



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



# **Anejo 14**

## **Pantalanes:**

### **Estudio de soluciones y dimensionamiento**

**Proyecto de Ampliación Norte del Puerto Deportivo de Las Casas de  
Alcanar, Tarragona.**

**Autor: Juan Sebastián Puente Monserrat**

**Tutor: Joaquín Catalá Alís**

**Titulación: Grado en Ingeniería Civil**

**4º Curso, Junio de 2014**

**Anejo 14/23**



## Índice

1. Estudio de soluciones.....	Pg 3
1.1. Introducción.....	Pg 3
1.2. Tipologías de pantalanes.....	Pg 4
1.2.1 Según los materiales utilizados.....	Pg 4
1.2.2 Según sean flotantes o fijos.....	Pg 5
1.3 Elección de la tipología de Pantalán.....	Pg 6
2. Dimensionamiento de los pantalanes.....	Pg 9
2.1. Introducción.....	Pg 9
2.2. Descripción de las obras.....	Pg 9
2.3. Bases de cálculo.....	Pg 13
2.4. Calculo del forjado.....	Pg 15
2.5. Calculo de las pilas.....	Pg 15
2.5.1. Acciones.....	Pg 15
2.5.2. Comprobación al deslizamiento.....	Pg 16
2.5.3. Comprobación al vuelco.....	Pg 17
2.5.4. Comprobación geotécnica al aplastamiento de la base.....	Pg 18
2.6. Ficha técnica de placa alveolar proporcionada por el fabricante.....	Pg 20



## **1. Estudio de Soluciones**

### **1.1. Introducción.**

Los pantalanes son partes fundamentales en los puertos deportivos ya que cumplen con la función de proporcionar mayor superficie de atraque además de aquella proporcionada por los muelles principales. De esta manera se puede aprovechar mejor el espejo de agua en el interior del puerto y prestar un servicio a un mayor número de usuarios. Con el crecimiento que se está produciendo en el sector deportivo, cada vez, son más los pantalanes instalados en puertos existentes sin la necesidad de modificar los diques de abrigo para así aumentar el número de amarres. No obstante, no es nuestro caso debido a la gran ampliación que se proyecta para nuestro puerto.

En grandes puertos comerciales se pueden utilizar pantalanes para aprovechar aquellas zonas con poco calado donde no es posible el tráfico de grandes embarcaciones y en puertos deportivos es uno de los elementos más importantes a tener en cuenta junto con los diques y los muelles para obtener una buena distribución de amarres.

Los criterios a tener en cuenta para elegir el mejor tipo de pantalanes son los siguientes:

- Emplazamiento del puerto.
- Carrera de marea (factor más determinante).
- Calidad del fondo o cimentación.
- Extensión y amplitud de la zona abrigada.
- Calado.
- Velocidad y dirección de las corrientes.
- Velocidad del viento y altura de ola.
- Inversión inicial y costes de mantenimiento.



## **1.2. Tipologías de pantalanés.**

### **1.2.1. Según los materiales utilizados:**

#### **a) Hormigón:**

Actualmente es uno de los materiales más empleados para la construcción de pantalanés debido a su eficiencia como material y los avances que se han conseguido que permiten su utilización incluso en medios marinos superando las diversas patologías que se presentaban en los orígenes por el contacto con el agua de mar.

Este material presenta las siguientes ventajas:

- Elevada resistencia.
- Alta capacidad portante.
- Resistencia a impactos producidos por las embarcaciones.

La desventaja que presenta es que si se produjeran fisuras por un mal diseño o excesivos esfuerzos las armaduras quedarían expuestas a los agentes corrosivos en medios marinos que ocasionarían grandes consecuencias estructurales.

#### **b) Poliméricos.**

Algunos materiales utilizados son:

- Poliestireno expandido
- Fibra de vidrio
- Otros tipos de plásticos.

Los materiales plásticos presentan la ventaja de su reducido peso siendo ideales para pantalanés flotantes. Estos pueden ser vulnerables a algunos tipos de alquitranes, aceites o residuos, que comúnmente se encuentran en dentro de las aguas abrigadas de los puertos, productos de las embarcaciones. También pueden ser vulnerables a la adhesión de moluscos que no pueden ser retirados sin afectar su superficie. Los de fibra de vidrio tienen la ventaja de ser inmunes a la mayoría de agentes químicos.

