

# Anejo 14. Cálculo y dimensionamiento del muelle

---

Proyecto básico de ampliación del Puerto deportivo Poble Marina  
(T.M. Puebla de Farnals, Valencia)

**LLORENS BUFORT, María**

Valencia, Junio de 2016





## ÍNDICE

1. OBJETO .....	3
2. DIMENSIONAMIENTO DEL MUELLE .....	4
2.1. Características del muelle.....	4
2.2. Características de los materiales .....	5
2.3. Peso propio .....	7
2.4. Empuje de tierras.....	9
2.5. Cargas hidráulicas .....	10
2.6. Sobrecarga de uso mínima.....	11
3. COMPROBACIONES A REALIZAR.....	13
3.1. Introducción.....	13
3.2. Verificaciones necesarias .....	13
3.3. Verificación de la seguridad frente al deslizamiento.....	13
3.4. Verificación de la seguridad frente al vuelco .....	14
3.5. Verificación de la seguridad frente al hundimiento .....	14
3.6. Verificación de las tensiones transmitidas al terreno.....	15
4. CÁLCULOS .....	16
4.1. Punto A.....	16
4.2. Punto B.....	17
4.3. Punto C .....	17
4.4. Punto D .....	18
5. CONCLUSIONES .....	19



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Geometría muelle de gravedad.....	5
Ilustración 2. Simplificación ROM.....	7
Ilustración 3. Peso propio .....	7
Ilustración 4. Empujes del terreno.....	9
Ilustración 5. Subpresión .....	11
Ilustración 6. Sobrecargas de uso y explotación .....	12



## 1. OBJETO

El presente anejo tiene como objeto definir los cálculos oportunos para dimensionar el nuevo muelle que creará la dársena para mayores embarcaciones. En anejos anteriores se decidió que la mejor tipología de muelle sería uno de bloques prefabricados de hormigón por su facilidad de construcción. Por otro lado, el muelle Sur que alberga en su plataforma la gasolinera se pretende doblarlo para que pueda dar servicio en su parte sur. Se ha elegido una tipología de muelle claraboya, ya que en la zona dónde se quiere instalar el surtidor tiene actualmente escollera. Con este tipo de muelle se evitaría retirarla, así como la derrama de presupuesto que esto supone. También se supone que tendrá un buen funcionamiento ya que la bocana del puerto está situada justo enfrente, por lo que podría haber oleaje residual que podría reflejar y dar problemas de agitación. El dimensionamiento de éste último no será objeto del proyecto ni, por lo tanto, del presente anejo.

Una vez escogida la tipología adecuada, se procede al dimensionamiento del muelle según las condiciones obtenidas en otros anejos y se realizan las comprobaciones de estabilidad pertinentes. Esta redacción se basa en los resultados obtenidos en los estudios previos efectuados, que nos establecen los condicionantes a la hora de dimensionar los muelles de gravedad.



## 2. DIMENSIONAMIENTO DEL MUELLE

### 2.1. Características del muelle

Se construirá una banquetta de escollera de 1,5 metros de espesor que se apoya directamente sobre el terreno natural, que estará a la cota oportuna después de dragar para así asegurar un buen asiento. Sobre esta banquetta estará cimentado el muelle de gravedad, la superficie de ésta está cubierta por una capa de grava para asegurar una buena nivelación en el apoyo y enrase de los bloques.

Recurriendo a la ROM 3.1-99 “Recomendaciones para el Diseño de la Configuración Marítima de Puertos”, se conoce el calado necesario en el muelle para poder dar atraque a las embarcaciones de más de 18 metros de eslora, siendo 24 metros el máximo. Este calado es de 4,3 metros, pero para estar del lado de la seguridad y mantener el dragado necesario en bocana, se dragará toda la zona a 4,7 metros.

La estructura que conforma el muelle se compone de tres bloques, colocados uno encima del otro, de anchura y altura variable. El bloque colocado sobre la banquetta tiene unas dimensiones de 3,0 x 2,35 metros, el bloque del centro mide 2,5 x 2,35 metros y el superior 2 x 1,5. Sobre el bloque superior se coloca una viga cantil cuya función es permitir el paso de las conducciones de servicios y ofrecer visualmente una alineación más precisa, solidarizando en cierto modo los bloques.

Para permitir el drenaje y evitar la acumulación de las presiones intersticiales, se cubren los bloques hasta la altura del nivel freático con un relleno seleccionado de pedraplén permeable, sobre el cual se dispondrá una capa de filtro, formada por gravas y arenas bien graduadas, que evitará la fuga de los materiales de granulometría fina del relleno general colocado a posteriori, ya que en tal caso, estos materiales acabarían cubriendo todos los huecos del pedraplén el cual dejaría de ser permeable.

