



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## **DOCUMENTO 2. ANEJOS**

---

PROYECTO BÁSICO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE  
DÉNIA (ALICANTE) PARA USOS NÁUTICO-DEPORTIVOS.  
OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.

---

*Presentado por*

Barreira Ribera, Pablo Gonzalo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: SEPTIEMBRE 2019*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# **ANEJO 1. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**

---

PROYECTO BÁSICO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE  
DÉNIA (ALICANTE) PARA USOS NÁUTICO-DEPORTIVOS.  
OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.

---

*Presentado por*

Barreira Ribera, Pablo Gonzalo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: SEPTIEMBRE 2019*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*







## Índice

|  |    |
|--|----|
| 1. Introducción y antecedentes.....  | 3  |
| 1.1 Objetivo .....   | 3  |
| 1.2 Información previa .....   | 4  |
| 1.2.1 Trabajos de campo .....  | 4  |
| 1.2.2 Ensayos de laboratorio .....   | 7  |
| 2. Condiciones geológicas y geotécnicas.....   | 9  |
| 3. Condiciones hidrogeológicas.....  | 12 |
| 4. Caracterización del terreno.....  | 16 |
| 5. Resumen y conclusión.....   | 21 |
| <br>FIGURA 1. EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA Y DE LOS SONDEOS REALIZADOS .....                       | 6  |
| FIGURA 2. PERFIL LITOESTRATIGRÁFICO DE LA SECCIÓN 4-4', LOCALIZACIÓN DE LA OBRA.....           | 6  |
| FIGURA 3. CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL IGME .....   | 10 |
| FIGURA 4. LEYENDA DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL IGME.....                                    | 10 |
| FIGURA 5. CARTOGRAFÍA GEOTÉCNICA DEL IGME.....   | 11 |
| FIGURA 6. LEYENDA DE LA CARTOGRAFÍA GEOTÉCNICA DEL IGME .....                                  | 11 |
| FIGURA 7. CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA DE LA MARINA ALTA, PERMEABILIDAD .....                    | 13 |
| FIGURA 8. LEYENDA DE LA CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA DE LA MARINA ALTA, PERMEABILIDAD.....       | 14 |
| FIGURA 9. CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA DE LA MARINA ALTA, DIVISIÓN POR ZONAS .....               | 14 |
| FIGURA 10. LEYENDA DE LA CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA DE LA MARINA ALTA, DIVISIÓN POR ZONAS..... | 15 |
| FIGURA 11. ENSAYO A COMPRESIÓN UNIAxIAL DE LA ROCA ARENISCA Y CALIZA .....                     | 16 |
| FIGURA 12. ENSAYO RESISTENCIA A TRACCIÓN DE LA ROCA ARENISCA Y CALIZA.....                     | 17 |
| FIGURA 13. SONDEO 22 .....   | 19 |
| FIGURA 14. SONDEO 23 .....   | 20 |
| <br>TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SONDEOS .....  | 4  |
| TABLA 2. MATERIALES ENCONTRADOS EN LOS SONDEOS.....  | 5  |
| TABLA 3. TIPOS DE ENSAYOS REALIZADOS A LAS PROBETAS DE ROCA.....                               | 7  |
| TABLA 4. PROPIEDADES ÍNDICE DE LAS ROCAS.....  | 17 |
| TABLA 5. R.Q.D. MEDIO EN LOS SONDEOS.....  | 18 |
| TABLA 6. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ROCAS .....                                     | 19 |





## 1. Introducción y antecedentes

El objetivo de este anejo es analizar las características geológicas y geotécnicas de la zona de Dénia, en especial la portuaria, y sus alrededores.

En el presente trabajo se opta por proyectar una posible ampliación del puerto deportivo dado que el aumento de la población provocará una mayor cantidad de turismo en Dénia teniendo así que aumentar su capacidad, en lo que a obras de atraque y amarre para embarcaciones de uso náutico-deportivo concierne. Además, otros puertos localizados en las inmediaciones, como son el de Jávea o Moraira, se encuentran saturados, por lo que el atraque de muchas embarcaciones náutico-deportivas deriva al puerto de Dénia. A su vez, tras el fuerte periodo de crisis transcurrido, la matriculación de embarcaciones ha aumentado en los últimos tres años, por lo que la ejecución de la ampliación queda también justificada. Las obras se proyectan en la dársena del puerto, concretamente en el lado suroeste donde se encuentran la gran parte de los amarres deportivos. Se propone la construcción de un muelle de bloques junto a dos pantalanés flotantes creando una forma de U, en la que en su interior se amarren embarcaciones deportivas de hasta 10m de eslora a punta.

Dado que el fin de este trabajo es únicamente académico no se disponen de los medios necesarios para realizar los diferentes ensayos requeridos para abordar este anejo, por lo que se ha obtenido la información de un informe realizado por el Instituto Técnico de la Construcción, el cual se basa en la realización de una serie de sondeos y el reconocimiento de los fondos del puerto de Dénia. Este informe fue solicitado por la Generalitat Valenciana, concretamente por la división de puertos y costas y fue realizado en el año 1990.

Como el proyecto trata de una ampliación del puerto, será necesaria la realización de una campaña de reconocimiento del terreno en donde se va a efectuar la obra, la realización de un estudio de laboratorio de los sondeos llevados a cabo y la determinación tanto de las características geológicas como geotécnicas. Estos datos han sido extraídos principalmente del informe citado. A su vez, se le va a añadir más información acerca de la geología y geotecnia de las inmediaciones del puerto, obtenida principalmente de una serie de cartografías proporcionadas por el IGME.

### 1.1 Objetivo

La finalidad del estudio es determinar las características generales de los fondos del puerto, donde se pretende proyectar la cimentación que se va a realizar. Así pues, el objeto del presente estudio será la determinación de la naturaleza del subsuelo en la zona de ubicación del proyecto y la estimación de la capacidad portante del terreno en la misma. Para llevarlo a cabo, se ha realizado la investigación que a continuación se indicará, así como los ensayos pertinentes de laboratorio. Puesto que en el proyecto ya existe un anejo de cálculos, en este no se realizarán.

## 1.2 Información previa

Gran parte de la información acerca de los trabajos de campo realizados ha sido obtenida del “INFORME DE LOS TRABAJOS DE SONDEO Y RECONOCIMIENTO DE LOS FONDOS DEL PUERTO DE DÉNIA” realizado el 3 de mayo de 1990, ya citado. Este informe describe los trabajos realizados para conocer los materiales existentes en el fondo de la dársena portuaria.

### 1.2.1 Trabajos de campo

El Instituto Técnico de la Construcción S.A. llevó a cabo los trabajos de campo ejecutados en la dársena del puerto. Se perforaron 37 sondeos verticales, con un modelo a rotación y recuperación continua de testigos. Estos sondeos se realizaron desde una plataforma flotante, la cual se posicionaba mediante pilares de anclaje. Gracias a dicha máquina se perforaron un total de 246,7m de sondeo consiguiendo 9 muestras de carácter inalterado. En la excavación de los sondeos se realizaron 24 ensayos normalizados de penetración dinámica (S.P.T.).

En la siguiente tabla, obtenida del informe, se muestran las coordenadas para localizar cada sondeo, la cota de origen de su perforación y la cota final de su perforación.

| S.R.V. | X       | Y        | COTA ORIGEN<br>PERFORACION (-m) | COTA FINAL<br>PERFORACION (-m) |
|--------|---------|----------|---------------------------------|--------------------------------|
| 1      | 249.529 | 4303.549 | 4,10                            | 7,89                           |
| 2      | 249.691 | 4303.435 | 6,80                            | 10,00                          |
| 3      | 249.315 | 4303.779 | 1,45                            | 8,00                           |
| 4      | 249.491 | 4303.650 | 3,83                            | 8,15                           |
| 5      | 249.642 | 4303.551 | 4,50                            | 8,00                           |
| 6      | 249.727 | 4303.491 | 3,10                            | 9,00                           |
| 7      | 249.805 | 4303.427 | 5,10                            | 9,30                           |
| 8      | 249.301 | 4303.909 | 1,27                            | 8,27                           |
| 9      | 249.459 | 4303.793 | 1,65                            | 9,55                           |
| 10     | 249.635 | 4303.702 | 1,10                            | 8,10                           |
| 11     | 249.716 | 4303.642 | 1,30                            | 8,00                           |
| 12     | 249.779 | 4303.560 | 2,45                            | 10,00                          |
| 13     | 249.782 | 4303.513 | 2,70                            | 10,00                          |
| 14     | 249.860 | 4303.499 | 2,70                            | 10,00                          |
| 15     | 249.922 | 4303.540 | 2,60                            | 10,10                          |
| 16     | 249.422 | 4303.915 | 1,00                            | 8,00                           |
| 17     | 249.590 | 4303.804 | 1,15                            | 10,10                          |
| 18     | 249.747 | 4303.687 | 1,20                            | 10,20                          |
| 19     | 249.828 | 4303.636 | 1,25                            | 10,13                          |
| 20     | 249.905 | 4303.575 | 2,40                            | 10,10                          |
| 21     | 249.844 | 4303.336 | 5,30                            | 15,00                          |
| 22     | 249.947 | 4303.318 | 4,30                            | 15,12                          |
| 23     | 249.053 | 4303.303 | 2,50                            | 6,90                           |
| 24     | 249.144 | 4303.281 | 2,50                            | 6,85                           |
| 25     | 249.962 | 4303.388 | 6,30                            | 11,30                          |
| 26     | 249.067 | 4303.378 | 2,90                            | 8,80                           |
| 27     | 249.163 | 4303.364 | 2,20                            | 6,87                           |
| 28     | 249.988 | 4303.531 | 3,30                            | 8,75                           |
| 29     | 249.090 | 4303.474 | 3,75                            | 8,80                           |
| 30     | 250.014 | 4303.633 | 3,10                            | 9,60                           |
| 31     | 250.101 | 4303.585 | 6,00                            | 11,30                          |
| 32     | 250.969 | 4303.745 | 1,50                            | 12,52                          |
| 33     | 250.027 | 4303.736 | 1,90                            | 8,00                           |
| 34     | 250.199 | 4303.808 | 5,80                            | 9,20                           |
| 34     | 250.402 | 4303.658 | 1,50                            | 7,00                           |
| 36     | 250.611 | 4303.494 | 4,80                            | 13,80                          |
| 37     | 249.774 | 4303.387 | 6,30                            | 19,20                          |

Tabla 1. Características de los sondeos



A continuación, se muestra otra tabla en la que se describen los materiales perforados en cada sondeo y el espesor de los mismos. Se encuentran 5 tipos de materiales. Estos son fangos, arenas, limos y arcillas, formación de arenisca y calizas. En esta tabla también se expone el espesor total de cada material excavado y su porcentaje respecto a la excavación total. El material más abundante es la arenisca con un 44,09%.

| S.R.V. | FANGOS | ARENAS | LIMOS Y ARCILLAS | ARENISCA FORMACION | CALIZA |
|--------|--------|--------|------------------|--------------------|--------|
| 1      | --     | 3,65   | --               | 0,14               | --     |
| 2      | 3,2    | --     | --               | --                 | --     |
| 3      | --     | 3,15   | --               | --                 | 3,40   |
| 4      | 0,87   | 1,1    | --               | --                 | 2,35   |
| 5      | 0,20   | --     | --               | 3,30               | --     |
| 6      | 0,30   | 2,10   | --               | 3,5                | --     |
| 7      | 1,30   | 0,95   | 1,95             | --                 | --     |
| 8      | 2,63   | 2,80   | --               | --                 | 1,57   |
| 9      | 1,00   | 4,45   | --               | 2,85               | --     |
| 10     | 2,00   | --     | --               | 5,00               | --     |
| 11     | 1,30   | --     | --               | 5,40               | --     |
| 12     | 1,2    | --     | --               | 6,35               | --     |
| 13     | 0,30   | --     | --               | 7,00               | --     |
| 14     | 0,30   | 1,50   | --               | 5,50               | --     |
| 15     | 0,60   | 1,70   | --               | 5,20               | --     |
| 16     | 1,20   | --     | --               | 4,05               | 1,75   |
| 17     | 1,45   | --     | --               | 4,00               | 3,50   |
| 18     | 3,30   | --     | --               | 5,70               | --     |
| 19     | 2,28   | 2,50   | --               | 4,10               | --     |
| 20     | 1,10   | --     | --               | 6,6                | --     |
| 21     | 1,25   | 3,85   | --               | --                 | 4,60   |
| 22     | 0,30   | 10,52  | --               | --                 | --     |
| 23     | 0,50   | 1,95   | --               | 1,95               | --     |
| 24     | 0,40   | 2,10   | --               | 1,85               | --     |
| 25     | 2,70   | 2,30   | --               | --                 | --     |
| 26     | 1,00   | 0,30   | --               | 4,60               | --     |
| 27     | 0,20   | --     | --               | 4,47               | --     |
| 28     | 2,30   | 1,25   | --               | 1,90               | --     |
| 29     | --     | 0,95   | --               | 4,10               | --     |
| 30     | 0,30   | 1,80   | --               | 4,40               | --     |
| 31     | 5,30   | --     | --               | --                 | --     |
| 32     | 0,70   | --     | --               | 10,32              | --     |
| 33     | 1,30   | --     | --               | 4,80               | --     |
| 34     | --     | 3,4    | --               | --                 | --     |
| 35     | 0,60   | 2,20   | --               | 1,70               | 1,00   |
| 36     | 0,60   | 8,40   | --               | --                 | --     |
| 37     | 2,70   | 10,20  | --               | --                 | --     |
|        | 44,68  | 73,12  | 1,95             | 108,78             | 18,17  |
|        | 18,1 % | 29,6 % | 0,79%            | 44,09 %            | 7,37%  |

Tabla 2. Materiales encontrados en los sondeos

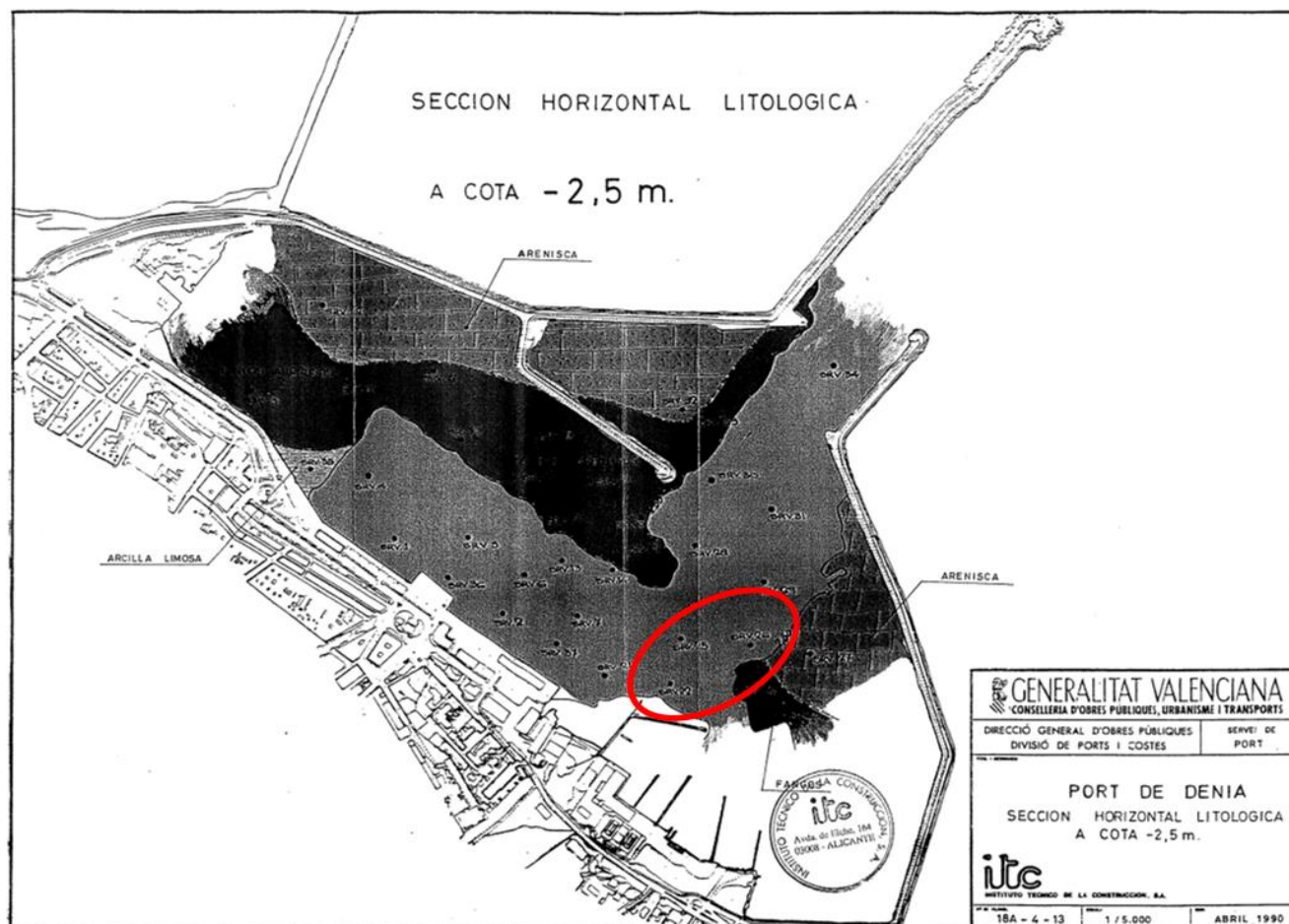


Figura 1. Emplazamiento de la obra y de los sondeos realizados

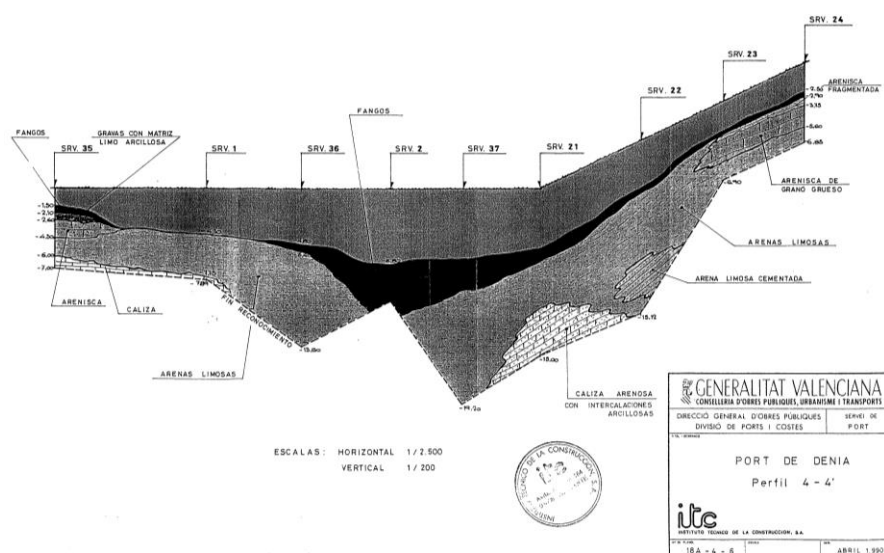


Figura 2. Perfil litoestratigráfico de la sección 4-4', localización de la obra

### 1.2.2 Ensayos de laboratorio

En el laboratorio se estudiaron, con el fin de la obtención de las características geotécnicas, las muestras de carácter inalterado, las porciones de suelo obtenidas en los lugares donde se realizaron los S.P.T y los testigos recuperados en la perforación de la roca. Se puso especial interés en los ensayos realizados sobre los testigos de roca para así poder solventar el problema de su remoción en el caso de tener que dragar en la dársena del puerto a fin de permitir un calado suficiente para las grandes embarcaciones, como cruceros que explotan actualmente el puerto. Los testigos de roca fueron ensayados en diferentes condiciones para investigar posibles influencias externas sobre la roca. Estos fueron ensayados con la roca saturada, con la roca saturada y su superficie seca, con la roca sumergida y con la roca seca al aire. Hay que tener en cuenta que como se trataba de roca masiva, es decir, rocas duras, homogéneas e isotrópicas, los ensayos se realizaron comprimiendo en sentido axial. También se puso especial interés en la determinación de la resistencia a tracción de la roca mediante ensayos por el método brasileño, pero estos solo se realizaron con probetas secas.

| Material | Número de ensayos | Condiciones de la probeta |                  |                   |                                      |
|----------|-------------------|---------------------------|------------------|-------------------|--------------------------------------|
|          |                   | Probeta seca              | Probeta saturada | Probeta sumergida | Probeta saturada con superficie seca |
| Arenisca | 29                | 15                        | 8                | 6                 | --                                   |
| Caliza   | 9                 | 5                         | --               | 3                 | 1                                    |

Tabla 3. Tipos de ensayos realizados a las probetas de roca

En general, los ensayos, todos ellos normalizados, realizados en las rocas fueron:

1. Granulométricos
2. Contenido de finos
3. Límites de Atterberg
4. Edómetro
5. Compresión simple
6. Corte directo
7. Carga puntual
8. Resistencia a tracción
9. Resistencia a compresión
10. Determinación de la humedad natural
11. Densidad aparente
12. Peso específico
13. Determinación de la dureza de Mohs
14. Determinación de la porosidad, absorción y densidad
15. Materia orgánica
16. Contenido en sulfatos
17. Análisis mineralógicos
18. Análisis petrográficos



Respecto a los suelos, estos se clasificaron bajo los sistemas de clasificación S.U.C.S y H.B.R., en función del contenido encontrado en sulfato soluble y materia orgánica para el caso de los fangos. Este contenido de materia orgánica se obtuvo mediante análisis químicos empleando el procedimiento del permanganato. La tara de este método es que solo identifica materia orgánica oxidable, por lo que no aprecia el contenido en algas en estos fangos, lo cual carece de importancia en este estudio, ya que la fracción algácea no se encuentra fijada al suelo. Los ensayos realizados en los suelos fueron:

1. Ensayo de corte directo, consolidado y drenado
2. Compresión simple
3. Edométrico
4. Obtención de propiedades índice como densidad aparente, peso específico de las partículas y contenido en humedad natural

A destacar fue el ensayo a compresión simple, pues solo se realizó uno en las muestras de suelos, ya que, debido a las características arenosas de estos, fue imposible realizar más. También, respecto a la densidad aparente, la obtención precisa de esta solo fue posible en suelos cohesivos, por lo que para el resto de los suelos esta fue estimada mediante correlaciones empleando el volumen y el peso de las probetas talladas para los ensayos de corte y edométrico. Los S.P.T. sirvieron para obtener la densidad relativa de los suelos arenosos.





## 2. Condiciones geológicas y geotécnicas

El término municipal de Dénia está situado en las llanuras costeras pertenecientes al Prebético Interno, junto a la Sierra del Montgó, parte más oriental de la Cordillera Bética que se extiende desde el Golfo de Cádiz hasta el Cabo de San Antonio formado durante el plegamiento Alpino. El Prebético Interno se caracteriza por la presencia de importantes sierras separadas por valles llanos con relleno cuaternario. En el lado de la costa existe una deformación tectónica mucho mayor que en los pliegues anti formales de dirección SO-NE de la cordillera bética, desarrollados en materiales cretácicos. El Prebético Interno presenta una estructura con cabalgamientos formados por grandes pliegues y posee series estratigráficas mesozoicas y cenozoicas en las que destaca el gran desarrollo de las formaciones del Cretácico.

El propio Montgó representa la estructura tectónica terrestre de mayor interés de la zona. En el Cabo de San Antonio una falla de dirección norte-sur corta abruptamente la ladera provocando una fractura importante, ya que origina un cambio de facies en las formaciones del Cretácico Superior provocando que este sea más margoso.

La llanura costera de Dénia está formada por depósitos cuaternarios que rodean los extremos de los relieves calcáreos y se adentran en las depresiones margosas. El Cuaternario que tapiza la llanura costera de Dénia, está formado en su mayor parte por depósitos continentales. Además, aparece un derrame de glaciis en el puerto de Dénia y depósitos marinos, de rasa marina, en la zona de las Rotas.

Para conocer en mayor detalle la geología de la zona se ha recurrido a la cartografía del IGME, concretamente a la hoja 796 Gandía. Esta muestra que el terreno en las inmediaciones del puerto de Dénia está compuesto por una mezcla de materiales tanto del Jurásico, como del Cretácico y Cuaternario. Al noroeste del puerto se encuentran dunas de arena (36) sin fijar que constituyen la Playa de las Marinas, al este del puerto se encuentran materiales de diferentes características como son un yacimiento muy concentrado de calizas microcristalinas (13), otro concentrado de derrame de glaciis constituido por arcillas pardas con algunos cantos (30) y una zona más extensa de afloramiento de glaciis de acumulación (21). Al sur del puerto florecen en el pie del Montgó arcillas rojas y cantos de caliza angulosos encostrados superficialmente (19).

Concretamente, en la zona del puerto se encuentran manchas correspondientes a un derrame de glaciis. Mediante un análisis sedimentológico-mineralógico se obtuvo que un 44% de arena de fracción fina, un 29% de limos y un 27% de arcillas. En cuanto a los minerales pesados encontrados destaca la presencia de la turmalina y de la estauroilita, cuyos granos se presentan muy rodados, lo que indica una alteración en el depósito pudiendo considerarse este como bastante maduro. También se encuentran piroxenos, que, según la opinión de los científicos Alonso Pascual y Pérez Mateos, no son propios de esta zona, sino que debido a las corrientes litorales han sido transportados desde Palencia o Columbretes. En el puerto también existe la presencia de depósitos formados por margas arenosas grises de un espesor de aproximadamente 0,6 m. Para la realización de la obra en cuestión, el material yacente que más afecta es el fango, presente en la superficie del terreno hasta una cota de aproximadamente -2,5 m. A partir de este se encuentran yacimientos de rocas, concretamente de arenisca a menor profundidad y calizas conforme se draga.

En las Rotas, sobre el depósito de glaciis se forma uno de cantos de caliza redondeados con matriz arcillosa roja.

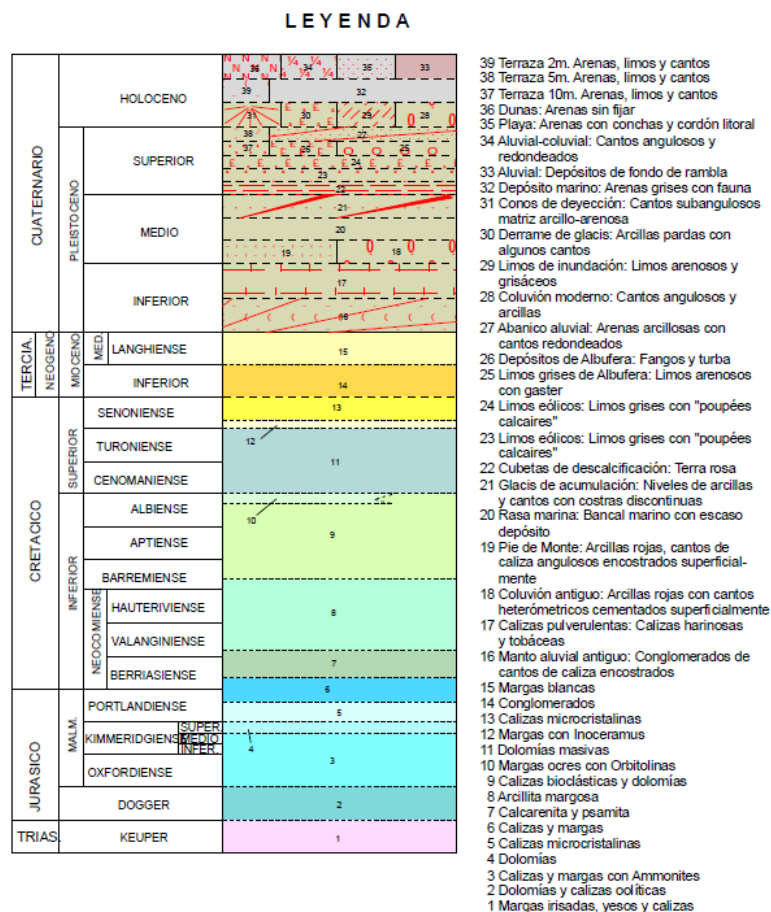
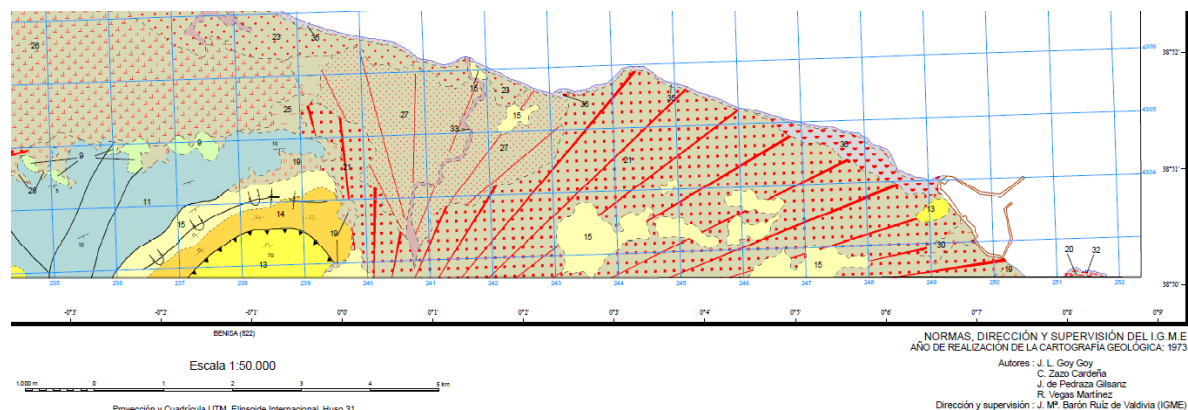


Figura 4. Leyenda de la cartografía geológica del IGME



Respecto a la geotecnia de la zona, esta se observa en el mapa del IGME 64, Alcoy. El puerto está rodeado por zonas con distintas características geotécnicas como son la I1, llanura litoral de aluviones, la I3, zona de marjales y marismas con materia orgánica y la I2, la más relevante de todas, pues está en el fondo del propio puerto, que es un cordón litoral de playas y dunas. La I2 se caracteriza por ser un material arenoso mal graduado, fino, influenciado por el viento, comprendiendo un cordón de dunas de unos 2-3 m de altura. Este tiene una permeabilidad alta con el nivel freático próximo a la superficie y padece de intrusiones marinas, aunque permite un buen drenaje superficial. La capacidad de carga de la zona es baja, los asentamientos son de medio a corto plazo y el terreno se considera estable. Según los criterios de clasificación establecidos por el IGME la zona I2 posee unas condiciones constructivas desfavorables.

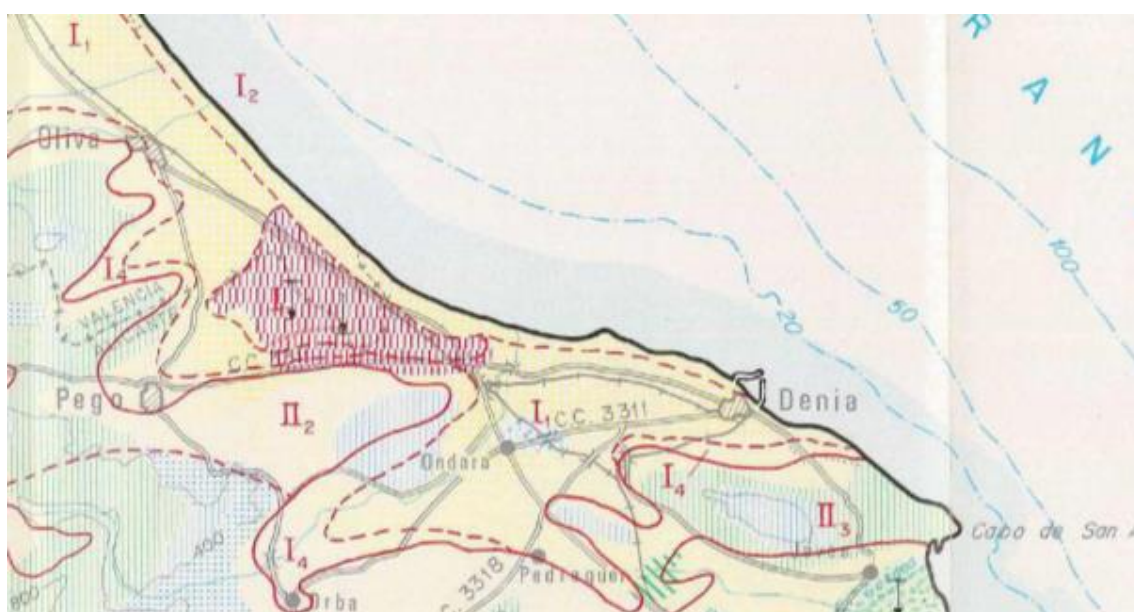


Figura 5. Cartografía geotécnica del IGME

| CRITERIOS DE CLASIFICACION |                             |                                  |                                    |                                   |   |   |   |   |                       |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|---|---|---|-----------------------|
| CONDICIONES CONSTRUCTIVAS  | PROBLEMAS "TIPO" EXISTENTES |                                  | CONCURRENCIA DE 2 PROBLEMAS "TIPO" |                                   |   | CONCURRENCIA DE 3 PROBLEMAS "TIPO"                |   | CONCURRENCIA DE 4 PROBLEMAS "TIPO"                              |                       |
| Muy Favorables.            | Litológicos                 | Litológicos y Geomorfológicos    | Litológicos y Geomorfológicos      | Geomorfológicos e Hidrológicos    | Litológicos, Geomorfológicos e Hidrológicos       | Litológicos, Geomorfológicos y Geotécnicos (p.d.) | Litológicos, Geomorfológicos y Geotécnicos (p.d.) | Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.) | De Capacidad de Carga |
| Favorables.                | Geomorfológicos             | Litológicos e Hidrológicos       | Litológicos y Geotécnicos          | Geomorfológicos y Geotécnicos     | Litológicos, Geomorfológicos y Geotécnicos (p.d.) | Litológicos, Geomorfológicos y Geotécnicos (p.d.) | Litológicos, Geomorfológicos y Geotécnicos (p.d.) | Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.) | De Asentamientos      |
| Aceptables.                | Hidrológicos                | Litológicos y Geotécnicos        | Litológicos y Geotécnicos (p.d.)   | Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.) | Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)    | Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)    | Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)    | Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)                  | Geotécnicos Varios    |
| Desfavorables.             | Geotécnicos (p.d.)          | Litológicos y Geotécnicos (p.d.) | Litológicos y Geotécnicos (p.d.)   | Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.) | Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)    | Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)    | Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)    | Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)                  |                       |
| Muy Desfavorables.         |                             |                                  |                                    |                                   |   |   |   |   |                       |

Figura 6. Leyenda de la cartografía geotécnica del IGME



### 3. Condiciones hidrogeológicas

Respecto a las condiciones hidrogeológicas cabe destacar que, como la obra a realizar está localizada en el puerto, el nivel freático va a estar presente constantemente.

Dénia, y por lo tanto el puerto, pertenece a las unidades hidrogeológicas Plana de Gandía-Dénia. Los principales cauces de este sistema de explotación son los ríos Girona, Gorgos, Bullens-Vedat, Revolta y Racons-Molinell, perteneciendo estos tres últimos al marjal de Pego-Oliva. La orientación de la red fluvial principal está condicionada por las estructuras tectónicas de plegamiento y fracturación de los materiales mesozoicos que, en algunos sectores, ponen en contacto las formaciones acuíferas con los niveles impermeables de las margas terciarias de las facies Tap y con las margas del Neocomiense. La red hidrográfica se encaja, en la mayor parte de su recorrido, sobre los materiales detríticos cuaternarios y, en menor medida, sobre los depósitos calcáreos cretácicos y las formaciones detríticas terciarias.

Los principales aspectos del funcionamiento hidrogeológico del sistema de explotación Marina Alta que condicionan la relación río-acuífero se describen a continuación. La piezometría varía entre 700 msnm en el extremo centro-occidental del sistema de explotación y - 1 msnm. El flujo subterráneo, de dirección SO-NE posee potenciales hidráulicos decrecientes hacia el marjal de Pego-Oliva.

En cuanto a la descarga de agua, el IGME en 1988 señaló que los ríos Bullent, Racons y Girona Y Gorgos recibieron una caudal de 35 hm<sup>3</sup>/año, 29 hm<sup>3</sup>/año y 1,5 hm<sup>3</sup>/año respectivamente. Sin embargo, el río Girona infiltró al acuífero 12 hm<sup>3</sup>/año. Se observa que los ríos son ganadores de caudal y no abastecen a los acuíferos, así que la forma de relleno de estos es principalmente por la infiltración del agua de lluvia, dejando en segundo lugar la infiltración de los excedentes de riego y bombeos. La descarga principal de los acuíferos se realiza por vía subterránea y, en menor cuantía, por salidas al mar, a pesar de tener la costa muy próxima.

También existen un grupo de 29 manantiales que suministran agua a los ríos. Entre ellos se destacan la Font Salada, el Manantial del Salinar y la Balsa Sineu, que descargan 2hm<sup>3</sup>/año, 12 hm<sup>3</sup>/año y 2 hm<sup>3</sup>/año respectivamente. También existen otros manantiales, ciento veinticinco más, pero estos descargan una cantidad menor de caudal, inferior a 1 hm<sup>3</sup>/año.





Figura 8. Leyenda de la cartografía hidrogeológica de la Marina Alta, permeabilidad

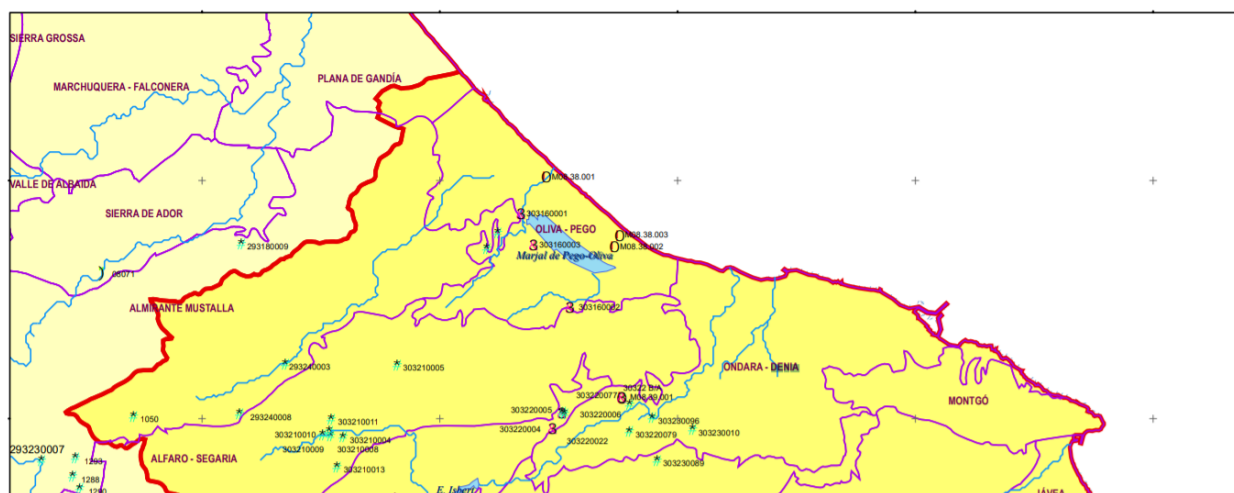


Figura 9. Cartografía hidrogeológica de la Marina Alta, división por zonas

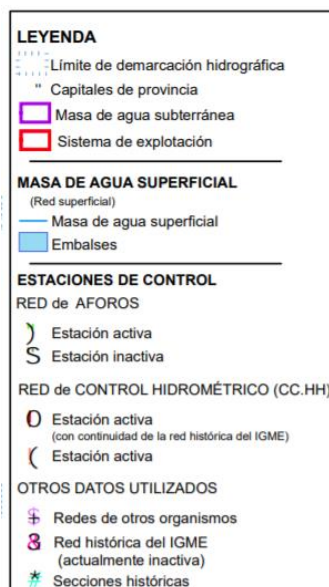


Figura 10. Leyenda de la cartografía hidrogeológica de la Marina Alta, división por zonas

#### 4. Caracterización del terreno

Como resultados de los ensayos realizados se obtuvo que, en cuanto a la resistencia a compresión uniaxial, los valores más frecuentes, en un 51,7%, de la arenisca, oscilan entre 3 y 6 MPa. Los valores extremos, mínimos de entre 0 y 3 MPa y máximos de 12 a 15 MPa aparecen con una frecuencia escasa del 3,4%. Si se toma el rango de valores de resistencia a compresión entre 3 y 9 MPa, se obtiene un nuevo valor medio de 5,5+- 1,6 MPa, el cual abarca una frecuencia de 86,2%. La roca arenisca dio unos valores medios de entorno a 6 MPa, mientras que la caliza de 58,1 MPa. Respecto a la caliza, los valores de resistencia más frecuentes oscilan entre 50 y 65 MPa en un 33,3%.