#### **c) Metálicos.**

Los materiales metálicos son una buena opción para pantalanés siempre y cuando cuenten con las protecciones anticorrosivas necesarias como pinturas protectoras o capas de galvanizado.

Presentan una elevada resistencia y capacidad portante que los hace un material apropiado para



pantalanes.

#### **d) Maderas.**

Material por excelencia en la antigüedad para muelles y pantalanes aunque en la actualidad con la llegada de nuevos materiales ha caído en desuso. No obstante, presenta buenos resultados con los tratamientos adecuados.

### **1.2.2. Según sean flotantes o fijos:**

#### **a) Flotantes (Fig. 3. 1).**

Son ideales para zonas costeras con grandes carreras de marea (superiores a 1m) de manera que estos por su forma de operar siempre están a la misma altura con respecto de la superficie marina. También son muy utilizados en zonas con mucho calado o con fondos marinos de muy poca baja calidad. Los costes de instalación generalmente son bajos, requieren poco mantenimiento y sencillos de reparar. Existen diferentes clases de tipologías y son utilizados diferentes tipos de materiales comentados anteriormente para su ejecución, como pueden ser metálicos o materiales poliméricos. Estos deben satisfacer las condiciones de resistencia y deben ser ligeros y flexibles. Es importante tener controlados en los cálculos hidrostáticos las relaciones entre flotabilidad y estabilidad.

Resumiendo, las ventajas presentadas por esta tipología de pantalanes son evidentes en zonas con grandes carreras de marea donde se mantiene constante la altura entre el pantalán y la superficie marina. Este no es el caso, ya que nos encontramos en el mediterráneo donde las mareas son mínimas. Además, el calado no es muy alto ya que nos encontramos con profundidades muy reducidas próximas a los 3 metros.

#### **b) Fijos:**

Se dividen en dos grupos:

- **Cimentaciones profundas (Fig. 3.2):**

Los pilotes son hincados a cierta profundidad sobre el lecho marino buscando capas de mayor resistencia. Son adecuados para terrenos con mala capacidad portante donde son previsibles grandes asentamientos. Gran variedad de materiales para la fabricación de los pilotes: madera, hormigón armado y pretensado, metálicos.

- **Cimentaciones superficiales (Fig. 3.3):**



Pueden ser de materiales prefabricados u hormigonados in situ. Las zapatas se apoyan sobre el fondo marino o a poca profundidad.

Las ventajas de los pantalanés fijos son las siguientes:

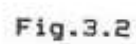
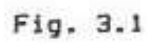
- Los costes de mantenimiento son menores que en el caso de los pantalanés móviles, por lo tanto el coste global es menor a largo plazo.
- Son mas resistentes a golpes y tienen mayor capacidad portante. También tienen mayor durabilidad y estabilidad.

Vamos a optar por pantalanés fijos con cimentaciones superficiales, ya que no son necesarias unas cimentaciones profundas con el coste que aquello conlleva. En cuanto al modo de ejecución, vamos elegir prefabricación, ya que el hormigonado in situ, presenta dificultades de ejecución bajo el nivel del mar.

### **1.3. Elección de la tipología de Pantalán**

#### **Pantalán fijo de bloques prefabricados aligerados.**

Vamos a utilizar para el diseño, pantalanés fijos de bloques. Estos estarán constituidos por un forjado de hormigón pretensado que se apoyara sobre pilas separadas cada 10 metros entre sí. Estas pilas estarán constituidas un conjunto de bloques de hormigón en masa con aligeramientos en su interior que posteriormente serán rellenados de hormigón en masa. Las pilas descansaran sobre una losa de hormigón armado de reparto que a su vez asentara sobre un pedraplén inferior constituido por elementos de mínimo 50 kg.