La estructura se conforma de bloques que no se encuentran solidarizados entre sí, es necesario comprobar que no solo el muelle en su conjunto sino las condiciones de equilibrio de cada elemento por separado ya que es posible el deslizamiento y vuelco entre los puntos A, B, C situados tal y como se observa en la siguiente ilustración:

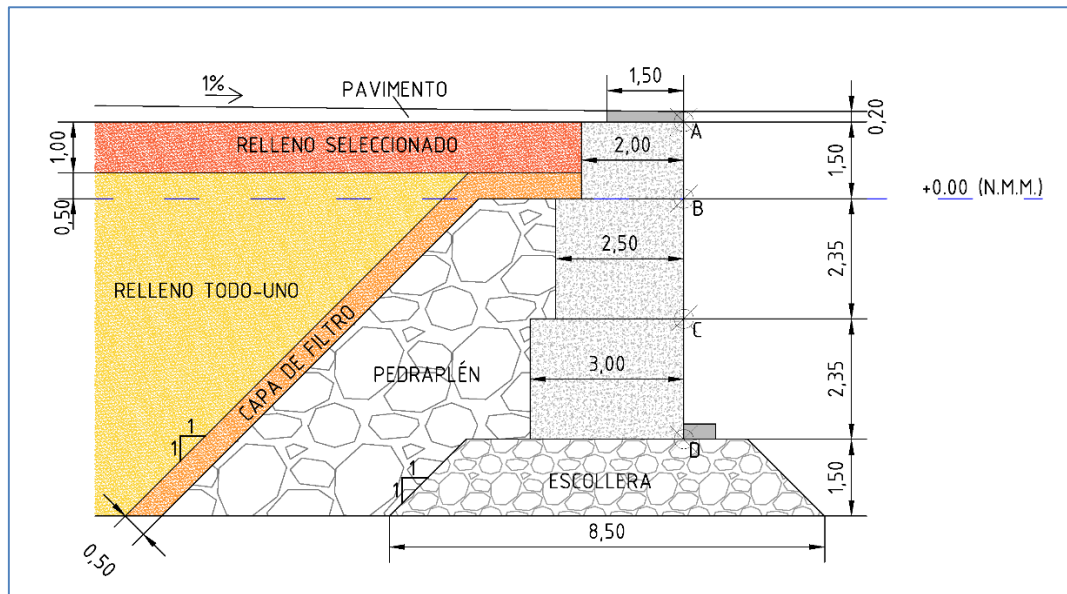


Ilustración 1. Geometría muelle de gravedad

## 2.2. Características de los materiales

A continuación se muestran las características de los materiales utilizados para la construcción del muelle, así como las hipótesis consideradas. Muchas de ellas vienen recogidas en la ROM 0.2-90, en la *Tabla 3.4.1.1.2 "Pesos específicos unitarios o aparentes, y porosidades usuales en elementos constructivos y estructurales"* y también de distintos apartados correspondientes a la ROM 0.5-05 "*Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y Portuarias*".

- Peso específico del agua marina  $\gamma = 1,03 \text{ t/m}^3$
- Hormigón
  - Resistencia característica  $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
  - Consistencia blanda
  - Tamaño máximo del árido 20 mm
  - Ambiente
    - Elementos marinos sumergidos IIIb + Qb
    - Elementos marinos aéreos IIIa
  - Tipo de cemento SR-MR
  - Peso específico
    - Hormigón en masa  $\gamma_{HM} = 2,35 \text{ t/m}^3$
    - Hormigón armado  $\gamma_{HA} = 2,5 \text{ t/m}^3$
    - Hormigón sumergido  $\gamma_{HS} = 1,3 \text{ t/m}^3$
- Acero corrugado (armaduras pasivas)
  - Tipo B500-S
  - Límite elástico  $500 \text{ N/mm}^2$
- Relleno seleccionado en trasdós
  - Peso específico seco  $\gamma_D = 1,75 \text{ t/m}^3$
  - Peso específico saturado  $\gamma_{SAT} = 2,30 \text{ t/m}^3$
  - Peso específico sumergido  $\gamma_{SUM} = 1,07 \text{ t/m}^3$
  - Ángulo de rozamiento interno  $\phi = 40^\circ$