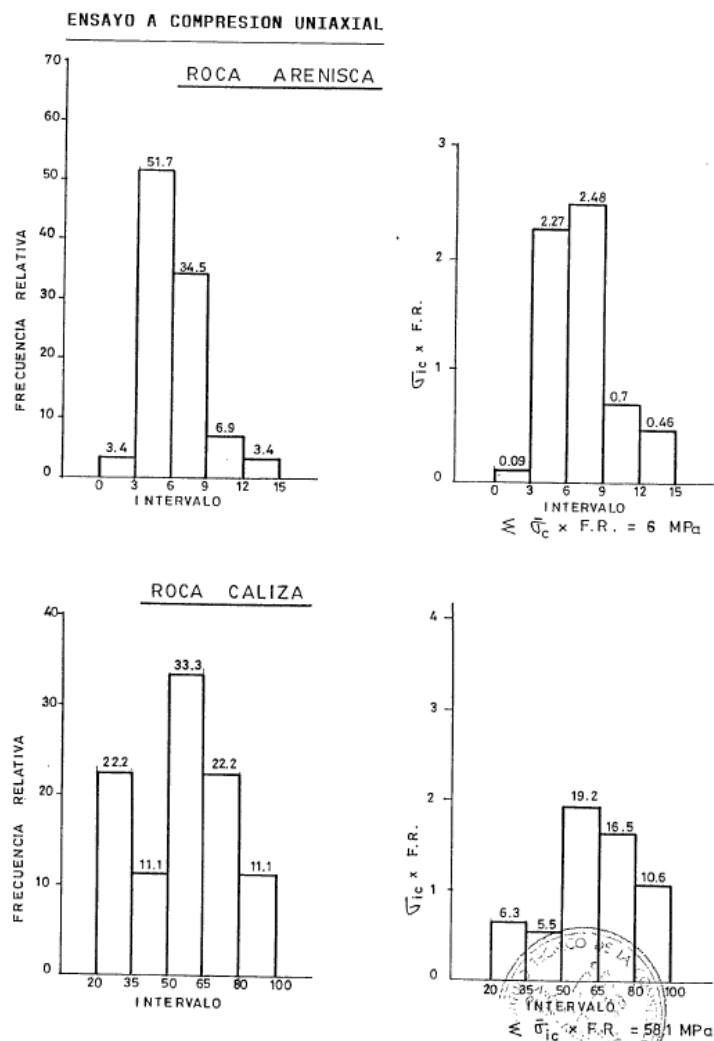


Figura 11. Ensayo a compresión uniaxial de la roca arenisca y caliza



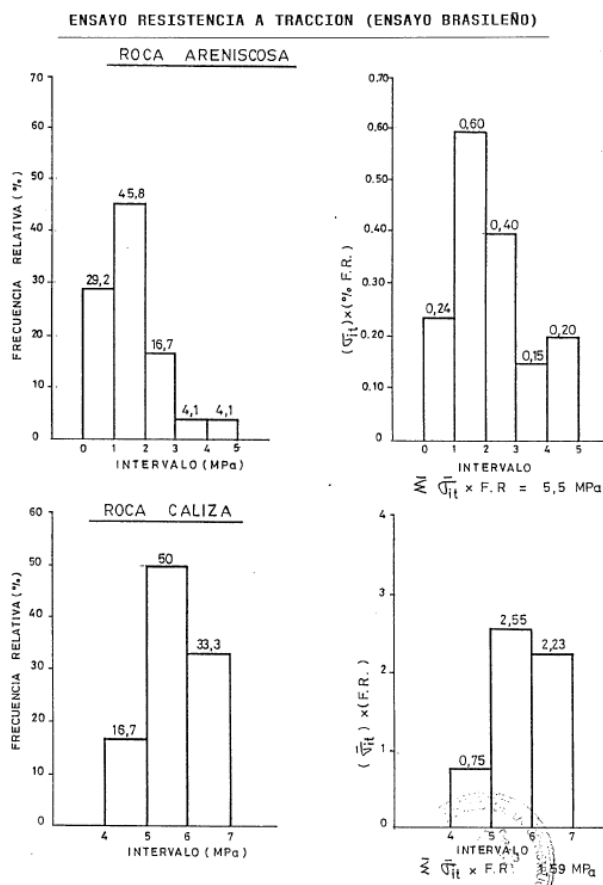


Figura 12. Ensayo resistencia a tracción de la roca arenisca y caliza

Respecto a las propiedades índice obtenidas de las rocas, estos fueron los valores adquiridos en el laboratorio.

Para la roca areniscosa:

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| Densidad aparente media: | $1,95 \pm 0,22$ gr/c.c  |
| Densidad real media :    | $2,47 \pm 0,07$ gr/c.c. |
| Porosidad media :        | $21,1 \pm 8$ %          |
| Absorción media :        | $11,4 \pm 5,5$ %        |

Para la roca caliza:

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| Densidad aparente media: | $2,52 \pm 0,10$ gr/c.c. |
| Densidad real media :    | $2,67 \pm 0,09$ gr/c.c. |
| Porosidad media :        | $5,6 \pm 1,3$ %         |
| Absorción media :        | $2,2 \pm 0,5$ %         |

Tabla 4. Propiedades índice de las rocas

Como se ha explicado anteriormente, la obtención de la densidad aparente se adquirió durante la realización de los ensayos a compresión uniaxial teniendo en cuenta el peso, el diámetro y la altura de las probetas. La roca arenisca dio una densidad aparente media de  $1,75 \pm 0,28$  gr/c.c., mientras que la caliza una de  $2,39 \pm 0,24$  gr/c.c.

La obtención de los valores medios de resistencia a compresión como a tracción de la formación areniscosa son deficientes, es decir, los valores medios obtenidos son menores a los valores medios esperados. En cambio, analizando los valores de la caliza, se ha observado que esta tiene un comportamiento diferente. Si se obtiene un valor bajo de resistencia este no se atribuye a una mala formación rocosa, sino a un defecto del testigo extraído. La calidad de las rocas se ha estimado en función del R.Q.D medio sobre los testigos recuperados. Se adjunta una tabla con el R.Q.D. a continuación.

(Resumen R.Q.D.). Frente a este parámetro la calidad de la roca resulta de mala a muy mala.

| SONDEO | ARENISCA | CALIZA | SONDEO | ARENISCA | CALIZA |
|--------|----------|--------|--------|----------|--------|
| 3      | 0 %      | 23,5 % | 19     | 3 %      | --     |
| 4      | 0 %      | 25,5 % | 20     | 10,7 %   | --     |
| 5      | 3 %      | --     | 21     | - %      | --     |
| 6      | 17 %     | --     | 22     | 0 %      | --     |
| 8      | - %      | 45 %   | 23     | 0 %      | --     |
| 9      | 0 %      | --     | 24     | 0 %      | --     |
| 10     | 8 %      | --     | 26     | 6,5 %    | --     |
| 11     | 3,7 %    | --     | 27     | 0 %      | --     |
| 12     | 1,4 %    | --     | 28     | 0 %      | --     |
| 13     | 28,5 %   | --     | 29     | 10,5 %   | --     |
| 14     | 20 %     | --     | 30     | 9,7 %    | --     |
| 15     | 28,3 %   | --     | 32     | 15,6 %   | --     |
| 16     | 44,7 %   | 25,8 % | 33     | 18,75 %  | --     |
| 17     | 7,5 %    | 14,2 % | 35     | 0 %      | 10 %   |
| 18     | 37,5 %   | --     |        |          |        |

Tabla 5. R.Q.D. medio en los sondeos

Respecto a la porosidad, teniendo en cuenta los tipos de roca encontrados, los valores obtenidos son bajos. En la arenisca, la porosidad se atribuye a defectos de cementación obteniendo una de aproximadamente 14%. En el caso de la caliza los valores de porosidad difieren en un 4,9%, pues se ha tratado de obtener la porosidad mediante el ensayo normalizado y mediante cálculos empleando correlaciones.

Otro aspecto estudiado ha sido la rozabilidad de la roca en la arenisca, con el fin de estimar cual medio mecánico es el óptimo para realizar el dragado. Se ha evaluado este dato mediante el método alemán y se ha obtenido que, en el caso más desfavorable, se deberían emplear cortadores de disco para cortar la roca. Los factores más determinantes para estipular el tipo de draga, en el caso que se debiera dragar, son el contenido de minerales abrasivos y el diámetro medio de los granos.



En la caliza, generalmente, los testigos recuperados son muy resistentes. El porcentaje del material recuperado aumenta conforme se excava, así como el R.Q.D. medio. Hay que tener en cuenta que, si se considera a la caliza como un macizo rocoso, este contiene porcentajes diversos de arcilla, unas veces en su masa y otras rellenando oquedades abiertas por karstificación. Esto justifica que en algunas muestras extraídas de los sondeos la resistencia del material sea menor.

En la siguiente tabla resumen de las características de los materiales se resaltan, sobre todo las de las rocas, puesto que, aparte de que el informe anteriormente mencionado no da características del fango, este va a ser dragado, así que a efectos y condicionantes constructivos no va a ser relevante.

| Material encontrado                    |        |          |         |
|--|--------|----------|---------|
| Material                               | Fango  | Roca     |         |
|  |        | Arenisca | Caliza  |
| Espesor del estrato (m) *              | 0;-4,2 | -6,9;-15 | -15;-19 |
| UCS (Mpa)**                            | -      | 22,31    | 49,7    |
| Densidad aparente (kN/m <sup>3</sup> ) | -      | 19,5     | 25,2    |
| Densidad real (kN/m <sup>3</sup> )     | -      | 24,7     | 26,7    |
| Porosidad (%)                          | -      | 21,1     | 5,6     |
| Absorción (%)                          | -      | 11,4     | 2,2     |

\* Espesor del estrato en la muestra SRV21 del perfil estratigráfico 4-4

\*\* UCS promedio estimada

Tabla 6. Resumen de las características de las rocas

A continuación, se muestran los materiales encontrados en los sondeos 22 y 23 realizados en la zona próxima a donde se pretenden realizar las obras y que se van a tomar como guía para la estimación del terreno existente en el emplazamiento, considerando que este es el mismo, pues no se tienen datos más exactos. Las cotas establecidas son en metros.

Sondeo 22:

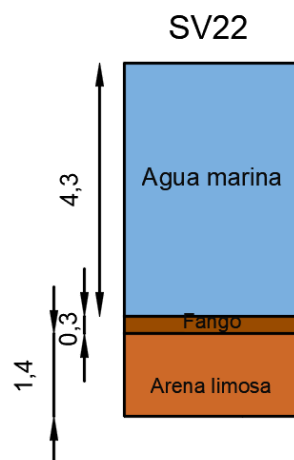


Figura 13. Sondeo 22

Sondeo 23:

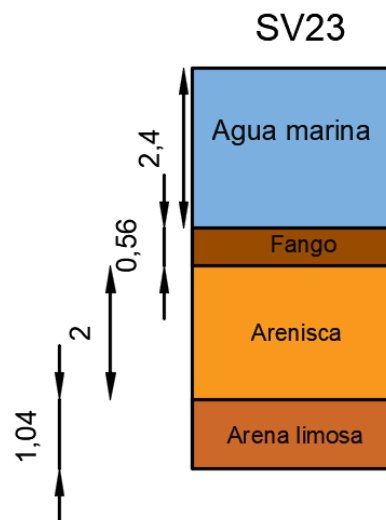


Figura 14. Sondeo 23



## 5. Resumen y conclusión

El puerto de Dénia se encuentra en la línea de costa ganándole terreno al mar. Se pretende realizar una ampliación de dicho puerto para que pueda albergar más embarcaciones náutico-deportivas con esloras de hasta 10m. Para ello se construirá un muelle de bloques de hormigón y dos pantalanés flotantes en forma U en la zona sureste del puerto, cerca del muelle donde se localiza la gasolinera. Como en toda obra, es necesario la realización de un estudio geotécnico de la zona. Este ha sido realizado de la dársena del puerto para saber que materiales había en él por el Instituto Técnico de la Construcción S.A., en el año 1990.

Tras la realización de los 37 sondeos se han encontrado los siguientes materiales en la dársena del puerto: fangos, arenas, limos y arcillas, arenisca en formación y calizas. Se observa que la naturaleza del suelo es variada, pues hay materia orgánica, suelos y rocas. Estas últimas son las que se han estudiado más detalladamente para así poder solventar con mayor eficacia los posibles dragados a realizar en el puerto. De los sondeos se extrajeron muestras inalteradas que fueron transportadas al laboratorio para estudiar las características de los materiales. En ellos también se realizaron ensayos S.P.T.

En cuanto a las características obtenidas de los materiales, estas se aprecian en el apartado 3. *“Características del terreno”* de dicho anejo. Respecto a los cálculos, ya que el trabajo realizado es un proyecto básico, el mismo incluye un anejo exclusivo que describe los cálculos realizados, así que para obtener información de estos habrá que consultar el ANEJO 7. CÁLCULO ESTRUCTURAL, en el que aparte de los cálculos requeridos por la estructura se añaden los cálculos geotécnicos correspondientes.

Dado que el informe se realizó para estudiar el suelo del puerto con el fin de saber cómo realizar el dragado en la dársena, los datos geotécnicos obtenidos están enfocados principalmente a este fin. A su vez, se ha explicado qué condicionantes geotécnicos, geológicos e hidrogeológicos existen en las zonas de afección próximas al puerto. Gracias al estudio se conoce de la existencia de fangos en la dársena, lo que provoca la obligación de un dragado de estos, pues no es un suelo firme y el estudio de la resistencia de los otros suelos para comprobar si estos aguantarían la estructura a realizar, un muelle de bloques de hormigón, pues si no habría que dragarlos hasta el material rocoso, el cual es claramente más resistente.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## **ANEJO 2. CLIMA MARÍTIMO**

---

PROYECTO BÁSICO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE  
DÉNIA (ALICANTE) PARA USOS NÁUTICO-DEPORTIVOS.  
OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.

---

*Presentado por*

Barreira Ribera, Pablo Gonzalo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: SEPTIEMBRE 2019*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*





## Índice

|   |    |
|---|----|
| 1. Objeto.....  | 3  |
| 2. Caracterización del oleaje .....   | 4  |
| 2.1 Régimen medio.....  | 6  |
| 2.1.1 Dirección del oleaje .....  | 8  |
| 2.2 Régimen extremal .....  | 15 |
| 3. Propagación del oleaje .....   | 16 |
| <br>Figura 1. Coordenadas geográficas del punto SIMAR 2086106 .....                   | 4  |
| Figura 2. Emplazamiento del punto Simar 2086106 .....                                 | 4  |
| Figura 3. Emplazamiento del punto Simar 2086106 mostrando la batimetría .....         | 5  |
| Figura 4. Coordenadas geográficas de la boya de Valencia .....                        | 5  |
| Figura 5. Datos básicos de la boya de Valencia.....                                   | 5  |
| Figura 6. Emplazamiento de la boya de Valencia.....                                   | 6  |
| Figura 7. Gráficas Hs (m) - Tp (s).....   | 7  |
| Figura 8. Período de pico (Tp) - Altura significativa (Hs) en % .....                 | 7  |
| Figura 9. Régimen medio de Altura Significante anual - Probabilidad de no Excedencia  | 7  |
| Figura 10. Rosa del oleaje anual.....   | 8  |
| Figura 11. Rosa del oleaje invierno .....   | 9  |
| Figura 12. Rosa del oleaje primavera .....  | 10 |
| Figura 13. Rosa del oleaje verano .....   | 11 |
| Figura 14. Rosa del oleaje otoño.....   | 12 |
| Figura 15. Régimen medio de Altura Significante anual - Probabilidad de no excedencia | 13 |
| dirección NE .....  | 13 |
| Figura 16. Alturas de ola para la dirección NE.....                                   | 14 |
| Figura 17. Régimen extremal de Altura Significante anual - Probabilidad de no         | 15 |
| excedencia, boya de Valencia .....  | 15 |
| Figura 18. Ábaco de refracción del Shore Protection Manual .....                      | 17 |
| <br>Tabla 1. Ángulo de incidencia del oleaje respecto a la costa .....                | 16 |
| Tabla 2. Valores de corrección de la Hs para Valencia y Alicante .....                | 17 |
| Tabla 3. Hs corregida .....   | 17 |
| Tabla 4. Hs en bocana.....  | 17 |
| Tabla 5. Referencias geométricas para la refracción .....                             | 18 |
| Tabla 6. Relaciones geométricas para la refracción .....                              | 18 |



### 1. Objeto

El objeto de este anejo es realizar un estudio sobre el clima marítimo que afecta al puerto de Denia.

Para la realización y el desarrollo de este estudio se ha empleado la página web de Puertos del Estado, de la que se ha analizado el clima marítimo teniendo en cuenta los datos históricos del oleaje.

## 2. Caracterización del oleaje

En este apartado se procede a describir el oleaje tanto en régimen medio, en detalle, como en régimen extremal, más resumidamente.

Para el régimen medio la información ha sido proporcionada por el punto SIMAR 2086106, localizado a aproximadamente a 4,5km al sureste del puerto. A pesar de que este punto no esté en la bocana del puerto, ni la dirección principal del oleaje desde este sea en dirección al puerto, se pueden tomar sus valores, ya que el punto está situado en paralelo a la misma profundidad que la bocana del puerto y porque, atendiendo a la batimetría de la costa en sendos emplazamientos, obtenida en la web Navionics ( [www.webapp.navionics.com](http://www.webapp.navionics.com) ), se observa que esta es paralela también, así que la afección del oleaje, la rotura y las alturas de ola en un punto u otro serán muy parecidas.

Un punto SIMAR proporciona datos de viento y oleaje en series procedentes de un modelo numérico, por lo que estos datos son simulados, es decir, son extraídos de mediciones realizadas en vez de estar tomados directamente de la naturaleza.

Este punto tiene una cadencia de toma de datos de cada hora y contiene información desde el día 04/01/1958 hasta la actualidad.

| Coordenadas geográficas |          |
|-------------------------|----------|
| Longitud                | 0. 17° E |
| Latitud                 | 38.83° N |

Figura 1. Coordenadas geográficas del punto SIMAR 2086106



Figura 2. Emplazamiento del punto Simar 2086106



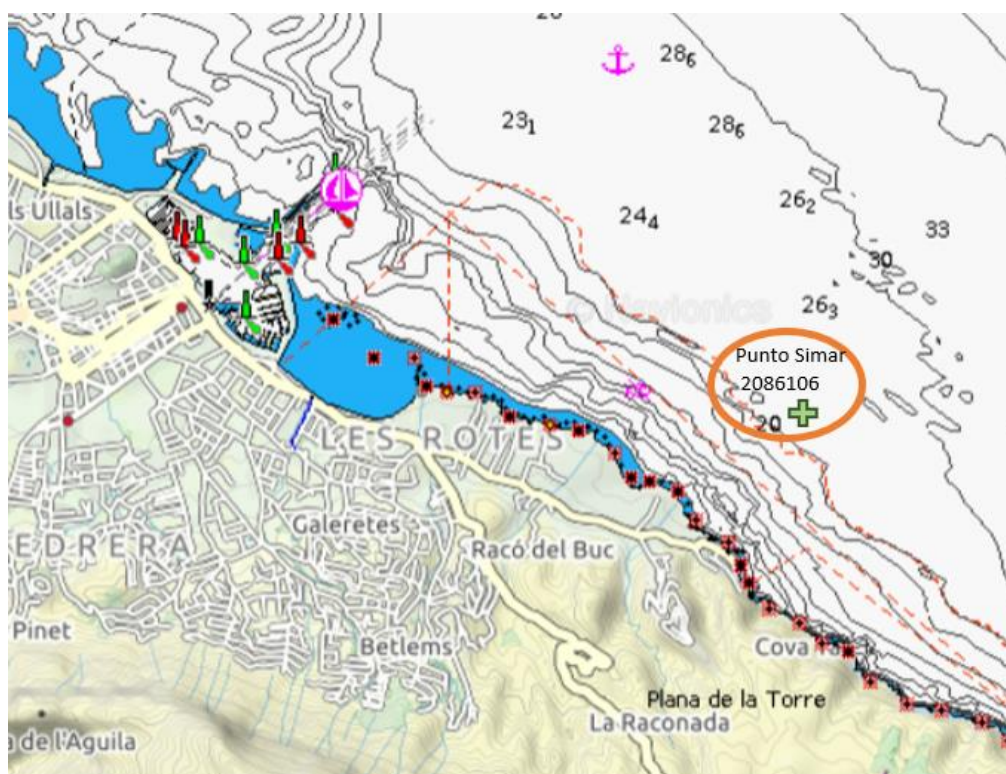


Figura 3. Emplazamiento del punto Simar 2086106 mostrando la batimetría

En cuanto al régimen extremal, se han tomado los datos proporcionados por la boya de Valencia. Se ha mencionado con anterioridad que este se expondrá de manera resumida pues los datos obtenidos del régimen extremal no van a ser prácticamente relevantes para la elaboración de este trabajo, ya que solo se va a diseñar la obra de abrigo del nuevo muelle para evitar agitaciones por reflexión del oleaje en el interior de la dársena del puerto.

Este punto tiene una cadencia de toma de datos de cada hora y contiene información desde el día 15/09/2005 hasta la actualidad.

| Coordenadas geográficas |          |
|-------------------------|----------|
| Longitud                | 0. 21° E |
| Latitud                 | 39.52° N |

Figura 4. Coordenadas geográficas de la boya de Valencia

| Código | Profundidad |
|--------|-------------|
| 2630   | 260 m       |

Figura 5. Datos básicos de la boya de Valencia



Figura 6. Emplazamiento de la boya de Valencia

## 2.1 Régimen medio

Se puede definir como régimen medio de una serie temporal, al conjunto del estado del oleaje que más probablemente se pueda encontrar.

La web de Puertos del Estado proporciona la información anual correspondiente a la relación entre la altura de ola significativa  $H_s$ , de entre 0,5 hasta 10m, con cada Período de pico en el intervalo de 1 a 10 segundos, dando la probabilidad de ocurrencia de cada uno de estos factores.

El régimen medio está directamente relacionado con las condiciones medias de operatividad caracterizando el comportamiento probabilístico del régimen de oleaje. Este suele representarse de manera gráfica mediante un histograma acumulado y viene definido por aquella franja de datos que hay en torno al máximo del histograma. La distribución elegida para describir el régimen medio de las series de oleaje es la *Weibull* cuya expresión es la siguiente:

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x-B}{A}\right)^C\right)$$

B = parámetro de centrado

A = parámetro de escala, mayor que 0

C = parámetro de forma, valores entre 0.5 y 3.5

Se puede observar que las alturas de ola más aparentes a lo largo del año, entre 1958 y 2017, oscilan entre 0 y 1,5m, mientras que los Períodos de pico más probables van desde 4 a 7 segundos. Estos datos se encuentran tanto en los siguientes histogramas como en la tabla período de pico-altura significativa, adjuntada a continuación, siendo esta más detallada.

LUGAR : SIMAR 2086106

PERIODO : Anual

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - May. 2017

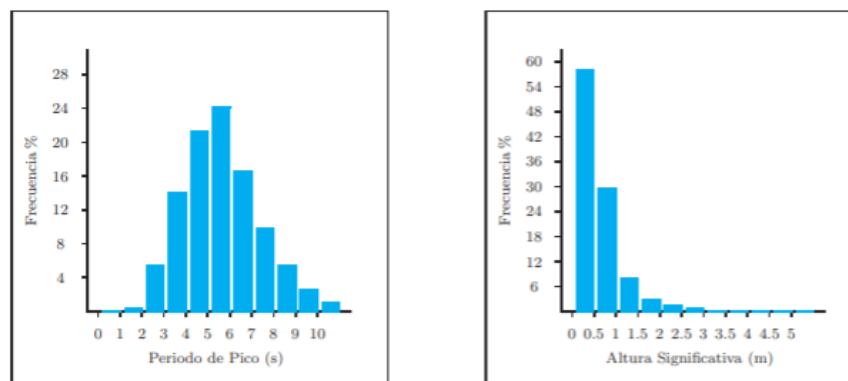


Figura 7. Gráficas Hs (m) - Tp (s)

| Hs (m) | Tp (s) |       |       |        |        |        |        |       |       |       |        | Total  |
|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|
|        | ≤ 1.0  | 2.0   | 3.0   | 4.0    | 5.0    | 6.0    | 7.0    | 8.0   | 9.0   | 10.0  | > 10.0 |        |
| ≤ 0.5  | -      | 0.396 | 5.239 | 12.155 | 15.545 | 12.391 | 6.817  | 3.521 | 1.469 | 0.538 | 0.075  | 58.145 |
| 1.0    | -      | -     | 0.180 | 1.898  | 4.922  | 9.286  | 6.839  | 3.717 | 1.942 | 0.706 | 0.150  | 29.641 |
| 1.5    | -      | -     | -     | 0.015  | 0.805  | 1.938  | 1.914  | 1.464 | 1.018 | 0.657 | 0.219  | 8.030  |
| 2.0    | -      | -     | -     | -      | 0.016  | 0.403  | 0.757  | 0.521 | 0.437 | 0.274 | 0.177  | 2.585  |
| 2.5    | -      | -     | -     | -      | -      | 0.014  | 0.211  | 0.328 | 0.175 | 0.123 | 0.123  | 0.974  |
| 3.0    | -      | -     | -     | -      | -      | -      | 0.010  | 0.129 | 0.135 | 0.082 | 0.040  | 0.397  |
| 3.5    | -      | -     | -     | -      | -      | -      | -      | 0.014 | 0.063 | 0.052 | 0.019  | 0.149  |
| 4.0    | -      | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | 0.013 | 0.017 | 0.016  | 0.047  |
| 4.5    | -      | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | 0.002 | 0.007 | 0.010  | 0.020  |
| 5.0    | -      | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | 0.004  | 0.005  |
| > 5.0  | -      | -     | -     | -      | -      | -      | -      | -     | -     | -     | 0.009  | 0.009  |
| Total  | -      | 0.396 | 5.419 | 14.068 | 21.288 | 24.033 | 16.547 | 9.695 | 5.254 | 2.457 | 0.843  | 100 %  |

Figura 8. Período de pico (Tp) - Altura significativa (Hs) en %

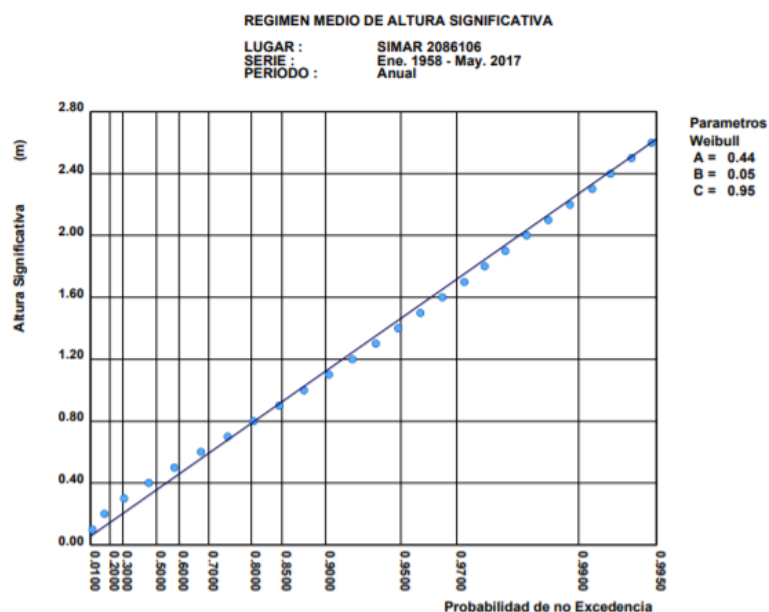


Figura 9. Régimen medio de Altura Significante anual - Probabilidad de no Excedencia

### 2.1.1 Dirección del oleaje

A continuación, se procede a estudiar la dirección predominante del oleaje. Como este está relacionado con el viento, se obtendrán también con los mismos diagramas las direcciones más frecuentes del viento en el punto Simar estudiado.

Se obtienen 5 gráficas de la web de Puertos del Estado, una que representa la rosa del oleaje anual y las otras que dividen el año en grupos de 3 meses siendo más detalladas.

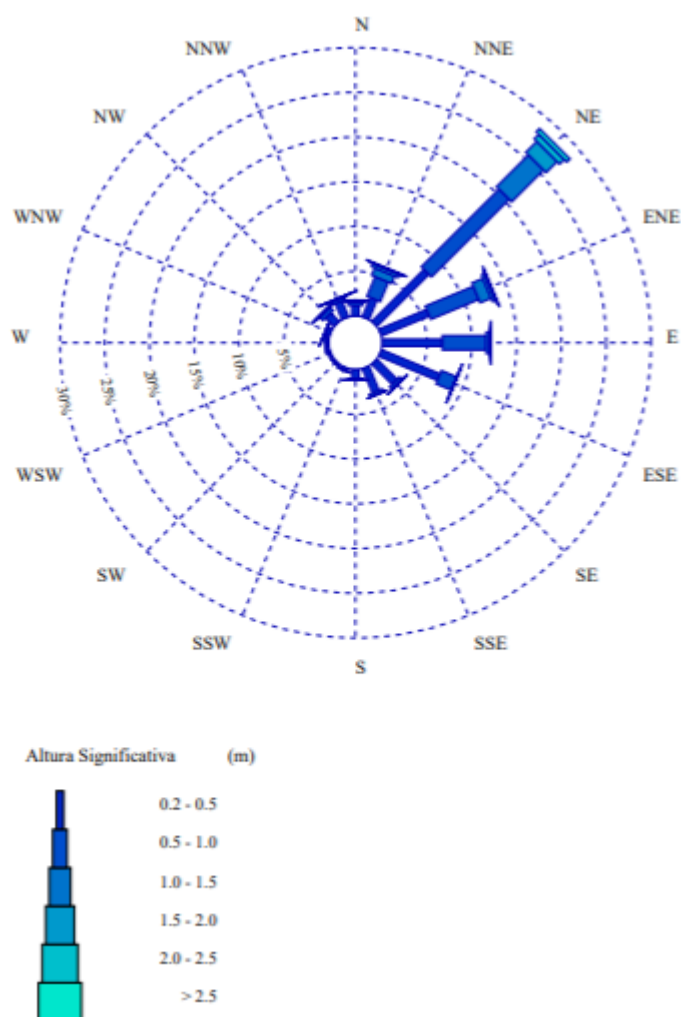


Figura 10. Rosa del oleaje anual

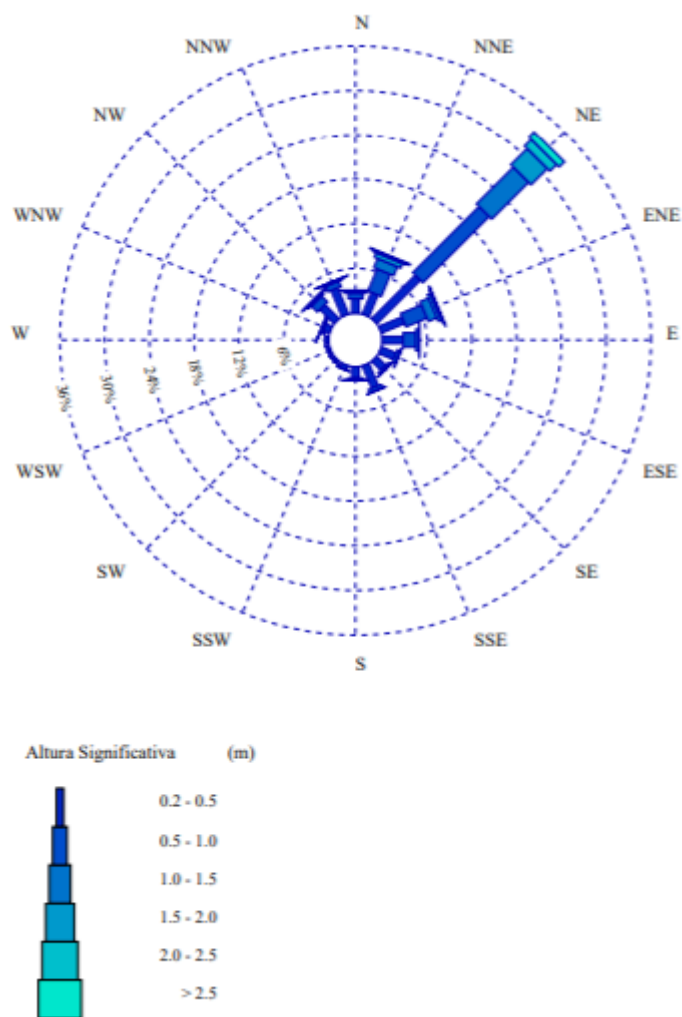


Figura 11. Rosa del oleaje invierno

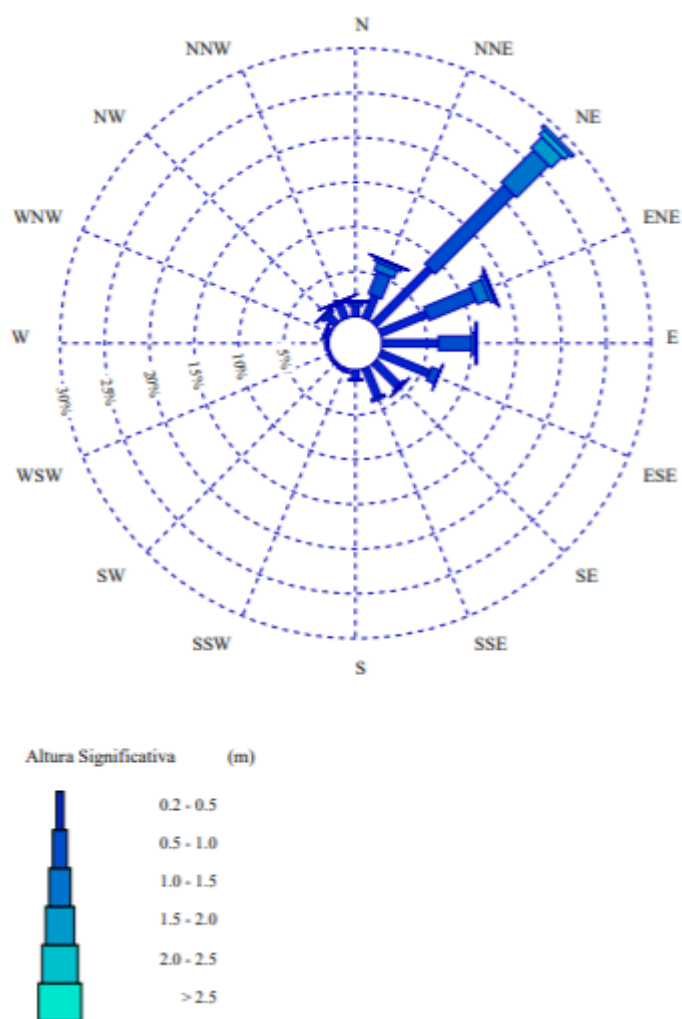


Figura 12. Rosa del oleaje primavera

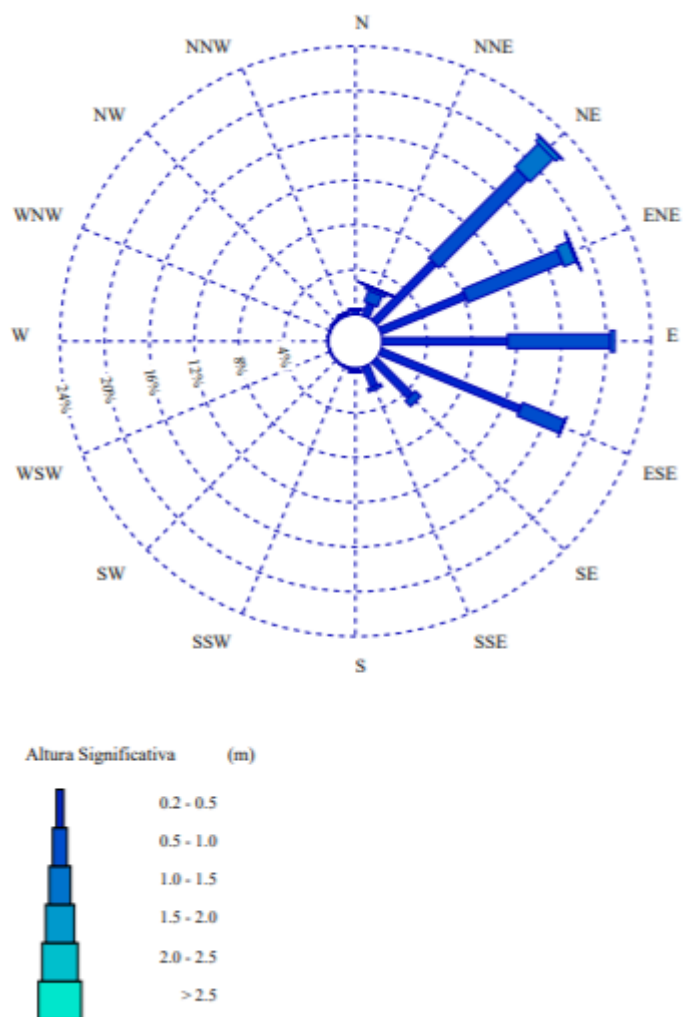


Figura 13. Rosa del oleaje verano

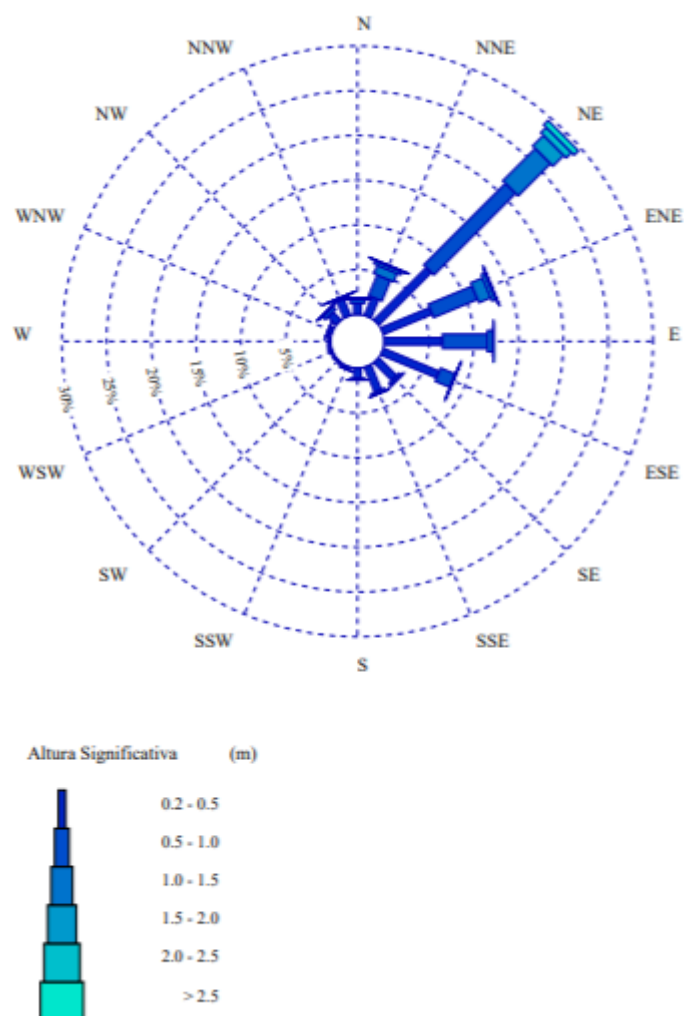


Figura 14. Rosa del oleaje otoño



Analizando las gráficas, se observa para cada estación que en invierno la dirección predominante con más de 30% de probabilidad y alcanzando en ocasiones alturas de ola mayores de 2,5m es NE. Esta es seguida por direcciones NNE y ENE con probabilidades de entorno al 9% cada una sin poder llegar a competir con la dominante. La gráfica de primavera muestra que la dirección dominante es NE, también con una probabilidad ligeramente menor al 30% alcanzando alturas de ola de hasta 2m. A esta la sigue la dirección ENE con una probabilidad de entorno al 13%. En verano la rosa del oleaje muestra que no hay una única dirección predominante, sino que con probabilidades similares se generan olas de dirección NE, E, ENE y ESE, en orden de mayor a menor probabilidad, siendo la mayor de aproximadamente 22% alcanzando una altura de entorno a 1m. La gráfica de otoño vuelve a mostrar como dirección predominante la NE con una probabilidad de casi 30% alcanzando alturas significantes de hasta 2,5m. A esta dirección la siguen la ENE y E con probabilidades menores al 15%.