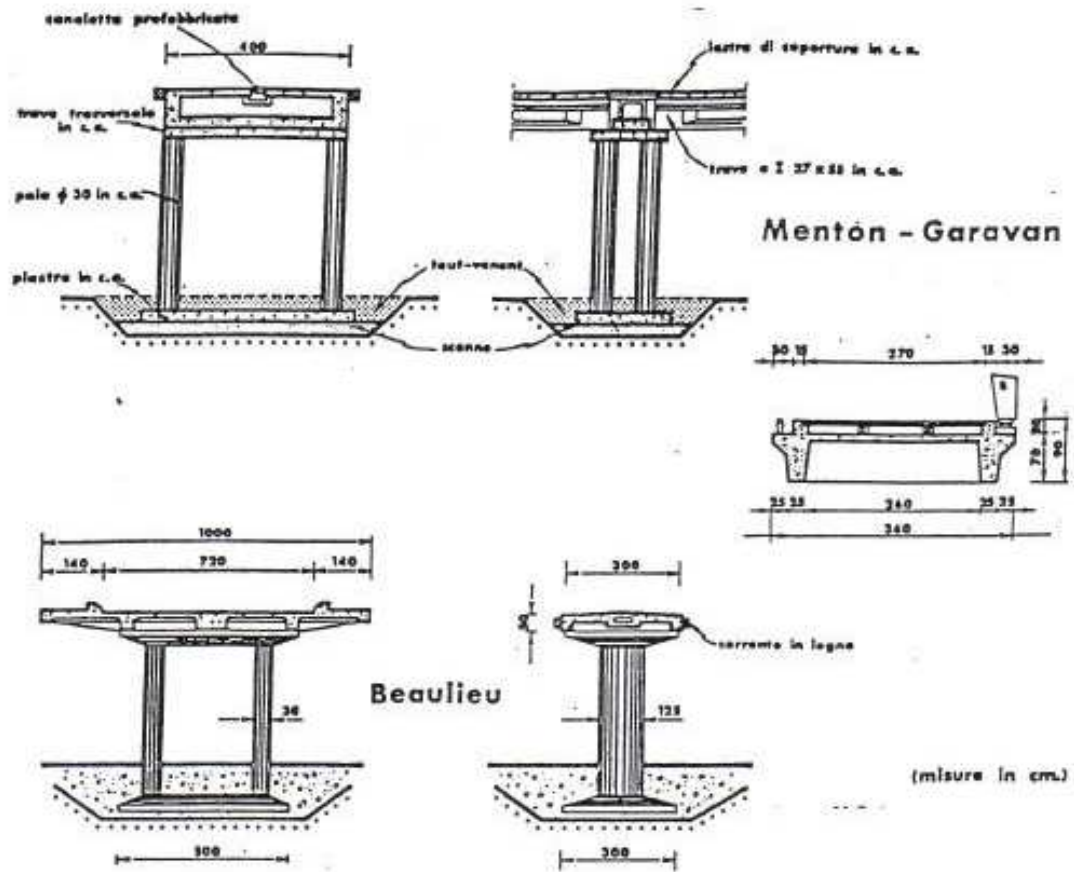


Fig. 3.3





## **2. Dimensionamiento de los pantalanes**

### **2.1. Introducción**

Al igual que los muelles, los pantalanes como obras de atraque y amarre, deben garantizar la permanencia segura de las embarcaciones deportivas en el interior del puerto, así mismo, facilitar la accesibilidad por parte de los usuarios a las mismas. La tipología de pantalán que vamos a utilizar para nuestro puerto es la del pantalán fijo de bloques aligerados.

### **2.2. Descripción de las obras.**

El pantalán constará de una estructura a base de pilas constituidas por una serie de bloques aligerados en su interior. Las pilas estarán separadas 10 metros entre sí. Sobre estas, se apoyará un forjado prefabricado a base de placas alveolares de hormigón pretensado.

Las pilas, se apoyarán a su vez, sobre una losa de reparto de hormigón armado, que actúa como cimentación superficial y asentarán sobre una banqueta inferior de pedraplén.

El calado en el interior del puerto, será como mínimo de 3.5 metros alcanzando profundidades de hasta 6m en el extremo de los pantalanes. Para los cálculos vamos a considerar una profundidad media de 6 metros. La cota de coronación de los pantalanes será de un metro por encima de la superficie marítima. Esto nos da una altura de pantalán de entre 4.5 y 7 metros. Teniendo en cuenta que la altura de la banqueta de pedraplén es de 0,5 metros, el canto de la losa de hormigón armado de 0,25 metros y el forjado prefabricado 0,3 metros que se divide en una placa alveolar prefabricada de hormigón más una capa de hormigón de compresión de 0,05 metros, la altura total de la pila oscilará entre los 3,95 y 6,45 y estarán formada por bloques aligerados de hormigón en masa HM-20 de sección 1,5 x 1,5 m<sup>2</sup> con aligeramiento interior de 0,7 x 0,7 m<sup>2</sup> y con un canto que oscilará entre 0 y 1m que posteriormente serán rellenados en su interior con hormigón en masa HM-20.