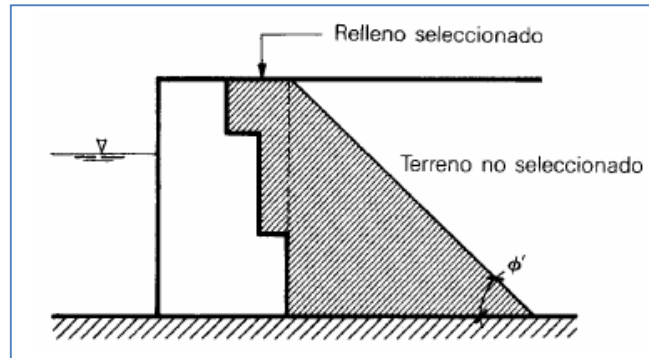
• Escollera de la banqueta	Todo-uno
○ Peso específico seco	$\gamma_B = 2,00 \text{ t/m}^3$
○ Peso específico saturado	$\gamma_{Bsat} = 2,30 \text{ t/m}^3$
○ Peso específico sumergido	$\gamma_{Bsum} = 1,27 \text{ t/m}^3$
○ Peso	50-100 kg
○ Ángulo de rozamiento interno	$\phi = 40^\circ$
• Ángulo de rozamiento hormigón-hormigón	$\delta_1 = 35^\circ$
• Ángulo de rozamiento hormigón-banqueta	$\delta_2 = 32^\circ$
• Ángulo de rozamiento terreno-trasdós	$\delta_3 = 15^\circ$
• Coeficiente de rozamiento hormigón-hormigón	$\mu_1 = \text{tg}(\delta_1) = 0.70$
• Coeficiente de rozamiento hormigón-banqueta	$\mu_2 = \text{tg}(\delta_2) = 0.625$
• Inclinação de la superficie del terreno	$\beta = 0$
• Inclinação del paramento del muelle	$\alpha = 90^\circ$

Hay que destacar que el ángulo de rozamiento terreno-trasdós es igual a  $15^\circ$  ya que se emplea la primera simplificación recogida en la ROM 0.2-90 "Recomendaciones de Acciones al proyectar una Obra Marítima y Portuaria". Para el cálculo de la estructura de contención como cuerpo rígido, a vuelco y deslizamiento, el empuje total podrá determinarse según la metodología expuesta actuando sobre un trasdós virtual vertical AB, con independencia del tipo estructural.

Los bloques de hormigón están armados mediante un mallazo de acero corrugado. Se dispone no por necesidad de cálculo, sino para amortiguar los posibles impactos que puedan recibir los bloques de hormigón y así conservar mejor el aspecto visual de los mismos. Sin embargo, para quedar del lado de la seguridad, se realizan los cálculos con los datos correspondientes a una situación virtual que correspondería con los bloques de hormigón en masa.

Si hay un relleno de buena calidad (relleno seleccionado: ángulo de rozamiento interno superior o igual a  $30^\circ$ ) sea utilizado en el trasdós de una estructura de contención por gravedad, siendo la superficie del mismo horizontal, podrán adoptarse en el cálculo.

Si la sección tipo del relleno seleccionado es triangular a partir de la línea de intersección entre la vertical que pasa por el extremo del trasdós de la estructura resistente y la superficie del terreno, formando un ángulo con la horizontal igual o menos que el ángulo de rozamiento interno del material de relleno seleccionado ( $\phi'$ ), podrá considerarse para el cálculo de empujes que todo el terreno situado en el trasdós de la estructura resistente tiene idénticas características que el relleno.



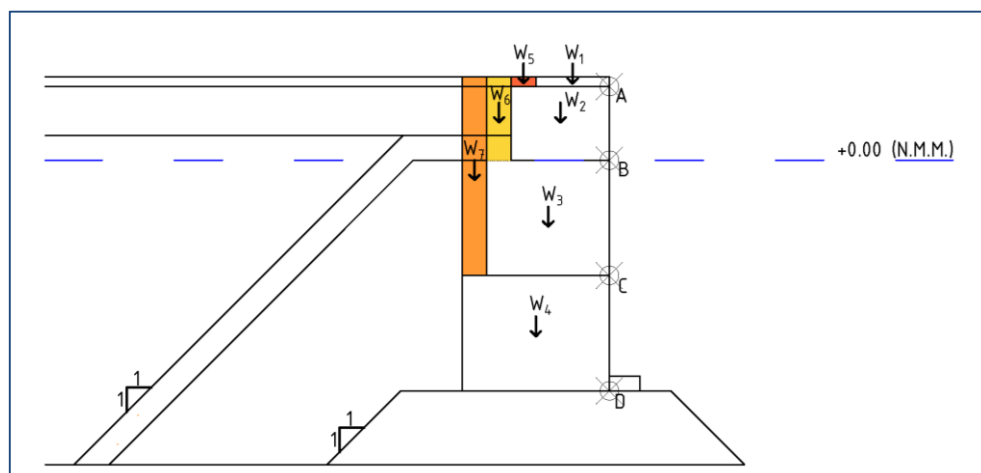
### Ilustración 2. Simplificación ROM

Conforme a la clasificación de las construcciones, de acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente, NCSE-02, las estructuras, cuya destrucción por un terremoto puede ocasionar víctimas e interrumpir un servicio para la colectividad, debe considerarse de importancia normal. En el *artículo 1.2.3* de la citada Norma, y como Población Marina se corresponde según el Mapa de Peligrosidad Sísmica, con una zona de aceleración muy baja, puede no considerarse este tipo de acciones en el diseño de la estructura.