Como bien muestra la gráfica anual, y a modo de resumen, la dirección predominante es la NE seguida a mucha distancia de la ENE y E. La NE tiene una probabilidad de casi el 30% y alcanza alturas de ola de hasta 2,5m.

Por lo tanto, atendiendo a este análisis se procede a estimar la altura de ola significativa y su Período de pico en la dirección NE para un Período de retorno de T=50 años.

La probabilidad de no excedencia será:

$$P = 1 - \frac{1}{T} = 1 - \frac{1}{50} = 0,98$$

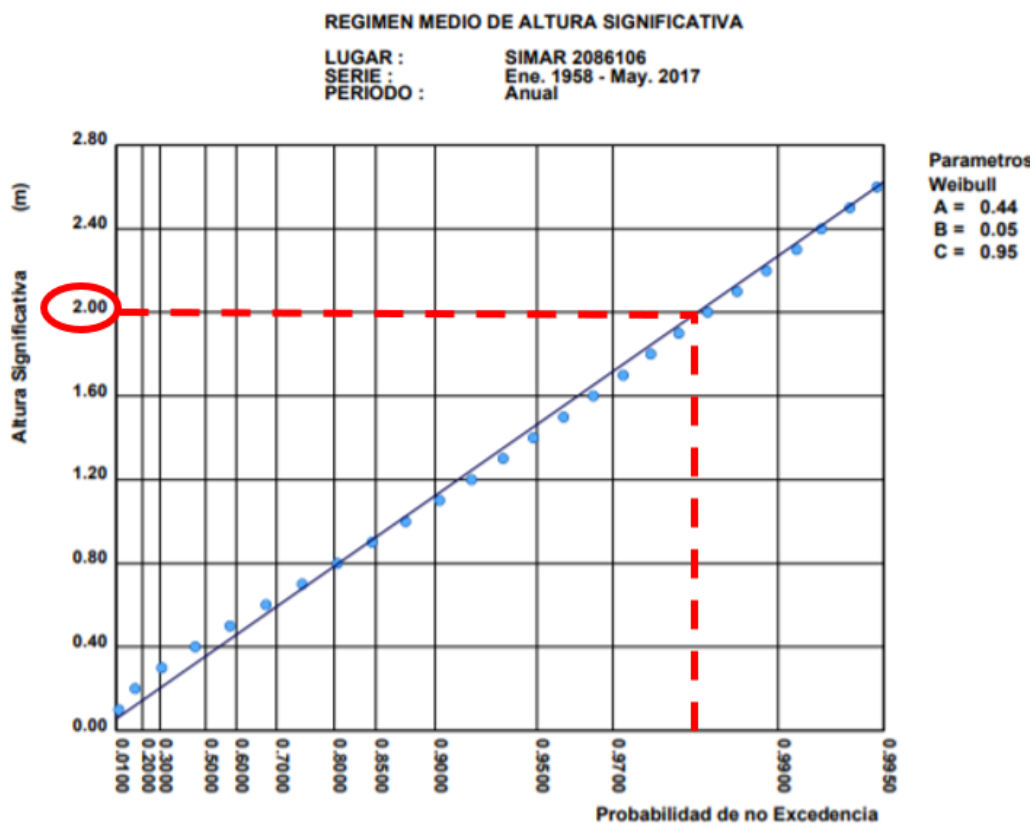


Figura 15. Régimen medio de Altura Significante anual - Probabilidad de no excedencia dirección NE

Atendiendo a la gráfica “*Régimen medio de Altura Significante anual - Probabilidad de no Excedencia para la dirección NE*” se obtiene que la  $H_s$  para este Período de retorno es de 2m. Para calcular el período pico de dicha altura de ola se empleará la siguiente ecuación:

$$T_p = 2,73 * H_s^{0,8} = 2,73 * 2,0^{0,8} = 4,75 \text{ segundos}$$

Al haber obtenido la  $H_s$  para la dirección predominante del oleaje, mediante formulaciones matemáticas bajo la aproximación estadística, se pueden obtener el  $H_{1/10}$ ,  $H_{rms}$  y  $H_{max}$ .

| Dirección NE          |                       |               |
|-----------------------|-----------------------|---------------|
| Tipo de altura de ola | Fórmula               | Altura de ola |
| $H_s$ (m)             | --                    | 2,00          |
| $H_{1/10}$ (m)        | $1,27 * H_s$          | 2,54          |
| $H_{rms}$ (m)         | $((2^{0,5})/2) * H_s$ | 1,41          |
| $H_{max}$ (m)         | $1,86 * H_s$          | 3,72          |

Figura 16. Alturas de ola para la dirección NE

## 2.2 Régimen extremal

El régimen extremal de oleaje es un modelo estadístico mediante el cual se puede obtener la probabilidad con la que se puede presentar un temporal de una cierta altura de ola. El oleaje en situación de temporal puede condicionar la seguridad y la operatividad de una instalación en la costa en situaciones donde la altura del oleaje alcanza una intensidad poco frecuente y una altura excesiva. Como las obras a realizar en este proyecto se localizan en la dársena del puerto, es decir, en un espacio donde la afección del oleaje es menor, ya que las obras de abrigo ya están construidas, el análisis exhaustivo del régimen extremal sería innecesario, pues donde se va a realizar la construcción de las nuevas infraestructuras, previamente ya se han realizado construcciones y se han hecho los cálculos correspondientes para la protección de estas. Aun así, para prevenir el riesgo que corre una instalación, por la acción del oleaje, hay que estimar la frecuencia con la que pueden presentarse temporales que superen una  $H_s$  considerable. Para ello se adjuntará la gráfica de la boya de Valencia que relaciona la altura significativa y el Período de pico de esta.

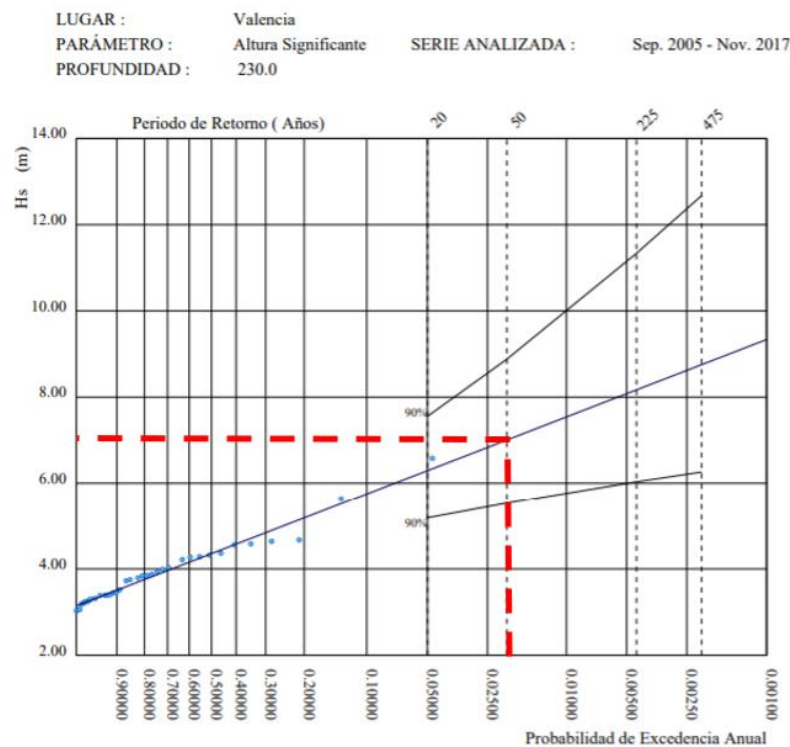


Figura 17. Régimen extremal de Altura Significante anual - Probabilidad de no excedencia, boya de Valencia

Para un Período de retorno de  $T=50$  años, es decir con una probabilidad de excedencia de 0,02 se obtiene una altura significativa de 7,01m, que corresponde a un Período pico  $T_p$  de:

$$T_p = 3,48 * H_s^{0,63} = 3,48 * 7,01^{0,63} = 11,87 \text{ segundos}$$

### 3. Propagación del oleaje

Para estudiar la propagación del oleaje se requiere recabar datos de la boya de Valencia en régimen extremal.

Primeramente, hay que comprobar que la boya se encuentre en aguas profundas, por lo que se ha de cumplir que la profundidad del emplazamiento de la boya partido por la distancia a la costa sea mayor que 0,5. Atendiendo a los datos proporcionados por la web de Puertos del Estado respecto a la boya de Valencia, ésta tiene una profundidad de 260m. La longitud de onda para la altura de ola de 7,01m es de:

$$L = \frac{g * T^2}{2\pi} * \tanh\left(\frac{2\pi L}{d}\right) = \frac{9,81 * 11,87^2}{2\pi} * \tanh\left(\frac{2\pi * L}{260}\right)$$

Empleando el método “solve” se obtiene una longitud de onda de 219,98m.

Se procede a comprobar que la boya está en aguas profundas y, efectivamente, se demuestra.

$$\frac{260}{219,98} = 1,18 > 0,5$$

Como la condición de aguas profundas se cumple, se va a calcular la altura de ola significativa teniendo en cuenta que, según la R.O.M. 2.011 tabla 4.6.2.2, el período de retorno a estudiar es de 50 años. Para ello se va a emplear, como anteriormente, el *diagrama “Régimen extremal de Altura Significante anual - Probabilidad de excedencia anual”*, obteniendo así una altura de ola  $H_s$  de 7,01m para una probabilidad del 90%. Una vez conocida esta  $H_s$  medida en la boya hay que obtener la  $H_s$  en la bocana del puerto de Dénia, que se ha obtenido mediante el uso del servidor [www.cress.nl](http://www.cress.nl). En este se ha entrado en el menú correspondiente para realizar los cálculos (Water movement; Wind waves and swell; Waves near the shore; Refraction, energy decay and longshore currents; Refraction parallel contourlines) apareciendo una ventana que solicita la introducción de los siguientes datos:

- Profundidad, en la bocana: 7m
- Período: 11,87s
- Altura de ola: 7,01m
- Ángulo de incidencia: se van a tener en cuenta las direcciones predominantes NE, ENE y E.

| Dirección del oleaje |     |    |
|----------------------|-----|----|
| NE                   | ENE | E  |
| 2                    | 20  | 42 |

Tabla 1. Ángulo de incidencia del oleaje respecto a la costa

También se debe tener en cuenta que la altura de ola ha sido obtenida de la gráfica del régimen extremal escalar del oleaje, por lo que no es representativa para cada dirección de propagación de este, así que se debe multiplicar la altura de ola significativa obtenida por un factor corrector  $K_\alpha$ , el cual se obtiene de la R.O.M. 03-91 de la siguiente tabla.

| Dir | $K_d$    |          |
|-----|----------|----------|
|     | VALENCIA | ALICANTE |
| NE  | 1,00     | —        |
| ENE | 1,00     | 1,00     |
| E   | 0,90     | 0,90     |
| ESE | 0,80     | 0,80     |
| SE  | 0,70     | 0,70     |
| SSE | —        | 0,60     |
| S   | —        | 0,60     |

Tabla 2. Valores de corrección de la Hs para Valencia y Alicante

Esta tabla proporciona los valores para corregir la Hs según la dirección de la que proceda. Aplicándola se obtienen las siguientes alturas de ola significantes:

| Dirección del oleaje | Ángulo de incidencia (°) | Hs escalar (m) | $K\alpha$ | Hs corregida (m) |
|----------------------|--------------------------|----------------|-----------|------------------|
| NE                   | 2                        | 7,01           | 1         | 7,01             |
| ENE                  | 20                       | 7,01           | 1         | 7,01             |
| E                    | 42                       | 7,01           | 0,9       | 6,309            |

Tabla 3. Hs corregida

Introduciendo todos estos datos en el servidor, este calcula la altura de ola existente, en este caso, en la bocana del puerto para cada una de las tres direcciones.

| Profundidad | Periodo | Dirección del oleaje | Ángulo de incidencia (°) | Hs corregida (m) | Hs en la bocana (m) |
|-------------|---------|----------------------|--------------------------|------------------|---------------------|
| 7           | 11,87   | NE                   | 2                        | 7,01             | 7,79                |
|             |         | ENE                  | 20                       | 7,01             | 7,6                 |
|             |         | E                    | 42                       | 6,309            | 6,18                |

Tabla 4. Hs en bocana

Se observa que para la dirección NE se obtiene la mayor altura de ola en la ola. Mediante el uso de ábacos de difracción obtenidos del *Shore Protection Manual* se va a calcular la altura de ola en la dársena del puerto. Este valor se empleará además para el dimensionamiento de la obra de abrigo de la ampliación a realizar.

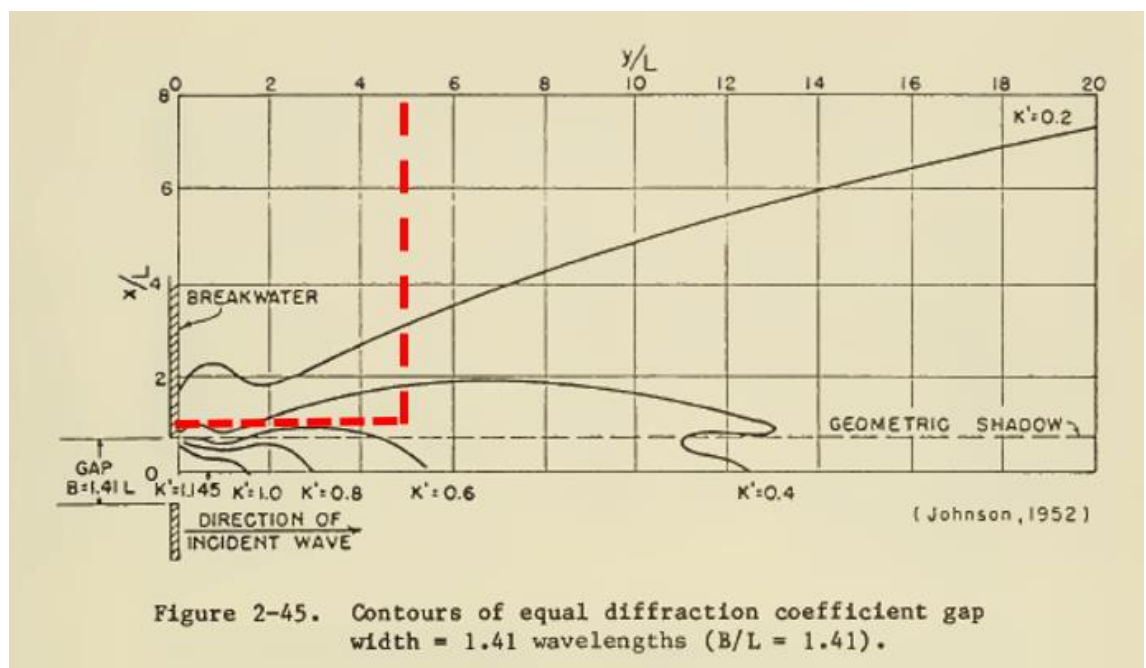


Figura 18. Ábaco de refracción del Shore Protection Manual

En primer lugar, se ha comprobado que el ábaco a usar es este. Para ello, se ha considerado que la bocana del puerto tuviese la forma de los dos diques semi infinitos presentados en la ilustración, realizado el cálculo de  $B/L$ , siendo  $B$  el ancho de la bocana, es decir 140m en su parte más estrecha, y  $L$  la longitud de onda de la ola que llega al puerto. Aplicando la formulación anterior, donde se ha comprobado que la boya de Valencia estaba situada en aguas profundas, se obtiene esta vez una longitud de onda de 95m. Comprobando la relación  $B/L$  se obtiene un valor de 1,47, el cual es próximo al de 1,41 representado en el gráfico superior, así que se empleará este.

| B   | L  | x       | y       |
|-----|----|---------|---------|
| 140 | 95 | 102,051 | 451,220 |

Tabla 5. Referencias geométricas para la refracción

| $B/L$ | $x/L$ | $y/L$ |
|-------|-------|-------|
| 1,474 | 1,074 | 4,750 |

Tabla 6. Relaciones geométricas para la refracción

Atendiendo a estas características y observando el ábaco de refracción, como se ha señalado en la Figura 18, el coeficiente de difracción es de 0,45, por lo que la altura de ola mayor, proveniente de dirección NE, que llega al punto escogido de cálculo en el muelle será de 3,51m. Teniendo en cuenta que la batimetría de la dársena está a la cota -6m, la ola no romperá, pues no alcanzará el 80% del calado.

En el ANEJO 7. CÁLCULO ESTRUCTURAL se ha dimensionado la protección de escollera para la altura de ola de 3,51m, ya que esta es la máxima que llega a la protección.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## **ANEJO 3. ESTUDIO DE DEMANDA**

---

PROYECTO BÁSICO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE  
DÉNIA (ALICANTE) PARA USOS NÁUTICO-DEPORTIVOS.  
OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.

---

*Presentado por*

Barreira Ribera, Pablo Gonzalo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: SEPTIEMBRE 2019*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*









## Índice

|   |    |
|---|----|
| 1. Objeto.....  | 3  |
| 2. Análisis de la demanda deportiva .....   | 4  |
| 2.1 Evolución y situación actual .....  | 5  |
| 2.2 Factores socioeconómicos .....  | 8  |
| 2.3 Grado de ocupación .....  | 11 |
| 3. Justificación de la obra .....   | 14 |
| <br>Figura 1. Localización de puertos deportivos en la dársena del puerto de Dénia .....        | 4  |
| Figura 2. Estadísticas del número de matriculaciones para el año 2017 .....                     | 6  |
| Figura 3. Estadísticas del número de matriculaciones para el año 2018 .....                     | 6  |
| Figura 4. Comparación entre matriculaciones 2017-2018 .....                                     | 7  |
| Figura 5. Evolución del paro registrado en Dénia.....   | 9  |
| Figura 6. Comparación de la renta media bruta per cápita .....                                  | 10 |
| Figura 7. Grado de ocupación del puerto el 11/11/2016.....                                      | 11 |
| Figura 8. Grado de ocupación del puerto el 15/06/2018.....                                      | 12 |
| Figura 9. Grado de ocupación del puerto el 30/06/2013.....                                      | 13 |
| Figura 10. Pirámide poblacional de Dénia.....   | 15 |
| <br>Tabla 1. Estadísticas Dénia .....   | 8  |
| Tabla 2. Residentes de la zona de influencia.....   | 9  |
| Tabla 3. Renta media per cápita bruta en la zona de influencia .....                            | 9  |
| Tabla 4. Número de empresas de las principales ciudades de la náutica de recreo en España ..... | 16 |



### 1. Objeto

En este anejo se procede a analizar de manera detallada la demanda de embarcaciones deportivas que tiene el puerto de Dénia, así como la repercusión que causará la construcción de las obras sobre el puerto e, indirectamente, sobre la ciudad teniendo en cuenta la evolución poblacional de esta. Se van a comparar datos históricos de Dénia con datos de las ciudades y/o pueblos próximos a ella, en concreto, de los que Dénia es zona de influencia. El fin de este anejo es justificar la ejecución de la obra y sobre qué factores, tanto demográficos, como económicos, va a tener repercusión la realización de las obras.

## 2. Análisis de la demanda deportiva

Para realizar el análisis de la demanda deportiva hay que tener en cuenta, en primer lugar, la capacidad de la que dispone el puerto. Este cuenta con tres espacios destinados a zonas deportivas, pero cada uno de ellos con titularidades diferentes.

En su conjunto el puerto posee capacidad para amarrar 2098 embarcaciones deportivas simultáneamente, de las cuales 595 amarres son de gestión directa para embarcaciones una eslora máxima de 8m y un calado de entre 2 y 3m. En cambio, respecto a los amarres en concesión, que están gestionados por 3 entes como son el Club Náutico de Dénia, La Marina de Dénia y LICUAS S.A., todas ellas con concesiones de 30 años. Ellos completan un total de 1503 amarres para embarcaciones de hasta 60m de eslora con calados de entre 2 y 7m. Comparando el número de amarres que posee este puerto con otros de la Comunidad, Dénia solo es superado por el puerto de Valencia y el de Torre Vieja, en lo que a embarcaciones náutico-deportivas concierne.

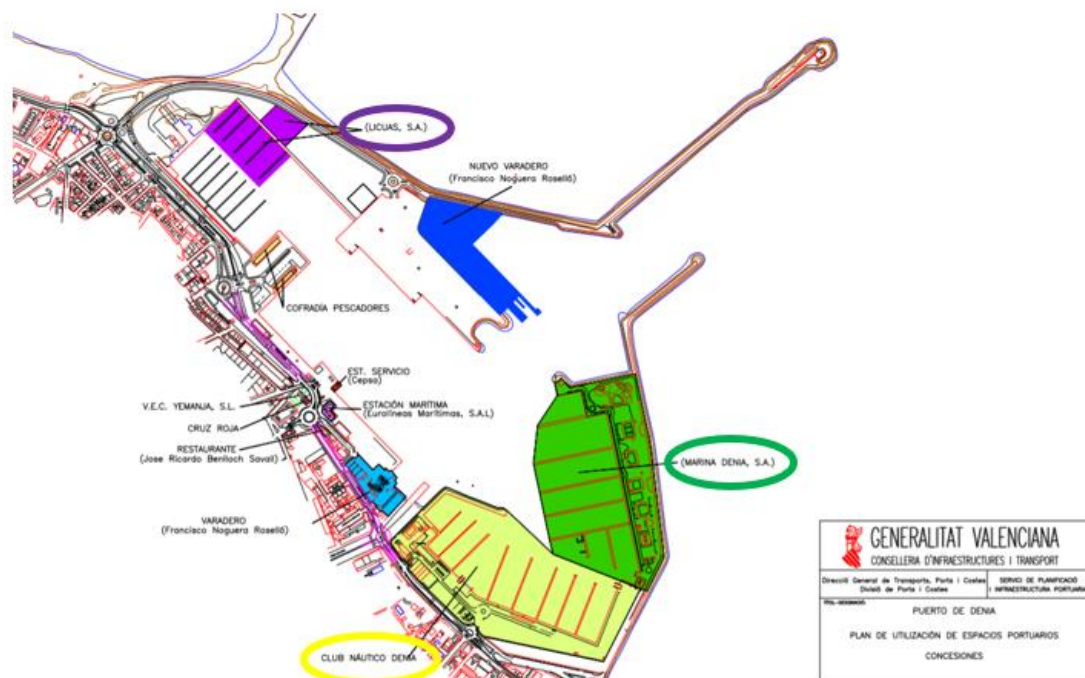


Figura 1. Localización de puertos deportivos en la dársena del puerto de Dénia

La magnitud más relevante para la determinación de la demanda potencial de nuevas instalaciones es el número de amarres actualmente existentes, así como su grado de ocupación para conocer si estas están lo suficientemente explotadas quedando justificada la ejecución de una ampliación, aumentando así la oferta del puerto. A su vez, hay que tener en cuenta que a los usuarios a los que se enfoca este análisis son usuarios que posean embarcaciones en primera y segunda residencia, usuarios de estancias temporales en las instalaciones, practicantes de actividades náuticas e indirectamente los usuarios de las infraestructuras no estrictamente náuticas ni portuarias sino, por ejemplo, usuarios que realicen actividades de ocio o de restauración.



## 2.1 Evolución y situación actual

Con el paso de la crisis la demanda de embarcaciones deportivas se truncó. Hasta el año 2007 tal demanda seguía una línea claramente ascendente. Se han obtenido datos de la Generalitat Valenciana entre los años 1996 y 2004 que muestran que en este periodo de tiempo el número de embarcaciones deportivas y de recreo ascendieron desde 794 unidades hasta 1141, es decir un incremento de prácticamente 1,5 veces la demanda existente 8 años atrás. Si se considerara que dicho crecimiento hubiera sido constante hasta la fecha, asumiendo que la crisis económica no hubiese tenido lugar, actualmente el puerto de Dénia tendría una demanda de en torno a 1800 embarcaciones. Dado que la crisis económica sí tuvo lugar, este primer número es solo un caso hipotético que no representa la realidad. Debido a la crisis económica, y según la Asociación Nacional de Empresas Náuticas (ANEN), tras el año 2007 el número de embarcaciones inscritas al año en España disminuyó en 9000 matriculaciones respecto al anterior, un hecho que afectó radicalmente a la demanda de los puertos. Desde entonces hasta el año 2015 el número de matriculaciones tuvo tanto aumentos como descensos siendo variable y creando incertidumbre, pero a partir de 2015 estas matriculaciones han vuelto a ser crecientes durante tres ejercicios consecutivos mostrando así que la demanda vuelve a aumentar. Atendiendo a las estadísticas de Alicante, donde se incluye al puerto de Dénia, se observa este incremento de matriculaciones, mayoritariamente de embarcaciones que poseen una eslora de 8m o menos. Este incremento ha sido de 284 embarcaciones.

En el caso particular de Dénia se debe tener en cuenta la ventaja cualitativa, geográficamente hablando, que tiene este puerto, pues es el destino de la Comunidad más próximo a Ibiza. También, atendiendo al número de habitantes en la ciudad en Dénia y al número de amarres disponibles en el puerto, se observa que la relación amarre/ciudadano es de las más elevadas de la Comunidad Valenciana, por lo que es uno de los municipios con más amarres por habitante.

A continuación, se procede a mostrar la evolución del número de matriculaciones disgregada por esloras entre los años 2017 y 2018. No se han obtenido datos detallados para cada eslora respecto al año 2016, pero sí del total de embarcaciones, habiendo ascendido el mismo de 4821 a 5275 matriculaciones en 2017.

| Año 2017   |                                     |                |
|--|-------------------------------------|----------------|
| Eslora   | Nº embarcaciones matriculadas (ud.) | Porcentaje (%) |
| <8 m   | 4661                                | 88,360         |
| 8-12 m   | 380                                 | 7,204          |
| 12-16 m  | 165                                 | 3,128          |
| 16m<   | 69                                  | 1,308          |
| Total  | 5275                                |                |
| Embarcaciones de recreo para uso privativo (ud.) |                                     |                |
|  | 3755                                |                |

% Esloras año 2017

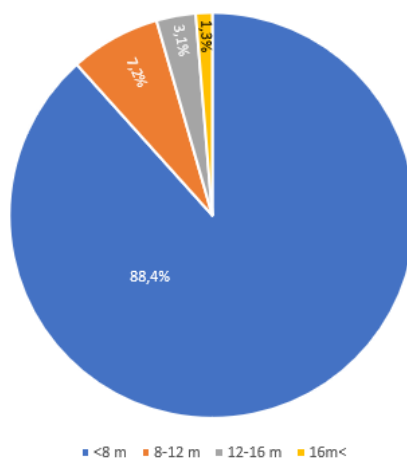


Figura 2. Estadísticas del número de matriculaciones para el año 2017

| Año 2018   |                                     |                |
|--|-------------------------------------|----------------|
| Eslora   | Nº embarcaciones matriculadas (ud.) | Porcentaje (%) |
| <8 m   | 4945                                | 89,179         |
| 8-12 m   | 351                                 | 6,330          |
| 12-16 m  | 180                                 | 3,246          |
| 16m<   | 69                                  | 1,244          |
| Total  | 5545                                |                |
| Embarcaciones de recreo para uso privativo (ud.) |                                     |                |
|  | 4037                                |                |

% Esloras al año 2018

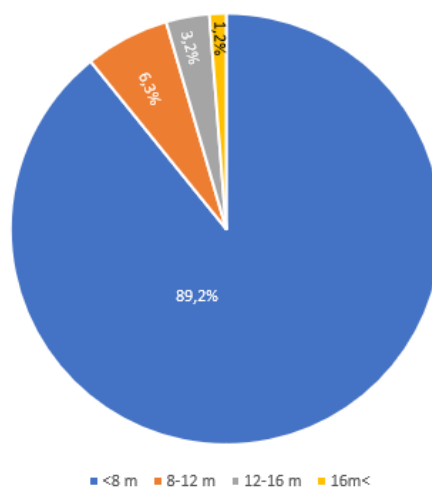


Figura 3. Estadísticas del número de matriculaciones para el año 2018



Figura 4. Comparación entre matriculaciones 2017-2018

Como se muestra en la gráfica de 2017, de todas las embarcaciones matriculadas ese año 4661 fueron embarcaciones de esloras de 8m o menores correspondiendo estas al 88,4% del total de embarcaciones. Si a estas se les añaden las embarcaciones con eslora de hasta 12m, se observa que un 95,5% de las embarcaciones matriculadas corresponden con la eslora del buque tipo escogido para el diseño de la ampliación. En el año 2018 el número de matriculaciones ascendió a 5545 de las cuales 4945 unidades corresponden a embarcaciones con esloras de 8m o menores, es decir, un 89,18% de todas las matriculaciones. Se observa que la matriculación de embarcaciones con este rango de esloras está en auge. Añadiéndoles las embarcaciones matriculadas con esloras de hasta 12m se obtiene un 95,5% de embarcaciones matriculadas con este rango de esloras, que son prácticamente como las del buque tipo. Se ha observado que el porcentaje de matriculaciones de embarcaciones hasta 12m es el mismo, pero analizando los dos grupos de esloras mencionados destaca el hecho de que el número de embarcaciones con esloras hasta 8m ha aumentado en 484 unidades mientras que las embarcaciones matriculadas de eslora entre 8 y 12m ha descendido en 29 unidades.

Respecto a los datos existentes hasta 2019 la ANEN comunica que entre enero y mayo el número de matriculaciones ha aumentado en un 8,2% alcanzando un total de 2466 matriculaciones nuevas, 186 más que el año anterior. Más concretamente destaca que el número de matriculaciones de embarcaciones deportivas con esloras hasta 6m ha aumentado en un 7,3% alcanzando las 1658 matriculaciones. A su vez, las embarcaciones con esloras entre 8 y 12m son las que más han aumentado en número creciendo hasta en un 71% matriculando 224 embarcaciones nuevas. Por otro lado, tanto las embarcaciones entre 6 y 8m, 12 y 16m como las de más de 16m de eslora se han visto disminuidas en un 1,9%, 6,7% y un 16,7% respectivamente. Se debe tener en cuenta que estos datos son a nivel nacional, por lo que se están usando de manera orientativa, pudiendo extrapolarse para aplicarlos al estudio de demanda del puerto de Dénia.



En Alicante el número de matriculaciones ha aumentado en un 24,22% de 161 a 200 unidades en 2019. Se espera que estas sigan aumentando y en mayor porcentaje, dado que los datos que se van a obtener próximamente son de meses con un clima más propicio para la navegación, así que la demanda debería aumentar.

Concluyendo, se deduce que la demanda de embarcaciones deportivas de pequeño tamaño está en un crecimiento muy positivo, pues la variación de matriculaciones de embarcaciones en torno a esloras de 10m ha aumentado. Las matriculaciones de embarcaciones de entre 12 y 16m han descendido respecto al año anterior matriculando en este 83 unidades, mientras que las de esloras entre 8 y 12m han aumentado significativamente matriculando 224 embarcaciones nuevas.

Dado que más del 95% de embarcaciones matriculadas en los últimos años corresponden a esloras de hasta 12m queda justificado que la elección del buque tipo para el dimensionamiento de las obras sea el propuesto. Atendiendo a la ROM 2.0-11 se escoge una embarcación de proyecto con las siguientes dimensiones:

- Eslora: 10m
- Manga: 4m
- Calado mínimo: 1,9m

## 2.2 Factores socioeconómicos

Para realizar el análisis de los factores socioeconómicos que afectan a la demanda de las infraestructuras portuarias, se procede a estudiar en detalle dos factores clave como son la demografía y la renta media bruta per cápita en la localización del puerto, así como en los municipios cercanos a este, que serán parte de la zona de influencia terrestre.

Dado que las obras se realizan en Dénia, será aquí donde exista la mayor afección por las infraestructuras, así que es el municipio principal a estudiar y el que más detalladamente se va a analizar.

| Año  | Número de habitantes | Paro | % Paro  | Renta media bruta |
|------|----------------------|------|---------|-------------------|
| 2018 | 41733                | 3376 | 18,25 % | --                |
| 2017 | 41568                | 3666 | 20,14 % | --                |
| 2016 | 41465                | 4095 | 22,89 % | 22756             |
| 2015 | 41553                | 4411 | 24,96 % | 22071             |
| 2014 | 41672                | 4945 | 28,3 %  | 21578             |
| 2013 | 44450                | 5248 | 29,19 % | 21719             |

Tabla 1. Estadísticas Dénia

En la tabla se observa cómo año tras año la tasa de paro ha ido disminuyendo hasta quedarse el año pasado en el 18,25%. Comparando los datos de paro con los de número de habitantes, se observa que estos han descendido aproximadamente en la misma cuantía, lo que puede significar que los habitantes que no tuvieran trabajo abandonarán el municipio. Respecto a esta tabla, hay que tener en cuenta que Dénia es una ciudad cuya mayor fuente de financiación es el turismo. En los meses estivales la población en el municipio se multiplica por 5 ascendiendo hasta 200.000 habitantes, lo que influye a que la tasa de paro sea muy variable a lo largo del

año, reduciéndose el paro en verano y aumentando en invierno. A pesar de que la obra proyectada es permanente, es decir, se le va a dar uso todo el año, se ha decidido analizar las estadísticas de los habitantes registrados en Dénia y no de la variación de la población provocada por el turismo, aunque se tendrá este factor en cuenta para que la obra diseñada tenga una capacidad máxima de amarres.

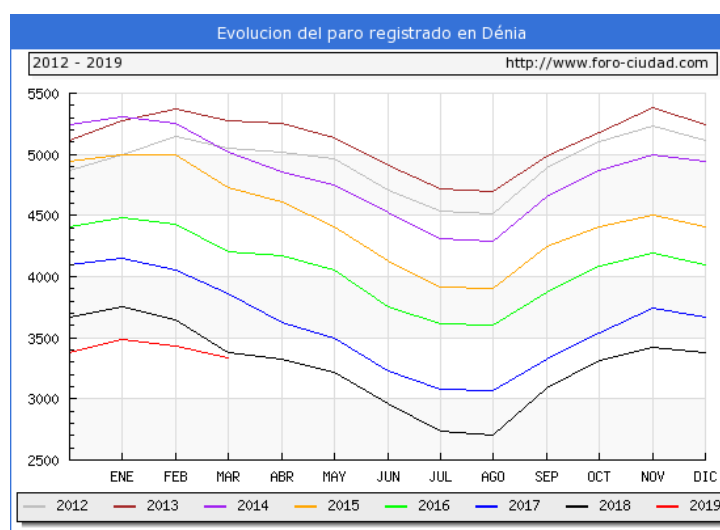


Figura 5. Evolución del paro registrado en Dénia

Respecto a la renta media bruta per cápita solo se han encontrado datos hasta el año 2016. Se observa que esta está en aumento, lo que significa que se está recuperando la bonanza económica tras la crisis. Se observa que conforme disminuye el paro aumenta la renta per cápita.