Las mediciones de la losa de reparto de hormigón armado son 2,5 x 2,5 m<sup>2</sup> y 0,25 metros de canto.

El pedraplén estará conformado por elementos de 50 kg de peso y sobresale 0'75 m de la superficie inferior de esta y por las 4 caras, con un talud de 1,25/1 y descenderá 0,5 metros hasta el fondo.

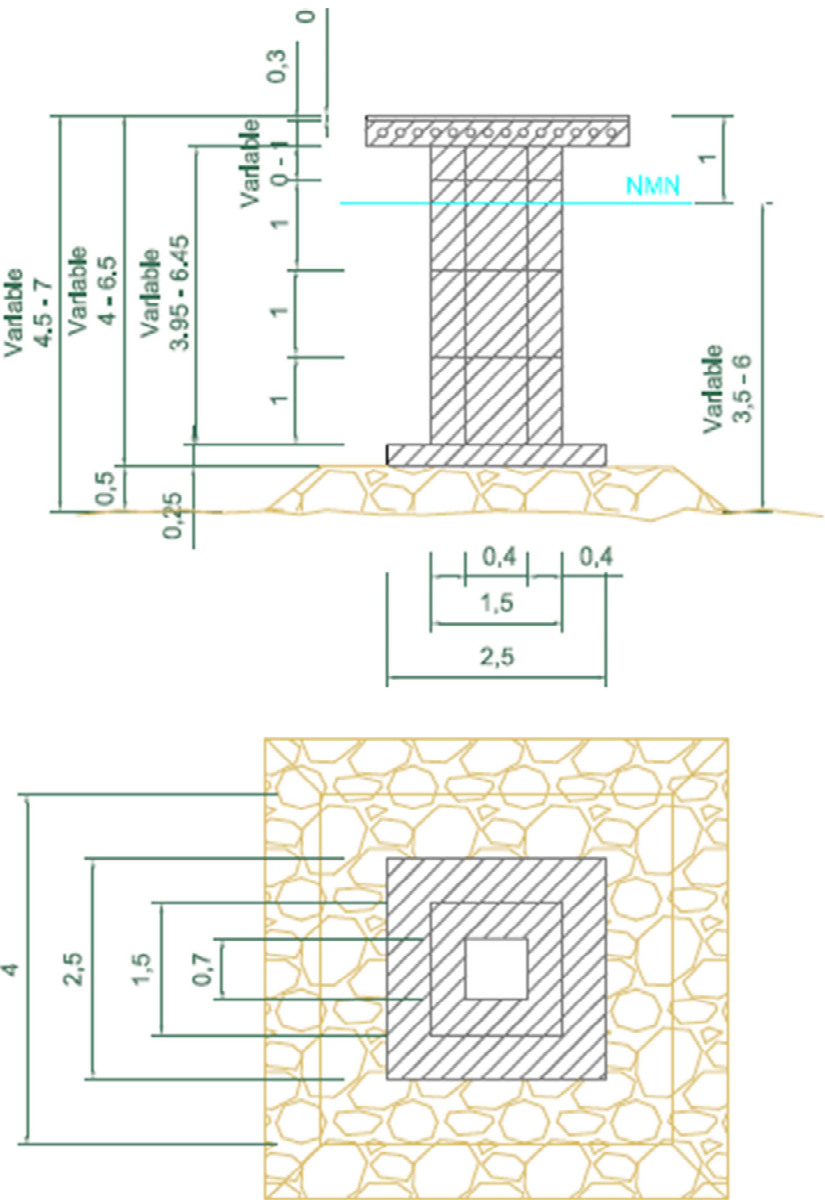
Para el forjado se utilizará hormigón pretensado HP-45, con capacidad para soportar una sobrecarga uniforme de 300 kg/m<sup>2</sup>. Se colocarán dos losas de 1,5 metros de ancho y una longitud de 10 metros y sobre ellas se ejecutará una capa de compresión de hormigón armado HA-30, de 5 cm de espesor con