### 2.3. Peso propio

Los bloques a colocar serán de hormigón prefabricado, con un peso específico de  $2,35 \text{ T/m}^3$ , tal y como se ha indicado anteriormente. Para el cálculo de las cargas permanentes se ha considerado tanto el peso propio de los bloques y la viga cantil de hormigón en masa, además el peso del terreno que descansa sobre ellos colabora a resistir las solicitaciones a las que se ve sometido el muelle. De manera simplificada, se ha considerado que en el trasdós del muelle tan sólo hay un relleno ejecutado con pedraplén en toda la altura de la sección. Para estos cálculos se considera despreciable el peso de la losa de protección.

A continuación se detallan todos los pesos considerados:



### Ilustración 3. Peso propio



Por facilidad, se han considerado diferentes puntos situados en cada bloque dispuesto que facilita la comprensión del cálculo.

- PUNTO A (viga cantil)

$$PP_A = W_1$$

$$W_1 = \gamma_{HM} * \text{Área viga cantil} = 2,35 * 9,81 * (0,2 * 1,5) = 6,92 \text{ KN/m}$$

$$\mathbf{PP_A = 6,92 \text{ KN/m}}$$

- PUNTO B

$$PP_B = PP_A + W_2 + W_5$$

$$W_2 = 2,35 * 9,81 * (1,5 * 2) = 69,16 \text{ KN/m}$$

$$W_5 = 1,75 * 9,81 * (0,2 * 0,5) = 1,72 \text{ KN/m}$$

$$PP_B = 6,92 + 69,16 + 1,72 = 77,8 \text{ KN/m}$$

$$\mathbf{PP_B = 77,8 \text{ KN/m}}$$

- PUNTO C

$$PP_C = PP_B + W_3 + W_6$$

$$W_3 = 1,3 * 9,81 * (2,35 * 2,5) = 74,92 \text{ KN/m}$$

$$W_6 = 1,75 * 9,81 * (0,5 * 1,7) = 14,59 \text{ KN/m}$$

$$PP_C = 77,8 + 74,92 + 14,59 = 167,31 \text{ KN/m}$$

$$\mathbf{PP_C = 167,31 \text{ KN/m}}$$

- PUNTO D (muelle completo)

$$PP_D = PP_C + W_4 + W_7$$

$$W_4 = 1,3 * 9,81 * (2,35 * 3) = 89,91 \text{ KN/m}$$

$$W_7 = 1,75 * 9,81 * (0,5 * (2,35 + 1,7)) = 34,76 \text{ KN/m}$$

$$PP_D = 167,31 + 89,91 + 34,76 = 291,98 \text{ KN/m}$$

$$\mathbf{PP_D = 291,98 \text{ KN/m}}$$



## 2.4. Empuje de tierras

Se consideraría el empuje producido por el pavimento formado por hormigón y todo-uno y el pedraplén colocado en el trasdós. En este caso, se simplifica el valor de empuje de tierras el producido únicamente por el pedraplén en el trasdós, como si fuera colocado a lo largo de toda la altura de la sección. Se considera la altura del nivel freático en el trasdós del muelle igual a la del nivel del mar. Se calculará la ley de distribución de empujes a continuación considerándose el empuje activo del terreno según la teoría de Coulomb.