El factor de la renta media bruta per cápita se estudia en los municipios cercanos a Dénia, que son los que están en su zona de influencia, ya que Dénia es la ciudad más grande del entorno.

| Año  | Gata de Gorgos | Ondara | Els Poblets | El Verger | Jávea |
|------|----------------|--------|-------------|-----------|-------|
| 2018 | 2974           | 3418   | 1360        | 2247      | 13528 |
| 2017 | 2926           | 3377   | 1392        | 2212      | 13441 |
| 2016 | 2937           | 3322   | 1562        | 2250      | 13506 |
| 2015 | 2974           | 3319   | 1602        | 2293      | 13704 |
| 2014 | 3036           | 3329   | 1618        | 2349      | 14499 |
| 2013 | 3185           | 3306   | 1645        | 2445      | 16572 |

Tabla 2. Residentes de la zona de influencia

| Año  | Gata de Gorgos | Ondara | Els Poblets | El Verger | Jávea |
|------|----------------|--------|-------------|-----------|-------|
| 2018 | --             | --     | --          | --        | --    |
| 2017 | --             | --     | --          | --        | --    |
| 2016 | 20823          | 18789  | 20273       | 18157     | 23618 |
| 2015 | 19591          | 17455  | 19978       | 17730     | 22852 |
| 2014 | 19133          | 17392  | 19554       | 16780     | 21509 |
| 2013 | 19252          | 16737  | 19005       | 16827     | 21590 |

Tabla 3. Renta media per cápita bruta en la zona de influencia

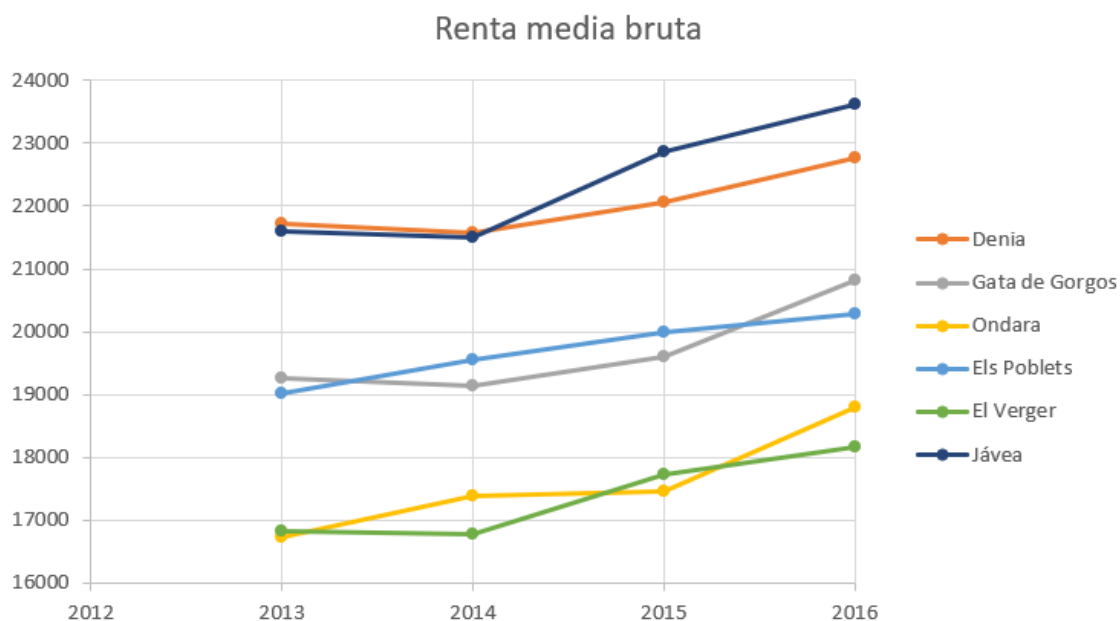


Figura 6. Comparación de la renta media bruta per cápita

Observando las tablas se determina que, como ha ocurrido en Dénia, la población se ha reducido, pero la renta per cápita ha ido aumentando. Este hecho se aprecia con mayor percepción en la gráfica donde todas las líneas, cada una representando a la renta per cápita de un municipio, crecen. Cabe destacar que la renta media bruta per cápita en el año 2016 en España era de 23.970€, siendo esta mayor a la de los municipios estudiados, por lo que, aunque la tendencia en ellos fuera positiva, aún debería mejorarse. En 2018, último año del que se han encontrado registros anuales, la renta media bruta per cápita en España fue de 25.900€.

## 2.3 Grado de ocupación

El grado de ocupación es un factor que determina de una manera cuantitativa cómo es la demanda del puerto. Para calcularlo se van a tener en cuenta los 2090 amarres que posee el puerto, descontando los pertenecientes a embarcaciones de esloras de más de 60m, los cuales se pueden distinguir fácilmente a la vista, y la cantidad de barcos amarrados en estos amarres en dos fechas diferentes, una correspondiente al 15 de junio de 2018, es decir, época estival muy reciente y la otra correspondiente al 11 de noviembre de 2016, época invernal, en la que supuestamente debe haber un grado de ocupación menor. De estas dos fechas existen registros fotográficos en Google Earth y lo que se va a hacer es contar las embarcaciones amarradas existentes en la imagen y posteriormente dividir las entre el número total de amarres. Se obtendrán dos grados de ocupación que serán representativos debido a que son en épocas anuales diferentes en años diferentes, pero ambos años corresponden al ligero, pero constante crecimiento de matriculaciones descrito anteriormente. Cabe destacar que en la web de la Generalitat Valenciana existen datos que permitirían realizar las estadísticas, pero estos no han sido actualizados desde el año 2004, por lo que, habiendo sufrido la crisis económica desde entonces hasta ahora, se opta por despreciarlos y trabajar con datos más recientes.

Para el año 2016:

Número de amarres para embarcaciones de esloras menor a 60m disponibles: 2090

Número de embarcaciones amarradas: 1494 unidades

Grado de ocupación:  $\frac{1494}{2090} = 0.715$ , es decir, el grado de ocupación el día 11 de noviembre fue de 71,5%.



Figura 7. Grado de ocupación del puerto el 11/11/2016



Para el año 2018:

Número de amarres para embarcaciones de esloras menor a 60m disponibles: 2090

Número de embarcaciones amarradas: 1455 unidades

Grado de ocupación:  $\frac{1455}{2090} = 0.696$ , es decir, el grado de ocupación el día 6 de junio fue de 69.6%. Este valor es insignificamente menor al de el año 2016, pero se ha de tener en cuenta que en 2018 la fotografía obtenida es la época estival, por lo que es curioso que la ocupación sea menor. Esto puede achacarse a que este día era domingo y, además a principios de la época de buen tiempo para la navegación deportiva, así que es posible que muchos propietarios de embarcaciones estuviesen de travesía en ese preciso instante. Esta deducción se ha realizado en base a que hay tráfico entrante y saliente de embarcaciones y constatación in situ a la fecha de confección de este trabajo.



Figura 8. Grado de ocupación del puerto el 15/06/2018

Mediante este análisis cuantitativo se puede estimar que el grado de ocupación del puerto es de entorno al 70%. En la siguiente imagen, realizada el 30 de junio de 2013, se observa la poca ocupación del puerto, incluso estando en época estival. Esta poca ocupación se debe al comienzo de la superación de la crisis económica. Claramente se observa que el grado de ocupación en el puerto ha ido en aumento y, debido a que actualmente el país se está recuperando económicamente, aunque de manera paulatina, se deduce que el grado de ocupación va a ir aumentando en un futuro próximo.

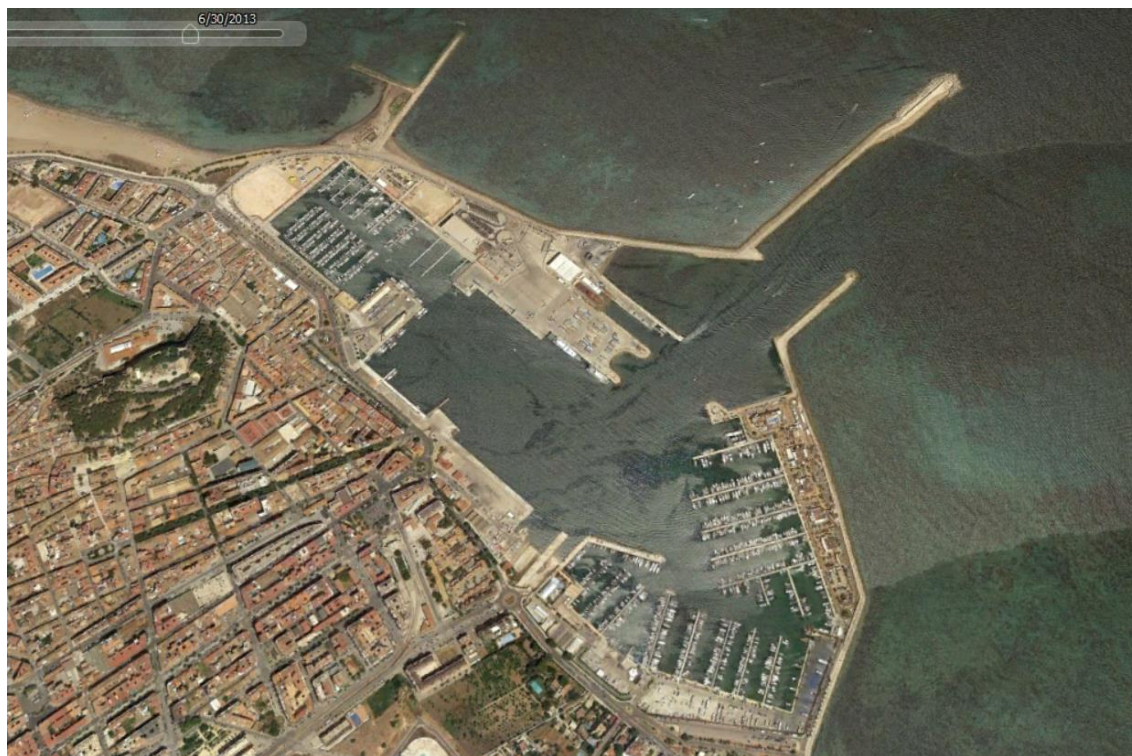


Figura 9. Grado de ocupación del puerto el 30/06/2013



### 3. Justificación de la obra

Dénia es un territorio en contacto con el mar y posee una zona económico-marítima excepcional además de una gran longitud de playas en su término municipal que permite la realización de actividades náutico-recreativas. Si a esto se le añaden unas condiciones climáticas favorables durante buena parte del año para la práctica de estas actividades, se puede afirmar que Dénia presenta unas condiciones inmejorables para el turismo náutico junto a unas instalaciones portuarias que aumentan el valor de la ciudad. Por lo tanto, la situación del turismo náutico en Dénia no sólo ha de ponerse en relación con sus buenas condiciones territoriales y climáticas para la práctica de deportes acuáticos, sino también con la calidad de las instalaciones náutico-deportivas, con la integración adecuada de éstas en la oferta para aumentar la demanda de los servicios portuarios y el producto turístico zonal y su mayor orientación hacia el turismo náutico.

Como se ha demostrado anteriormente, la matriculación de embarcaciones deportiva con esloras de hasta 12m está actualmente en auge. Teniendo en cuenta este aumento de la demanda y que la renta bruta media per cápita en Dénia también está aumentando, por lo que la economía en el municipio va a mejor, es de esperar, que si la mayor fuente de ingresos de la ciudad es el turismo, dado que Dénia no cuenta con aeropuerto y el puerto es el único nexo directo con turistas de otros países que vienen a España, en este caso a Dénia, por su buen clima y por sus playas en la época apta para la navegación, queda justificada la realización de la ampliación, pues está dará una mayor bonanza económica a la ciudad y un retorno económico de la inversión a efectuar. Según el diario “La Marina Plaza”, en un artículo publicado en 2014, por cada empleo directo creado en el puerto se crean siete indirectos, así correlativamente por el hecho de aumentar la capacidad del puerto para embarcaciones deportivas se obtendría un descenso considerable del paro e ingresos para el erario público, por el uso del dominio marítimo-terrestre, en forma de tributos y pago de precios públicos.

El cliente/usuario principal de los puertos deportivos es un cliente de alto poder adquisitivo. Dichos clientes/usuarios que consumen servicios del municipio de manera considerable contribuyen a la desestacionalización del sector provocando que la tasa de paro no sea tan variable a lo largo del año. Esto es fundamental, ya que si se tiene en cuenta que el peso de la economía recae en el turismo y este es abundante únicamente en los meses estivales, se podría subsanar la frágil -por estacional- economía que caracteriza al municipio, a pesar de que esta esté mejorando en la actualidad. Este tipo de turismo es el que más gasto genera en Dénia a lo largo del día beneficiando a otros sectores, principalmente a la gastronomía, que junto al atraque de embarcaciones es lo que la concejalía de Turismo de Dénia considera como pilares básicos de la economía de la ciudad.

En el año 2006 la Universidad de Valencia realizó un informe en el que subrayaba los beneficiosos impactos del turismo náutico, en especial en Dénia, siendo únicamente el impacto económico del Club Náutico o de La Marina que provocaban un ingreso cada uno de 2.000.000€. Este estudio también remarcó que dicho turismo incentiva la demanda de plazas hoteleras e incluso la compra de propiedades inmobiliarias. A su vez, atendiendo a la pirámide de población de Dénia se observa que el mayor número de habitantes está en la franja de edad de entre 35 y 60 años, edad a la que las personas suelen gozar de cierto poder adquisitivo para adquirir y mantener de una embarcación, estabilidad que se entronca con la instalación proyectada, así mismo de carácter estable.



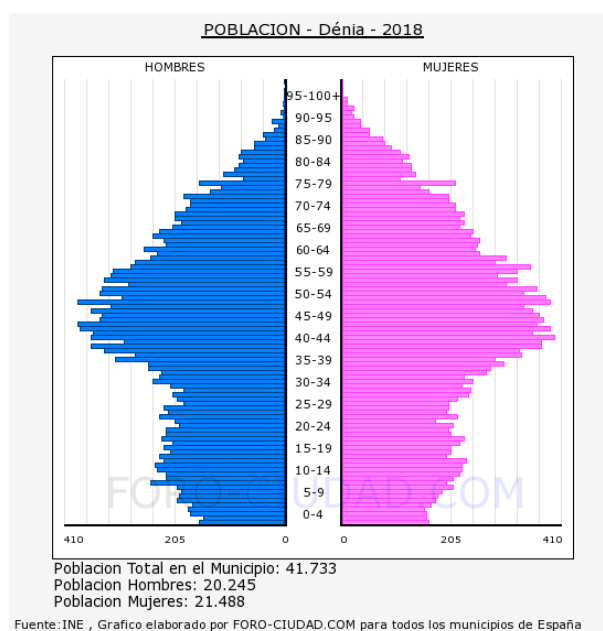


Figura 10. Pirámide poblacional de Dénia

También hay que tener en cuenta que Dénia tiene el puerto más próximo a Ibiza y Formentera, destinos de gran turismo, desde los cuales los clientes/usuarios que poseen embarcaciones propias pueden navegar hasta la península teniendo el puerto de Dénia cercano o viceversa, los turistas que visitan Dénia navegan a estas islas provocando, en cualquiera de ambos casos, un aumento de la demanda del puerto y consiguiente gasto que retorna directa o indirectamente a la inversión.

En este sentido, el uso de la nueva instalación por barcos provenientes de otros puertos, siquiera transeúntes, no es desdeñable.

Respecto al grado de ocupación, este se encuentra actualmente en torno al 70% según se ha demostrado anteriormente. Se ha comentado que el número de matriculaciones en España estaba *in crescendo* y se ha comprobado que la ocupación del puerto de Denia ha ido en aumento paralelamente, por lo que se puede deducir que el puerto obtendrá una demanda mayor en un futuro próximo, quedando la ejecución de la ampliación justificada.

Según la ANEN en el año 2016 Dénia se encontraba en el noveno puesto entre las ciudades principales del sector de la náutica deportiva con mayor número de empresas, demostrando que la misma es de gran relevancia en la ciudad otorgando hasta cuarenta y una empresas en el sector y aportando un relevante sostén a la economía de la ciudad. Este hecho hay que tenerlo en cuenta pues la ciudad de Dénia, entonces, poseía 41465 habitantes, la menor población de entre las 10 primeras ciudades de la lista adjuntada a continuación. Para dicha cuantía de habitantes, el número de empresas correspondiente al sector de la náutica de recreo confirma que este tiene mucho peso en la economía de la ciudad.

Teniendo en cuenta que la economía en Dénia, a pesar de ser creciente en los últimos años, sigue estando en un estado de necesidad, la construcción de tal obra permite que el puerto pueda albergar más embarcaciones deportivas, por lo que queda justificada la inversión en el proyecto. Con esta ampliación se prevé un aumento de puestos de trabajos, tanto directos como

indirectos, significativo reduciendo la tasa de paro por la creación de nuevos servicios, un aumento de la población, sobre todo de ciudadanos de poder adquisitivo medio/alto que se puedan permitir el disponer de embarcaciones de recreo, de su mantenimiento, aseguramiento y del amarre y, consecuentemente, un aumento de la renta media bruta per cápita de población.

**Tabla 9. Las 20 principales ciudades del sector de la náutica de recreo en España. Número de empresas. Año 2016.**

|                            | Nº de empresas |                           | Nº de empresas |
|----------------------------|----------------|---------------------------|----------------|
| PALMA                      | 200            | FORMENTERA                | 15             |
| BARCELONA                  | 173            | JAVEA/XABIA               | 15             |
| MADRID                     | 132            | MANACOR                   | 15             |
| VIGO                       | 87             | MATARO                    | 15             |
| VALENCIA                   | 83             | MOGAN                     | 15             |
| CALVIÀ                     | 57             | ROSES                     | 15             |
| LAS PALMAS DE GRAN CANARIA | 50             | SANT FELIU DE GUIXOLS     | 15             |
| EMISSA                     | 46             | SANXENXO                  | 15             |
| <b>DENIA</b>               | <b>41</b>      | CALP                      | 14             |
| MARBELLA                   | 40             | CASTELLON                 | 14             |
| A CORUÑA                   | 36             | MOÑA                      | 14             |
| MÁLAGA                     | 36             | SAN PEDRO DEL PINATAR     | 14             |
| ALICANTE/ALACANT           | 33             | SAN LUCAR DE BARRAMEDA    | 14             |
| ALGECIRAS                  | 28             | SAN JAVIER                | 13             |
| CARTAGENA                  | 28             | SANT JOSEP DE SATALAIA    | 13             |
| CASTELLO D'EMPURIES        | 26             | SANTA EULÀRIA DES RIU     | 13             |
| MAO                        | 26             | CHICLANA DE LA FRONTERA   | 12             |
| EL PUERTO DE SANTA MARÍA   | 25             | ELCHE/ELX                 | 12             |
| SANTA POLA                 | 25             | ROQUETAS DE MAR           | 12             |
| BENALMADENA                | 24             | SANT ANTONI DE PORTMANÝ   | 12             |
| ALMERÍA                    | 23             | ARONA                     | 11             |
| SEVILLA                    | 23             | HONDARRIBIA               | 11             |
| SITGES                     | 23             | JEREZ DE LA FRONTERA      | 11             |
| TORREVIEJA                 | 23             | LLANCA                    | 11             |
| CIUTADELLA DE MENORCA      | 22             | SANTANDER                 | 11             |
| SANTA CRUZ DE TENERIFE     | 22             | ADEJE CASCO               | 10             |
| TARRAGONA                  | 22             | ALCOBENDAS                | 10             |
| GETXO                      | 21             | FELANITX                  | 10             |
| HUELVA                     | 21             | ISLA-CRISTINA             | 10             |
| ALCUDIA                    | 20             | LA LINEA DE LA CONCEPCION | 10             |
| LLUCMAJOR                  | 20             | PUERTO REAL               | 10             |
| SANTA EULALIA DEL RIO      | 20             | SADA                      | 10             |
| CAMBILS                    | 19             | SANT LLUIS                | 10             |
| CASTELLDEFELS              | 19             | VILANOVA I LA GELTRÚ      | 10             |
| ESTEPONA                   | 19             | AGUILAS                   | 9              |
| MURCIA                     | 19             | ARENYS DE MAR             | 9              |
| PALAMOS                    | 18             | ARRECIFE                  | 9              |
| ALTEA                      | 17             | FUENGIROLA                | 9              |
| ANDRATX                    | 17             | GANDIA                    | 9              |
| CADIZ                      | 17             | MAZARRON                  | 9              |
| SANT CARLES DE LA RAPITA   | 17             | MOTRIL                    | 9              |
| SANTANYI                   | 17             | O GROVE                   | 9              |
| EL MASNOU                  | 16             | RIBEIRA                   | 9              |
| POLLENÇA                   | 16             | VINAROS                   | 9              |
| YAIZA                      | 16             |                           |                |

Tabla 4. Número de empresas de las principales ciudades de la náutica de recreo en España



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## **ANEJO 4. ESTUDIO DE SOLUCIONES**

---

PROYECTO BÁSICO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE  
DÉNIA (ALICANTE) PARA USOS NÁUTICO-DEPORTIVOS.  
OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.

---

*Presentado por*

Barreira Ribera, Pablo Gonzalo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: SEPTIEMBRE 2019*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*







## Índice

|   |    |
|---|----|
| 1. Objeto.....  | 3  |
| 2. Alternativas estudiadas .....  | 4  |
| Alternativa 1 .....   | 5  |
| Alternativa 2 .....   | 7  |
| Alternativa 3 .....   | 9  |
| Alternativa 4 .....   | 11 |
| 3. Análisis multicriterio para la selección de la alternativa.....        | 13 |
| 4. Criterios evaluados.....   | 14 |
| 5. Coeficientes de ponderación.....                                       | 19 |
| 6. Alternativa elegida .....  | 21 |
| <br>Figura 1. Localización de las alternativas .....                      | 4  |
| Figura 2. Esquema de la alternativa 1 .....                               | 6  |
| Figura 3. Localización de la pradera de posidonia en regresión. ....      | 8  |
| Figura 4. Esquema de la alternativa 3 .....                               | 10 |
| Figura 5. Esquema de la alternativa 4. ....                               | 12 |
| Figura 6. Alternativa escogida. ....                                      | 21 |
| <br>Tabla 1. Análisis multicriterio de las alternativas presentadas. .... | 20 |



## 1. Objeto

El fin de este anejo es realizar el estudio de soluciones presentando y describiendo resumidamente las diferentes propuestas para ejecutar las obras de ampliación del puerto de Denia de atraque y amarre para uso náutico-deportivo.

Con todas las alternativas desarrolladas se procede a realizar un análisis multicriterio valorando las 4 alternativas propuestas según condicionantes legales, medioambientales, estéticos, técnicos, funcionales, físicos y económicos y sociales mediante una ponderación realizada bajo criterio técnico y personal del autor de este trabajo. Se presenta al final del estudio el valor que posee cada alternativa y alcance el mayor será la elegida y desarrollada.

## 2. Alternativas estudiadas

En este apartado se presentarán las distintas alternativas para realizar la ampliación y el acondicionamiento de las instalaciones del puerto. Se explicará cada posible solución de manera resumida resaltando las diferencias existentes entre cada una de ellas.

Para todas las soluciones propuestas se ha optado por emplear una embarcación de proyecto, según la ROM 2.0-11, de dimensiones:

- Eslora: 10m
- Manga: 4m
- Calado mínimo: 1,9m

Esta elección de embarcación tipo está justificada en el ANEJO 3. ESTUDIO DE DEMANDA.

A continuación, se procede a presentar las diferentes alternativas contempladas.



Figura 1. Localización de las alternativas





### Alternativa 1

Esta alternativa propone realizar la ampliación en el espacio existente al noreste del varadero. Se trata de una zona colindante a la bocana del puerto, por lo que se prevé que las obras realizadas estarán sometidas a efectos de agitación por la circulación de barcos y, además, por el oleaje que penetra en el puerto. Para solventar estos problemas se propone, como primer paso en la ejecución de esta obra, la construcción de un dique en talud de escollera que cubra todo el muelle e incluso parte de la zona de atraque para abrigar a las embarcaciones que exploten las nuevas obras de amarre y los equipos de trabajo que se deben emplear para realizar las obras adecuadamente.

Se construirá un muelle de bloques, ya que el calado requerido es inferior a 10 metros, de forma triangular en planta en el lado de la Escollera norte del puerto, que dispondrá de plazas de aparcamiento para facilitar la accesibilidad al mismo y otras instalaciones para la máxima explotación de la infraestructura. El muelle tendrá unas dimensiones en planta de 167 x 1334m, siendo el lado mayor el que es paralelo a la Escollera norte.

En el lado colindante al varadero se ejecutará un pantalán continuo flotante con guías perimetrales para poder acceder a las embarcaciones amarradas en este emplazamiento. Para la ejecución de este pantalán se deberá colocar un relleno a modo de muelle provisional, en el que se instalen los huecos para las guías del pantalán para que este no esté fijo y que, en caso de variación de la cota del nivel del mar, el pantalán varíe de igual manera dotando a la obra de una mayor flexibilidad. El pantalán será de 1,5 x 167 m, cumpliendo este con la normativa respecto a la anchura para ser transitable únicamente por peatones.

Para la ejecución de esta obra se deberá realizar un estudio de dragado con el fin de determinar el tipo de draga a emplear, ya que el calado actual de la zona varía entre 0,5 y 3m de profundidad siendo insuficiente en algunas partes del emplazamiento para las embarcaciones que van a explotar las nuevas instalaciones. También se debe tener en cuenta el factor que supone el almacenamiento de los bloques durante la construcción. Como solución se opta por acopiarlos en el aparcamiento situado próximo a la glorieta de la entrada de la Carretera de las Marinas, ocupando parte de dicho emplazamiento. Los bloques se transportarían mediante camiones por el vial hasta la zona escogida y una vez allí serían colocados.

Los amarres se dispondrán a muerto, tanto en el lado del muelle como en el del pantalán flotante, dotando así al puerto de 76 nuevos amarres para embarcaciones náutico-deportivas, por lo tanto, serán necesarias, al menos, 38 plazas de aparcamiento. Para que los usuarios alcancen tanto estas plazas como las instalaciones pertinentes, se aprovechará el vial existente desde la glorieta de la entrada de la ciudad hasta la que está junto al varadero de Denia y se empleará un camino existente para alcanzar las zonas de aparcamiento. Este camino es transitado actualmente por peatones o incluso algún vehículo de vigilancia del puerto aislado, así que se deberá estudiar su viabilidad para el paso de vehículos de mayor tamaño -incluso industriales- y, si fuera necesario, rediseñarlo aumentando su ancho y su capacidad portante para que al menos puedan circular dos vehículos simultáneamente en direcciones opuestas, más su arcén y acera.

Este espacio se encuentra localizado en la zona designada por el puerto como “zona de usos industriales y comerciales”, al lado del área industrial, que es donde se encuentra el

varadero. Es por esto por lo que se decide que este emplazamiento es poco apropiado para las obras debido a que no estaría integrado en el puerto. También, haciendo una hipótesis de que en un futuro la demanda de embarcaciones en el puerto aumentase considerablemente, sería probable que el varadero existente no fuera suficientemente grande y se tuviese que ampliar, por lo que este emplazamiento sería idóneo para ello, pero no en la actualidad.

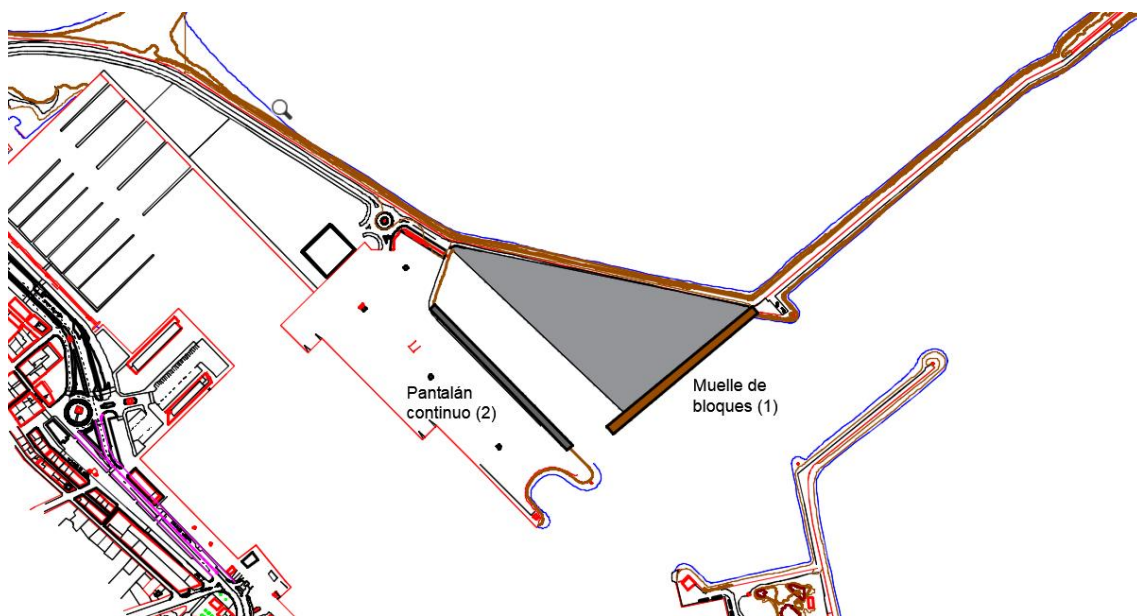


Figura 2. Esquema de la alternativa 1



## Alternativa 2

La alternativa 2 presenta la solución de realizar la ampliación del puerto aprovechando el emplazamiento que queda al norte del puerto, pero fuera de él, concretamente entre el Dique del Raset y el Dique del Norte en Bajo el Caballo, ganándole así espacio al mar.

Para la ejecución de esta obra se debería construir una obra de abrigo perimetral paralela al Dique del Norte desde el Dique del Raset para evitar la afección del oleaje en la mayor medida posible. Se trataría de un dique en talud, puesto que el calado existente es escaso para la ejecución de un dique vertical. Se debería dotar a esta ampliación de una bocana paralela a la del puerto localizada en la parte noreste del emplazamiento. Dicha bocana debería tener un ancho mínimo de 50 metros por motivos de seguridad. Dentro del espacio cerrado se construirían los muelles para el atraque de embarcaciones náutico-deportivas con sus respectivas instalaciones, dotando al puerto de una capacidad cuantiosamente mayor que en ninguna otra solución. Se podría realizar un estudio en función de las dimensiones de la alternativa 2 para comprobar la viabilidad de realizar en este emplazamiento todo el puerto deportivo de Dénia liberando al propio puerto de sus dos dársenas deportivas, permitiéndole así poder expandirse con fines comerciales pudiendo establecer diferentes tipos de terminales para dotar al puerto de una mayor importancia económica.

Se propone la construcción de un muelle aprovechando el Dique Norte y perpendicular a este la colocación de pantalanés continuos flotantes a los que se amarrarán las embarcaciones. Estas estarán dispuestas a muerto para integrarse en el diseño constructivo del puerto. Dado que esta obra se realiza en una de las zonas más alejadas a la ciudad y próximas al mar, habrá que tener en cuenta el evitar la construcción de edificios para instalaciones elevadas u otras infraestructuras que puedan tener una afección visual negativa para los ciudadanos ocultando parte del paisaje desde la ciudad.

Pero el mayor problema de esta solución es la afección a espacios protegidos, pues este emplazamiento estaría afectando a una zona LIC en la que yacen praderas de posidonia oceánica, que están en regresión.

A pesar de que se están realizando estudios acerca del estado de estas praderas, y de que estos son favorables y dictaminan que, como las praderas se encuentran en sustratos rocosos, el posible garreo es improbable en comparación con otras zonas de fondos arenosos, teniendo en cuenta que la explotación del puerto va a ser realizada por embarcaciones de hasta 10 metros de eslora, es improbable en comparación con otras zonas de fondos arenosos, se opta por respetar el medio ambiente y no realizar las obras en este emplazamiento adoptando un pensamiento conservador, previsor y favorable de cara al medio ambiente, pues quizá en el futuro el número de praderas se vea considerablemente afectado. Este cambio podría llegar a ocurrir, pues hay antecedentes que así lo demuestran. Se comprobó en 2006 que en la zona de la alternativa 2, donde se propone el emplazamiento de la ampliación, las praderas estaban en regresión. Junto al pensamiento de proteger las praderas se ha constatado también que, actualmente, la demanda del puerto de Denia está en aumento, pero dicho aumento no justifica una construcción de dimensiones tan grandes, sino que aún existen espacios en el interior del puerto que pueden ser reordenados y satisfacer la demanda actual.



Figura 3. Localización de la pradera de posidonia en regresión



### Alternativa 3

Esta alternativa presenta la posibilidad de realizar la construcción de las obras de atraque y amarre aprovechando el muelle donde se ubica la gasolinera del puerto junto al Real Club Náutico y construyendo dos tramos nuevos de muelle creando un nuevo emplazamiento con una disposición en forma de “U”.

Se pretende aprovechar el muelle de la gasolinera removiendo la escollera que actúa como obra de abrigo para emplear la cara norte de este como zona de atraque también. La propuesta continúa alargando el muelle con un muelle de bloques de manera perpendicular a la línea de tierra introduciéndolo en la dársena general y, a continuación, seguir con otro muelle de bloques de manera paralela al de la gasolinera. Ambas construcciones nuevas se protegerán con un manto de escollera para evitar la reflexión del oleaje en la dársena del puerto. Las dimensiones del muelle paralelo a la gasolinera serán de 8 metros de ancho por 146 m de largo, con una longitud de atraque de 138m, y 40m de largo en dirección penetrante a la dársena general por 8m de ancho. Dado que los muelles a ejecutar son de bloques, el destinar una zona para el acopio de tales bloques es necesario. Se han estudiado diversas opciones pudiendo emplear el espacio que queda libre al oeste del restaurante Balandros, donde se plantea ejecutar la alternativa 4, lugar idóneo por la proximidad a la dársena y el fácil transporte de los bloques a su emplazamiento final. En caso de que se necesitara un área mayor para el almacenamiento o simplemente más espacio existen, próximas al lugar donde se pretende realizar la obra, una zona de aparcamiento del Puerto Deportivo, además de un espacio destinado a ser usado como puerto seco que podrían emplearse.

Respecto a los 4 bloques existentes en la dársena del puerto, estos se demolerán mediante voladuras controladas, pues actualmente carecen de cualquier función. Se ha comprobado que los barcos no tendrán ninguna dificultad en navegar entre el nuevo muelle y el más cercano localizado en el puerto deportivo, ya que se dejará un ancho de más de 40 m, el cual permitirá la entrada y salida de embarcaciones simultáneamente.

Mediante esta solución el puerto aumentaría su capacidad en 59 amarres para embarcaciones náutico-deportivas de hasta 10 m de eslora. Para esta ampliación no será necesaria la construcción de nuevas instalaciones ni zonas de aparcamiento, pues con las existentes en el Carrer de les Duanes, las del Real Club Náutico y las del Puerto Deportivo, localizadas al sureste de esta construcción, se satisfaría la demanda. En este caso los amarres también serán a muerto respetando el canon establecido en el puerto.

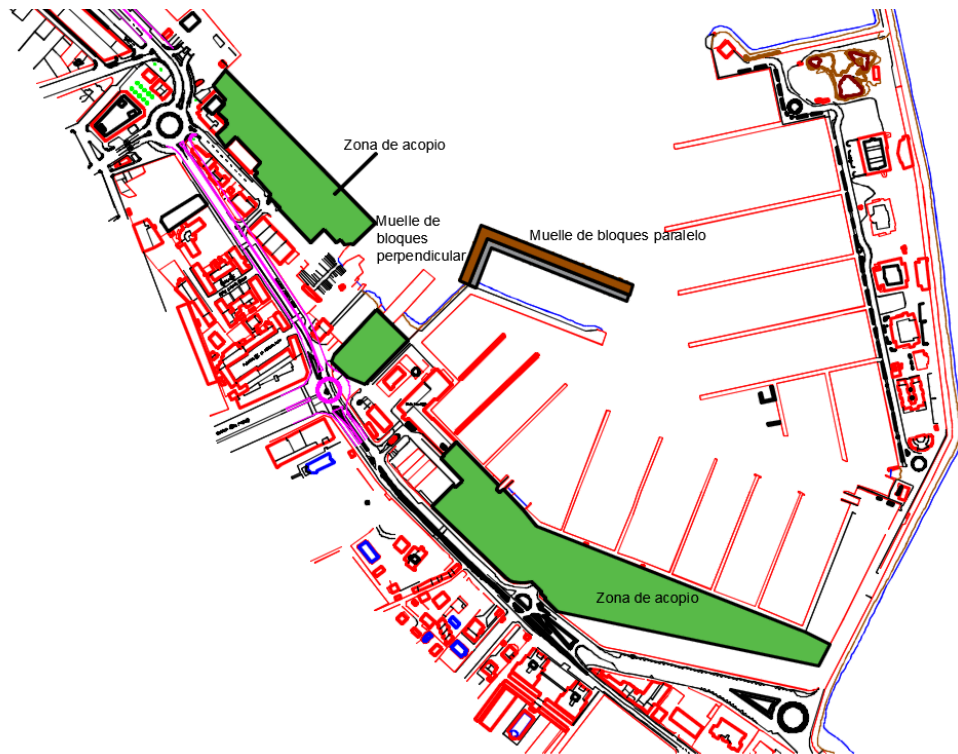


Figura 4. Esquema de la alternativa 3





## Alternativa 4

En esta alternativa se propone la construcción de las nuevas obras de atraque y amarre en un emplazamiento cercano a la alternativa 3, al oeste de la misma. Se plantea, en primer lugar, la construcción de un dique de bloques de hormigón de 57 x 50m en la parte del puerto a la altura de la calle Castell d'Olimbroi, entre las dos glorietas existentes. A este muelle se le añade la construcción de otro en dirección perpendicular al primero, es decir hacia el interior de la dársena general, también de bloques de hormigón y de dimensiones 61 x 14m. El almacenamiento de los bloques para ejecutar la construcción se localizaría ocupando parte de las plazas de aparcamiento situadas al este de la construcción, en la zona del aparcamiento del Puerto Deportivo, quedando dicho emplazamiento muy próximo a esta. Así pues, con esta solución se ganarían hasta 22 amarres a muerto nuevos.

Para esta alternativa surgen diversos condicionantes como son el espejo de maniobrabilidad de las grandes embarcaciones, por lo que la longitud del muelle perpendicular está condicionada. Para ganar más longitud de atraque se propone que el primer muelle construido tenga su línea de tierra 15 metros más adentrado que el muelle situado al oeste del mismo para que no se afecte a la zona de maniobrabilidad de ninguna manera, aunque los barcos lo estén explotando. Esto no es un condicionante determinante, ya que el muelle podría no estar adentrado y cuando un crucero quisiera atracar solo se deberían desplazar las embarcaciones deportivas afectantes momentáneamente hasta el final de las maniobras del crucero, pero por comodidad se opta por realizar este encajonamiento del muelle. También se opta por no unir el nuevo muelle con el localizado al oeste, ya que si se ocupase todo el espacio el acceso a la zona de reparación situada en el muelle más al oeste quedaría impedido y se condicionaría el uso del puerto. Se ha decidido dejar un canal de entrada y salida de embarcaciones a esta zona de reparación con un ancho de 5 metros respetando la manga de 4m de la embarcación tipo.

Se ha de tener en cuenta que los barcos que amarren en la esquina tendrán una accesibilidad menor justificando así un uso de los muelles previamente establecido. Las embarcaciones que amarren en la zona 1, representada en la figura 5. Esquema de la alternativa 4, podrán ocupar todo el espacio disponible de este con la restricción de que en los 20m más próximos a la esquina se destinarán a embarcaciones de esloras de 8m o menores. En el muelle perpendicular, desde la esquina hasta 20m en dirección de la dársena general, no se podrán amarrar embarcaciones para permitir la salida de las que están en la zona 1 amarradas, que, aunque tengan una eslora menor a la del buque tipo, también necesitan una zona de maniobrabilidad mayor o menor en función del tipo de embarcación, si es a motor o vela, y del número de motores que esta disponga. Se ha optado por realizar la colocación de las embarcaciones de esta manera, porque, atendiendo al oleaje penetrante al puerto, los barcos dispuestos a muerto en la zona 2 sufrirán una agitación mayor que los de la zona 1.

