

ANEJO 13:

PAVIMENTOS Y FIRMES

ÍNDICE

1	Objeto.....	5
2	Usos de las superficies terrestres portuarias	5
3	Caracterización de las cargas en las superficies portuarias	5
3.1	Cargas aplicadas	6
3.1.1	Cargas de cálculo de almacenamiento.....	6
3.1.2	Cargas de cálculo de manipulación de embarcaciones.....	6
3.2	Intensidad de uso según el uso de las superficies portuarias	6
3.3	Categorías de tráfico pesado.....	6
4	Explanada	8
5	Firmes.....	9
6	Pavimentos.....	10
6.1	Aceras	10
6.2	Bordillos y rigolas	10
6.3	Formación de vados	11

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 13.1. Categoría de tráfico. Fuente ROM 4.1-94	7
Ilustración 13.2. Categorías de tráfico pesado. Fuente Instrucción 6.1 IC.....	7
Ilustración 13.3. Categorías de la explanada. Fuente ROM 4.1-94.....	8
Ilustración 13.4. Módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga. Fuente Instrucción 6.1 IC.....	9
Ilustración 13.5. Categoría de firmes en función del tráfico pesado. Instrucción 6.1 IC	9

1 OBJETO

El objeto del presente anejo es el de definir y justificar la solución que se va a adoptar para la ejecución de los pavimentos portuarios que se van a colocar en el puerto de El Perelló. Para ello, nos apoyaremos de lo establecido en la *ROM 4.1-94: Proyecto y construcción de pavimentos portuarios*, además de lo establecido en la *Instrucción 6.1: Secciones de firmes*.

2 USOS DE LAS SUPERFICIES TERRESTRES PORTUARIAS

En la *ROM 4.1-94* se realiza una clasificación de las superficies, atendiendo, en primer lugar, al uso que se les vaya a hacer de las mismas, en nuestro caso uso deportivo y, a continuación, en función de la actividad que se vaya a realizar en ellas.

Para un uso deportivo, en cuanto a la clasificación de la superficie terrestre hay que considerar:

- **Zona de operación o varada:** comprende las destinadas a los accesos de los muelles y las adyacentes a las rampas de varada, así como los talleres y almacenes de embarcaciones. En nuestro Proyecto, corresponde a la zona del muelle de servicios que es donde tendremos más trasiego de movimientos de las embarcaciones en seco.
- **Zonas complementarias:** Destinadas al club náutico, comercios, etc. Incluyen las zonas de estacionamiento de vehículos y los edificios ligados a la explotación portuaria. En nuestro proyecto comprenderá el resto de la zona terrestre no contempladas en la zona de operación.

3 CARACTERIZACIÓN DE LAS CARGAS EN LAS SUPERFICIES PORTUARIAS

La *ROM 4.1-94* diferencia, por un lado, las cargas que transmite al pavimento los materiales o mercancías acopiadas o almacenadas en una determinada superficie y, por otro lado, las cargas que aplican los equipos que se emplean en la manipulación de dichos materiales o mercancías. También hay que tener en cuenta las cargas del tráfico pesado que pueda circular por el puerto.

Al tratarse de un puerto deportivo, únicamente tendremos las cargas variables transmitidas al pavimento por los sistemas de elevación de las embarcaciones de pequeño desplazamiento. Este sistema de elevación, en nuestro caso una grúa fija de 10 Tn, dejará las embarcaciones en seco en un remolque para poder desplazar la embarcación hasta el punto deseado de la dársena. Este remolque transmitirá una carga vertical por cada rueda en función de las embarcaciones que se desee trasladar. Se supondrá que se transmite una carga vertical de 300 kN por cada rueda del remolque.

Los esfuerzos horizontales debidos a los giros, aceleraciones y frenadas no se consideran a los efectos del dimensionamiento estructural de los firmes.

3.1 CARGAS APLICADAS

En este apartado se analizan y clasifican los valores de las cargas aplicadas para poder determinar la categoría de tráfico correspondiente en función de la combinación carga-intensidad.

3.1.1 Cargas de cálculo de almacenamiento

Respecto a las cargas del almacenamiento que se pueda transmitir al pavimento, la ROM clasifica las cargas y presiones de la siguiente manera:

- **BAJA:** $Q_v < 120 \text{ kN}$ y $p_v < 0,7 \text{ MPa}$
- **MEDIA:** $120 \text{ kN} \leq Q_v \leq 500 \text{ kN}$ o bien $0,7 \text{ MPa} \leq p_v \leq 1,0 \text{ MPa}$
- **ALTA:** $Q_v > 500 \text{ kN}$ y $p_v > 1,0 \text{ MPa}$

Por falta de datos, se va a adoptar que la clasificación de las cargas de cálculo de almacenamiento es **BAJA** debido a que se pretende que únicamente permanezcan en seco las embarcaciones que tengan una eslora inferior o igual a 6 metros

3.1.2 Cargas de cálculo de manipulación de embarcaciones

En los puertos deportivos, la ROM establece para las cargas de debido a la manipulación o elevación de embarcaciones se puede clasificar en función las cargas (Q_v) y las presiones (p_v) que se transmiten al pavimento de la siguiente manera:

- **BAJA:** $Q_v < 120 \text{ kN}$ y $p_v < 1,1 \text{ MPa}$
- **MEDIA:** $120 \text{ kN} \leq Q_v \leq 700 \text{ kN}$ o bien $1,1 \text{ MPa} \leq p_v \leq 1,5 \text{ MPa}$
- **ALTA:** $Q_v > 700 \text{ kN}$ y $p_v > 1,5 \text{ MPa}$

Debido a la falta de datos, se adoptará una clasificación según la carga de almacenamiento de **MEDIA**, aunque las embarcaciones que más vamos a almacenar en seco sean las que tengan una eslora inferior a 6 metros, puede darse el caso de que ocasionalmente, por temas de mantenimiento, sea necesario tener en seco una embarcación mayor eslora.