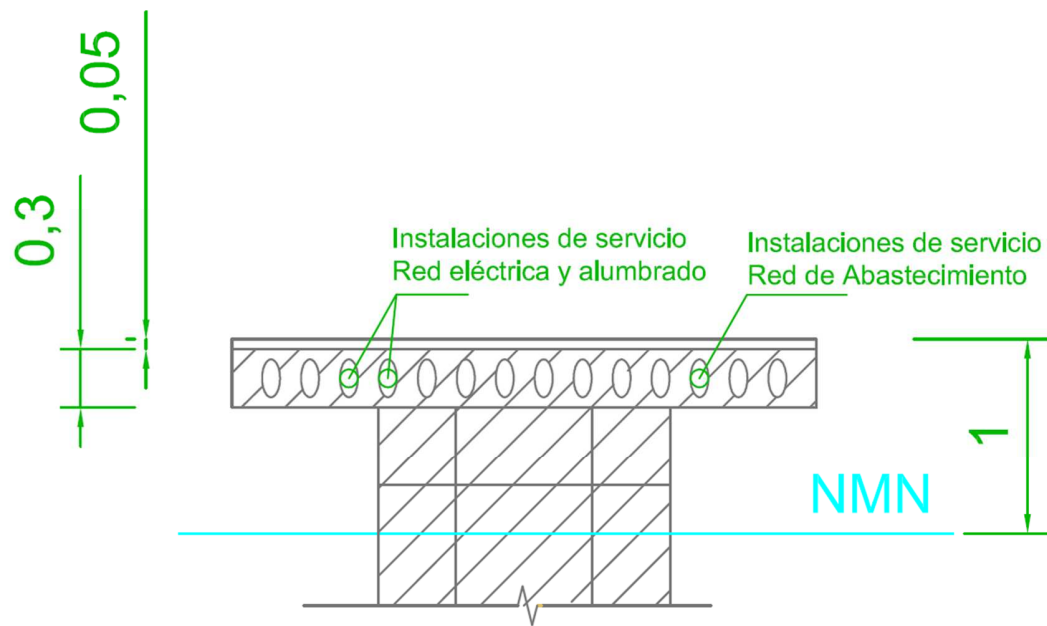


mallazo.

Los aligeramientos del forjado, se utilizarán para introducir los correspondientes conductores para las líneas eléctricas y las tuberías necesarias para la red de abastecimiento y distribución que presten servicio a las embarcaciones. La capa de compresión llevará incorporado un ligero mallazo anti retracciones y rigidizador.

La luz entre ejes de pilas es de 10 m, generalmente, aunque esto depende de la longitud del pantalán, si no es múltiplo de 10, habrá un vano con menor luz. Por tanto la luz libre es 8'5 m. El canto total del forjado es de 0'3 m llegando desde la cota +0'7 m a la cota +1 m de coronación del pantalán.







### 2.3. Bases de cálculo

#### Valores considerados.

Los valores que deberemos considerar para el cálculo de pantalanes han sido tomados a partir de la R.O.M 0.2-90 "Acciones en el proyecto de obras marítimas portuarias."

Se consideran los siguientes valores:

- Sobrecarga en los pantalanes: 300 kg/m<sup>2</sup>.
- Tiro de bolardo: 0,3 Tm/ml.
- Coeficiente de rozamiento:  $\mu = \text{tg } 26,6^\circ = 0,50$ .
- Peso específico del hormigón en masa:  $\gamma_H = 2,3 \text{ Tm/m}^3$ .
- Peso específico del hormigón sumergido:  $\gamma_H' = 1,3 \text{ Tm/m}^3$ .
- Coeficiente de seguridad al deslizamiento:  $F_d > 1,5$ .
- Coeficiente de seguridad frente el vuelco:  $F_{\text{vuelco}} > 1,5$ .
- Resistencia de aplastamiento del pedraplén de base: 3 kg/cm<sup>2</sup>.

#### Definición de acciones.

- **Pesos propios:**

Del hormigón y de las armaduras.

- **Cargas muertas:**

Son despreciables ya que en su valor son muy pequeñas frente al peso propio de los mismos.

- **Cargas medioambientales:**

Las cargas que se pudiesen producir por causa del medio ambiente, serían muy pequeñas ya que las estructuras a dimensionar se encuentran en el interior de la zona de abrigo, en la que, además, la carrera de marea es muy escasa y la posibilidad de nieve o hielo es casi nula.

- **Cargas de deformación:**

Las cargas producidas por la deformación son muy pequeñas y además son muy difíciles de determinar, por lo tanto no las tendremos en cuenta.