En la figura 5 se muestran tres zonas. La gris representa el muelle de bloque, es decir, la construcción. La zona 1 es la parte del muelle destinada al atraque que aprovecha toda su longitud, pero a partir de la raya blanca es donde tienen que amarrar las embarcaciones de eslora menor a 8m. Por último, la zona 2, es para las embarcaciones en paralelo a la línea de costa que recibirán mayor afección del oleaje, por eso ahí se amarran un menor número de barcos.

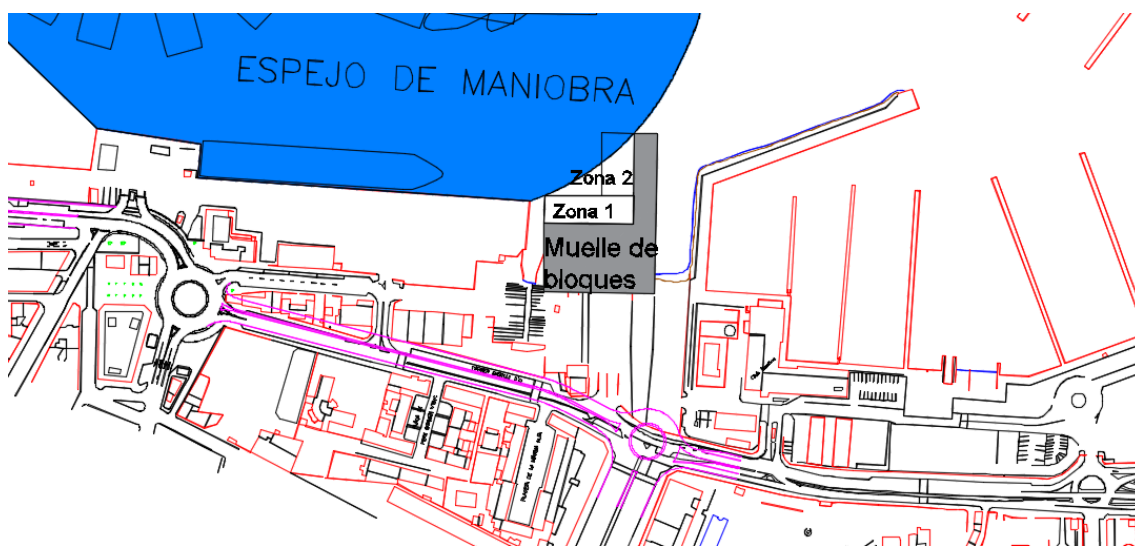


Figura 5. Esquema de la alternativa 4.





### 3. Análisis multicriterio para la selección de la alternativa

Las alternativas presentadas anteriormente serán sometidas a un análisis multicriterio, en el que se evaluarán diversos aspectos mencionados en los siguientes apartados.

El análisis multicriterio es un instrumento que se utiliza para realizar la evaluación de las diversas soluciones a un determinado problema, considerando un número variable de criterios, se utiliza para apoyar la toma de decisiones en la selección de la solución más conveniente. Debe considerarse la evaluación como un auxilio metodológico a la toma de decisión, que debe realizarse con prudencia, ya que, en esta evaluación, como en muchas otras con fines similares, los factores subjetivos están siempre presentes.

Se procede a exponer una serie de criterios comunes a las soluciones presentadas y, en base a estos y a su correspondiente ponderación sobre 10, siendo 10 el cumplimiento óptimo del criterio y 0 el incumplimiento del mismo, se presentará la tabla de evaluación final con la solución con más alta puntuación realizando la suma de la puntuación asignada a cada criterio, teniendo en cuenta que existen criterios que son de mayor importancia.



## 4. Criterios evaluados

En el siguiente apartado se describirán los condicionantes que afectarán a la elección de la solución final.

### Condicionantes legales:

Antes de analizar cualquier otro criterio el tema legal debe estar en orden.

Hay que verificar que los condicionantes legales relacionados con la construcción o elaboración de un proyecto sean cumplidos conforme lo regulado por la Ley 22/1998 de 28 de julio de Costas, modificada por la Ley 2/2013, de 29 de mayo de Costas, publicado en el BOE en el número el 30/05/2013.

A modo de síntesis, los aspectos relevantes son:

- Delimitación del contenido del proyecto.
- Las administraciones involucradas y el grado de influencia de las mismas, es decir, su competencia: Estatal, autonómica y municipal.
- La especial referencia al impacto medioambiental del proyecto.
- Los trabajos de dragado.

Dentro de esas normas, los artículos de interés para la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado que se deben cumplir son los citados a continuación:

Ley 22/1988 de 28 de julio de Costas, modificada por la Ley 2/2013, de 29 de mayo:

### **“Artículo 42:**

*1. Para que la Administración competente resuelva sobre la ocupación o utilización del dominio público marítimo-terrestre, se formulará el correspondiente proyecto básico, en el que se fijarán las características de las instalaciones y obras, la extensión de la zona de dominio público marítimo-terrestre a ocupar o utilizar y las demás especificaciones que se determinen reglamentariamente. Con posterioridad y antes de comenzarse las obras, se formulará el proyecto de construcción, sin perjuicio de que, si lo desea, el peticionario pueda presentar éste y no el básico acompañando a su solicitud.*

*2. Cuando las actividades proyectadas pudieran producir una alteración importante del dominio público marítimo-terrestre se requerirá además una previa evaluación de sus efectos sobre el mismo, en la forma que se determine reglamentariamente.*

*3. El proyecto se someterá preceptivamente a información pública, salvo que se trate de autorizaciones o de actividades relacionadas con la defensa nacional o por razones de seguridad.*

*4. Cuando no se trate de utilización por la Administración, se acompañará un estudio económico-financiero, cuyo contenido se definirá reglamentariamente, y el presupuesto estimado de las obras emplazadas en el dominio público marítimo-terrestre.*



**Artículo 44:**

*1. Los proyectos se formularán conforme al planeamiento que, en su caso, desarrollen, y con sujeción a las normas generales, específicas y técnicas que apruebe la Administración competente en función del tipo de obra y de su emplazamiento.*

*2. Deberán prever la adaptación de las obras al entorno en que se encuentren situadas y, en su caso, la influencia de la obra sobre la costa y los posibles efectos de regresión de ésta.*

*Asimismo, los proyectos deberán contener una evaluación de los posibles efectos del cambio climático sobre los terrenos donde se vaya a situar la obra, en la forma que se determine reglamentariamente.*

*7. Los proyectos contendrán la declaración expresa de que cumplen las disposiciones de esta Ley y de las normas generales y específicas que se dicten para su desarrollo y aplicación.*

**Artículo 45:**

*1. La tramitación de los proyectos de la Administración del Estado se establecerá reglamentariamente, con sometimiento, en su caso, a información pública y a informe de los Departamentos y Organismos que se determinen. Si, como consecuencia de las alegaciones formuladas en dicho trámite, se introdujeran modificaciones sustanciales en el proyecto, se abrirá un nuevo período de información.*

*2. La aprobación de dichos proyectos llevará implícita la necesidad de ocupación de los bienes y derechos que, en su caso, resulte necesario expropiar. A tal efecto, en el proyecto deberá figurar la relación concreta e individualizada de los bienes y derechos afectados, con la descripción material de los mismos.*

*3. La necesidad de ocupación se referirá también a los bienes y derechos comprendidos en el replanteo del proyecto y en las modificaciones de obra que puedan aprobarse posteriormente, con los mismos requisitos señalados en el apartado anterior.*

**Artículo 46:**

*Con el fin de garantizar la integridad del dominio público marítimo-terrestre y la eficacia de las medidas de protección sobre el mismo, la Administración del Estado podrá aprobar planes de obras y de otras actuaciones de su competencia.*



**Artículo 63:**

*1. Para otorgar las autorizaciones de extracciones de áridos y dragados, será necesaria la evaluación de sus efectos sobre el dominio público marítimo-terrestre, referida tanto al lugar de extracción o dragado como al de descarga en su caso. Se salvaguardará la estabilidad de la playa, considerándose preferentemente sus necesidades de aportación de áridos.*

*2. Quedarán prohibidas las extracciones de áridos para la construcción, salvo para la creación y regeneración de playas.*

*3. Entre las condiciones de la autorización deberán figurar las relativas a:*

*a) Plazo por el que se otorga.*

*b) Volumen a extraer, dragar o descargar al dominio público marítimo-terrestre, ritmo de estas acciones y tiempo hábil de trabajo.*

*c) Procedimiento y maquinaria de ejecución.*

*d) Destino y, en su caso, lugar de descarga en el dominio público de los productos extraídos o dragados.*

*e) Medios y garantías para el control efectivo de estas condiciones.*

*4. En el caso de que se produjeran efectos perjudiciales para el dominio público y su uso, la Administración otorgante podrá modificar las condiciones iniciales para corregirlos, o incluso revocar la autorización, sin derecho a indemnización alguna para su titular.*

Condicionantes ambientales:

Los puertos generan un impacto ambiental considerable en el ámbito marino afectando a la flora, a la fauna y a la dinámica litoral. La obra que se va a ejecutar es una ampliación del mismo, pero no ocupando espacios marinos vírgenes, sino que esta se ejecutará dentro del mismo puerto en cualquiera de los casos presentados con anterioridad. No obstante, se deberá tener especial cuidado con las zonas protegidas y los parques naturales existentes en las cercanías del puerto como son el Parque Natural del Montgó, la zona de les Rotes o el LIC de la Marina Alta.



### Condicionantes estéticos:

Los condicionantes estéticos están ligados, sobre todo, al impacto visual que va a causar la obra ejecutada con el entorno en el que se localiza. La ampliación del puerto no debe afectar y, en el caso de que lo haga, que afecte cuanto menos al campo visual de las personas que residen/transitan por las inmediaciones del puerto.

El puerto de Denia tiene entornos variados desde una zona destinada al ocio en la Marina El Portet hasta el Muelle de Rivera colindante con la ciudad. Cabe destacar, que, a pesar de estos entornos diferentes, en el año 2016 la Generalitat Valenciana acometió una importante renovación, ampliando las zonas de paseo, con árboles, carriles bici y zonas de sombra. Detrás del Muelle de Rivera se encuentra, visible desde el puerto, la zona del barrio de los pescadores, también llamado Baix la Mar, caracterizado por sus humildes casas bajas de colores y el castillo de Denia. Desde el puerto también se puede apreciar un paisaje muy diferente como es el Parque Natural del Montgó, al sur del puerto.

### Condicionantes técnicos:

Los condicionantes técnicos hacen referencia al proceso de ejecución de la obra a realizar y a la dificultad que conllevaría llevar a cabo el desarrollo de la misma.

Se deben contemplar las posibles soluciones de la obra y escoger cual se ejecutaría atendiendo a criterios como:

1. Disponibilidad de suficiente espacio terrestre para almacenar recursos necesarios para la ejecución de la obra.
2. Las diferentes posibilidades de los métodos constructivos.
3. Los elementos usados para completar la obra, haciendo referencia a la facilidad constructiva.
4. Necesidad de dragado de la zona.

### Condicionantes funcionales:

El principal propósito de la ampliación del puerto de Denia es ofrecer un mayor número de amarres para aumentar la capacidad de este. Mediante dicha ampliación también se pretende dotar al puerto de más espacio terrestre mejorando las prestaciones actuales del puerto.

Por otro lado, se deberá respetar la navegabilidad en el interior del puerto evitando una ocupación significativa de los espacios destinados a esta. En el ANEJO 3. ESTUDIO DE DEMANDA se ha presentado el análisis de la demanda futura del puerto y su tendencia creciente en cuanto a número de embarcaciones, por lo que los principales condicionantes que la solución deba satisfacer son:

1. Disponibilidad de zonas terrestres suficientes destinadas a aparcamientos para los usuarios del puerto.
2. Disponibilidad de otros servicios que complementen las instalaciones náuticas para un mejor uso y una mayor amortización de la obra.



3. Capacidad de albergar en la zona marina el mayor número de embarcaciones atendiendo a las restricciones impuestas por la ROM.

### Condicionantes físicos:

En cualquier proyecto de ingeniería se han de considerar los condicionantes físicos de la zona en la que se va a realizar el proyecto para la planeación y la definición de este. En el caso de las obras marítimas es necesario considerar factores como el viento, el oleaje, las corrientes, las mareas, la sismicidad, etc., para el dimensionamiento de las obras a realizar. Cabe destacar que como condicionantes físicos se deben considerar los sucesos cotidianos, como los ya nombrados, dejando al margen fenómenos extraordinarios.

### Condicionantes económicos:

En cualquier obra civil el condicionante económico es importante tanto a la hora de diseñar como de proyectar, ya que para la realización de las obras es fundamental el capital sin olvidar una ejecución de esta de forma segura. Para la realización de este proyecto, además de en los aspectos anteriores, también es importante centrarse en todos los demás condicionantes ya mencionados, aunque directamente no vayan ligados a la economía. Por consiguiente, la solución adoptada buscará reducir costes siempre que sea posible y que no afecte a las necesidades futuras de los usuarios.



## 5. Coeficientes de ponderación

La ponderación de los criterios se ha realizado en base a los siguientes coeficientes. Se decide no estudiar los condicionantes legales, pues si estos no se cumplen el proyecto quedará automáticamente descartado. Los condicionantes subrayados son los que ostentan una importancia mayor.

- Condicionantes ambientales:
  - a. No afecta a espacios protegidos.
  - b. Producción escasa de impactos sobre el medio marino en fase de construcción.
  - c. Producción escasa de impactos sobre el medio marino en fase de explotación.
  - d. Producción escasa de impactos sobre el medio físico en fase de explotación.
  
- Condicionantes estéticos:
  - a. Supone un impacto visual menor.
  - b. La construcción se integra en el entorno de las demás obras del puerto.
  
- Condicionantes técnicos:
  - a. Facilidad de construcción.
  - b. Ocupación temporal de otros espacios del puerto.
  - c. Necesidad de dragado.
  
- Condicionantes funcionales y físicos:
  - a. Mayor capacidad para albergar embarcaciones en el puerto.
  - b. No afecta a la navegabilidad interior del puerto.
  - c. Más espacio de zonas terrestres para la construcción de otros servicios que complementen las instalaciones náuticas.
  - d. No presenta problemas de agitación.
  
- Condicionantes económicos y sociales:
  - a. Menor coste.
  - b. Mayor cercanía de la obra al núcleo urbano permitiendo una accesibilidad más sencilla.
  - c. Mejor conexión terrestre.

## Anejo 4. Estudio de soluciones.



Con la propuesta de criterios ya presentada se procede a evaluarlos obteniendo el siguiente análisis multicriterio con la aplicación de pesos y las correspondientes ponderaciones ya realizadas:

| Análisis multicriterio |   |               |               |               |               |
|------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Condicionantes         |   | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 | Alternativa 4 |
| Ambiental              | a | 8             | 0             | 10            | 10            |
|                        | b | 5             | 3             | 10            | 10            |
|                        | c | 7             | 5             | 10            | 10            |
|                        | d | 9             | 5             | 9             | 9             |
| Estético               | a | 8             | 7             | 7             | 7             |
|                        | b | 1             | 8             | 10            | 9             |
| Técnico                | a | 6             | 5             | 7             | 8             |
|                        | b | 6             | 5             | 6             | 6             |
|                        | c | 3             | 6             | 9             | 9             |
| Funcionales y físicos  | a | 10            | 10            | 9             | 2             |
|                        | b | 8             | 10            | 6             | 4             |
|                        | c | 8             | 8             | 0             | 3             |
|                        | d | 4             | 7             | 5             | 6             |
| Económicos y sociales  | a | 6             | 1             | 8             | 7             |
|                        | b | 5             | 5             | 10            | 10            |
|                        | c | 6             | 7             | 8             | 8             |
| Total                  |   | 100           | 92            | 124           | 118           |

Tabla 1. Análisis multicriterio de las alternativas presentadas.



## 6. Alternativa elegida

Una vez se ha concluido el análisis multicriterio se decide que la alternativa a realizar es la alternativa 3, la cual tiene una puntuación semejante a la 4, pero mucha más capacidad de amarre de barco, que es el objetivo buscado más deseado. Con la construcción de esta propuesta se consiguen 59 amarres nuevos ejecutando dos muelles de bloques de hormigón, uno de 146m de largo y el otro de 40m.

Tanto la descripción como la ejecución de la obra se explican posteriormente en el Anejo 5. Descripción y ejecución de la obra.

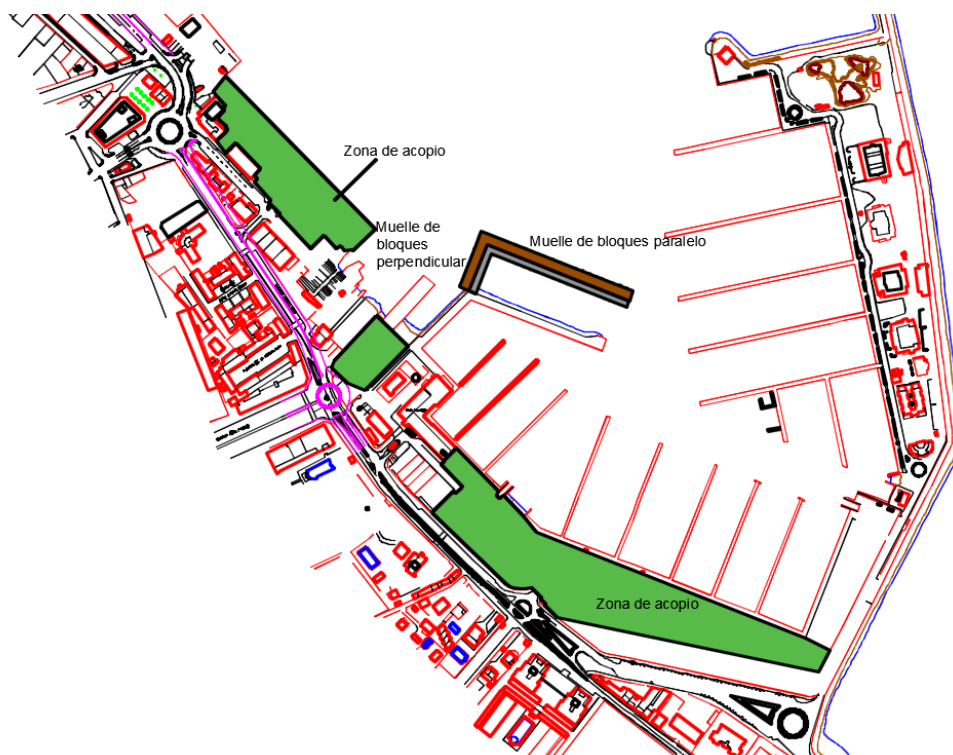


Figura 6. Alternativa escogida.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# **ANEJO 5. DESCRIPCIÓN Y EJECUCIÓN DE LA OBRA**

---

PROYECTO BÁSICO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE  
DÉNIA (ALICANTE) PARA USOS NÁUTICO-DEPORTIVOS.  
OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.

---

*Presentado por*

Barreira Ribera, Pablo Gonzalo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: SEPTIEMBRE 2019*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*





## Índice

|  |   |
|--|---|
| 1. Objeto.....   | 3 |
| 2. Descripción de la obra.....   | 4 |
| 3. Proceso de ejecución.....   | 7 |
|  |   |
| Figura 1. Emplazamiento y forma del muelle.....                        | 4 |
| Figura 2. Sección en planta del muelle.....                            | 5 |
| Figura 3. Secuencia constructiva muelle de bloques según la GPEOM..... | 7 |
| Figura 4. Sección tipo del muelle de bloques.....                      | 8 |
| Figura 5. Zonas posibles para el acopio de bloques .....               | 9 |
| Figura 6. Esquema de colocación de bloques con grúa.....               | 9 |



## 1. Objeto

En el presente anejo se van a describir las actuaciones realizadas para llevar a cabo la ejecución de las obras. Se trata de exponer el proceso de ejecución de estas, así como de explicar y describir las obras con el fin de conocer la infraestructura diseñada.

## 2. Descripción de la obra

La obra que se va a realizar consiste en la construcción de dos muelles de bloques de hormigón en la dársena del puerto, concretamente en la parte sureste del mismo cerca del antiguo varadero y del Real Club Náutico de Dénia, con el fin de ampliar la capacidad del puerto para que este pueda albergar un mayor número de embarcaciones náutico-deportivas de hasta 10m de eslora.

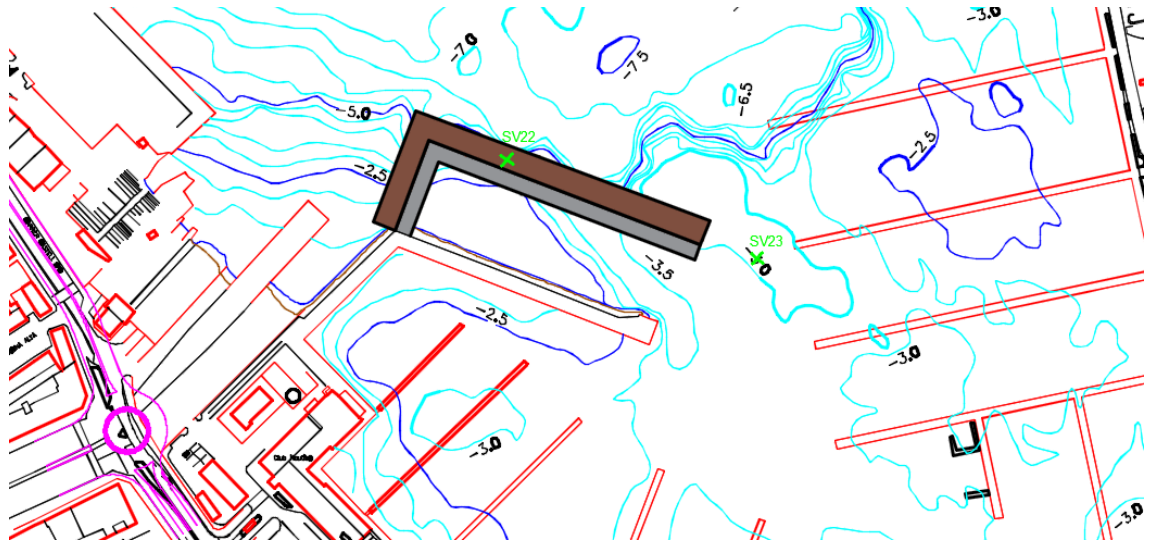


Figura 1. Emplazamiento y forma del muelle

Actualmente existe un muelle que tiene forma parecida a una L y está protegido por un manto de escollera. Este muelle tiene unas dimensiones en planta de 7m de ancho, en toda la sección, por 73m de largo en el lado perpendicular a la ciudad y por 140m de largo en el tramo más paralelo a Dénia. Se van a construir dos muelles de características geométricas en planta parecidas al tramo paralelo ya existente en dicho emplazamiento. Se obtendrá un espacio en forma de U en el que las embarcaciones se resguardarán de los posibles problemas de agitación originados tanto por el oleaje como por la circulación de otras embarcaciones. Los nuevos muelles tendrán un ancho de 8m y longitudes diferentes, siendo el perpendicular a la ciudad de 40m de largo, mientras que el paralelo será de 146m. Dado que la zona atracable se sitúa en el interior de la “U” la escollera de protección existente en el muelle actual será removida y podrá ser reutilizada en parte de la nueva obra de protección. Para prevenir posibles problemas de afección del oleaje y reflexión de este, se colocará en ambos muelles nuevos en sus caras externas un manto de escolleras de 3 toneladas de peso en talud. Esta obra de protección será de altura ligeramente variable según la batimetría que se tenga en el emplazamiento de cada sección, variando la misma entre un calado de 4m hasta 5,5m. En cuanto a la cota de coronación, se requiere que la obra no produzca un efecto de confinamiento visual, por lo que esta será la misma que la cota de coronación del pavimento. Así se consigue una mayor integración en el puerto. Las embarcaciones amarrarán en punta y, atendiendo a las restricciones constructivas, con las dimensiones construidas el puerto aumentará su capacidad en 59 amarres nuevos.

En cuanto a las características propias de los muelles, que tendrán el mismo ancho, salvo la longitud como ya se ha comentado anteriormente, estos estarán formados por una banqueta de todo-uno de cantera de 0,5m de altura de forma trapezoidal, con talud 3H:2V, con un ancho

mayor de 9,5 y uno menor de 8m. La banqueta de todo-uno de cantera se coloca para tener una superficie de apoyo del muelle firme y resistente, pues el terreno es irregular debido al cambio de isóbaras. También hay que tener en cuenta que el afloramiento de estratos es irregular a lo largo de la longitud del muelle, unos de arenisca o calizas más resistentes que otros de arenas o arcillas y limos encontrados a menos profundidad que los primeros mencionados, por lo que la banqueta permite asegurar que no se produzca el fallo por hundimiento. La propia estructura del muelle consta de 558 bloques colocados en dos alturas de tres bloques de ancho, es decir, formada por 6 bloques de hormigón en masa por sección de 1,85m de altura, 2,67m de ancho y 2m de largo. Se colocarán dos capas de bloques y una capa de pavimento con espesor de 0,30m para alcanzar la altura deseada de 4,5m permitiendo que el muelle sea transitable. Para crear un sólido rígido del muelle, dado que está formado por diferentes bloques y se quiere prevenir el riesgo de deslizamiento entre bloques, estos serán contruidos con una cavidad cilíndrica de 0,4m de diámetro que se rellenará de hormigón en masa una vez se hayan colocado.

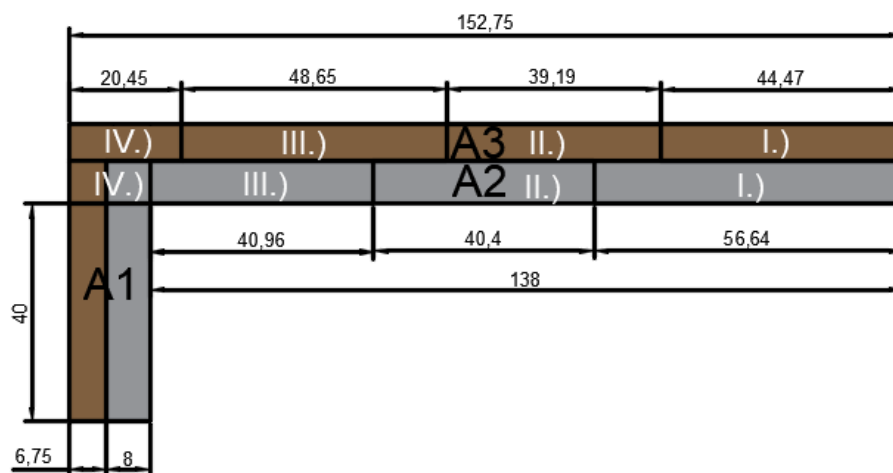


Figura 2. Sección en planta del muelle

Hay que considerar que para realizar el proceso de ejecución de este tipo de muelle un paso es la colocación de los propios bloques, estando definidos los puntos críticos en el ANEJO 8. REPLANTEO con sus respectivas coordenadas UTM, pero previamente se deben almacenar en el puerto, pues los bloques son prefabricados. Existen diversos lugares de almacenamiento como pueden ser el espacio que queda libre al oeste del restaurante Balandros, lugar idóneo por la proximidad a la dársena y el fácil transporte de los bloques a su emplazamiento final. En caso de que se necesitara un área mayor para el almacenamiento o simplemente más espacio existen, próximas al lugar donde se pretende realizar la obra, una serie de plazas de aparcamiento, correspondientes al aparcamiento del Puerto Deportivo, además de un espacio destinado a ser usado como puerto seco que se podrían emplear.

Se dividirá el muelle en 8 tramos, 7 de 20m y 1 de 6m para realizar de manera correcta el encofrado y hormigonado de la superestructura. En su conjunto, el muelle medirá 4,50m de alto. Encima de la superestructura se deberán añadir los noráis para realizar el amarre de las embarcaciones disponiendo siempre de un noray más que el número de amarres posible en el muelle en cuestión. A su vez, se colocarán servicios para las embarcaciones, concretamente un suministro de energía y agua por cada 3 noráis. El servicio para repostaje de gasolina ya existe y se encuentra en la punta del muelle existente en la actualidad.



En el emplazamiento donde se quiere ejecutar el muelle existen 4 bloques de hormigón que actualmente carecen de cualquier tipo de función, así que se demolerán mediante voladura CONTROLADA. Se ha comprobado que los barcos no tendrán ninguna dificultad en navegar entre el nuevo muelle y el más cercano localizado en el puerto deportivo, ya que se dejará un ancho de más de 40 m, el cual permitirá la entrada y salida de embarcaciones simultáneamente.



### 3. Proceso de ejecución

Como se ha ido explicando a lo largo del proyecto, la ejecución de este muelle no es la convencional, así que de los 10 pasos recomendados por la “*Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas*” (GPEOM) se aprovecharán los siguientes teniendo en cuenta una serie de modificaciones, pues, por ejemplo, en este muelle no se va a colocar ningún tipo de relleno.

1. Voladura controlada de los 4 bloques de hormigón existentes en la dársena
2. Dragado de la zanja para la cimentación de la banqueta
3. Banqueta de cimentación
4. Enrase de la banqueta
5. Fabricación y acopio de los bloques
6. Colocación de los bloques
7. Pavimento
8. Colocación de la escollera de protección

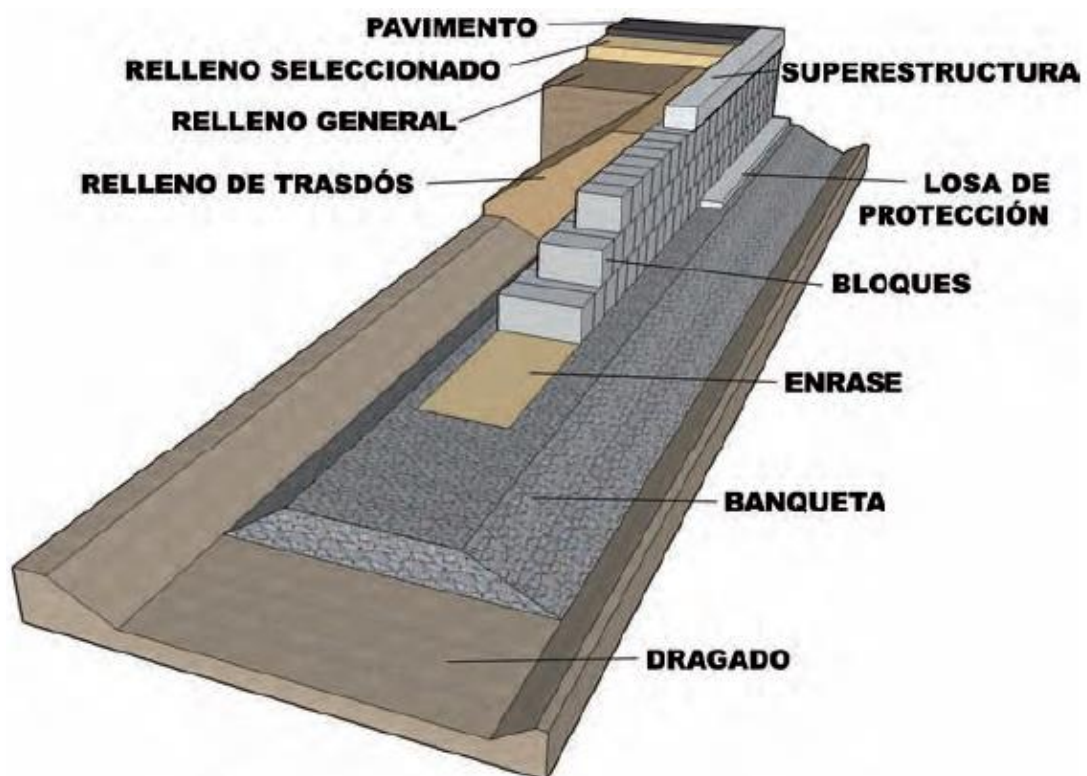


Figura 3. Secuencia constructiva muelle de bloques según la GPEOM

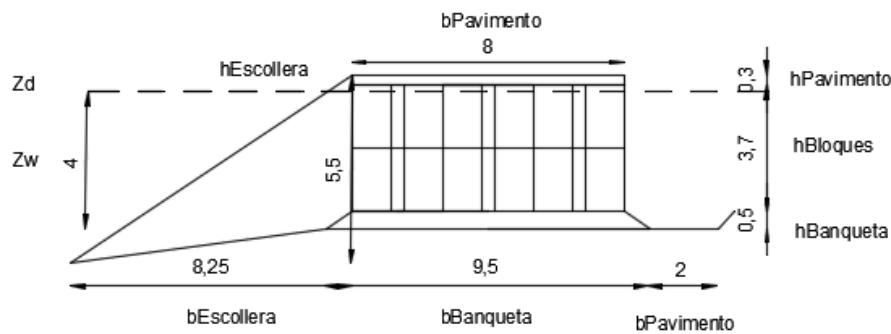


Figura 4. Sección tipo del muelle de bloques

Respecto al apartado de dragado este se describirá convenientemente en el ANEJO 6. DRAGADO del proyecto.

En la ejecución de la banqueta se debe, de manera obligatoria, asegurar que la superficie del terreno sobre la que se coloca la banqueta no ha sido alterada desde su preparación por acarreo, sedimentación o aporte incontrolado de material a pesar de que esta se encuentre en el interior de la dársena del puerto donde hay poca agitación, ya que se tardan diez días en ejecutarla. Aun así, antes de colocar los bloques de hormigón se debe comprobar que el estado de la superficie del enrase es el correcto y, en caso de no serlo, eliminar los posibles aterramientos producidos. Como el calado es reducido el perfilado de la banqueta, así como el enrase, se pueden realizar desde tierra, a pesar de que el material se vierta mediante pontonas.

Una vez ejecutada la banqueta y estando esta en condiciones óptimas se procede a la colocación de los bloques de hormigón que previamente han sido fabricados, transportados y acopiados en el propio puerto. La manipulación de los bloques queda condicionada por la forma en que se enganchen para elevarlos, la cual debe permitir que se coloque adosados, así como por el tipo de grúa que se vaya a emplear. Se opta por el uso de una grúa telescópica que pueda elevar bloques de hasta 35 toneladas y que quepa en el ancho del muelle. El izado y colocación de los bloques se realiza gracias a unas llaves con forma de T invertida, que se introducen en los bloques y al girar se fijan o se liberan. Al actuar en la cara superior de los bloques permiten adosarlos tanto en la fabricación como en la colocación. La manipulación de los bloques debe realizarse una vez el hormigón ha adquirido una resistencia suficiente.

En primer lugar, se realiza el diseño de la operación, en el que hay que posicionar la grúa y definir la secuencia de colocación de los bloques. La grúa se debe colocar en lugares accesibles para los equipos de transporte, así como en los que alcance tanto los bloques emergidos como los sumergidos para agarrarlos y colocarlos en su emplazamiento correspondiente. Como la grúa se va a ir desplazando por el muelle, a medida que este se construya, se debe comprobar que la estabilidad de los taludes no se vea afectada debido a la sobrecarga originada por el peso de la grúa, aunque la carga que supone esta no es muy elevada, por lo que en el dimensionamiento del muelle se han realizado los cálculos de estabilidad respecto al estado final de la obra. A continuación, se comprueba que la superficie de apoyo de los bloques es correcta en cuanto a que no se hayan producido aterramientos y que la geometría del enrase sea la adecuada. Por último, se procede a colocar los bloques. Se dispondrá de un procedimiento que permita identificar la posición de cada bloque una vez colocado y antes de soltarlo de los enganches. También se registrará la posición final de cada uno de ellos.



Figura 5. Zonas posibles para el acopio de bloques

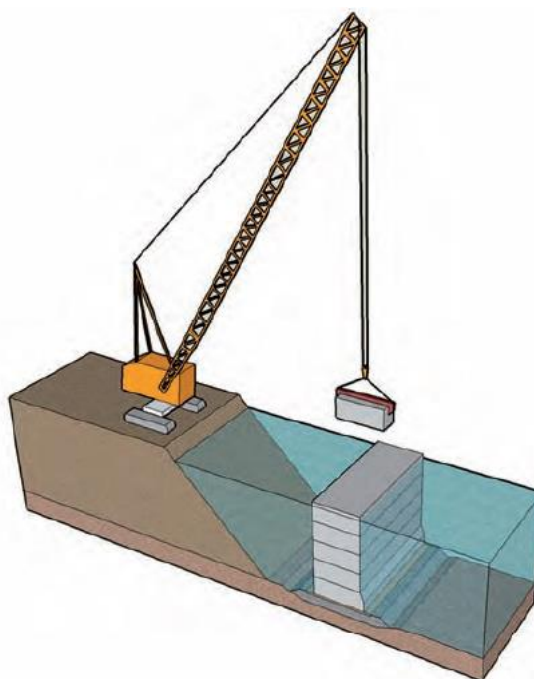


Figura 6. Esquema de colocación de bloques con grúa



La construcción de la superestructura no se debe iniciar hasta que los bloques no estén estabilizados y el hormigón vertido “in situ” haya fraguado. Esta será de hormigón en masa construida “in situ” formando el pavimento, que sirve para cerrar el extremo superior externo del muelle, en muelles de bloques convencionales que posean rellenos de tierras, sin embargo, en este ocupará toda la coronación con el fin de conseguir la correcta alineación del muelle y será en ella sobre la que se instalen los noráis, las defensas y escalas, las conducciones y los anclajes para las diferentes instalaciones, es decir, redes de agua y electricidad, y la superficie para la operación de equipos.

Finalmente, con el muelle ya construido, se procede a colocar la capa de escollera de protección en talud en las caras externas de los muelles. Se volverán a emplear grúas de izado para manipulación de la escollera. La escollera extraída anteriormente se podrá emplear, pero se deberá traer más cantidad de un préstamo de cantera cercano.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## **ANEJO 6. DRAGADO**

---

PROYECTO BÁSICO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE  
DÉNIA (ALICANTE) PARA USOS NÁUTICO-DEPORTIVOS.  
OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.

---

*Presentado por*

Barreira Ribera, Pablo Gonzalo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: SEPTIEMBRE 2019*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*





## Índice

|   |    |
|---|----|
| 1. Introducción y objetivo .....  | 3  |
| 2. Localización y terreno .....   | 4  |
| 3. Volumen de dragado .....   | 7  |
| 3.1 Dragado de la sección del muelle.....                                     | 7  |
| 3.2 Dragado del interior de la dársena.....                                   | 8  |
| 4. Elección de la maquinaria .....  | 10 |
| <br>Figura 1. Batimetría .....  | 4  |
| Figura 2. Emplazamiento de la obra y los sondeos .....                        | 4  |
| Figura 3. SV22 .....  | 5  |
| Figura 4. SV23 .....  | 5  |
| Figura 5. Perfil del fondo a dragar .....                                     | 6  |
| Figura 6. Sección en planta de la zona del muelle que dragar y rellenar ..... | 7  |
| Figura 7. Zona de dragado de la dársena .....                                 | 9  |
| Figura 8. Draga de cuchara articulada.....                                    | 11 |
| <br>Tabla 1. Cálculo volumen dragado muelle .....                             | 8  |
| Tabla 2. Ventajas e inconvenientes de la draga de cuchara articulada .....    | 12 |





## 1. Introducción y objetivo

El presente anejo describe la zona que se debe dragar para poder colocar el muelle y satisfacer los cálculos realizados, el tipo de draga a utilizar y el volumen de dragado que se va a extraer. El fin del dragado es proporcionar una superficie resistente y uniforme sobre la que se pueda emplazar la obra en cuestión.