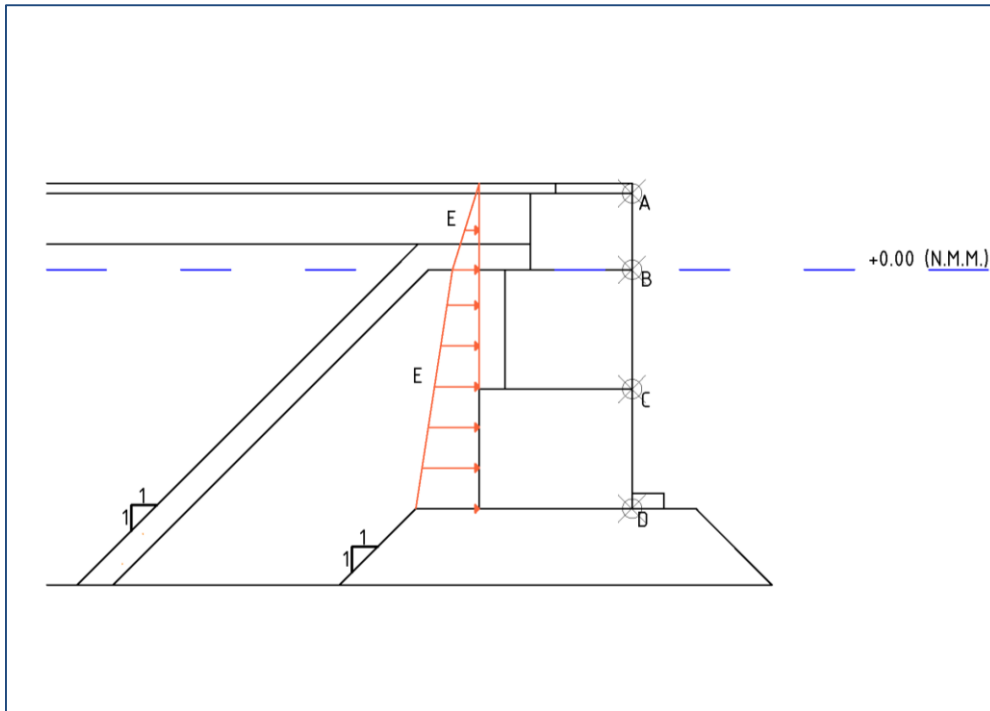


Ilustración 4. Empujes del terreno

$$E = \gamma \times z \times \sqrt{\lambda_h^2 + \lambda_v^2}$$

$$\lambda_h = \frac{\text{sen}^2(\alpha + \varphi)}{\text{sen}^2 \left( 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\alpha + \delta) \times \text{sen}(\varphi - \beta)}{\text{sen}(\alpha + \delta) \times \text{sen}(\alpha + \beta)}} \right)}$$

$$\lambda_h = \frac{\text{sen}^2(90 + 40)}{\text{sen}^2 \left( 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(40 + 15) \times \text{sen}(40 - 0)}{\text{sen}(90 + 15) \times \text{sen}(90 + 0)}} \right)} = 0,1942$$



$$\lambda_v = \lambda_h * \cotg(\alpha - \delta)$$

$$\lambda_v = 0,1942 * \cotg(90 - 15) = 0,052$$

$$E = \gamma * z * \sqrt{0,1942^2 + 0,052^2} = 0,201 \gamma z$$

- $0 \leq z \leq 1,7$  :

$$E(z) = 1,75 * 9,81 * 0,201z$$

$$E(z) = 3,45 z \text{ KPa}$$

- $z > 1,7$  :

$$E(z') = \lambda * [\gamma' * (z - z_0) + \gamma * z_0]$$

$$E(z') = 0,201 * 9,81 [1,27 * (z - z_0) + 1,75 * z_0]$$

$$E(z') = 2,5 * (z - z_0) + 3,45 z_0$$

$$E(z') = 0,95 z_0 + 2,5 z$$

## 2.5. Cargas hidráulicas

Se ha considerado el nivel freático a la misma altura que el nivel del mar. Debido a esta condición y dada la escasa carrera por estar en aguas del mar Mediterráneo, no se considerarán las acciones horizontales producidas por el nivel freático ni por la lámina de agua, debido a que ambas, de igual valor pero dirección contraria, se contrarrestan produciendo el equilibrio.

Sin embargo, es necesario calcular la subpresión que se produce en la base del bloque inferior, que se considera como uniforme en todo su ancho. A continuación se expone el cálculo:

