (kN)$	90,25	$\sum M_V (kN)$	7,909
μ	0,7	$\sum M_e (kN)$	90,250
$\sum F_H (kN)$	10,144	CSV	11,41
CSD	6,23	CSV mínimo	1,5
CSD mínimo	1,5	Resultado	Cumple
Resultado	Cumple		

- PUNTO B

ACCIONES			
VERTICALES		HORIZONTALES	
Peso propio (kN)	228,81	Empuje de Tierras (kN)	33,870
Hidráulicas (kN)	0	Sobrecarga mínima (kN)	8,17
Sobrecarga (kN)	0		

MOMENTOS			
ESTABILIZADORES		VOLCADORES	
Mpp (kNm)	315,758	Msc (kNm)	19,404

ANEJO 4

Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea

Msc (kNm)	0	Mhd (kNm)	0
		Mter (kNm)	56,224

COMPROBACIONES			
Seguridad frente a deslizamiento		Seguridad frente a vuelco	
$\sum F_V (kN)$	228,81	$\sum M_V (kN)$	75,628
μ	0,7	$\sum M_e (kN)$	315,758
$\sum F_H (kN)$	42,040	CSV	4,18
CSD	3,81	CSV mínimo	1,5
CSD mínimo	1,5	Resultado	Cumple
Resultado	Cumple		

- PUNTO C

Para el punto C utilizaremos dos combinaciones: la primera, actuando todas las cargas simultáneamente excepto la sobrecarga por grúa, para comprobar deslizamiento y hundimiento. La segunda, actuando todas las cargas simultáneamente excepto la hidráulica, para comprobar hundimiento.

- Combinación 1:

ACCIONES			
VERTICALES		HORIZONTALES	
Peso propio (kN)	380,59	Empuje de Tierras (kN)	33,870
Hidráulicas (kN)	194,46	Sobrecarga mínima (kN)	8,17
Sobrecarga (kN)	0		

MOMENTOS			
ESTABILIZADORES		VOLCADORES	
Mpp (kNm)	525,214	Msc (kNm)	19,404
Mtb (kNm)	0	Mhd (kNm)	0
		Mter (kNm)	56,224

ANEJO 4

Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea

COMPROBACIONES			
Seguridad frente a deslizamiento		Seguridad frente a vuelco	
$\sum F_v (kN)$	186,13	$\sum M_v (kN)$	75,628
μ	0,7	$\sum M_e (kN)$	525,214
$\sum F_H (kN)$	42,040	CSV	6,94
CSD	3,10	CSV mínimo	1,5
CSD mínimo	1,5	Resultado	Cumple
Resultado	Cumple		

▪ Combinación 2:

ACCIONES			
VERTICALES		HORIZONTALES	
Peso propio (kN)	380,59	Empuje de Tierras (kN)	33,870
Hidráulicas (kN)	0	Sobrecarga (kN)	12,556
Sobrecarga (kN)	70		

MOMENTOS			
ESTABILIZADORES		VOLCADORES	
Mpp (kNm)	739,334	Msc (kNm)	45,829
		Mhd (kNm)	0
		Mter (kNm)	87,534

COMPROBACIONES			
Seguridad frente a hundimiento		Tensiones transmitidas al terreno	
$\sum F_v (kN)$	450,59	$\sum F_v (kN)$	450,59
B'	3,080	$\sigma_{m\acute{a}x} (kN/m^2)$	175,0864
N_Y	106,05	Resultado	Cumple
f_Y	0,648	$^*\sigma_{m\acute{i}n} (kN/m^2)$	72,3248
$P_{vh} (kN/m^2)$	1213,487554	Resultado	Cumple
$P_v (kN/m^2)$	128,74		
CSH	9,42587816		
CSH mínimo	2,5		
Resultado	Cumple		

*La tensión mínima se ha calculado con la combinación 1, por ser la más desfavorable en esta comprobación.

3.2. Diseño de las plataformas

Para el diseño de la estructura, se consulta una empresa especialista en marinas secas, llamada *Equiport*. En su página web, se puede encontrar un catálogo para marinas secas. En nuestro caso, se utilizará el modelo 3000E para almacenaje exterior, con las siguientes características:

3000 E Almacenaje exterior
Embarcaciones de hasta 3000 kg Ancho de los compartimentos de 2700 a 3300 mm

Imagen 6. Tabla de las características del model 3000. Fuente: www.equiport.es.



Imagen 7. Ejemplo de marina seca. Fuente: www.equiport.es.

Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea

Además, estas estructuras han sido diseñadas y calculadas para resistir tanto la manutención con carretilla elevadora y como la colocación de las embarcaciones. También se especifica que todos los cálculos elastoplásticos se han realizado en conformidad con la normativa europea vigente (FEM 10.2.02), realizando a su vez estudios de resistencia mecánica, con cargas climáticas y sísmicas (ráfagas de viento, efecto de arrastre...). Por lo tanto, todas las estanterías cumplirán con el *EUROCODE 1*.

Para las operaciones de carga y descarga de barcos, es necesario el uso de máquina específica. En concreto, un elevador de horquilla también llamado *Forklift*.

Esta grúa realizará tanto las operaciones de colocación de la embarcación en el amarre de la estantería, como la extracción del mismo para su posterior varada, también realizada por esta grúa, que además realizará la botadura de la misma (por lo que deberá tener capacidad de elevación negativa). Esta máquina tendrá la capacidad de transportar embarcaciones de hasta 6 toneladas de peso, y como ya se ha indicado, en temporada alta se podrá alquilar una segunda grúa.

4. Conclusiones

La marina seca es una estructura portuaria que optimiza el espacio requerido para la creación de nuevos amarres. La tecnología utilizada es vanguardista, llevando a cabo procesos de logística organizativa de manera que se ofrezca un servicio competente a los usuarios.

La distribución escogida aprovecha al máximo el espacio disponible, respetando también unos márgenes que dotan a la elección de un nivel de seguridad elevado. La rentabilidad económica de una marina seca est  más que demostrada: según el dossier informativo *“Diseño y funcionamiento de un nuevo diseño de Marina Seca”*, se realiza un análisis económico del que se pueden extraer varios datos. Por ejemplo, en una marina seca con una capacidad de 200 amarres (aproximadamente este caso) se tendrían unos ingresos de 280.000   anuales. Teniendo en cuenta que nuestros costes de implantación serían de unos 515.000   (420.000  de la marina seca, y 95.000   de las operaciones complementarias y los servicios), nuestra inversión quedaría rentabilizada, siendo pesimistas, en un periodo de 2-3 años.

La construcción de estas instalaciones junto a las demás modificaciones realizadas, harán del puerto de Jávea un sistema organizativo referencia en el país.