Dado que mediante el informe de los trabajos de sondeo y reconocimiento de los fondos del puerto de Dénia, realizado por la división de puertos y costas de la Generalitat Valenciana se conoce los estratos existentes en los 37 sondeos verticales perforados, se puede elegir qué draga emplear en función del tipo de material existente.

El objetivo principal de la realización del dragado en esta obra es la adquisición del calado necesario en las diferentes zonas de esta. Aprovechando esto se consigue eliminar las capas de terrenos inadecuados encontrados, fangos, pues estos tienen poca capacidad portante y son muy deformables.

## 2. Localización y terreno

El emplazamiento en el que se va a ejecutar la obra tiene diferentes isóbaras, desde la -1,2m hasta la -5,5m, según el plano proporcionado por la Generalitat Valenciana, teniendo en cuenta la localización del muelle como la de la obra de protección. Dentro de este emplazamiento se van a tener que realizar dragados a cotas diferentes. En la zona donde apoye el muelle se dragará hasta la isóbara -4m y en la zona propia de la dársena sobre la que se navegue y se amarren las embarcaciones, la cual se deberá dragar a la -2,5m, ya que el calado del buque tipo es de 1,9m.



Figura 1. Batimetría

Teniendo en cuenta las dimensiones de la obra a realizar y la localización de los sondeos, de los cuales se tiene información, se opta por estimar que el suelo en la zona del emplazamiento en el puerto tiene las características de los sondeos SV22 y SV23, las cuales son conocidas. Se ha realizado esta suposición, pues no se tiene información de otros sondeos próximos en la zona del emplazamiento de las obras, quedando esta información fuera del alcance del proyecto básico realizado.

A continuación, se procede a mostrar tanto el emplazamiento de los sondeos, que están separados a una distancia de 135,55m, como el de la obra en el plano.

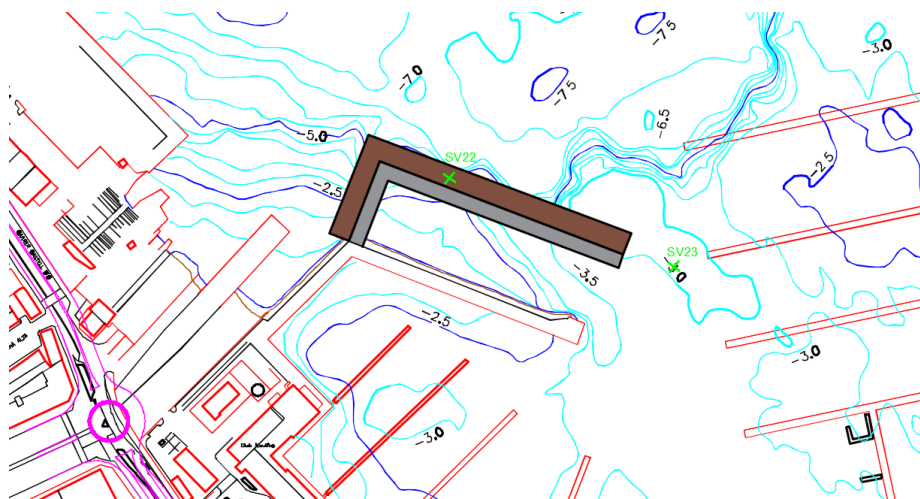


Figura 2. Emplazamiento de la obra y los sondeos

En el sondeo SV22 se han encontrado, hasta una profundidad de 10,82m, dos tipos de terrenos, primeramente, una capa de fangos de 0,3m de espesor y, a continuación, una de arenas limosas de 10,52m. Dado que el sondeo está situado en donde se va a ejecutar la obra de protección, justamente en esta localización no se deberá en exceso, pero si se deberá remover la capa de fangos para que el terreno no falle debido a la carga ejercida por el manto de escollera. En las zonas donde se deba dragar si se deberá extraer íntegramente el estrato de fangos y parte del de arenas limosas para alcanzar el estrato resistente y el calado necesario.

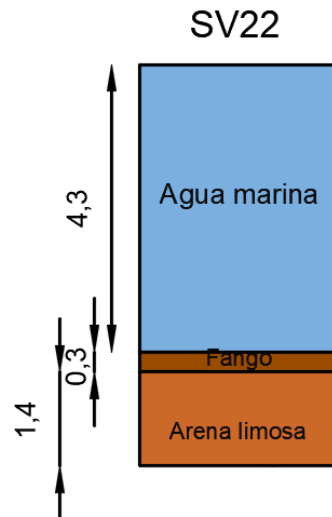


Figura 3. SV22

En el sondeo SV23 se encuentran los mismos materiales añadiendo una capa de arenisca. Las diferencias entre ambos sondeos son que en el SV22 la lámina de agua es mayor debido al calado existente en el emplazamiento y que en el SV23 aflora un estrato entre los fangos y las arenas limosas. En el SV23 se encuentra el fondo de la dársena a la isóbara -2,4m. Después hay una capa de fangos de 0,56m de espesor precedida por una de arenisca de 2m de espesor. A continuación, afloran las arenas limosas.

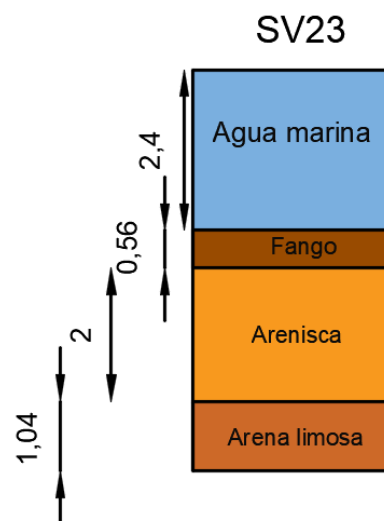


Figura 4. SV23

Conociendo ambos sondeos se puede determinar el espesor de cada estrato en la línea que los une para, de esta manera, conocer que volumen que se va a dragar de cada material. Entre ambos sondeos hay una distancia de 135,55m.

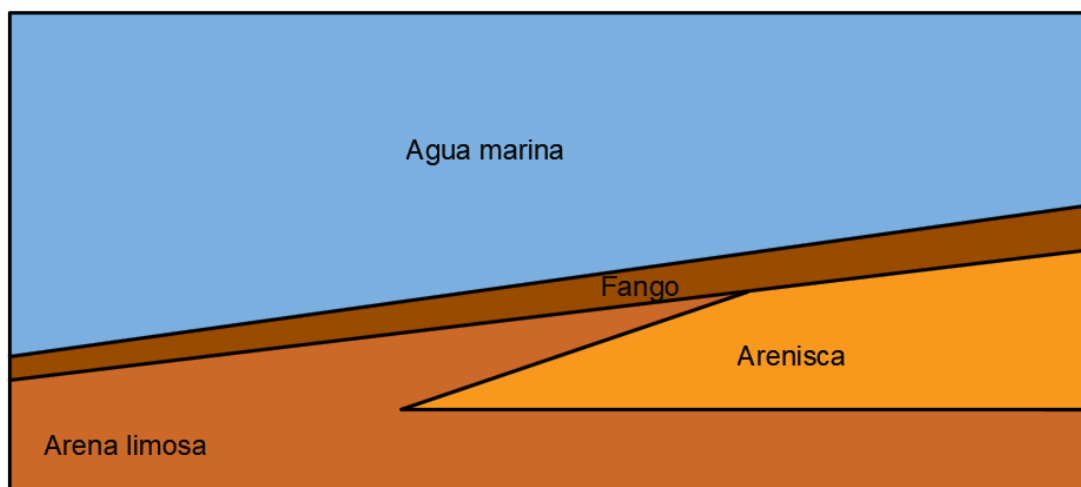


Figura 5. Perfil del fondo a dragar

### 3. Volumen de dragado

Como se ha mencionado con anterioridad se deben calcular dos volúmenes distintos de dragado, uno, en el propio emplazamiento del muelle hasta la isóbara -4m, donde se va a ejecutar la propia estructura del muelle, y otro en el interior de la U formada por los tres muelles hasta la -2,5m.

Para la ejecución de la obra de protección se tienen dos casos diferentes atendiendo a la batimetría cambiante para los emplazamientos. En la zona A1, correspondiente con el muelle transversal, si se debe ejecutar un dragado hasta la cota -4m para que la escollera y el muelle estén a la misma cota y a la hora de realizar la obra sea más sencilla la ejecución. En cambio, en el muelle paralelo se observa que este ha sido dividido en tres zonas A2, A3 y A4 y dentro de cada zona esta ha sido subdividida en diferentes áreas. Respecto a la zona A2, la cual corresponde con la estructura de bloques, ya se ha explicado que se dragará hasta la -4m, pero, según la batimetría existente, también se dragarán los 40,38m correspondientes a la zona A4 hasta dicha cota. A continuación, en la zona A4 las áreas IV.) y V.) poseen la misma profundidad alcanzando en el pie de la obra de protección la cota -5m. En estos casos se opta por dragar la capa de fangos existentes y colocar sobre las arenas limosas la escollera de protección. En la zona A3, que tiene una profundidad de -4m hasta -5,5m se ejecutará el mismo procedimiento.

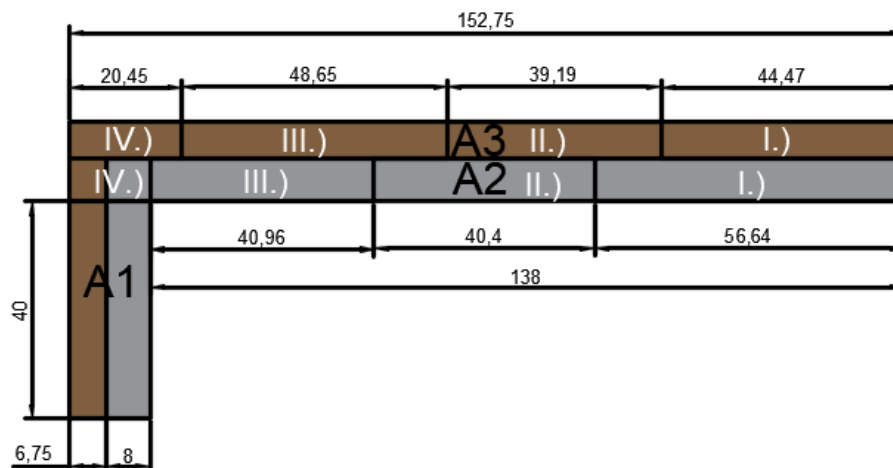


Figura 6. Sección en planta de la zona del muelle que dragar y rellenar

#### 3.1 Dragado de la sección del muelle

El dragado de la sección del muelle comprende un área en planta de un total de 2.097,67m<sup>2</sup>, los cuales están compuestos por el que se debe dragar explicada anteriormente.

Tanto en el área A2, IV.) como en el A3, II.); A3, III.) y A3, IV.) de la figura, no se deberá realizar ningún dragado pues estas ya se encuentran a la isóbara -4m o superiores.

Atendiendo a la batimetría encontrada en esta área, el volumen total que se debe dragar en la zona de colocación del muelle para alcanzar la isóbara -4m es de 1.747,09m<sup>3</sup>.

| A1                           |        |
|------------------------------|--------|
| Batimétrica menor (m)        | 1,2    |
| Batimétrica mayor (m)        | 4      |
| Batimétrica que alcanzar (m) | 4      |
| b (m)                        | 14,75  |
| l (m)                        | 40     |
| V,A1 (m3)                    | 826,00 |

| A2                           |        |                              |        |                              |        |
|------------------------------|--------|------------------------------|--------|------------------------------|--------|
| I.)                          |        | II.)                         |        | III.)                        |        |
| Batimétrica menor (m)        | 3      | Batimétrica menor (m)        | 2,5    | Batimétrica menor (m)        | 2,5    |
| Batimétrica mayor (m)        | 3,5    | Batimétrica mayor (m)        | 4      | Batimétrica mayor (m)        | 4      |
| Batimétrica que alcanzar (m) | 4      | Batimétrica que alcanzar (m) | 4      | Batimétrica que alcanzar (m) | 4      |
| b (m)                        | 56,64  | b (m)                        | 40,4   | b (m)                        | 40,96  |
| l (m)                        | 8,75   | l (m)                        | 8,75   | l (m)                        | 8,75   |
| V,A2 (m3)                    | 371,70 | V,A2 (m3)                    | 265,13 | V,A2 (m3)                    | 268,78 |

| A3                           |        |                              |      |                              |       |                              |       |
|------------------------------|--------|------------------------------|------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|
| I.)                          |        | II.)                         |      | III.)                        |       | IV.)                         |       |
| Batimétrica menor (m)        | 3      | Batimétrica menor (m)        | 4    | Batimétrica menor (m)        | 4     | Batimétrica menor (m)        | 4     |
| Batimétrica mayor (m)        | 4      | Batimétrica mayor (m)        | 5    | Batimétrica mayor (m)        | 4,5   | Batimétrica mayor (m)        | 5,5   |
| Batimétrica que alcanzar (m) | 4      | Batimétrica que alcanzar (m) | 4    | Batimétrica que alcanzar (m) | 4     | Batimétrica que alcanzar (m) | 4     |
| b (m)                        | 44,47  | b (m)                        | 40,4 | b (m)                        | 40,96 | b (m)                        | 40,96 |
| l (m)                        | 6,75   | l (m)                        | 6,75 | l (m)                        | 6,75  | l (m)                        | 6,75  |
| V,A3 (m3)                    | 150,09 | V,A3 (m3)                    | 0,00 | V,A3 (m3)                    | 0     | V,A3 (m3)                    | 0     |

| Total dragado      |         |
|--------------------|---------|
| Vtot,A1 (m3)       | 841,49  |
| Vtot,A2 (m3)       | 905,61  |
| Vtot,A3 (m3)       | 150,09  |
| Vtot, dragado (m3) | 1747,09 |

Tabla 1. Cálculo volumen dragado muelle

### 3.2 Dragado del interior de la dársena

Para calcular el dragado del interior de la dársena hay que tener en cuenta que el calado que se quiere alcanzar es de -2,5m, excepto en el contorno del muelle con ancho de 2m que se debe alcanzar la isóbara -4m. En este emplazamiento parte de la dársena cumple con esta batimétrica, por lo que no se deberá dragar toda ella. A nivel de ejecución esto supone una facilidad, pues se ha de realizar menos trabajo. Para el cálculo se ha optado por obtener el volumen de dragado mediante la herramienta AutoCad atendiendo al área sombreada y siendo el programa el que proporcione el valor. Se ha obtenido que el volumen que hay que dragar es de 3.172,24m<sup>3</sup>.

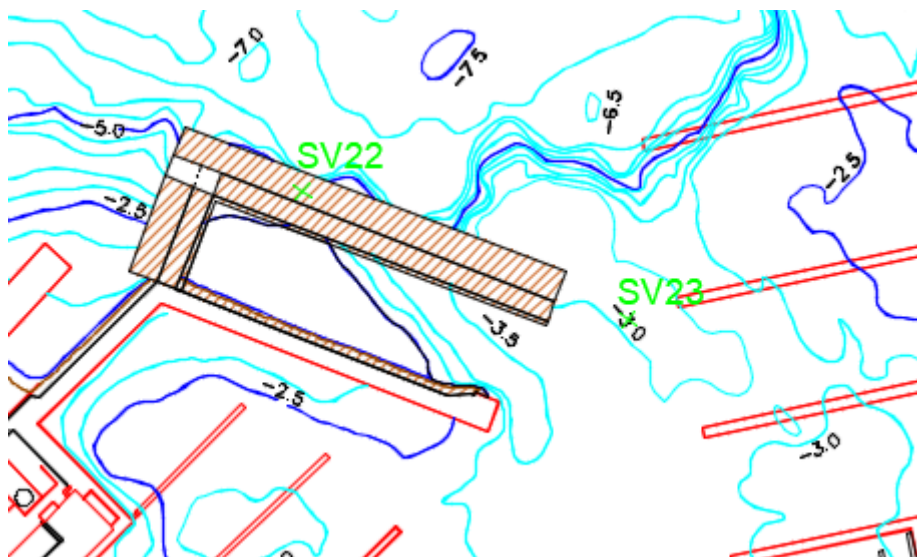


Figura 7. Zona de dragado de la dársena

Atendiendo a los dos casos en los que hay que dragar, teniendo en cuenta que se han realizado una serie de aproximaciones y que por la existencia de tráfico marítimo puede ser que existan movimientos de suelos finos, se opta por estimar que se debería dragar un 10% más del volumen calculado, siendo este  $4.919,33\text{m}^3$ , que añadiendo el 10% implicaría un volumen de  $5.411,26\text{m}^3$ .



## 4. Elección de la maquinaria

Atendiendo al volumen que dragar, a los diferentes tipos de suelos encontrados y a la disponibilidad de cada tipo de draga, se procede a escoger la que se debería emplear para llevar a cabo esta actividad.

Hay que tener en cuenta que para la elección de la draga existen ciertos condicionantes que determinan el uso de un tipo u otro.

### 1. Emplazamiento:

Hay que tener en cuenta si el lugar donde se debe dragar está abrigado frente a la acción del oleaje, pues la agitación provocada por una altura de ola es un factor que limita el uso de una draga u otra. También hay que tener en cuenta si en la zona donde se va a dragar hay estructuras próximas, que en este caso las hay, donde habría que evitar el descalce de los taludes, que puedan entorpecer la actividad o incluso que el dragado no afecte al tráfico marítimo. A su vez, se debe considerar a la distancia a la que se deba realizar el vertido del material dragado, así como el procedimiento de este y las características del lugar de vertido.

### 2. Tipo de terreno:

La elección del tipo de draga va ligada directamente con el terreno que se encuentre, pues este puede ser homogéneo, que sería el caso ideal, o puede ser que se encuentren diferentes tipos de terrenos con características geotécnicas muy variadas. Que el terreno no sea homogéneo afectará también al rendimiento de la draga.

Como se ha mostrado anteriormente, el terreno es heterogéneo, pues se encuentran estratos blandos como los fangos, precedidos, en la mayor parte del emplazamiento por arenas limosas, y en algún caso arenisca, un material más duro. De estos tres tipos de estrato el más frecuente es el de arenas limosas, por lo que la draga elegida se debería acomodar más a proporcionar un buen rendimiento en la draga de este terreno.

### 3. Calado:

El calado a dragar influye también en la elección del tipo de draga. Se opta por dividir las diferentes profundidades en cuatro grupos, profundidades pequeñas, hasta 5m, profundidades medias, entre 5 y 25m, y profundidades grandes, que comprenden calados de más de 25m.

En esta obra se deben alcanzar dos tipos de calados, uno hasta la cota -4m y otro hasta la -2,5m.

### 4. Geometría de la zona a dragar:

Las características geométricas de la zona a dragar condicionan el recorrido y las maniobras de las dragas influyendo en su rendimiento.

Se pretende realizar una parte del dragado muy próxima al muelle existente, donde está situada la gasolinera y se debe tener cuidado a la hora de realizarlo. También hay que tener en cuenta que como la construcción se introduce en la dársena del puerto, se puede afectar a la navegación de otras embarcaciones.

##### 5. Medioambiente y restos arqueológicos:

Al realizar la operación es posible que se vaya a afectar a la fauna y la flora de la zona, es por esto por lo que se han de tener en cuenta las limitaciones medioambientales establecidas y, en caso de afección a estas, se debería modificar el dragado condicionando así las operaciones y teniendo que colocar medidas protectoras como barreras que impidan el paso de sólidos o limitando el rebose. En cualquier caso, si se encontrasen restos arqueológicos o indicios de que pudieran existir en dicha zona, se condicionaría el dragado, llegándolo a detener si fuera necesario y, en cualquier caso, retrasando la operación, pues se deberían realizar actuaciones previas con el fin de detectar, extraer o preservar posibles restos arqueológicos.

Como la obra se va a ejecutar en el interior del puerto, donde ya se ha construido, cabe esperar que no se encuentren restos arqueológicos ni que se afecte a flora o fauna en este emplazamiento. En cuanto a la afección medioambiental provocada a la hora de realizar el vertido del material dragado hay que asegurar que no se dañe el ecosistema existente ni los espacios protegidos.

##### 6. Disponibilidad de equipos:

Las dragas tienen un alto índice de ocupación y, en algunas casos, son escasas en cuanto a número de unidades por lo que su incorporación a las obras debe gestionarse con antelación.

Atendiendo a los condicionantes expuestos se debe escoger un tipo de draga que realice las actividades de manera satisfactoria. Entre los diferentes tipos de dragas se encuentran las dragas de cuchara, las de pala, las de rosario y las de succión estacionaria o en marcha. Entre ellas se opta por escoger la draga de cuchara articulada.

La draga de cuchara articulada está compuesta por una grúa con gran capacidad de elevación instalada sobre una pontona. Algunas están instaladas sobre una embarcación tipo gánguil autopropulsado con cántara para depositar el material dragado.

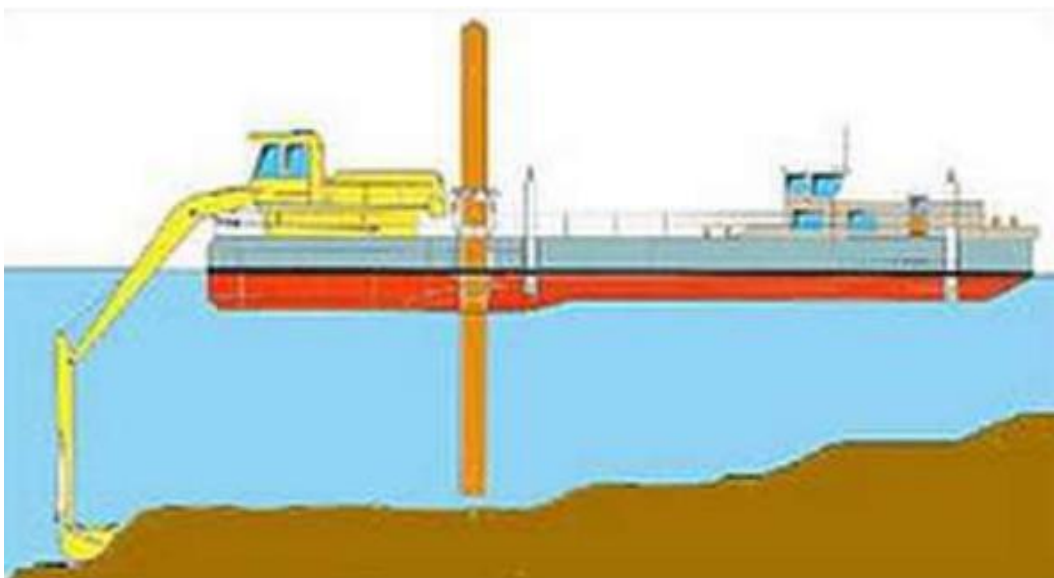


Figura 8. Dragas de cuchara articulada

La metodología de trabajo se basa en el descenso de la cuchara abierta hasta el fondo de la dársena y cuando lo alcanza se cierra capturando y extrayendo el material. Solo puede trabajar con  $H_s < 1\text{m}$  siendo capaces de operar en zonas con poco calado, como es el caso, pues el mínimo que se tiene es de 1,2m. La máxima restricción que tiene este tipo de dragas es que el calado que puede dragar está condicionado por la longitud que tenga el cable que iza la cuchara, pero como en este caso se tienen calados máximos de 4m no será un inconveniente. Esta draga es versátil a la hora de excavar, pues según el tipo de material que exista en el emplazamiento se puede cambiar la cuchara. Cuando se deba excavar estratos arenosos es recomendable el uso de cucharas bivalvas, mientras que para el dragado de rocas se deben utilizar pinzas. Los terrenos que se pueden dragar a máximo rendimiento son arenas fangosas, fangos, arcillas sueltas y plásticas, arenas con gravas y rocas que se han disgregado previamente mediante voladuras controladas. Con estas dragas se puede conseguir un rendimiento de hasta  $1500\text{m}^3/\text{día}$ .

A modo de recapitulación se va a adjuntar una tabla resumen con las ventajas e inconvenientes de esta draga creada por la “*Guía de Buenas Prácticas para la ejecución de Obras Marítimas*”.

| VENTAJAS   | INCONVENIENTES                  |
|--|---------------------------------|
| Requieren poco calado                              | $H_s < 1\text{ m}$              |
| Pueden trabajar en zonas muy localizadas           | Rendimiento bajo                |
| Pueden trabajar en las proximidades de estructuras | Alto coste                      |
| Gran precisión                                     | No dragan terrenos heterogéneos |
| Pueden dragar en terrenos emergidos abriendo canal |                                 |
| Flexibles en cuanto a la profundidad de dragado    |                                 |
| Facilidad para instalar barreras anticontaminantes |                                 |

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes de la draga de cuchara articulada



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## **ANEJO 7. CÁLCULO ESTRUCTURAL**

---

PROYECTO BÁSICO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE  
DÉNIA (ALICANTE) PARA USOS NÁUTICO-DEPORTIVOS.  
OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.

---

*Presentado por*

Barreira Ribera, Pablo Gonzalo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: SEPTIEMBRE 2019*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*





## Índice

|   |    |
|---|----|
| 1. Objeto e introducción .....  | 4  |
| 2. Definición de la sección del muelle.....                             | 5  |
| 2.1 Datos geométricos.....  | 5  |
| 2.2 Datos de los materiales .....                                       | 6  |
| 3. Cálculo .....  | 7  |
| 3.1 Acciones .....  | 7  |
| 3.2 Estados Límite Últimos .....  | 16 |
| 3.3 Verificación de ELU.....  | 18 |
| 4. Cálculo de la obra de abrigo.....                                    | 23 |
| 5. Conclusiones.....  | 25 |
| <br>  |    |
| Figura 1. Sección tipo muelle de bloques de hormigón .....              | 5  |
| Figura 2. Esquema de acciones actuantes.....                            | 9  |
| Figura 3. Combinación de cargas fundamental o característica .....      | 10 |
| Figura 4. Mapa de peligrosidad sísmica .....                            | 11 |
| Figura 5. Combinación de cargas sísmicas.....                           | 11 |
| Figura 6. Fórmula para el cálculo del coeficiente activo dinámico ..... | 12 |
| Figura 7. Cálculo del ángulo $\theta$ .....                             | 13 |
| Figura 8. Cálculo de las fuerzas másicas de inercia .....               | 13 |
| Figura 9. Fórmula de la aceleración sísmica de cálculo.....             | 13 |
| Figura 10. Coeficiente del terreno.....                                 | 14 |
| Figura 11. Fórmula del empuje activo según Mononobe-Okabe.....          | 14 |
| Figura 12. Mayoración del peso específico en caso de sismo .....        | 14 |
| Figura 13. Fórmula del ancho efectivo .....                             | 17 |
| Figura 14. Fórmula para tensión máxima y mínima .....                   | 17 |
| Figura 15. Fórmula de Brinch-Hansen .....                               | 18 |
| Figura 16. Fórmula para la presión vertical actuante.....               | 19 |
| Figura 17. Fórmula Hrotura .....  | 21 |
| Figura 18. Fórmula de Hudson .....                                      | 23 |
| Figura 19. Fórmula de Iribarren.....                                    | 23 |



|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Características geométricas.....  | 5  |
| Tabla 2. Pesos específicos de los materiales .....   | 6  |
| Tabla 3. Características geotécnicas.....  | 6  |
| Tabla 4. Acciones permanentes.....   | 8  |
| Tabla 5. Acciones variables.....   | 9  |
| Tabla 6. Coeficientes de ponderación para los modos de fallo.....  | 9  |
| Tabla 7. Combinación de acciones característica.....   | 10 |
| Tabla 8. Combinación de acciones accidental .....  | 12 |
| Tabla 9. Acciones que considerar y sus ponderaciones .....   | 12 |
| Tabla 10. Datos iniciales para el cálculo del empuje activo dinámico .....                               | 15 |
| Tabla 11. Parámetros empleado p ara el cálculo del empuje activo dinámico.....                           | 15 |
| Tabla 12. Resultado del empuje activo dinámico.....  | 15 |
| Tabla 13. Comprobación de la excentricidad .....   | 17 |
| Tabla 14. Tensión máxima y mínima en la base de la banqueta .....  | 17 |
| Tabla 15. Coeficientes de seguridad.....   | 17 |
| Tabla 16. Datos para el cálculo del hundimiento por Brinch-Hansen en combinación<br>característica ..... | 18 |
| Tabla 17. Cálculo frente a hundimiento en combinación característica .....                               | 18 |
| Tabla 18. Datos para el cálculo del hundimiento por Brinch-Hansen en combinación<br>sísmica .....        | 19 |
| Tabla 19. Cálculo frente a hundimiento en combinación sísmica.....                                       | 19 |
| Tabla 20. Acciones para el cálculo del vuelco en combinación característica .....                        | 20 |
| Tabla 21. Cálculo seguridad contra vuelco en combinación característica.....                             | 20 |
| Tabla 22. Acciones para el cálculo del vuelco en combinación sísmica .....                               | 21 |
| Tabla 23. Cálculo seguridad contra el vuelco en combinación sísmica.....                                 | 21 |
| Tabla 24. Acciones para el cálculo de deslizamiento en combinación característica ...                    | 22 |
| Tabla 25. Cálculo frente a deslizamiento en combinación caracterísitca .....                             | 22 |
| Tabla 26. Acciones para el cálculo de deslizamiento en combinación sísmica .....                         | 22 |
| Tabla 27. Cálculo frente a deslizamiento en combinación sísmica .....                                    | 22 |
| Tabla 28. Dimensionamiento obra de abrigo.....   | 24 |
| Tabla 29. Tabla resumen de las comprobaciones .....  | 25 |





## 1. Objeto e introducción

En el presente anejo se proceden a realizar los cálculos estructurales y geotécnicos pertinentes con la finalidad de dimensionar el muelle de bloques a construir. Dado que se van a ejecutar dos muelles de bloques de diferentes dimensiones, en lo que a longitud concierne, pero en el mismo emplazamiento y con secciones tipo semejantes, se procede a calcular solo uno de ellos, en su sección tipo más desfavorable en cada caso, teniendo en cuenta que los cálculos se realizarán por unidad de longitud. Ambos muelles compartirán la misma anchura, altura y los materiales empleados. Se va a considerar las recomendaciones expuestas en la R.O.M. 2.0-11 y en la R.O.M. 0.5-05.

Para la realización de los cálculos se efectúa una división. Por un lado, se tienen los cálculos geotécnicos, para los cuales se deberá comprobar que el muelle no se hunda. Por otro lado, respecto a los cálculos estructurales, hay que comprobar el equilibrio y la estabilidad del muro, asegurando que este no va a volcar ni a deslizar sobre la banquetta. Para ambos grupos de cálculo se verificarán tanto la combinación de acciones característica como la accidental.

Todos los cálculos se han realizado mediante la ayuda de una hoja Excel.

## 2. Definición de la sección del muelle

Como se ha comentado la estructura a construir es un muelle de bloques de hormigón. En la siguiente imagen se observa la sección tipo esquemática que sirve para definir las principales variables geométricas de la estructura de gravedad. Esta es la que se va a emplear para realizar las comprobaciones de los diferentes estados límites últimos, ya que es la sección más desfavorable de toda la estructura.

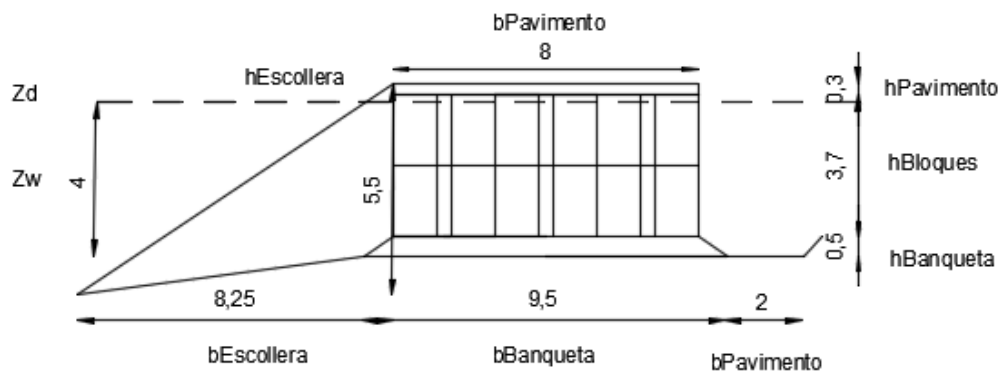


Figura 1. Sección tipo muelle de bloques de hormigón

### 2.1 Datos geométricos

Las principales cotas de referencia consideradas en el proyecto son:

- Cota de cimentación de la banquetta,  $Z_{b2}$ : 0m
- Cota de cimentación del muelle,  $Z_{b1}$ : 0,5m
- Cota de coronación del muelle,  $Z_{cor}$ : 4,50m
- Altura de escollera apilada,  $Z_{escollera}$ : 5,50m
- Nivel freático,  $Z_w$ : 4m
- Ancho del muelle,  $b_1$ : 8m
- Ancho de la banquetta,  $b_2$ : 9,5m
- Altura del noray: 0,2m
- Talud escollera: 3H:2V
- Talud banquetta: 3H:2V

| Características geométricas |      |                              |      |
|-----------------------------|------|------------------------------|------|
| Cota coronación (m)         |      | Bloque de hormigón           |      |
| Banqueta                    | 0,50 | h (m)                        | 1,85 |
| Bloques                     | 4,20 | b (m)                        | 2,67 |
| Pavimento                   | 4,50 | l (m)                        | 2,00 |
| Bolardo                     | 4,70 | ud,v                         | 2,00 |
|                             |      | ud,l                         | 3,00 |
|                             |      | htot (m)                     | 3,70 |
|                             |      | b,tot (m)                    | 8,00 |
| Banqueta                    |      | Pavimento                    |      |
| h (m)                       | 0,50 | h (m)                        | 0,30 |
| Talud                       | 1,50 | b (m)                        | 8,00 |
| b1 (m)                      | 8,00 |                              |      |
| b2 (m)                      | 9,50 |                              |      |
| Escollera                   |      | Otras cotas                  |      |
| Talud                       | 1,50 | Nivel freático (m)           | 4,00 |
| Dn (m)                      | 1,20 | Distancia entre bolardos (m) | 5,50 |
| h,seco (m)                  | 0,50 |                              |      |
| h,sat (m)                   | 5,00 |                              |      |
| h,tot (m)                   | 5,50 |                              |      |
| b (m)                       | 6,75 |                              |      |

Tabla 1. Características geométricas

## 2.2 Datos de los materiales

Hay que tener en cuenta que el modelo convencional de sección de muelle de bloques de hormigón presenta un relleno de tierras en el trasdós, pero dado que este se va a ejecutar en medio de la dársena, el muelle solo va a poseer su cuerpo, formado por bloques de hormigón y una superestructura y un pavimento. Se debe añadir una protección de escollera en talud para prevenir daños por impacto del oleaje al muelle, pero, sobre todo, para disminuir la reflexión del oleaje por la dársena del puerto cuando las olas impacten con este.

Los pesos específicos para cada material han sido obtenidos de la R.O.M. 2.0-11, concretamente del tomo 2 en la tabla 4.6.1.1.

| Peso específico                            |                  |      |      |
|--|------------------|------|------|
| Agua marina (kN/m <sup>3</sup> )           |                  |      | 10,1 |
| Hormigón (kN/m <sup>3</sup> )              |                  |      | 23,5 |
| Pavimento de hormigón (kN/m <sup>3</sup> ) |                  |      | 23,5 |
| Todo-uno de cantera (kN/m <sup>3</sup> )   | Yap              |      | 20,3 |
|  | Ysat             |      | 22,8 |
| Escollera (kN/m <sup>3</sup> )             | Yap              |      | 26   |
|  | Ysat             |      | 26   |
| Terreno (kN/m <sup>3</sup> )               | Fango            | Yap  | 14,7 |
|  |                  | Ysat | 14,7 |
|  | Limos y arcillas | Yap  | 16,8 |
|  |                  | Ysat | 20,6 |
|  | Arena            | Yap  | 20,4 |
|  |                  | Ysat | 17   |
|  | Arenisca         | Yap  | 19,5 |
|  |                  | Ysat | 24,7 |
|  | Caliza           | Yap  | 25,2 |
|  |                  | Ysat | 26,7 |

Tabla 2. Pesos específicos de los materiales

| Características geotécnicas  |                  |                         |      |
|------------------------------|------------------|-------------------------|------|
| Terreno (kN/m <sup>3</sup> ) | Fango            | Yap                     | 14,7 |
|                              |                  | Ysat                    | 14,7 |
|                              |                  | $\varphi$               | 18   |
|                              |                  | C' (kN/m <sup>2</sup> ) | --   |
|                              | Limos y arcillas | Yap                     | 16,8 |
|                              |                  | Ysat                    | 20,6 |
|                              |                  | $\varphi$               | 22   |
|                              |                  | C' (kN/m <sup>2</sup> ) | 10   |
|                              | Arena            | Yap                     | 17   |
|                              |                  | Ysat                    | 20,4 |
|                              |                  | $\varphi$               | 30   |
|                              |                  | C' (kN/m <sup>2</sup> ) | 0    |
|                              | Arenisca         | Yap                     | 19,5 |
|                              |                  | Ysat                    | 24,7 |
|                              |                  | UCS promedio (Mpa)      | 5,5  |
|                              |                  | $\varphi$               | --   |
|                              | Caliza           | C' (kN/m <sup>2</sup> ) | --   |
|                              |                  | Yap                     | 25,2 |
|                              |                  | Ysat                    | 26,7 |
|                              |                  | UCS promedio (Mpa)      | 58,1 |
|                              |                  | $\varphi$               | --   |
|                              |                  | C' (kN/m <sup>2</sup> ) | --   |

Tabla 3. Características geotécnicas

### 3. Cálculo

Antes de comenzar a calcular los esfuerzos actuantes hay que tener en cuenta las dimensiones de cada componente del muelle. Este está compuesto por una banqueta de todo-uno de cantera con un talud de 3H:2V, un ancho mayor de 9,5m y uno menor de 8m, como el ancho total del muelle, por los propios bloques de hormigón que forman el muelle de dimensiones 1,85x2,67x2m y por el pavimento de un espesor de 0,3m. Hay que tener en cuenta que los bloques cuentan con un orificio circular a lo largo de toda su altura de 0,4m de diámetro. Este se rellenará de hormigón una vez se hayan colocado los bloques sirviendo como conexión de estos para unificar la estructura.

Para comprobar los estados límite de hundimiento, deslizamiento y vuelco hay que conocer los esfuerzos aparentes, tanto los verticales como los horizontales. Respecto a los verticales, destacan como cargas permanentes el peso de la estructura en su conjunto, es decir, el peso del pavimento, el peso de los bloques colocados y el peso de la banqueta, la subpresión y una sobrecarga variable de operación definida por la R.O.M. 0.5-05. Las reacciones horizontales presentes son el empuje hidrostático, el cual será igual en ambas partes del muelle, pero de direcciones opuestas, por lo que se anulará asimismo siempre, el empuje ejercido por el manto de escollera de protección, ambas acciones de carga permanente y el tiro de bolardo, considerado como carga variable.