$$p = \rho * g * h$$

$$p = 1,03 * 9,81 * 4,7 = 47,49 \text{ KPa}$$

$$p = 47,49 \text{ KPa}$$

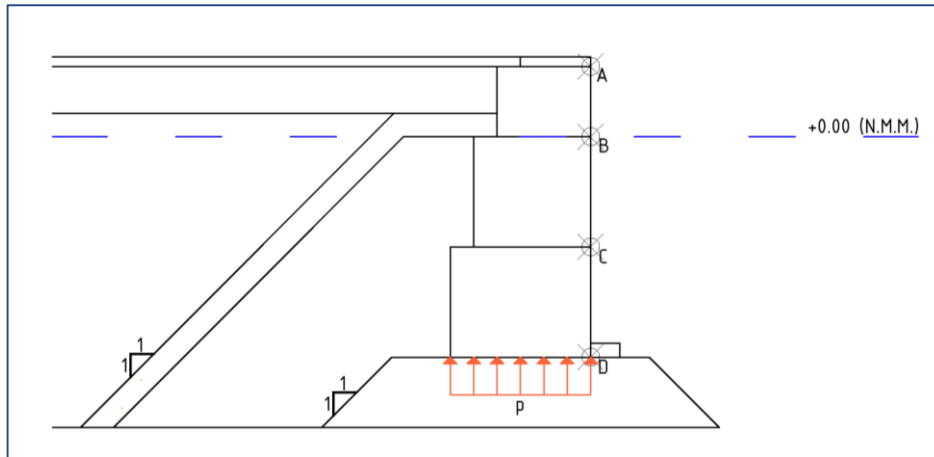


Ilustración 5. Subpresión

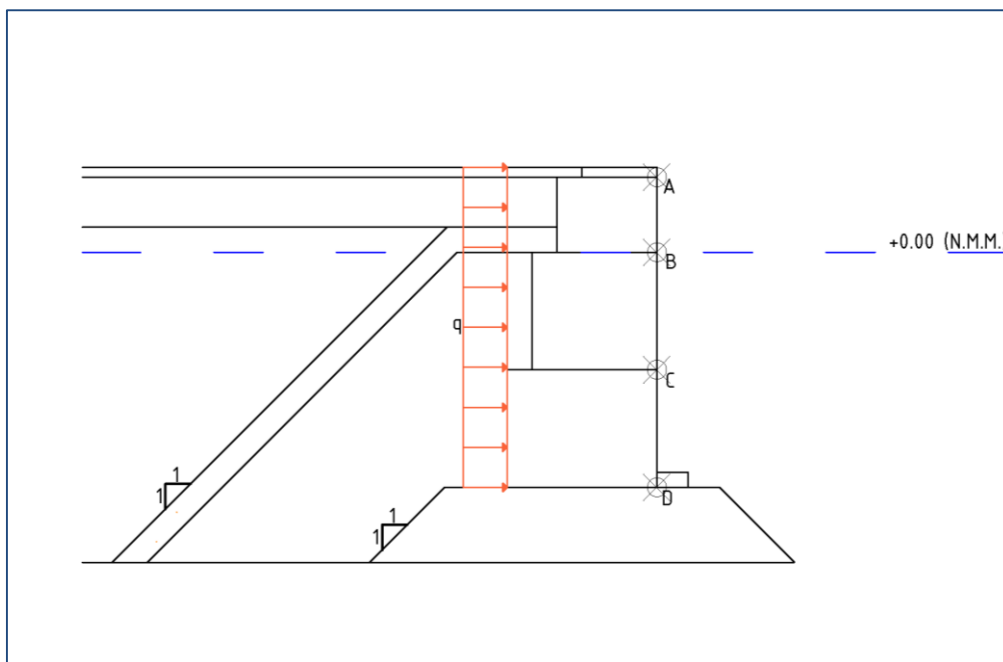
## 2.6. Sobrecarga de uso mínima

Este muelle no está destinado a operaciones de transporte de mercancías ni del ámbito pesquero, por lo que no existe una sobrecarga en concreto que abarque todo esto. Para dimensionar dicho muelle desde el lado de la seguridad se recurre a la tabla de “Valores nominales mínimos de las sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento en obras de atraque y amarre” de la ROM 2.0-11, considerando un uso náutico-deportivo sin acceso al tráfico rodado debemos contemplar una sobrecarga mínima de 5 KN/m, a continuación se adjunta el cálculo realizado como un empuje de esta sobrecarga de valor constante en toda la altura del muelle.

$$Eq_1 = \lambda * q_1 * \frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } (\alpha + \beta)}$$

$$Eq_1 = 0,344 * 5 * \frac{\text{sen } 90}{\text{sen } (90+0)} = 1,72 \text{ KPa}$$

$$Eq_1 = 1,72 \text{ KPa}$$



*Ilustración 6. Sobrecargas de uso y explotación*



### 3. COMPROBACIONES A REALIZAR

#### 3.1. Introducción

Cada tipología de obra marítima tiene, desde el punto de vista geotécnico, ciertas singularidades. En este caso se trata de un muelle de gravedad, considerado como estructura de atraque que soporta el desnivel de tierras de trasdós a intradós conformado por bloques prefabricados de hormigón.

El elemento principal, que determinará la viabilidad de este tipo de solución, es el terreno natural. Los muelles de gravedad, dado su carácter, han de transmitir presiones elevadas al cimiento; los suelos blandos, en general, no son aptos para soportar este tipo de muelles.

El reconocimiento del terreno para proyectar este tipo de obras es fundamental. Es necesario conocer la resistencia y la deformabilidad del terreno en la zona afectada por la obra. Además, el reconocimiento del terreno debe estar encaminado al estudio del posible dragado. Este puede ser necesario para conseguir el calado requerido o para preparar el cimiento, eliminando los suelos superficiales.

Sin embargo, cada muelle tiene unos condicionantes propios que obligarán al proyectista al realizar tantos estudios como sean necesarios para asegurar el buen comportamiento frente a todos los posibles fallos previsibles.

#### 3.2. Verificaciones necesarias

Dentro de las comprobaciones teóricas a realizar en la Fase de Proyecto deben incluirse todas aquéllas encaminadas a comprobar que no se sobrepasa ningún Estado Límite Último. Las verificaciones que exige la *ROM 0.5-05* son:

- Verificación de la seguridad frente al deslizamiento en el contacto hormigón-banqueta de apoyo.
- Verificación de la seguridad frente al deslizamiento del contacto de la banquetta de apoyo y el terreno natural.
- Verificación de la seguridad frente al hundimiento.
- Verificación de la seguridad frente al vuelco plástico.
- Verificación de la seguridad frente a la estabilidad global.