- **Otras cargas variables:**

- Cargas de atraque: Las embarcaciones que atracaran en los pantalanes son de máximo 12 m de eslora por lo tanto no se consideran por tratarse de atraque en punta para embarcaciones de poco peso.
- Cargas de amarre: El tiro horizontal a considerar establecido por la R.O.M 0.2-90 es de 0,3 t/m.



- Cargas hidráulicas: La distribución de presiones será hidrostática, teniendo en cuenta la supresión para el empuje vertical y las presiones laterales se anularan entre sí.

#### **Coeficientes de seguridad y de combinación de acciones:**

Los coeficientes de seguridad que vamos a adoptar son aquellos establecidos por el Eurocodigo 2.

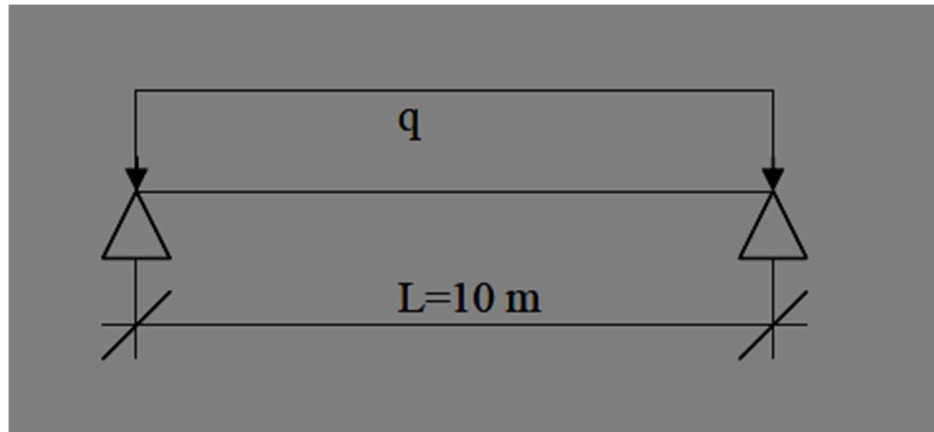
- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero:  $\gamma_s = 1,15$ .
- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón:  $\gamma_c = 1,5$ .
- Coeficientes de ponderación de acciones:

TIPO DE ACCIÓN	FAVORABLE	DESFAVORABLE
PERMANENTE	? G = 1,00	? G = 1,35
VARIABLE	? Q = 0,00	? Q = 1,50



## 2.4. Cálculo del forjado

Para el cálculo del forjado, vamos a considerar a este como una viga biapoyada de 10 metros de longitud. Se comprueba que el comportamiento real se ajusta al modelo estructural.



Vamos a utilizar placas alveolares fabricadas por la casa HORMIPRESA.S.A. Emplearemos la placa 120/25. Las dimensiones de esta son 120 cm de espesor, con 25 cm de canto y de longitud 10 m. Para cubrir el ancho del pantalané de 3 metros utilizaremos dos placas y media. Sobre esta colocaremos una capa de compresión de 5cm de hormigón armado HA-30, de 5 cm de espesor con mallazo. La sobrecarga de uso son 300 kg/m<sup>2</sup> y podemos comprobar en la ficha técnica proporcionada por la empresa que para una longitud de 10m, esta puede resistir 8kN/m<sup>2</sup>, que es lo mismo que 800kg/m<sup>2</sup>. Por lo tanto queda comprobado la resistencia de esta. Las características resistentes de esta se especifican en la autorización de uso provista en el catálogo proporcionado por la empresa al final del anejo.

## 2.5. Cálculo de las pilas

### 2.5.1. Acciones

- **Peso propio de los bloques de hormigón:**

A pesar de que al principio los bloques de hormigón serán aligerados en su interior, posteriormente serán rellenados con hormigón en masa, por esta razón para su cálculo utilizaremos el volumen entero.

Se colocaran 5 bloques de hormigón de dimensiones 1,5 x 1,5 x 1 m<sup>3</sup>.

El peso de un bloque de hormigón no sumergido, para  $g = 2,3 \text{ T/m}^3$ , será:

$$W1 = 1,5 \times 1,5 \times 1 \times 2,3 = 5,175 \text{ T}$$

El peso de un bloque sumergido, para  $g = 1,3 \text{ T/m}^3$ , será:

$$W2 = 1,5 \times 1,5 \times 1 \times 1,3 = 2,925 \text{ T}$$



La longitud total del pilar es de 6,45 m de los cuales tendremos 0,7m no sumergidos.