#### 3.1 Acciones

Se procede a enumerar y describir las acciones que tienen lugar durante la construcción y la vida útil de la obra. Para obtener su valor se ha multiplicado el área de la sección de cada elemento por su peso específico, ambos datos han sido presentados con anterioridad en este anejo.

$$Q = \rho * g * A = \gamma * A$$

Dónde:

- A: área de la sección del elemento considerado
- $\rho$ : densidad del material en  $\text{kg/m}^3$
- $g$ : aceleración de la gravedad con valor  $9,81 \text{ m/s}^2$
- $\gamma$ : peso específico del material  $\text{kN/m}^3$

a. Cargas permanentes:

En la obra destacan 6 acciones de carácter permanente.

| Cargas permanentes     |        |                        |       |                        |       |                        |        |                        |         |
|------------------------|--------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|--------|------------------------|---------|
| Bloques de hormigón    |        | Pavimento              |       | Banqueta               |       | Subpresión             |        | Empuje del agua        |         |
| y (kN/m <sup>3</sup> ) | 23,50  | y (kN/m <sup>3</sup> ) | 23,50 | y (kN/m <sup>3</sup> ) | 22,80 | y (kN/m <sup>3</sup> ) | 10,10  | y (kN/m <sup>3</sup> ) | 10,10   |
| W (kN/m)               | 695,60 | W (kN/m)               | 56,40 | W (kN/m)               | 99,75 | S1 (kN/m)              | 282,80 | Ew1 (kN/m)             | 161,60  |
| xcdg (m)               | 4,00   | xcdg (m)               | 4,00  |                        |       | S2 (kN/m)              | 383,80 | Ew2 (kN/m)             | -161,60 |
| ycdg (m)               | 1,85   | ycdg (m)               | 0,15  |                        |       | xB1 (m)                | 4,00   | yB1 (m)                | 1,33    |
| xB (m)                 | 4,00   | xB (m)                 | 4,00  |                        |       |                        |        |                        |         |
| yB (m)                 | 1,85   | yB (m)                 | 4,35  |                        |       |                        |        |                        |         |

| Empuje de la escollera |         |        |                                     |       |                          |      |                          |            |
|------------------------|---------|--------|-------------------------------------|-------|--------------------------|------|--------------------------|------------|
| Estado                 | Empujes | xB (m) | peso específico (k/m <sup>3</sup> ) | h (m) | o'v (kN/m <sup>2</sup> ) | ka   | ea' (kN/m <sup>2</sup> ) | Ea' (kN/m) |
| Escollera seca         | Eesc1   | 3,67   | 26,00                               | 0,50  | 13,00                    | 0,22 | 2,83                     | 0,71       |
| Escollera saturada     | Eesc2   | 0,83   | 26,00                               | 5,00  | 79,50                    | 0,22 | 17,29                    | 36,15      |
|                        | Eesc3   | 1,50   | 26,00                               | 5,00  | 79,50                    | 0,22 | 17,29                    | 14,13      |
| Total                  |         |        |                                     |       |                          |      |                          | 50,99      |

Tabla 4. Acciones permanentes

Para calcular el empuje de escollera se ha seguido el siguiente procedimiento:

$$ka = (1 - \sin \phi') / (1 + \sin \phi')$$

$$\sigma'v = h * (\gamma_{ap} - \gamma_w)$$

$$ea' = ka * \sigma'v$$

$$Ea' = ea' * h$$

Donde:

- ka: coeficiente de empuje activo
- $\phi'$ : ángulo de rozamiento efectivo de la escollera (°)
- $\sigma'v$  es el empuje efectivo vertical (kN/m<sup>2</sup>)
- ea': empuje efectivo activo (kN/m<sup>2</sup>)
- h: altura de escollera (m)

b. Cargas variables:

Dado que se trata de un muelle para el atraque y amarre de embarcaciones náutico-deportivas, las cargas variables que hay que tener en cuenta son el tiro de bolardo ejercido por las embarcaciones amarradas y una carga de operación, que será del valor estipulado por la ROM 2.0-11 teniendo en cuenta el desplazamiento del buque tipo. Se descarta que existan otros tipos de cargas variables ejercidas, por ejemplo, por la colocación de una pasarela o maquinaria de avituallamiento o reparación.

| Cargas variables |        |                        |        |
|------------------|--------|------------------------|--------|
| Tiro de bolardo  |        | Carga de operación     |        |
| Tbolardo (kN)    | 100,00 | q (kN/m <sup>2</sup> ) | 14,71  |
| Tbolardo (kN/m)  | 18,18  | Q (kN/m <sup>2</sup> ) | 117,68 |

Tabla 5. Acciones variables

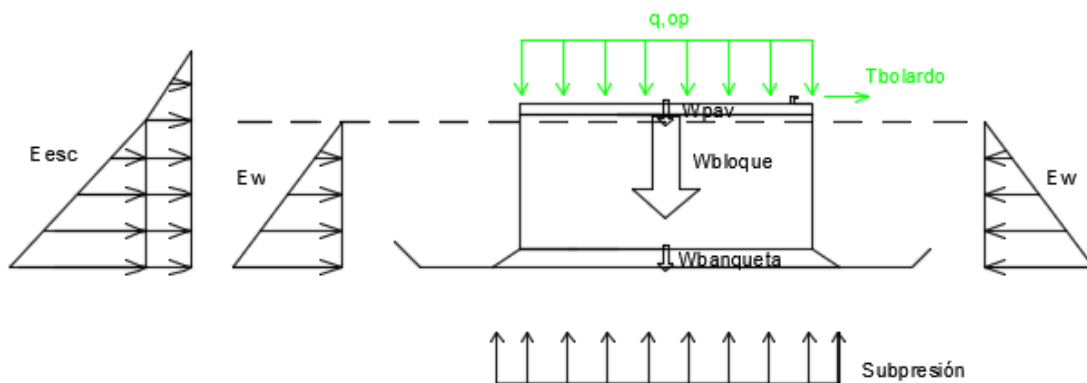


Figura 2. Esquema de acciones actuantes

Para la obtención de estas acciones ya ponderadas, y según el caso de estudio que se esté realizando, hay que aplicar los correspondientes coeficientes de ponderación para cada modo de fallo. La norma menciona los siguientes:

| Coeficiente de ponderación para modo de fallo |        |         |                    |      |     |     |      |
|---|--------|---------|--------------------|------|-----|-----|------|
| Acción  | Tipo   | Símbolo | Tipo modo de fallo |      |     |     |      |
|   |        |         | EQU                | STR  | GEO | UPL | HYD  |
| Permanente                                    | Fav    | Y       | 1                  | 1    | 1   | 0,9 | 0,9  |
|   | Desfav |         | 1                  | 1,35 | 1   | 1   | 1,35 |
| Variable                                      | Fav    | Y       | 0                  | 0    | 0   | 0   | 0    |
|   | Desfav |         | 1,5                | 1,5  | 1,3 | 1,5 | 1,5  |

Tabla 6. Coeficientes de ponderación para los modos de fallo

También se va a adjuntar una tabla con los esfuerzos que van a tener lugar en el dimensionamiento del muelle, así como las características geométricas que hay que considerar. Los esfuerzos se muestran ponderados con los coeficientes adecuados a cada caso para así poder emplear dichas acciones en sus correspondientes estado límite. La combinación de acciones llevada a cabo ha sido la combinación fundamental o característica.

$$\gamma_E \cdot G + \gamma_{Q1} \cdot Q_1 + \sum \psi_{0,i} \cdot \gamma_{Q,i} \cdot Q_i \quad ; 1E [2; n]$$

Figura 3. Combinación de cargas fundamental o característica

Siendo:

- G: acciones permanentes
- Q1: acción variable principal o predominante en la ocurrencia del modo de fallo y acciones variables de actuación simultánea directamente dependientes de la predominante.
- Qi: otras acciones variables de actuación simultánea compatibles con la predominante e independientes estadísticamente de la misma.
- $\psi_{0,i}$ : coeficiente de compatibilidad fundamental. En el caso de disponer de dos acciones variables independientes su valor es la unidad.
- $\gamma_g, \gamma_q$ : coeficientes de ponderación parciales.

Se procede a mostrar los cálculos realizados para mostrar la combinación de acciones característica para los dos tipos de estados últimos que comprobar:

| Combinación característitca deslizamiento y vuelco (kN/m) |       |                    |        |
|---|-------|--------------------|--------|
| Cargas horizontales                                       |       | Cargas verticales  |        |
| Cargas permanentes  |       | Cargas permanentes |        |
| Eesc1   | 0,71  | Wpav               | 56,40  |
| Eesc2   | 36,15 | Wbloque            | 695,60 |
| Eesc3   | 14,13 | Wbanqueta          | 0,00   |
|   |       | Subpresión1        | 282,80 |
|   |       | Subpresión2        | 383,80 |
| Cargas variables  |       | Cargas variables   |        |
| Tbolardo  | 18,18 | Q,op               | 117,68 |
| Sumatorio   |       | Sumatorio          | 469,20 |

| Combinación característitca hundimiento (kN/m) |       |                    |        |
|--|-------|--------------------|--------|
| Cargas horizontales                            |       | Cargas verticales  |        |
| Cargas permanentes                             |       | Cargas permanentes |        |
| Eesc1  | 0,71  | Wpav               | 56,40  |
| Eesc2  | 36,15 | Wbloque            | 695,60 |
| Eesc3  | 14,13 | Wbanqueta          | 99,75  |
|  |       | Subpresión1        | 282,80 |
|  |       | Subpresión2        | 383,80 |
| Cargas variables                               |       | Cargas variables   |        |
| Tbolardo                                       | 18,18 | Q,op               | 117,68 |
| Sumatorio                                      |       | Sumatorio          | 620,93 |

Tabla 7. Combinación de acciones características



En cuanto a la combinación accidental, esta se debe comprobar, ya que el emplazamiento de la obra se encuentra, según el mapa de peligrosidad sísmica, en una zona con una aceleración sísmica comprendida en el intervalo  $0,04 \leq a_b \leq 0,08$ , por lo que la comprobación de que ocurra un sismo y este afecte a la estructura es factible, así que se debe de tener en cuenta esta combinación en el diseño del muelle.

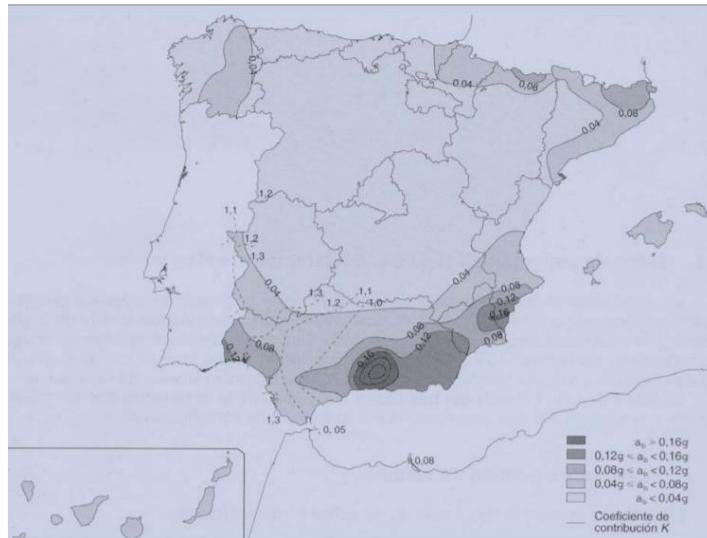


Figura 4. Mapa de peligrosidad sísmica

Para realizar la combinación de cargas se debe emplear la siguiente expresión:

$$G + S + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_i ; 1E [2; n]$$

Figura 5. Combinación de cargas sísmicas

Siendo:

- G: acciones permanentes
- S: acción sísmica
- $\psi_{2,i}$ : coeficiente de compatibilidad cuasi-permanente

De esta manera se obtienen los siguientes valores:

| Combinación accidental deslizamiento y vuelco (kN/m) |       |                    |        |
|--|-------|--------------------|--------|
| Cargas horizontales                                  |       | Cargas verticales  |        |
| Cargas permanentes                                   |       | Cargas permanentes |        |
| Eesc1  | 0,71  | Wpav               | 56,40  |
| Eesc2  | 36,15 | Wbloque            | 695,60 |
| Eesc3  | 14,13 | Wbanqueta          | 0,00   |
| S  | 0,80  | Subpresión1        | 282,80 |
|  |       | Subpresión2        | 383,80 |
| Cargas variables                                     |       | Cargas variables   |        |
| Tbolardo   | 18,18 | Q,op               | 117,68 |
| Sumatorio  | 62,70 | Sumatorio          | 469,20 |

| Combinación accidental hundimiento (kN/m) |       |                    |        |
|---|-------|--------------------|--------|
| Cargas horizontales                       |       | Cargas verticales  |        |
| Cargas permanentes                        |       | Cargas permanentes |        |
| Eesc1                                     | 0,71  | Wpav               | 56,40  |
| Eesc2                                     | 36,15 | Wbloque            | 695,60 |
| Eesc3                                     | 14,13 | Wbanqueta          | 99,75  |
| S   | 0,80  | Subpresión1        | 282,80 |
|   |       | Subpresión2        | 383,80 |
| Cargas variables                          |       | Cargas variables   |        |
| Tbolardo                                  | 18,18 | Q,op               | 117,68 |
| Sumatorio                                 | 61,90 | Sumatorio          | 459,99 |

Tabla 8. Combinación de acciones accidental

A continuación, se ha realizado una tabla a modo resumen con las cargas permanentes y variables que tienen lugar sobre el muelle, la cual contiene las acciones ponderadas para cada caso sin tener en cuenta la acción sísmica, ya que su proceso de cálculo es ligeramente distinto.

| Ponderación     |        |          |               |             |
|-----------------|--------|----------|---------------|-------------|
| Acciones (kN/m) |        | Para EQU |               | Para GEO    |
|                 |        | Vuelco   | Deslizamiento | Hundimiento |
| Wpav            | 56,40  | 56,40    | 56,40         | 56,40       |
| Wbloque         | 695,60 | 695,60   | 695,60        | 695,60      |
| Wbanqueta       | 99,75  | 0,00     | 0,00          | 99,75       |
| Tbolardo        | 18,18  | 27,27    | 27,27         | 0,00        |
| Eesc1           | 0,71   | 0,71     | 0,71          | 0,71        |
| Eesc2           | 36,15  | 36,15    | 36,15         | 36,15       |
| Eesc3           | 14,13  | 14,13    | 14,13         | 14,13       |
| Subpresión1     | 282,80 | 282,80   | 282,80        | 282,80      |
| Subpresión2     | 383,80 | 383,80   | 383,80        | 383,80      |
| Q,op            | 117,68 | 0,00     | 0,00          | 152,98      |
| V               |        | 469,20   | 469,20        | 620,93      |
| H               |        | 78,26    | 78,26         | 50,99       |

Tabla 9. Acciones que considerar y sus ponderaciones

Para calcular la carga accidental ejercida por el sismo se deben realizar una serie de consideraciones. En primer lugar, el coeficiente de empuje activo, en este caso ejercido por el muro de escollera, será sustituido por el de empuje activo en condiciones dinámicas, que equivale al activo estático, multiplicado por un coeficiente  $K_a^*$ .

$$K_{ad} = \frac{\cos(\alpha + \theta)}{\cos \theta \cdot \cos \alpha} \cdot K_a^*$$

Figura 6. Fórmula para el cálculo del coeficiente activo dinámico

El valor  $\alpha$  trata de evaluar la flexibilidad de la obra frente a los terremotos. Dado que se trata de un muelle de gravedad sin coacciones, el valor será de 0,5 tal y como dicta la R.O.M. 0.5-05.

En cambio, el valor para el ángulo  $\theta$  viene determinado según las condiciones del relleno existente. En este caso se tiene parte de la escollera sumergida y se trata de un material claramente drenante, por lo que el ángulo que elegir corresponde con el caso 2 del apartado 3.10.5.2.3.1 de la R.O.M. 0.5-05. Este valor se calcula como:

$$\theta = \arctg\left(\frac{a_h}{g - a_v} \cdot \frac{\gamma_d}{\gamma'}\right) \quad \text{Caso 2}$$

Figura 7. Cálculo del ángulo  $\theta$

Siendo:

- $a_h$ : fuerza másica de inercia horizontal
- $a_v$ : fuerza másica de inercia vertical
- $\gamma_d$ : peso específico seco de la escollera
- $\gamma'$ : peso sumergido de la escollera

Para el cálculo de las fuerzas másicas de inercia se han empleado las siguientes formulaciones:

$$\begin{aligned} \text{Horizontal: } a_h &= \alpha \cdot a_c \\ \text{Vertical: } a_v &= \frac{1}{2} a_h \end{aligned}$$

Figura 8. Cálculo de las fuerzas másicas de inercia

Donde  $a_c$  corresponde con la aceleración sísmica de cálculo que se obtiene, según la vigente Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), de la expresión:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Figura 9. Fórmula de la aceleración sísmica de cálculo

Donde:

- $a_b$ : aceleración sísmica básica obtenida del mapa de peligrosidad sísmica
- $\rho$ : coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda  $a_c$  en el período para el que se proyecta la construcción. Se toma 1, dado que la construcción es de importancia normal.
- $S$ : coeficiente de amplificación del terreno

Como :

$$\rho \cdot a_b \leq 0,1g$$
 ; S se calcula como

$$S = \frac{C}{1,25}$$

Siendo C el coeficiente del terreno que depende de las características geotécnicas del mismo, que como se trata del terreno tipo I: roca compacta, suelo cementado o granular muy denso, C vale 1.

Coeficientes del terreno

| Tipo de terreno | Coeficiente C |
|-----------------|---------------|
| I               | 1,0           |
| II              | 1,3           |
| III             | 1,6           |
| IV              | 2,0           |

Figura 10. Coeficiente del terreno

Una vez conocido el coeficiente del terreno, el coeficiente de amplificación del terreno, el coeficiente adimensional de riesgo y la aceleración sísmica básica se puede determinar el empuje activo en condiciones sísmicas mediante las fórmulas Mononobe-Okabe.

**EMPUJE ACTIVO**

$$E_{atd} = \frac{1}{2} \gamma K_{ad} H^2$$

Figura 11. Fórmula del empuje activo según Mononobe-Okabe

Para el cálculo de dicho empuje se debe considerar el peso específico de la escollera, en este caso, pero mayorado bajo la fórmula:

$$f = 1 + \frac{a_v}{g}$$

Figura 12. Mayoración del peso específico en caso de sismo

Cabe destacar que el peso específico del terreno se aumentará, tanto en la zona situada por encima del nivel freático,  $\gamma_{ap}$ , como en la zona situada por debajo de él,  $\gamma'$ .

A modo breve de resumen se van a adjuntar las tablas con los valores para poder seguir el cálculo numérico.

| Datos iniciales |      |
|-----------------|------|
| alfa            | 0,50 |
| ro              | 1,00 |
| c               | 1,00 |
| g               | 9,81 |
| ab,g            | 0,06 |
| ab              | 0,59 |

Tabla 10. Datos iniciales para el cálculo del empuje activo dinámico

| Parámetros necesarios para la obtención del empuje |      |
|--|------|
| S  | 0,80 |
| ac   | 0,47 |
| ac,g   | 0,05 |
|  |      |
| ah   | 0,24 |
| av   | 1,15 |
|  |      |
| kh   | 0,02 |
| kv   | 0,12 |
|  |      |
| tecta  | 0,05 |
| ka*  | 0,22 |
| ka* (rad)  | 0,70 |
| Kad  | 0,21 |
|  |      |
| f  | 1,12 |

Tabla 11. Parámetros empleado para el cálculo del empuje activo dinámico

| Cálculo del empuje |       |
|--------------------|-------|
| Eatd (kN/m)        | 93,04 |

Tabla 12. Resultado del empuje activo dinámico

### 3.2 Estados Límite Últimos

Una vez conocidos los esfuerzos actuantes se procede a realizar la comprobación de cada estado límite último con su correspondiente combinación de acciones.

- Pérdida de equilibrio estático

#### 1. Vuelco rígido:

Los criterios recomendados para realizar las verificaciones de vuelco rígido de la estructura se recogen en el apartado 3.5.6.1 de la ROM 0.5-05. Se tomará momentos con respecto a la base inferior derecha de los bloques de hormigón, punto de contacto con la banqueta, de todas las cargas actuantes y se verificará que en ningún caso se incumpla el factor de seguridad impuesto por la ROM 0.5-05, comprobando que los momentos estabilizadores partido los volcadores son mayores que el coeficiente de seguridad estipulado.

$$F_v = \frac{\sum M_{\text{estabilizadores}}}{\sum M_{\text{desestabilizadores}}} \geq \text{Factor de seguridad}$$

#### 2. Deslizamiento:

Se procede a calcular únicamente el deslizamiento entre la banqueta de todo-uno de cantera y los bloques de hormigón prefabricados. El deslizamiento entre bloques de hormigón no habría que comprobarlo, ya que, como ya se ha mencionado anteriormente, los bloques de hormigón han sido fabricados con un orificio en su centro de 40cm de diámetro, el cual se rellenará, durante la fase de colocación de los bloques una vez estos ya estén apilados, con hormigón creando un sólido rígido único.

Los criterios recomendados para realizar las verificaciones de deslizamiento se recogen en el apartado 3.5.5. de la ROM 0.5-05.

$$F_d = \frac{T_{\max}}{T_{\text{nec}}} \geq \text{Factor de seguridad}$$

- Geotécnicos

#### 1. Hundimiento:

La comprobación de seguridad frente a hundimiento se realiza siguiendo las recomendaciones indicadas en la R.O.M. 0.5-05 apartado 3.5.4. empleando el cálculo analítico de la carga de hundimiento. En este método se debe comprobar que la carga de hundimiento obtenida al aplicar el método de cálculo correspondiente obtenida mediante la fórmula de Brinch-Hansen partido por la carga vertical actuante en la hipótesis de carga correspondiente es mayor al factor de seguridad establecido por la norma.

En este estado límite último el procedimiento seguido ha sido realizar primeramente el cálculo de tensiones del terreno. Para ello se ha calculado la tensión transmitida al terreno teniendo en cuenta todas las fuerzas actuantes, horizontales y verticales, así como el sumatorio de momentos estabilizadores y volcadores en el plano de contacto entre la banqueta y el terreno. De esta manera se puede obtener la excentricidad, la cual si es mayor a  $B/6$  deberá de ser considerada en el ancho del muelle reduciéndolo, empleando así el denominado ancho efectivo.

$$B' = B - 2.e$$

Figura 13. Fórmula del ancho efectivo

| Cálculo de excentricidades |             |                      |
|----------------------------|-------------|----------------------|
| Excentricidades (m)        | Hundimiento |                      |
| e                          | 1,58        | No hay excentricidad |
| e'                         | 0,13        |                      |

Tabla 13. Comprobación de la excentricidad

Una vez conocido el ancho efectivo se procede a calcular la tensión máxima y mínima observando que la base del muelle no se encuentra traccionada en ninguna parte.

$$\sigma_{max} = \frac{N_{total}}{a \times b} + 6 \times \frac{M_{total}}{a \times b^2}$$

$$\sigma_{min} = \frac{N_{total}}{a \times b} - 6 \times \frac{M_{total}}{a \times b^2}$$

Figura 14. Fórmula para tensión máxima y mínima

| Cálculo de tensiones           |             |
|--------------------------------|-------------|
| Tensiones (kN/m <sup>2</sup> ) | Hundimiento |
| Tensión máxima                 | 70,64       |
| Tensión mínima                 | 60,08       |

Tabla 14. Tensión máxima y mínima en la base de la banqueta

No se realizarán más comprobaciones ni se considerarán modos de fallo adscritos al ELS que afecten a la durabilidad y deformaciones previsibles de la estructura.

Para la comprobación de todos estos estados límite hay que conocer también los coeficientes de seguridad exigidos por la normativa. Estos se recogen en la siguiente tabla.

| Coeficiente de seguridad |        |               |             |
|--------------------------|--------|---------------|-------------|
| Tipo de combinación      | Vuelco | Deslizamiento | Hundimiento |
| Cuasi-permanente         | 1,5    | 1,5           | 2,5         |
| Fundamental              | 1,3    | 1,3           | 2           |
| Accidental o sísmica     | 1,1    | 1,1           | 1,8         |

Tabla 15. Coeficientes de seguridad



### 3.3 Verificación de ELU

Para todas las verificaciones se adjuntarán los cálculos, primero para la combinación de acciones característica y, a continuación, para la sísmica.

En primer lugar, se procede a comprobar que el terreno existente, sobre el cual se apoya el muelle, sea capaz de resistir el peso de la infraestructura junto a sus cargas variables.

#### I. Hundimiento:

Como la estructura se apoya sobre el estrato de arenas se ha realizado el cálculo de la presión efectiva vertical que, aplicada sobre la banqueta, produciría el hundimiento en valores de tensión efectivas, es decir, teniendo en cuenta el drenaje, o sea, a largo plazo.

Para realizar la comprobación de hundimiento se ha empleado la fórmula de Brinch-Hansen:

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

Figura 15. Fórmula de Brinch-Hansen

#### i. Combinación característica:

Para ello los datos necesarios para el cálculo de todos los términos de la fórmula son:

| Datos          |       |    |      |         |        |
|----------------|-------|----|------|---------|--------|
| F              | 2,00  | B  | 1,00 | tgδ     | 0,08   |
| ysat,Arena     | 20,40 | B' | 1,00 | tgδ'    | 0,08   |
| ysat,Fango     | 14,70 | eB | 0,00 | V       | 620,93 |
| yH2O           | 10,10 | L  | 9,50 | H       | 50,99  |
| e,Arena        | 3,30  | L' | 9,50 | Hipot   | 623,02 |
| e,Fango        | 0,30  | eL | 0,00 | d       | 0,08   |
| fi,arena       | 30,00 |    |      | d (rad) | 4,69   |
| fi,arena (rad) | 0,52  |    |      | c'      | 0,00   |

Tabla 16. Datos para el cálculo del hundimiento por Brinch-Hansen en combinación característica

| Cálculo    |        |        |       |      |       |
|------------|--------|--------|-------|------|-------|
| q' (kN/m2) | 35,37  | c'     | 0,00  | ysum | 10,30 |
| Nq         | 18,40  | Nc     | 30,14 | Ny   | 20,09 |
| fq         | 0,75   | fc     | 0,73  | fy   | 0,57  |
| sq         | 1,06   | sc     | 1,06  | sy   | 0,96  |
| dq         | 1,00   | dc     | 1,00  | dy   | 1,00  |
| iq         | 0,70   | ic     | 0,69  | iy   | 0,60  |
| rq         | 1,00   | rc     | 1,00  | ry   | 1,00  |
| tq         | 1,00   | tc     | 1,00  | ty   | 1,00  |
| pvh        | 546,42 |        |       |      |       |
| pv         | 90,89  |        |       |      |       |
| F          | 6,01   | Cumple |       |      |       |

Tabla 17. Cálculo frente a hundimiento en combinación característica

Con estos datos se obtienen los valores de cada parámetro de la fórmula y, por ende, el valor de la presión efectiva vertical. También se debe calcular la presión vertical actuante en la hipótesis de carga correspondiente mediante la siguiente expresión:

$$P_v = \frac{V}{B' \cdot L'}$$

Figura 16. Fórmula para la presión vertical actuante

Se obtiene un coeficiente de seguridad frente a hundimiento de 6,01, que claramente es mayor al requerido por la normativa.

ii. Combinación sísmica:

El procedimiento para realizar el cálculo es el mismo solo que se obtienen los siguientes valores mostrados en las próximas tablas.

| Datos          |       |    |      |         |        |
|----------------|-------|----|------|---------|--------|
| F              | 1,80  | B  | 1,00 | tgδ     | 0,13   |
| ysat,Arena     | 20,40 | B' | 1,00 | tgδ'    | 0,13   |
| ysat,Fango     | 14,70 | eB | 0,00 | V       | 459,99 |
| yH2O           | 10,10 | L  | 9,50 | H       | 61,90  |
| e,Arena        | 3,30  | L' | 9,50 | Hipot   | 464,14 |
| e,Fango        | 0,30  | eL | 0,00 | d       | 0,13   |
| fi,arena       | 30,00 |    |      | d (rad) | 7,66   |
| fi,arena (rad) | 0,52  |    |      | c'      | 0,00   |

Tabla 18. Datos para el cálculo del hundimiento por Brinch-Hansen en combinación sísmica

| Cálculo    |        |        |       |      |       |
|------------|--------|--------|-------|------|-------|
| q' (kN/m2) | 35,37  | c'     | 0,00  | ysum | 10,30 |
| Nq         | 18,40  | Nc     | 30,14 | Ny   | 20,09 |
| fq         | 0,89   | fc     | 0,88  | fy   | 0,74  |
| sq         | 1,06   | sc     | 1,06  | sy   | 0,96  |
| dq         | 1,00   | dc     | 1,00  | dy   | 1,00  |
| iq         | 0,84   | ic     | 0,83  | iy   | 0,77  |
| rq         | 1,00   | rc     | 1,00  | ry   | 1,00  |
| tq         | 1,00   | tc     | 1,00  | ty   | 1,00  |
| pvh        | 656,61 |        |       |      |       |
| pv         | 48,42  |        |       |      |       |
| F          | 13,56  | Cumple |       |      |       |

Tabla 19. Cálculo frente a hundimiento en combinación sísmica

A continuación, habiendo comprobado que el terreno resiste frente a las cargas actuantes, se procede a comprobar que la estructura es estable frente a los estados límite de vuelco rígido y deslizamiento.

## II. Vuelco rígido:

El primer cálculo de estabilidad estructural realizado ha sido la comprobación del vuelco rígido de la estructura. Según la metodología dictaminada por la R.O.M. 0.5-05 se debe verificar lo siguiente:

$$F_v = \frac{\sum M_{\text{estabilizadores}}}{\sum M_{\text{desestabilizadores}}} \geq \text{Factor de seguridad}$$

Como momentos estabilizadores se entienden los momentos originados por las fuerzas verticales tomados respecto al punto de vuelco que está situado en la esquina inferior derecha del muelle en contacto con la banqueta de todo-uno, mientras que los desestabilizadores corresponden a los momentos originados por las horizontales tomados en el mismo punto.

### i. Combinación característica:

Las acciones empleadas y ponderadas para realizar el cálculo han sido:

| Combinación frecuente |        |                         |        |                              |      |
|-----------------------|--------|-------------------------|--------|------------------------------|------|
| Esfuerzos favorables  |        | Esfuerzos desfavorables |        | Distancias a punto de vuelco |      |
| Wpav (kN/m)           | 56,40  | Subpresión (kN/m)       | 282,80 | x,Wpav (m)                   | 4,00 |
| Wbloque (kN/m)        | 695,60 | Tbol (kN/m)             | 27,27  | x,Wbloque (m)                | 4,00 |
| Q,op (kN/m)           | 0,00   | Eesc1 (kN/m)            | 0,71   | x,Q,op (m)                   | 4,00 |
|                       |        | Eesc2 (kN/m)            | 36,15  | x,Subpresión (m)             | 4,00 |
|                       |        | Eesc3 (kN/m)            | 14,13  | y,Tbol (m)                   | 4,70 |
|                       |        |                         |        | y,Eesc1 (m)                  | 3,67 |
|                       |        |                         |        | y,Eesc2 (m)                  | 0,83 |
|                       |        |                         |        | y,Eesc3 (m)                  | 1,50 |

Tabla 20. Acciones para el cálculo del vuelco en combinación característica

En la tabla también se introducen las distancias al punto de vuelco. Tomando momentos en este punto se obtienen los valores para realizar el sumatorio y, a continuación, la división para la verificación requerida.

| Cálculo de momentos      |          |                             |        |
|--------------------------|----------|-----------------------------|--------|
| Momentos estabilizadores |          | Momentos desestabilizadores |        |
| Mpav (kNm/m)             | 225,60   | MTbol (kNm/m)               | 128,18 |
| Mbloque (kNm/m)          | 2782,40  | MEesc1 (kNm/m)              | 2,59   |
| Mop (kNm/m)              | 0,00     | MEesc2 (kNm/m)              | 30,12  |
| Msubpresión (kNm/m)      | -1131,20 | MEesc3 (kNm/m)              | 21,20  |
|                          |          |                             |        |
| Mest                     | 1876,80  | Mvol                        | 182,10 |
|                          |          |                             |        |
| F                        | 1,30     |                             |        |
| F                        | 10,31    | Cumple                      |        |

Tabla 21. Cálculo seguridad contra vuelco en combinación característica

ii. Combinación sísmica:

| Combinación sísmica    |        |                         |        |                              |      |
|------------------------|--------|-------------------------|--------|------------------------------|------|
| Esfuerzos favorables   |        | Esfuerzos desfavorables |        | Distancias a punto de vuelco |      |
| Wpav (kN/m)            | 56,40  | Subpresión (kN/m)       | 282,80 | x, Wpav (m)                  | 4,00 |
| Wbloque (kN/m)         | 695,60 | Tbol (kN/m)             | 27,27  | x, Wbloque (m)               | 4,00 |
| Q <sub>op</sub> (kN/m) | 0,00   | Eesc1 (kN/m)            | 0,71   | x, Q <sub>op</sub> (m)       | 4,00 |
|                        |        | Eesc2 (kN/m)            | 36,15  | x, Subpresión (m)            | 4,00 |
|                        |        | Eesc3 (kN/m)            | 14,13  | y, Tbol (m)                  | 4,70 |
|                        |        | Eatd (kN/m)             | 93,04  | y, Eesc1 (m)                 | 3,67 |
|                        |        |                         |        | y, Eesc2 (m)                 | 0,83 |
|                        |        |                         |        | y, Eesc3 (m)                 | 1,50 |
|                        |        |                         |        | y, Eatd (m)                  | 2,25 |

Tabla 22. Acciones para el cálculo del vuelco en combinación sísmica

| Cálculo de momentos      |          |                             |        |
|--------------------------|----------|-----------------------------|--------|
| Momentos estabilizadores |          | Momentos desestabilizadores |        |
| Mpav (kNm/m)             | 225,60   | MTbol (kNm/m)               | 128,18 |
| Mbloque (kNm/m)          | 2782,40  | MEesc1 (kNm/m)              | 2,59   |
| Mop (kNm/m)              | 0,00     | MEesc2 (kNm/m)              | 30,12  |
| Msubpresión (kNm/m)      | -1131,20 | MEesc3 (kNm/m)              | 21,20  |
|                          |          | Meatd (kNm/m)               | 209,35 |
|                          |          |                             |        |
| Mest                     | 1379,00  | Mvol                        | 391,45 |
|                          |          |                             |        |
| F                        | 1,10     |                             |        |
| F                        | 3,52     | Cumple                      |        |

Tabla 23. Cálculo seguridad contra el vuelco en combinación sísmica

III. Deslizamiento:

En la comprobación de deslizamiento, en primer lugar, se debe calcular la Hrotura, fuerza horizontal, que es capaz de hacer deslizar la estructura de bloques sobre su plano de contacto con la banqueta de todo-uno y posteriormente la reacción horizontal actuante H.

$$H_{(rotura)} = V \operatorname{tg} \phi_c + a \cdot S + (E_p - E_a) + R_c$$

Figura 17. Fórmula Hrotura

Siendo:

- V: carga vertical efectiva.
- $\Phi_c$ : ángulo de rozamiento del contacto del elemento de cimentación con el terreno con valor de 32°, pues la cimentación es de hormigón prefabricado, sobre todo-uno de cantera.
- a: adhesión cimiento-terreno, equivalente a c'.
- S: superficie de apoyo, obtenida mediante el producto de B\*x L\*.
- Ep: empuje pasivo en la profundidad D (cara frontal que se opone al deslizamiento).
- Ea: empuje activo en la profundidad D (cara trasera).
- Rc: otras posibles resistencias del contorno de los alzados laterales del cimiento.

Para comprobar este estado último hay que considerar las siguientes acciones ya ponderadas como se ha mostrado con anterioridad:

i. Combinación característica:

| Ponderación       |               |                     |       |
|-------------------|---------------|---------------------|-------|
| Acciones (kN/m)   | Para EQU      |                     |       |
|                   | Deslizamiento |                     |       |
| Cargas verticales |               | Cargas horizontales |       |
| Wpav              | 56,40         | Tbolardo            | 27,27 |
| Wbloque           | 695,60        | Eesc1               | 0,71  |
| Subpresión1       | 27,27         | Eesc2               | 36,15 |
| Q,op              | 0,00          | Eesc3               | 14,13 |
|                   |               |                     |       |
| V                 | 469,20        | H                   | 78,26 |

Tabla 24. Acciones para el cálculo de deslizamiento en combinación característica

| Cálculo     |        |
|-------------|--------|
| ka          | 0,22   |
| Hrot (kN/m) | 242,26 |
| V (kN/m)    | 469,20 |
| Tan(fi,c)   | 0,63   |
| a (kN/m)    | 0,00   |
| S (m2)      | 9,50   |
| Ep (kN/m)   | 0,00   |
| Ea (kN/m)   | 50,99  |
| Rc (kN/m)   | 0,00   |
| H (kN/m)    | 78,26  |

|   |      |        |
|---|------|--------|
| F | 1,30 |        |
| F | 3,10 | Cumple |

Tabla 25. Cálculo frente a deslizamiento en combinación característica

ii. Combinación sísmica:

| Ponderación       |               |                     |       |
|-------------------|---------------|---------------------|-------|
| Acciones (kN/m)   | Para EQU      |                     |       |
|                   | Deslizamiento |                     |       |
| Cargas verticales |               | Cargas horizontales |       |
| Wpav              | 56,40         | Tbolardo            | 18,18 |
| Wbloque           | 695,60        | Eesc1               | 0,71  |
| Subpresión1       | 282,80        | Eesc2               | 36,15 |
| Q,op              | 117,68        | Eesc3               | 14,13 |
|                   |               | S                   | 0,80  |
|                   |               |                     |       |
| V                 | 469,20        | H                   | 62,70 |

Tabla 26. Acciones para el cálculo de deslizamiento en combinación sísmica

| Cálculo     |        |
|-------------|--------|
| ka          | 0,22   |
| Hrot (kN/m) | 242,26 |
| V (kN/m)    | 469,20 |
| Tan(fi,c)   | 0,63   |
| a (kN/m)    | 0,00   |
| S (m2)      | 9,50   |
| Ep (kN/m)   | 0,00   |
| Ea (kN/m)   | 50,99  |
| Rc (kN/m)   | 0,00   |
| H (kN/m)    | 62,70  |

|   |      |        |
|---|------|--------|
| F | 1,10 |        |
| F | 3,86 | Cumple |

Tabla 27. Cálculo frente a deslizamiento en combinación sísmica

#### 4. Cálculo de la obra de abrigo

En la cara externa de ambos muelles se procede a construir una obra de abrigo de escollera, pues sin esta podrían originarse problemas tanto de agitación en el interior de la nueva construcción afectando a las embarcaciones, así como reflexión del oleaje penetrante en el puerto por toda la dársena. La obra se ejecutará en talud 3H:2V para disminuir esta reflexión.