#### 3.3. Verificación de la seguridad frente al deslizamiento

Cumpliremos el siguiente criterio para poder comprobar la estabilidad de la estructura frente al deslizamiento (CSD) que debe ser mayor o igual a 1,5 en situación persistente o transitoria.

$$CSD = \frac{\mu * \sum Fv}{\sum Fh}$$

Si  $CSD \geq 1,5$  cumple



Siendo:

$\mu$  = Coeficiente de fricción o rozamiento

$F_H$  = Fuerzas horizontales

$F_V$  = Fuerzas verticales

### 3.4. Verificación de la seguridad frente al vuelco

El coeficiente de seguridad frente al vuelco (CSV) debe de ser mayor o igual a 1,5 en situación persistente o transitoria.

$$CSV = \frac{\sum FMe}{\sum Mv} \geq 1,5$$

*Si  $CSV \geq 1,5$  cumple*

Siendo:

$M_e$  = Momentos estabilizadores

$M_v$  = Momentos volcadores

Para la diferenciación entre momentos volcadores y momentos estabilizadores se adoptará como criterio el contemplado en la ROM 0.5-05 que cita lo siguiente:

*“Cada acción individual será descompuesta en dos direcciones una vertical y otra horizontal. Se consideraran como fuerzas estabilizadoras todas las componentes verticales de las acciones, ya sea su momento de uno u otro signo (la subpresión, por ejemplo, sería una fuerza estabilizadora negativa). El posible empuje pasivo que se pueda oponer al vuelco, también será contabilizado como estabilizador. El resto de las componentes horizontales se contabilizaran, con su signo correspondiente, en el cálculo de la suma de momentos volcadores.”*

### 3.5. Verificación de la seguridad frente al hundimiento

Para comprobar la estabilidad de la estructura frente al hundimiento, se ha de cumplir el siguiente criterio:

$$CSH = \frac{P_{vh}}{P_v}$$

*Si  $CSH \geq 2,5$  cumple*

Siendo:

$P_{vh}$  = Carga de hundimiento

$P_v$  = Carga media transmitida al terreno

$$P_v = \frac{\sum Fv}{B}$$



La carga de hundimiento se calcula mediante la fórmula de Brinch-Hansen definida en la ROM 0.5-05 de la siguiente manera:

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

Debido a que se trata de un terreno granular y por lo tanto la cohesión es nula ( $c=0$ ) y que la sobrecarga debida al peso de tierras también lo es ( $q=0$ ), la fórmula se simplifica de la siguiente manera:

$$P_{vh} = \frac{1}{2} * \gamma * B' * N_\gamma * f_\gamma$$

Siendo:

$\gamma$  = Peso específico del material de la banquetta

$B'$  = Ancho efectivo de la cimentación =  $B - 2 * e$

$N_\gamma = 2 * (N_q - 1) * \tan \mu$

$N_q = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} * e^{\pi * \tan \mu}$

$f_\gamma = s_\gamma * i_\gamma * d_\gamma * r_\gamma * t_\gamma$

$s_\gamma$  = coeficiente de forma =  $1 - 0,4 * \frac{B'}{L'}$

$i_\gamma$  = coeficiente de inclinación =  $(1 - \tan \delta)^3$

$d_\gamma$  = efecto de la resistencia del terreno en el plano de cimentación = 1

$r_\gamma$  = efecto de la inclinación del plano de cimentación = 1

$t_\gamma$  = cimentaciones en zonas de pendiente = 1

### 3.6. Verificación de las tensiones transmitidas al terreno

Es necesario comprobar en este apartado que el muelle cumple las dos limitaciones tensionales:

- Tensión máxima para evitar el aplastamiento de la banquetta de escollera:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{\sum Fv}{B} + \frac{6 * e * \sum Fv}{B^2} < 300 \text{ kPa}$$

- Tensión mínima para comprobar que no existen tracciones en la base del muelle y así asegurar que el hormigón no fisura:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{\sum Fv}{B} + \frac{6 * e * \sum Fv}{B^2} > 0 \text{ kPa}$$



## 4. CÁLCULOS

Los cálculos se han realizado atendiendo a todo lo expuesto anteriormente y teniendo en cuenta tanto la ROM 0.5-05 “Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y Portuarias” como la ROM 0.2-90 “Recomendaciones de Acciones al proyectar una Obra Marítima y Portuaria”, ambas de aplicación en este proyecto.

Cabe destacar que, con tal de ponernos en la situación más desfavorable para el muelle se ha supuesto que actúan simultáneamente todas las cargas producidas por cada una de las acciones anteriormente descritas. De esta manera la sección de muelle deberá estar sometida a estas acciones para comprobar la seguridad frente a vuelco y deslizamiento.

Por otra parte, a la hora de comprobar a hundimiento el muelle en su conjunto no se considerará las cargas hidráulicas, provocando de esta manera la situación más desfavorable.