Luego el peso total del pilar será:

$$P2 = W1 \times 0,7 + W2 \times 5,75 = 5,175 \times 0,7 + 2,925 \times 5,75 = 20.44 \text{ T}$$

- **Peso propio del forjado:**

Obtenemos el valor de la ficha técnica de la placa alveolar añadiendo los 5 cm de la capa de compresión.

Peso de la placa alveolar:  $3.41 \text{ kN/m}^2 = 0.341 \text{ t/m}^2$

Peso de la capa de compresión  $g = 2,5 \text{ t/m}^3$

**Peso total del forjado:**

$$P1 = 0,341 \times 10 \times 3 + 0.05 \times 10 \times 3 = 10,38 \text{ T}$$

- **Peso de la placa de reparto:**

Las medidas de la placa de reparto son  $2,5 \times 2,5 \times 0,25 \text{ m}^3$ , para  $g = 1,3 \text{ T/m}^3$ , será:

$$P3 = 2,5 \times 2,5 \times 0,25 \times 1,3 = 2,03 \text{ T}$$

- **Cargas de amarre:**

Anteriormente mencionamos que el tiro de amarre para los cálculos sería de  $0,3 \text{ T/m}$  Para 10 metros:

$$T = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ T}$$

- **Sobrecarga de uso:**

La sobrecarga de uso es de  $300 \text{ kg/m}^2$ , pero para mantenernos del lado de la seguridad no tendremos el efecto de esta en los cálculos.

## 2.5.2. Comprobación al deslizamiento.

Criterio de deslizamiento:

$$\gamma_D = \frac{\mu \cdot V}{H}$$

Vamos a comprobar el deslizamiento en el caso más desfavorable que se da entre la pila y la placa de





reparto.

$$V = P1 + P2 = 20,44 + 11,52 = 31.96 \text{ t}$$

$$H = T = 3 \text{ t}$$

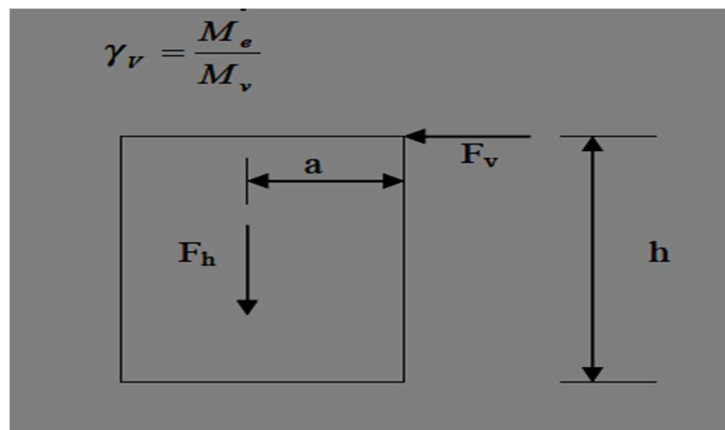
$$\mu = \text{tg } 26,6^\circ = 0,50$$

$$gD = 0,5 \times 21,9 / 3 = 5,33 > 1,5$$

Se verifica la condición de estabilidad al deslizamiento.

### 2.5.3. Comprobación al vuelco.

El criterio para comprobar la estabilidad al vuelco:



Vamos a comprobar el vuelco entre la pila y la losa de reparto.

Momento volcador:

$$Mv = Fh \cdot h, \text{ con } h = 6,75\text{m}$$

$$Mv = 3 \times 6,75 = 20.25 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Momento estabilizador:  $Me = Fv \cdot a$

$$Fv = P1 + P2 = 20.44 + 11,52 = 31,96 \text{ T}$$

$$Me = 31.96 \times 1,5 = 47.94 \text{ T} \cdot \text{m}$$

$$g v = 47.94 / 11,1 = 4.31 > 1,5$$

Se cumple el criterio de estabilidad al vuelco.



#### 2.5.4. Comprobación geotécnica al aplastamiento de la base

A continuación, obtendremos la carga que transmitirá la losa de reparto al terreno, para esto, sumaremos la sobrecarga de uso en el forjado más el peso de todos los elementos del pantalán.