En el Anejo0.2 Clima marítimo se ha calculado la ola incidente sobre el muelle,  $H_d=3,51\text{m}$ , y va a ser con esta con la que se dimensione la protección. Del lado de la seguridad se opta por dimensionar con la ola más grande del régimen extremal. Hay que tener en cuenta que en el emplazamiento del muelle el calado existente promedio es de 3,5m. Teniendo en cuenta que las olas rompen a partir de que su altura sea el 80% del calado, realizando esta comprobación, se obtiene que la ola rompería. Como es así se procede a dimensionar la escollera para una altura de ola de este 80% del calado existente teniendo una altura de ola incidente sobre la protección de:

$$H_d = 0,8 * 3,5 = 2,8\text{m}$$

Aplicando la fórmula de Hudson y de Iribarren se obtiene el peso necesario que debe tener cada escollera para que proteja los muelles. Hay que tener en cuenta que la fórmula de Hudson se aplica en casos reales, mientras que la de Iribarren se emplea para realizar un primer prediseño. Aun así se van a emplear ambos métodos y el más restrictivo será el escogido para estar del lado de la seguridad, porque para la obtención de la altura de ola incidente se han realizado algunas hipótesis y aproximaciones.

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

Figura 18. Fórmula de Hudson

$$W = \frac{\chi}{(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3} \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^3}$$

Figura 19. Fórmula de Iribarren

Para realizar este dimensionamiento se necesitan conocer los siguientes factores:

- Altura de ola incidente sobre la protección  $H_d$  o  $H$
- Talud de la protección  $\cot \alpha$
- Coeficiente según el tipo de pieza  $N$  o  $\chi$
- Coeficiente de rozamiento  $\mu$
- Material de la protección y, por lo tanto, su peso propio  $\rho$
- Peso propio del agua marina  $\rho_{H_2O}$
- Coeficiente de estabilidad de la pieza  $KD$

Se esperaba que el material de protección fuera una escollera parecida a la existente, ya que en el muelle existente en la actualidad parece de dimensiones similares y está situado en un emplazamiento muy próximo, pero por si acaso se ha comprobado y diseñado también el peso que debería tener si se colocasen bloques paralelepípedos de hormigón o tetrápodos, aun sabiendo que colocar estas protecciones sería una medida desproporcionada. Se han obtenido los siguientes resultados:

| Tipo de pieza             | Profundidad | Hs (m) | Hd(m) | Talud | alfa (rad) | N     | $\mu$ | ro    | roH2O | KD    | Wiribarren (T) | Whudson (T) | Dn (m) |
|---------------------------|-------------|--------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------------|--------|
| Escollera angulosa rugosa | 8           | 7,01   | 2,8   | 1,500 | 0,588      | 0,430 | 2,380 | 2,600 | 1,030 | 2,900 | 2,387          | 3,697       | 1,125  |
|                           |             |        | 2,8   | 2,000 | 0,464      | 0,430 | 2,380 | 2,600 | 1,030 | 2,900 | 1,454          | 2,773       | 1,022  |
|                           |             |        | 2,8   | 2,500 | 0,381      | 0,430 | 2,380 | 2,600 | 1,030 | 2,900 | 1,113          | 2,218       | 0,948  |
| Bloques paralelepípedos   | 8           | 7,01   | 2,8   | 1,500 | 0,588      | 0,430 | 2,840 | 2,300 | 1,030 | 7,000 | 1,954          | 2,559       | 1,036  |
|                           |             |        | 2,8   | 2,000 | 0,464      | 0,430 | 2,840 | 2,300 | 1,030 | 7,000 | 1,260          | 1,919       | 0,941  |
|                           |             |        | 2,8   | 2,500 | 0,381      | 0,430 | 2,840 | 2,300 | 1,030 | 7,000 | 0,994          | 1,536       | 0,874  |
| Tetrápodos                | 8           | 7,01   | 2,8   | 1,500 | 0,588      | 0,660 | 3,470 | 2,300 | 1,030 | 7,000 | 1,398          | 2,559       | 1,036  |
|                           |             |        | 2,8   | 2,000 | 0,464      | 0,660 | 3,470 | 2,300 | 1,030 | 7,000 | 0,946          | 1,919       | 0,941  |
|                           |             |        | 2,8   | 2,500 | 0,381      | 0,660 | 3,470 | 2,300 | 1,030 | 7,000 | 0,766          | 1,536       | 0,874  |

Tabla 28. Dimensionamiento obra de abrigo

El peso de la escollera requerida es menor a 5 toneladas así que se puede emplear escollera como material de protección. Del lado de la seguridad se debe colocar una escollera de 1,347 toneladas según la fórmula de Hudson.

También hay que obtener qué tamaño tienen estas escolleras. Se va a comprobar empleando la fórmula:

$$Dn = \left(\frac{W}{ro}\right)^{1/3}$$

Así pues, se obtiene que la escollera debe tener una longitud de arista de 1,13m. Atendiendo a la que está colocada en la actualidad, la cual generalmente tiene dimensiones mayores a esta, se procede a reutilizar la existente en el tramo de 138m de longitud, mientras que en el de 40m sí se deberá colocar escollera nueva. Ambos tramos tendrán escolleras de aristas de 1,2m de media.



## 5. Conclusiones

En el presente anejo se han realizado los cálculos correspondientes a tres estados límites últimos, los cuales, para las características geométricas de la obra y geotécnicas del emplazamiento, han sido positivos cumpliendo en los tres casos con el coeficiente de seguridad establecido. A modo de resumen se ha insertado una tabla que compara los coeficientes de seguridad obtenidos con los que estipula la normativa que se deberían cumplir.

| Tabla resumen combinación frecuente |                          |                      |            |
|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|------------|
| ELU                                 | Coeficiente de seguridad | Coeficiente obtenido | Valoración |
| Hundimiento                         | 2,00                     | 10,05                | Cumple     |
| Vuelco                              | 1,30                     | 10,31                | Cumple     |
| Deslizamiento                       | 1,30                     | 3,10                 | Cumple     |

| Tabla resumen combinación accidental |                          |                      |            |
|--------------------------------------|--------------------------|----------------------|------------|
| ELU                                  | Coeficiente de seguridad | Coeficiente obtenido | Valoración |
| Hundimiento                          | 1,80                     | 13,56                | Cumple     |
| Vuelco                               | 1,10                     | 3,52                 | Cumple     |
| Deslizamiento                        | 1,10                     | 3,86                 | Cumple     |

Tabla 29. Tabla resumen de las comprobaciones

También se ha dimensionado la escollera que se debe colocar como protección para los muelles nuevos. Actualmente el muelle existente posee una protección de escollera con una arista media de 1,2m, la cual es más resistente que la que se obtenido por cálculo así que en el muelle de 146m se reutilizará esta protección, mientras que en el de 40m se deberá colocar una nueva.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## **ANEJO 8. REPLANTEO**

---

PROYECTO BÁSICO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE  
DÉNIA (ALICANTE) PARA USOS NÁUTICO-DEPORTIVOS.  
OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.

---

*Presentado por*

Barreira Ribera, Pablo Gonzalo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: SEPTIEMBRE 2019*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*







## Índice

|   |   |
|---|---|
| 1. Objetivo .....   | 3 |
| 2. Coordenadas UTM.....   | 4 |
| Figura 1. Mapa sectorizado de coordenadas UTM.....                | 4 |
| Figura 2. Esquema de posicionamiento de los puntos críticos ..... | 5 |
| Tabla 1. Coordenadas UTM de los puntos críticos .....             | 4 |



## 1. Objetivo

El objetivo de este anejo es mostrar, con la ayuda de planos, las coordenadas UTM de los puntos críticos para realizar la correcta ejecución de las obras colocando cada elemento en el lugar que le corresponde para que así se cumplan los planos creados.

## 2. Coordenadas UTM

Para la obtención de las coordenadas UTM se ha empleado Google Maps y los puntos que se han considerado, bajo criterio del alumno, como puntos críticos y representativos de la obra a realizar.

El emplazamiento se encuentra en el cuadro 31S.



Figura 1. Mapa sectorizado de coordenadas UTM

Dentro de este cuadro, para localizar los puntos críticos para la correcta ejecución de la obra en el emplazamiento adecuado, se deben respetar los siguientes puntos con sus respectivas coordenadas:

| Punto | Coordenadas |            |
|-------|-------------|------------|
| A     | 249726,53   | 4302943,17 |
| B     | 249740,71   | 4302991,17 |
| C     | 249886,71   | 4302934,71 |
| D     | 249884,95   | 4302926,71 |
| E     | 249746,95   | 4302980,3  |
| F     | 249734,53   | 4302940,3  |

Tabla 1. Coordenadas UTM de los puntos críticos

Hay que tener en cuenta que las coordenadas pertenecen, dentro de la obra, a los vértices de los bloques de hormigón o del pavimento y al vértice de la obra de protección de escollera, que coincide con los vértices A, B y C de los bloques. Conociendo las coordenadas de estos puntos y sabiendo la geometría de la obra que ha sido expuesta en el ANEJO 6. DRAGADO, figura 6 “Sección en planta de la zona del muelle que dragar”, y en el ANEJO 7. CÁLCULO ESTRUCTURAL se puede determinar donde se colocará cada pieza del muelle y a partir de que coordenada se colocará la protección de escollera.

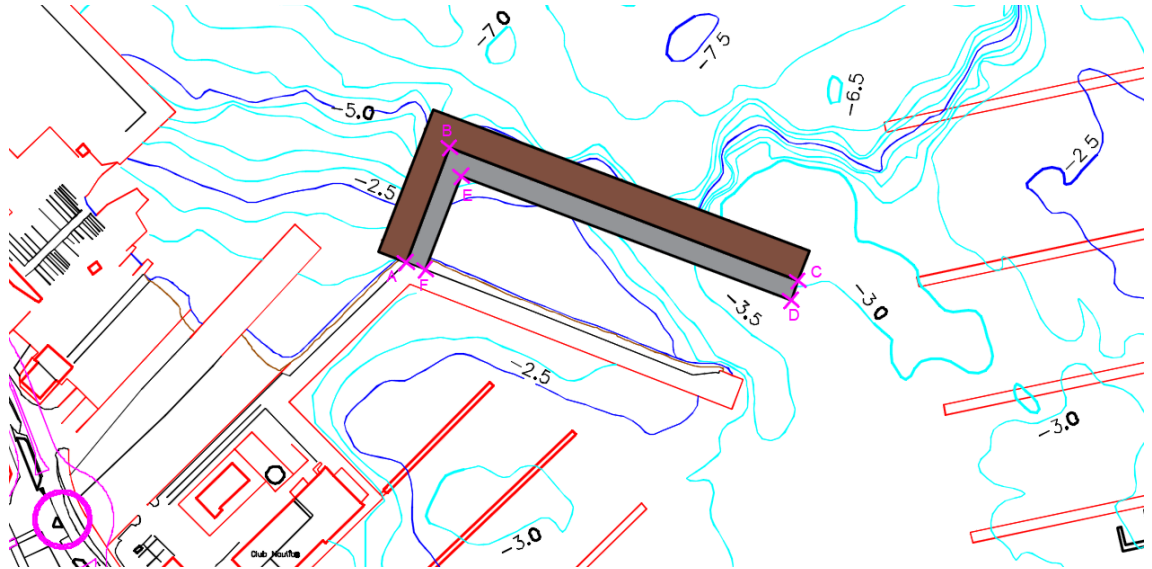


Figura 2. Esquema de posicionamiento de los puntos críticos





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## **ANEJO 9. PROGRAMA DE TRABAJO**

---

PROYECTO BÁSICO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE  
DÉNIA (ALICANTE) PARA USOS NÁUTICO-DEPORTIVOS.  
OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.

---

*Presentado por*

Barreira Ribera, Pablo Gonzalo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: SEPTIEMBRE 2019*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*







## Índice

|   |    |
|---|----|
| 1. Objetivo .....   | 3  |
| 2. Condicionantes.....  | 4  |
| 2.1 Plazo y calendario.....                                     | 4  |
| 2.2 Licencias y permisos .....                                  | 4  |
| 2.3 Equipos y materiales .....                                  | 5  |
| 2.4 Clima marítimo .....  | 5  |
| 2.5 Afección a la población.....                                | 6  |
| 3. Actividades .....  | 7  |
| 4. Plan de obra .....   | 12 |
| <br>Tabla 1. Datos duración remoción escollera .....            | 7  |
| Tabla 2. Datos duración dragado.....                            | 8  |
| Tabla 3. Datos duración ejecución banqueta de cimentación ..... | 9  |
| Tabla 4. Datos duración colocación bloques de hormigón .....    | 10 |
| Tabla 5. Datos duración hormigonado superestructura .....       | 10 |
| Tabla 6. Datos duración relleno escollera de protección .....   | 11 |
| Tabla 7. Resumen de la duración de las actividades .....        | 11 |



## 1. Objetivo

En este anejo se expondrá el programa de trabajos de la ampliación a realizar en el Puerto de Dénia, cuya finalidad es la optimización y el reparto de los costes para adecuar los recursos a la realización de la obra dentro de unos plazos razonables.

Para poder abarcar este anejo, se ha realizado una división de las actividades que se han encontrado dentro de la obra.



## 2. Condicionantes

En toda obra la planificación es fundamental. Es por esto por lo que se deben estudiar los posibles condicionantes que puedan afectar al retraso de actividades teniéndolos en cuenta en las holguras de estas para poder ejecutar las obras en el plazo deseado.

### 2.1 Plazo y calendario

En las obras marítimas, por lo general, el calendario es un tema fundamental que se debe considerar, ya que hay que tener en cuenta cómo afecta la ejecución de la obra al uso del puerto para determinar las ventanas de operación válidas y no afectar ni a los clientes/usuarios ni al tráfico marítimo de este.

Hay que tener en cuenta, como se ha mencionado en el ANEJO 3. ESTUDIO DE DEMANDA, que el turismo es una parte fundamental de la economía de la ciudad y gran parte de este es atraído por las instalaciones portuarias, por lo que es imprescindible considerar como la ejecución de la obra portuaria puede influir en atraer a este sector.

Se debe tener en cuenta que entre el 1 de Julio y el 15 de septiembre, la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural de la Generalitat Valenciana prohíbe el vertido de material sobrante de dragado directamente al mar. Además, hay que tener especial cuidado en todas aquellas actividades que produzcan polvo, ruido o puedan ocasionar molestias a los clientes/ciudadanos y a los usuarios del puerto, pues este colinda con la ciudad de Dénia, por lo que se deberán asumir las medidas pertinentes para reducir el impacto ocasionado.

### 2.2 Licencias y permisos

La falta de licencias y permisos no permitirá en ningún caso que se inicien las obras, es por esto por lo que este condicionante legal es el más limitante de todos, pues sin los correspondientes permisos no se ejecutarán las obras.

Las licencias y/o permisos necesarios son:

- Autorización para la instalación de un cargadero de gánguiles.
- Ocupación de una superficie próxima al cargadero para el acopio de todo-uno, escollera y bloques de hormigón.
- Formalización de la documentación de las dragas.
- Aprobación de cada uno de los vertidos de material procedente de dragado.
- Balizamiento provisional de la obra.

## 2.3 Equipos y materiales

La disponibilidad de equipos y materiales es, sin duda, el factor técnico más limitante para llevar a cabo la ejecución de la obra. Hay que considerarla para la correcta programación de las actividades.

Los equipos necesarios para llevar a cabo la ejecución de los trabajos son:

- Camión grúa de 5 toneladas para remover la escollera de protección y colocarla posteriormente.
- Dragas de cuchara bivalva articulada.
- Camiones de 12 toneladas.
- Retroexcavadoras de tamaño mediano.
- Cántaras para vertido del material de la banqueta.
- Equipos para el enrase de la banqueta.
- Equipos para la fabricación y transporte de bloques de hormigón.
- Grúa telescópica para la colocación de los bloques de hormigón.
- Encofrado para la superestructura del muelle.
- Planta y bombas de hormigón, camión hormigonera y vibrador para el hormigón.

La materiales necesarios para llevar a cabo la ejecución de los trabajos son:

- Explosivos para las voladuras controladas
- Bloques de hormigón prefabricados
- Todo-uno de cantera para la ejecución de la banqueta
- Hormigón in situ para la superestructura y el relleno de los cajones
- Escollera de protección

## 2.4 Clima marítimo

El clima marítimo es un condicionante que suele afectar y retrasar la ejecución de obras portuarias, pues si se generase un oleaje de tamaño considerable la ejecución de la obra se debería paralizar. Por ejemplo, la draga de cuchara articulada no puede operar con  $H_s > 1\text{m}$ . Teniendo en cuenta que la obra se va a ejecutar dentro del puerto, se presupone que este no será un condicionante muy significativo. Aun así, se estima que para alturas de ola de más de 1m, las actividades se paralizarán. Se le añade al plazo estimado de cada actividad una holgura correspondiente a los posibles imprevistos según el espacio temporal en el que se vaya a realizar cada actividad.



## 2.5 Afección a la población

Teniendo en cuenta que el puerto está situado junto a la ciudad de Dénia, que las actividades realizadas en este son mayoritariamente deportivas o pesqueras, que la obra a realizar trata sobre la ampliación de un muelle para que el puerto pueda albergar un mayor número de embarcaciones náutico-deportivas y que dicha ampliación se va a realizar en la dársena del puerto, la cual se va a explotar simultáneamente a la ejecución de las obras, se impone la obligación de limitar el horario de trabajo entre las 8:00 y las 20:00 únicamente en los días laborales, es decir, de lunes a viernes.

Respecto al posible impacto ambiental que afecte a la población, habrá que tomar medidas. Será necesaria la realización de riegos con agua sobre los acopios y viales para evitar la formación y el transporte de polvo, así emplear lonas para la cobertura de los camiones cuando estos transporten materiales susceptibles de generar polvo.

Dado que la obra se va a ejecutar en una de la zonas deportivas del puerto y esta es transitada por los usuarios de la misma, se requerirá el cierre perimetral del recinto de la obra, así como la colocación de un establecimiento de un servicio de vigilancia para evitar el acceso incontrolado. También se deberá tener en cuenta la implantación de medidas para compatibilizar los trabajos con el movimiento de las embarcaciones de recreo.

### 3. Actividades

- Demolición de los bloques de hormigón:

Numero de bloques: 4

Para la demolición de los bloques se emplearán voladuras controladas. Dado que el trabajo es académico y se trata de un proyecto básico, la parte correspondiente al cálculo y el diseño de las voladuras quedan fuera del alcance del proyecto. Como solo se debe realizar la voladura de cuatro bloques de hormigón aislados se estima que la duración de esta actividad será de 1 día, ya que la preparación de la voladura, acotamiento de zona de seguridad, etc. y la recogida de los escombros se realizará junto al dragado.

PLAZO TOTAL: 1 día

- Remoción de la escollera de protección:

Para obtener el plazo previsto se debe atender al rendimiento de la grúa, así como al ciclo de carga del camión y el número necesario de estos, que removerá la escollera, así como al ciclo del carga de un camión y el número de camiones necesarios para transportar esta escollera una vez extraída.

Se considera el ciclo de carga del camión desde que este se carga en el muelle hasta que se descarga en las zonas de acopio mencionadas con anterioridad a lo largo del proyecto, es decir, los aparcamientos y otros emplazamientos. En este también se considerará la carga de la escollera con la grúa al camión.

Duración:

$$\text{Remoción} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Rendimiento de la grúa} * 12h}$$

| Remoción escollera       |        |
|--------------------------|--------|
| L (m)                    | 140,50 |
| h,esc media(m)           | 1,85   |
| Talud                    | 1,50   |
| Volumen (m3)             | 360,65 |
| Dn (m3)                  | 1,13   |
| Volumen 1 escollera (m3) | 1,44   |
| Rendimiento grúa (m3/h)  | 57,00  |
| Remoción 1 escollera (h) | 0,03   |
| Duración total (días)    | 1,00   |

Tabla 1. Datos duración remoción escollera



- Dragado:

Como se ha detallado en el ANEJO 6. DRAGADO, la dragada elegida es la draga cuchara articulada con una pala de capacidad de 14m<sup>3</sup>. Hay que tener en cuenta que el puerto no dispone de dragas propias, por lo que el tiempo de realización de la actividad se verá incrementado debido a este condicionante.

Plazo de movilización y transporte de la draga: 10 días, supuesta la disponibilidad inmediata de la draga.

Plazo de primera instalación: 1 día

Debido a los posibles aterramientos y cambios de batimetría por movimiento de materiales debidos a las corrientes, se estima que el volumen a dragar es el 115% del teórico y que el coeficiente de utilización de la draga es del 90%, debido a limitaciones ambientales, mantenimiento y averías. De esta manera el plazo previsto es de:

$$Plazo = \frac{Volumen * 1,15 * CicloTotal}{GradoLlenadoCántara * 0,9 * CapacidadCántara * 24h}$$

| Dragado   |         |
|---|---------|
| Volumen (m3)  | 5411,26 |
| Coeficiente corrector del volumen                     | 1,15    |
| Coeficiente de utilización de la draga                | 0,90    |
| Capacidad de la cántara (m3)                          | 1800,00 |
| Grado llenado de la cántara                           | 0,25    |
| Rendimiento draga (m3/día)                            | 1350,00 |
| Rendimiento draga (m3/h)                              | 112,50  |
| Plazo de movilización y transporte de la draga (días) | 10,00   |
| Plazo de primera instalación (días)                   | 1,00    |
| Llenado de la cántara (h)                             | 4,00    |
| Navegación (h)  | 2,00    |
| Vaciado (h)   | 0,50    |
| Ciclo total (h)                                       | 6,50    |
| Duración (días)                                       | 5,00    |

Tabla 2. Datos duración dragado

- Banqueta de cimentación:

Para la ejecución de la banqueta de cimentación se dispondrá de la misma cántara que para el dragado. Se debe tener en cuenta que, tras realizar el vertido, se debe perfilar la banqueta convenientemente por si se han producido aterramientos o desniveles en la superficie de esta para que el apilado de bloques sea uniforme.

$$Vertido = \frac{Volumen}{CapacidadCántara * Grado de llenado * número de ciclos}$$

| Banqueta de cimentación               |         |
|---------------------------------------|---------|
| L (m)                                 | 187,50  |
| h,banqueta (m)                        | 0,50    |
| b1,banqueta (m)                       | 8,00    |
| b2,banqueta (m)                       | 9,50    |
| Volumen todo-uno de cantera(m3)       | 820,31  |
| Capacidad almacenamiento cántara (m3) | 1800,00 |
| Grado llenado todo-uno                | 0,25    |
| Volumen de material en cántara (m3)   | 450,00  |
| Capacidad cántara (m3/ciclo)          | 134,50  |
| Rendimeinto retroexcavadora (m3/h)    | 80,00   |
| Número retroexcavadoras               | 2,00    |
| Carga de gánguil (h)                  | 2,81    |
| Navegación (h)                        | 0,33    |
| Posicinamiento y vertido              | 0,20    |
| Ciclo de carga (h)                    | 3,35    |
| Horas de trabajo                      | 12,00   |
| Número de ciclos al día               | 3,00    |
| Duración (días)                       | 9,00    |
| Perfilado de la banqueta (días)       | 1,00    |
| Duración total (días)                 | 10,00   |

Tabla 3. Datos duración ejecución banqueta de cimentación

- Colocación de bloques de hormigón y superestructura:

La colocación de los bloques de hormigón queda condicionada, sobre todo, por el clima marítimo. Para realizarla se debe disponer de la fases previas ya realizadas y de la grúa que coloque los bloques sobre la banqueta enrasada. Una vez se hayan colocado los bloques, 6 por sección, se deben hormigonar los orificios que tienen estos para conectarlos y formar el sólido rígido. A continuación, se debe preparar el encofrado, la armadura y realizar el hormigonado de la superestructura.

$$\text{Duración} = \text{Colocación y hormigonado (CyH)} + \text{Hormigonado superestructura}$$

$$CyH = \frac{\text{Número de bloques}}{\text{Número de ciclos al día}} + N^{\circ} \text{ conjuntos} * \text{Hormigonado 1 conjunto}$$

| Colocación bloques de hormigón    |        |
|-----------------------------------|--------|
| L (m)                             | 186,00 |
| Número de bloques                 | 558,00 |
| Colocación de un bloque (h)       | 0,12   |
| Horas de trabajo                  | 12,00  |
| Número de ciclos al día           | 96,00  |
| Duración (días)                   | 6,00   |
|                                   |        |
| Hormigonado de un conjunto (días) | 0,03   |
| Volumen de 1 conjunto (m3)        | 0,46   |
| Rendimiento (m3/h)                | 15,00  |
| Número de bombas                  | 2,00   |
| Número de conjuntos               | 279,00 |
| Volumen (m3)                      | 129,72 |
| Duración de hormigonado (días)    | 9,00   |
|                                   |        |
| Duración total (días)             | 15,00  |

Tabla 4. Datos duración colocación bloques de hormigón

$$\text{Hormigonado superestructura} = \text{Número tramos} * \text{Duración de una puesta}$$

| Hormigonado de superestructura |        |
|--------------------------------|--------|
| L (m)                          | 186,00 |
| h,superestructura (m)          | 0,30   |
| b,superestructura (m)          | 8,00   |
| Volumen (m3)                   | 446,40 |
| Rendimiento (m3/h)             | 15,00  |
| Encofrados (m)                 | 20,00  |
| Número de tramos               | 9,00   |
|                                |        |
| Duración (días)                | 3,00   |

Tabla 5. Datos duración hormigonado superestructura

- Colocación de la escollera de protección:

Se va a reutilizar la escollera extraída del muelle de 138m de largo además de traer más escollera procedente del préstamo de canteras. Dado que la colocación requiere una pendiente concreta en la ejecución del talud, la duración de esta actividad, unitariamente, será mayor que la de la remoción de la escollera del muelle paralelo, a pesar de que se emplee la misma maquinaria.

| Escollera de protección    |         |
|----------------------------|---------|
| L (m)                      | 207,50  |
| h,esc media(m)             | 5,00    |
| Talud                      | 1,50    |
| L1 (m)                     | 92,47   |
| A1 (m2)                    | 14,99   |
| L2 (m)                     | 87,84   |
| A2 (m2)                    | 17,97   |
| L3 (m)                     | 29,45   |
| A3 (m2)                    | 19,50   |
| Volumen total (m3)         | 3538,79 |
| Dn (m3)                    | 1,13    |
| Volumen 1 escollera (m3)   | 1,44    |
| Rendimiento grúa (m3/h)    | 34,00   |
| Colocación 1 escollera (h) | 0,04    |
| Duración total (días)      | 9,00    |

Tabla 6. Datos duración relleno escollera de protección

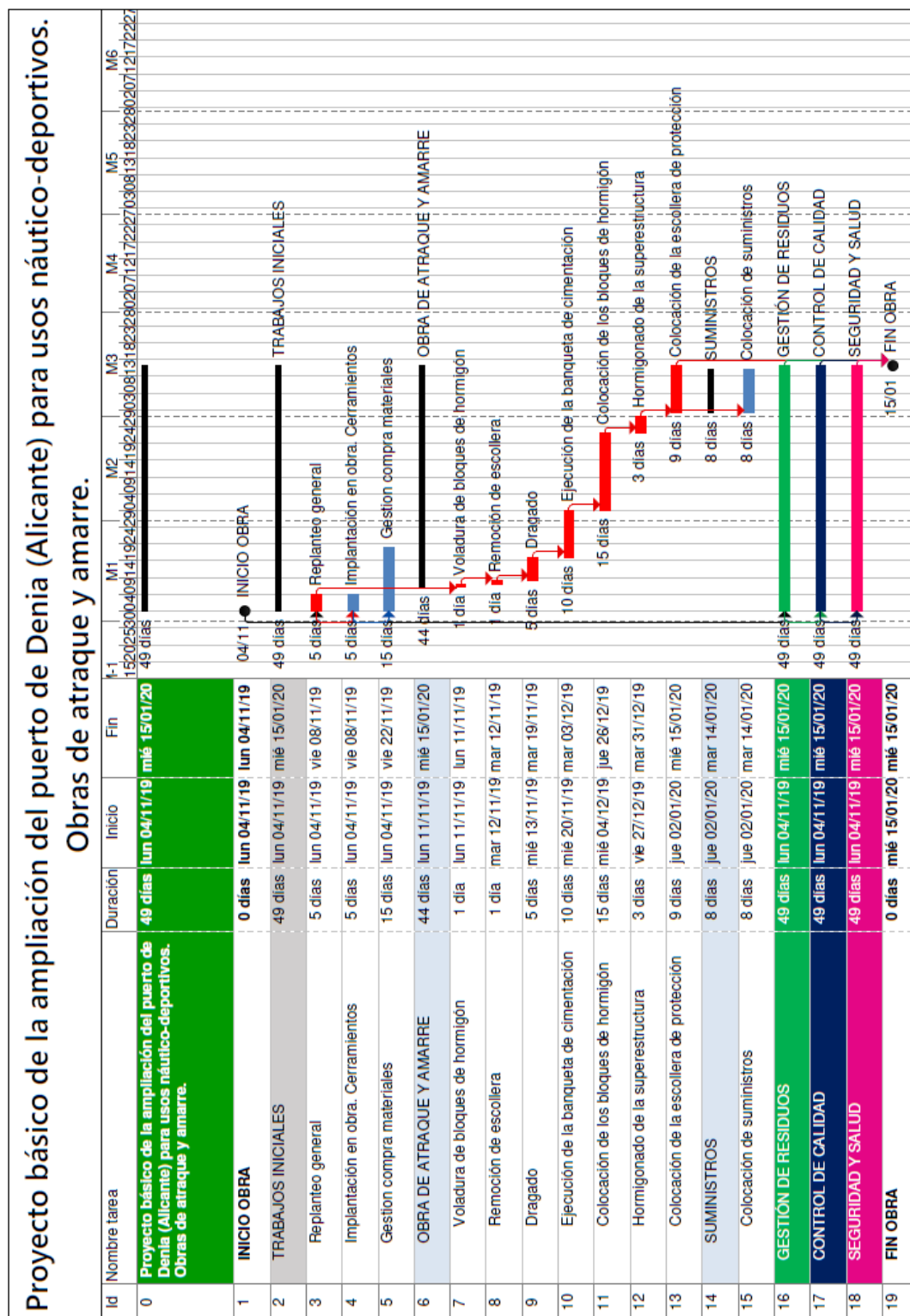
En total, atendiendo a todas las actividades a realizar, la obra durará una cantidad de 44 días, previendo que se trabajen 5 días a la semana, supone una duración aproximadamente de 2 meses. Empezando la obra en noviembre, ya que es un mes en el que la demanda portuaria es más reducida, la obra finalizará en enero, a tiempo de comenzar la etapa estival.

| Duración de la ejecución de la obra     |    |
|---|----|
| Demolición de bloques de hormigón       | 1  |
| Remoción escollera de protección        | 1  |
| Dragado                                 | 5  |
| Ejecución de la banqueta de cimentación | 10 |
| Colocación de bloques de hormigón       | 15 |
| Hormigonado de superestructura          | 3  |
| Colocación de escollera de protección   | 9  |
| Total (días)                            | 44 |
| Total (meses)                           | 2  |

Tabla 7. Resumen de la duración de las actividades

Cabe destacar que para ejecución de la obra hay otras actividades de las que no se ha calculado el rendimiento, pues estas tienen lugar en todo momento o solo se realizan previo a la fase de ejecución. Entre estas actividades previas se encuentra el replanteo general de la obra, la implantación en obra y la gestión de compra de materiales. Estas tres tareas iniciales suponen una variación de 5 días en la duración total de la obra, por lo que esta ascendería a 49 días. Además, se debe tener en cuenta que durante toda la fase de ejecución se llevará a cabo un control de calidad, la gestión de residuos y el control de seguridad y salud. Ni el plan de control de calidad ni la gestión de residuos han sido comentadas en el proyecto, pues estas dos actividades excedían el conocimiento demandado al alumno, así como la extensión del proyecto.

## 4. Plan de obra





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# **ANEJO 10. PREDIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIONES**

---

PROYECTO BÁSICO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE  
DÉNIA (ALICANTE) PARA USOS NÁUTICO-DEPORTIVOS.  
OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.

---

*Presentado por*

Barreira Ribera, Pablo Gonzalo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: SEPTIEMBRE 2019*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*





## Índice

|  |   |
|--|---|
| 1. Objetivo .....  | 3 |
| 2. Servicios prestados.....  | 4 |
| 2.1 Instalaciones hidráulicas .....  | 4 |
| 2.2 Protección contra incendios.....   | 5 |
| 2.3 Instalaciones eléctricas .....   | 6 |
| <br>Tabla 1. Valores para el predimensionamiento de la red de abastecimiento de agua ... | 4 |
| Tabla 2. Valores para el predimensionamiento de la red eléctrica.....                    | 6 |





## 1. Objetivo

En el presente anejo se pretende realizar el predimensionamiento de las instalaciones de suministro empleadas en la ampliación del muelle, concretamente se van a dimensionar las necesidades eléctricas e hidráulicas, pues son los suministros que se deben abastecer en los amarres. Se debe tener en cuenta que, aunque la obra conste de una ampliación del puerto construyendo un nuevo muelle, las consideraciones tomadas para el suministro de las redes afectan tanto a la construcción nueva como al propio puerto de manera íntegra, por lo que en ocasiones se comentan datos generales que afecten a todo el puerto.

## 2. Servicios prestados

Las infraestructuras portuarias deben albergar las conducciones correspondientes tanto eléctricas como hidráulicas para abastecer no solo a los usuarios directos e indirectos del puerto, sino que también deben de ser capaces de proteger al puerto en caso de incendio.

### 2.1 Instalaciones hidráulicas

Las instalaciones hidráulicas comprenden desde la red de abastecimiento de agua potable pasando por la red de saneamiento hasta la de drenaje de pluviales.

En los puertos la red de abastecimiento de agua debe poder suministrar de manera satisfactoria las necesidades no solo de las embarcaciones que atraquen en el mismo, sino también de los edificios que se encuentran en las explanadas del puerto. Se deben de proporcionar tantas tomas de agua como sean necesarias para las embarcaciones de la línea de atraque.

Se opta por emplear un predimensionamiento acerca de las dotaciones previstas de la red de abastecimiento realizado por “La Fundación Instituto Portuario de Estudios y Cooperación de la Comunidad Valenciana”.

| Uso previsto  | Dotación media diaria |
|---|-----------------------|
| Tomas de agua para amarres                          | 44 l/embarcación      |
| Consumo edificios (equipamiento social o comercial) | 30 l/m <sup>2</sup>   |
| Club náutico (equipamiento deportivo)               | 20 l/m <sup>2</sup>   |
| Área técnica: mantenimiento, varadero, marina seca  | 30 l/m <sup>2</sup>   |
| Sistemas de riego                                   | 5 l/m <sup>2</sup>    |

Tabla 1. Valores para el predimensionamiento de la red de abastecimiento de agua

FEPORTS propone que se utilicen conducciones de polietileno de alta densidad (PEAD) las cuales tengan en su recorrido diferentes válvulas de compuerta y arquetas para las derivaciones y tomas de agua. Los tubos de PEAD para conducciones en presión deben ser de color negro con bandas azules y cumplir con lo especificado por la norma UNE EN 12.201 “Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Polietileno (PE)”, en la cual se incluyen recomendaciones acerca de tubos, accesorios, válvulas, códigos de buenas prácticas y guía para la evaluación de la conformidad.

Se ha recomendado que la velocidad mínima de circulación del agua no sea menor a de 0,50 m/s para así de esta manera evitar sedimentaciones y estancamiento y que la máxima no supere los 2 m/s tratando de evitar fenómenos de erosión y cavitación, así como grandes pérdidas de carga. Por otra parte, la presión deberá alcanzar, mínimo, los 10 mca para dar suministro a los edificios y un máximo de 50 mca.

En cuanto a la red de saneamiento, esta debe recoger las aguas de saneamiento de todo el puerto, pero como la obra trata sobre una ampliación de un muelle sobre el que no se van a construir edificios no sería necesario contemplarla.



Por último, respecto a la red de drenajes pluviales, el fin de esta es evitar la contaminación de las aguas portuarias debido al arrastre de materiales finos o gruesos o hidrocarburos por la escorrentía pluvial. Se debe procurar que las pendientes transversales no sean inferiores al 0,3% en pavimento definitivos, mientras que en los provisionales se llegar a permitir pendientes de hasta 0,8%. Se procurará que ambas pendientes sean a una sola agua en toda la superficie paralela a la línea de atraque. Respecto a las pendientes longitudinales, estas no deben exceder el 1% de inclinación en ningún caso.

La recogida de las aguas pluviales se realizará mediante una red de imbornales y canaletas, que estarán protegidas por rejillas de acero pisable.

## 2.2 Protección contra incendios

Para permitir una segura explotación del puerto deportivo se le dotará a este con los medios para la prevención y lucha contraincendios requeridos por la siguiente normativa:

- RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, y en concreto el Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio (DB SI).
- RD 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Normas UNE listadas en los anteriores Reales Decretos, sobre todo la “UNE 23.500:2012 - Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios”, la “UNE 23.507:1989 Sistemas fijos de agua pulverizada. Equipos de detección automática” y la “UNE 23.590/1M:2001 Protección contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño e instalación.”

Respecto a la red de protección contra incendios, esta debe estar compuesta por hidrantes, bocas de incendio equipadas instaladas en las paredes de los edificios portuarios de manera fija y extintores.

Los hidrantes quedan repartidos uniformemente a una distancia máxima de 50 metros uno de otro a lo largo del muelle en este caso y, si hubiera explanada, también a lo largo de ella. Estos deben asegurar una dotación mínima de 30 m<sup>3</sup>/h. En caso de fallo se deberá contar con un depósito que asegure el abastecimiento de agua durante al menos 30 minutos proporcionando un caudal de 60 m<sup>3</sup>/h.

Los extintores serán de carácter obligatorio en todo el recinto portuario. Se recomienda su instalación en los muelles de manera que por cada 15 amarres de disponga un extintor. Alternativamente se podrá contar con un grupo de bombeo portátil apto para bombear agua de mar con la suficiente presión.

## 2.3 Instalaciones eléctricas

El abastecimiento de energía eléctrica necesario debe cumplir con:

- RD 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT
- RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión REBT y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-BT

Según la eslora del buque tipo se requerirá una intensidad y una tensión eléctrica. En la siguiente tabla se resumen los valores estipulados.

| Eslora (m) | Intensidad (A) | Tensión eléctrica (V) | Tipología  |
|------------|----------------|-----------------------|------------|
| 6          | 16             | 230                   | Monofásica |
| 9          | 16/32          | 230                   | Monofásica |
| 12         | 32             | 230                   | Monofásica |
| 15         | 32             | 230                   | Monofásica |
| 18         | 63             | 230                   | Monofásica |
| 21         | 63             | 230                   | Monofásica |
| 24         | 125            | 400                   | Trifásica  |

Tabla 2. Valores para el predimensionamiento de la red eléctrica

Respecto a la protección contra la red eléctrica se deberá asegurar la protección contra contactos directos por un aislamiento que sea capaz de soportar un ensayo dieléctrico de 500V durante un minuto, así como la protección por corte automático de alimentación.

En cuanto a la red de iluminación se estipula que para muelles y pantalanes el nivel lumínico a conseguir será de 40 lux.