Para terminar, para la verificación de las tensiones transmitidas al terreno por el muelle, se ha optado por considerar la simultaneidad de todas las cargas, poniéndonos así en la situación más desfavorable.

Los cálculos han sido realizados en una hoja de cálculo y todos ellos están presentados por metro lineal de muelle. A continuación se muestran los resultados agrupados en forma de tablas.

### 4.1. Punto A

ACCIONES (KN)	
Peso Propio	6,92
Empuje de tierras	0,07
Sobrecarga de uso	0,344

VERIFICACIÓN FRENTE AL DESLIZAMIENTO	
$\sum F_v$ (KN)	6,92
$\mu$	0,7
$\sum F_h$ (KN)	0,414
CSD	$11,7 \geq 1,5$
<b>CUMPLE</b>	

VERIFICACIÓN FRENTE A VUELCO	
$\sum M_e$ (KN·m)	5,19
$\sum M_v$ (KN·m)	0,5046
CSV	$10,29 \geq 1,5$
<b>CUMPLE</b>	



#### 4.2. Punto B

ACCIONES (KN)	
Peso Propio	77,8
Empuje de tierras	4,985
Sobrecarga de uso	2,924

VERIFICACIÓN FRENTE AL DESLIZAMIENTO	
$\sum F_v$ (KN)	77,8
$\mu$	0,7
$\sum F_h$ (KN)	7,909
CSD	$6,88 \geq 1,5$
<b>CUMPLE</b>	

VERIFICACIÓN FRENTE A VUELCO	
$\sum M_e$ (KN·m)	77,36
$\sum M_v$ (KN·m)	5,31
CSV	$14,57 \geq 1,5$
<b>CUMPLE</b>	

#### 4.3. Punto C

ACCIONES (KN)	
Peso Propio	167,31
Empuje de tierras	22,58
Sobrecarga de uso	6,966

VERIFICACIÓN FRENTE AL DESLIZAMIENTO	
$\sum F_v$ (KN)	167,31
$\mu$	0,7
$\sum F_h$ (KN)	29,546
CSD	$3,96 \geq 1,5$
<b>CUMPLE</b>	

VERIFICACIÓN FRENTE A VUELCO	
$\sum M_e$ (KN·m)	203,84
$\sum M_v$ (KN·m)	44,59
CSV	$4,57 \geq 1,5$
<b>CUMPLE</b>	



#### 4.4. Punto D

ACCIONES (KN)	
Peso Propio	291,98
Empuje de tierras	47,62
Sobrecarga de uso	11
Cargas hidráulicas	142,47

VERIFICACIÓN FRENTE AL DESLIZAMIENTO	
$\sum F_v$ (KN)	149,51
$\mu$	0,7
$\sum F_h$ (KN)	58,62
CSD	$1,8 \geq 1,5$
CUMPLE	

VERIFICACIÓN FRENTE A VUELCO	
$\sum M_e$ (KN·m)	220,59
$\sum M_v$ (KN·m)	136,79
CSV	$1,7 \geq 1,5$
CUMPLE	

VERIFICACIÓN FRENTE A HUNDIMIENTO	
$\sum F_v$ (KN)	291,98
$B^*$	2,88
$N_r$	106,05
$f_r$	0,41
$P_{vh}$ (KN/m <sup>2</sup> )	780,06
$P_v$ (KN/m <sup>2</sup> )	97,33
CSH	$8,01 \geq 2,5$
CUMPLE	

TENSIONES TRANSMITIDAS AL TERRENO	
$\sum F_v$ (KN)	149,51
$\sigma_{m\acute{a}x}$ (KN/m <sup>2</sup> )	$55,82 < 300 \text{ kPa}$
CUMPLE	
$\sigma_{m\acute{i}n}$ (KN/m <sup>2</sup> )	$43,85 > 0$
CUMPLE	



## 5. CONCLUSIONES

Una vez obtenida la solución óptima para la tipología del muelle, se debe llevar a cabo el dimensionamiento, que recogerá las diferentes verificaciones necesarias a realizar según la *ROM 0.5-0.5*.

Se ha comentado desde un principio que aunque se hayan considerado dos tipologías diferentes para la ejecución de los muelles, el claraboya y el de gravedad, el primero no estará considerado en el presente anejo por la complejidad de cálculo y adaptándose a las limitaciones que presenta un trabajo académico como el Trabajo Final de Grado.

Se ha dimensionado y comprobado el muelle de gravedad mediante bloques, situado en la nueva dársena y que será la prolongación del ya construido muelle de Poniente. Cabe destacar que no se han considerado todas las comprobaciones recogidas en la *ROM*, a pesar de ello, todas las consideradas cumplen satisfactoriamente. Por ello, se puede concluir este anejo dando el dimensionamiento como válido y resiste de manera adecuada las solicitaciones. En el "*Plano 15. Secciones muelle*" se recoge con detalle las secciones del muelle que lo conforman.