- Sobrecarga de uso:  $SCU = 300 \times 10 \times 3 = 9 \text{ T}$
- Carga vertical (Q) =  $P1 + P2 + P3 + SCU = 10,38 + 20,44 + 2,03 + 9 = 41,85 \text{ T}$

Luego la tensión que transmitirá la losa de reparto al pedraplén es:

- Superficie (S) =  $2,5 \times 2,5 = 6,25 \text{ m}^2$

Por lo tanto, la tensión que tendrá que soportar el pedraplén es la siguiente:

$$p = Q / S = 41,85 / 6,25 = 6,69 \text{ t} / \text{m}^2 < 30 \text{ T} / \text{m}^2$$

Por lo tanto se comprueba que la tensión transmitida por la estructura al pedraplén es inferior a la capacidad portante de este y por lo tanto no se producira aplastamiento del mismo.

Una comprobación más profunda exigiría comprobar que las tracciones no producen figuración.

Y para que quede constancia de todo lo anterior:

En Valencia, a 11 de Junio de 2014

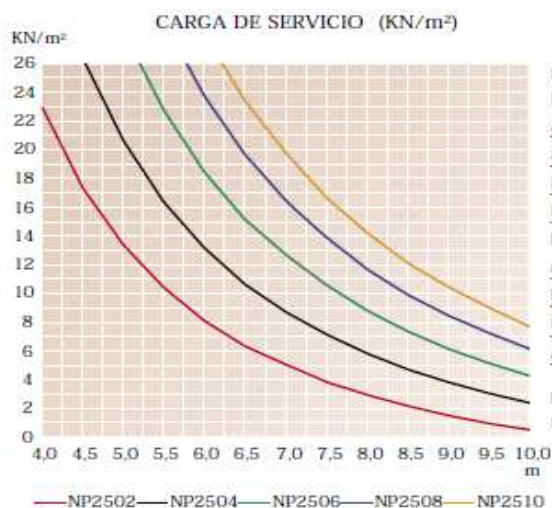
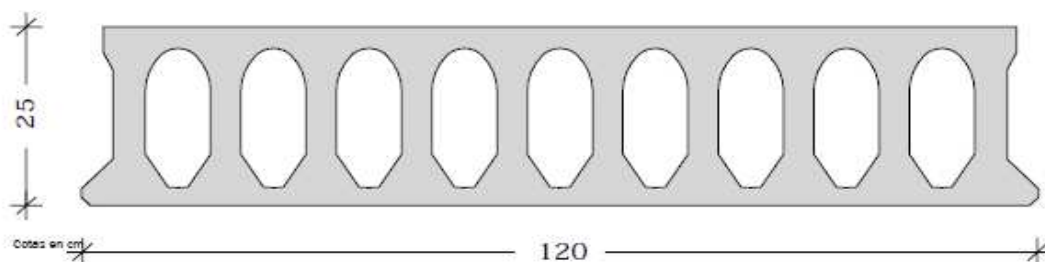
JUAN SEBASTIAN PUENTE MONSERRAT

Ingeniero Civil



## 2.6. Ficha técnica de placa alveolar proporcionada por el fabricante

### PLACA ALVEOLAR NP-120/25

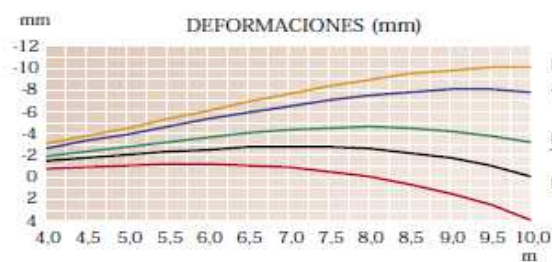


#### DATOS TÉCNICOS

Las dimensiones de la placa son:

Anchura	120 cm
Altura	25 cm
Longitud	0 - 10,00 m
Longitud mínima apoyo	15 cm
Peso placa alveolar	4,09 KN/ml / 3,41 KN/m <sup>2</sup>
Peso placa juntas llenas	3,71 KN/m <sup>2</sup>
Resistencia al fuego	REI 120
Aislamiento acústico Rw	52,4 dB

Para determinar la carga de servicio ya se ha considerado el peso propio de la placa.



Las deformaciones de la placa alveolar han sido calculadas a los 28 días, tan solo con su peso propio.

Rigidez de la placa 47660 m<sup>2</sup>KN

El signo negativo indica contraflecha.