3.2 INTENSIDAD DE USO SEGÚN EL USO DE LAS SUPERFICIES PORTUARIAS

En este apartado se analizan y clasifican los índices de explotación portuaria representativos de la intensidad de uso para poder definir la categoría de tráfico correspondiente.

Según la ROM, para un puerto deportivo tenemos la siguiente clasificación de intensidad:

- **REDUCIDA:** $I < 100$
- **MEDIA:** $100 \leq I \leq 1000$
- **ELEVADA:** $I > 1000$

Para nuestro Proyecto, se considera que la intensidad de uso es **REDUCIDA**. Se trata de un puerto deportivo pequeño y que, aunque se mejore las instalaciones y las prestaciones, en un mismo día no habrán más de 100 embarcaciones en circulación a la vez.

3.3 CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO

La ROM 4.1-94 define cuatro categorías de tráfico según la carga de cálculo y la intensidad de uso de la superficie considerada:

A → Tráfico muy pesado

B → Tráfico pesado

C → Tráfico medio

D → Tráfico ligero

La ROM recoge en la *tabla 3.3* las categorías de tráfico como combinación de las cargas de cálculo e intensidad de uso de superficie:

INTENSIDAD DE USO	CARGA DE CÁLCULO		
	BAJA	MEDIA	ALTA
REDUCIDA	D	C	B
MEDIA	D	B	A
ELEVADA	C	B	A

Ilustración 13.1. Categoría de tráfico. Fuente ROM 4.1-94

Según lo establecido en los apartados anteriores, tenemos una categoría del tráfico D (Intensidad de uso REDUCIDA y carga de cálculo BAJA).

Estas categorías de tráfico son válidas para todas las superficies excepto para los viales de acceso y las zonas complementarias de circulación en la que las categorías de tráfico a considerar son las definidas en la *Instrucción 6.1 IC: Sección de firmes*.

Según la Instrucción, la estructura del firme deberá adecuarse, entre otros factores, a la acción prevista del tráfico, fundamentalmente, del más pesado, durante la vida útil del firme. Por ello, la sección estructural dependerá de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp) que se prevé que circulará en el año de puesta en servicio. Se establece un total de ocho categorías de tráfico pesado según la IMDp:

TABLA 1.A. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

TABLA 1.B. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 Y T4

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Ilustración 13.2. Categorías de tráfico pesado. Fuente Instrucción 6.1 IC

Como se prevé un tráfico de vehículos pesados muy bajo, por no decir escaso, consideramos que, a falta de datos más precisos, tenemos una clasificación T41.

4 EXPLANADA

Para definir la categoría de la explanada como cimiento de un firme, se deben de tener en cuenta diversos aspectos: la naturaleza del relleno y su grado de consolidación, y los materiales empleados en la coronación.

Se distinguen seis categorías de rellenos:

- **Rellenos malos no consolidados (MNC):** rellenos hidráulicos con alto contenido de finos (>35%) o rellenos antrópicos de vertido directo, no sometidos a ningún tratamiento de consolidación.
- **Rellenos malos consolidados (MC):** ídem, pero sometidos a alguno de los tratamientos de consolidación.
- **Rellenos regulares no consolidados (RNC):** Rellenos hidráulicos con contenido de finos entre el 10 y el 35% o rellenos no convencionales de vertido directo, no sometidos a ningún tratamiento de consolidación.
- **Rellenos regulares consolidados (RC):** ídem, pero sometidos a alguno de los tratamientos de consolidación.
- **Rellenos buenos no consolidados (BNC):** Rellenos hidráulicos con bajo contenido a finos (<10%) o rellenos de vertido directo con materiales terrestres, no sometidos a ningún tratamiento de consolidación.
- **Rellenos buenos consolidados (BC):** ídem, pero sometidos a alguno de los tratamientos de consolidación.

Para las necesidades que se van a requerir en este Proyecto, se va a exigir, como mínimo, que el relleno de la explanada presente una consolidación regular y que se emplee como suelo hasta llegar a la coronación de un suelo seleccionado. Por lo tanto, según establece la *tabla 4.2* de la *ROM 4.1-94* se tiene una categoría de explanada tipo E2:

CORONACIÓN	(*) MNC	(*) RNC	(*) BNC	MC	RC	BC
Suelos adecuados	E0	E0	E0	E1	E1	E1
Suelos seleccionados	E1	E1	E1	E1	E2	E2
Todo uno de cantera	E1	E1	E1	E2	E2	E3
Suelos seleccionados con CBR > 20	E1	E1	E2	E2	E3	E3

Ilustración 13.3. Categorías de la explanada. Fuente ROM 4.1-94.

Según la Instrucción de Carreteras, tener una explanada tipo E2 implica que el valor del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (E_{v2}), obtenido del Ensayo de carga con placa debe ser superior a 120 MPa, según establece la siguiente tabla.

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
E_{v2} (MPa)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

Ilustración 13.4. Módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga. Fuente Instrucción 6.1 IC

La Instrucción para una categoría de explanada E2 y para un suelo seleccionado establece que, como mínimo, debe de haber 10 centímetros de espesor.

5 FIRMES

Según se ha establecido anteriormente, se ha clasificado la intensidad media diaria de vehículos pesados con el tipo T41. Para esta clasificación, la Instrucción de Carreteras establece las siguientes secciones:

		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
		T31	T32	T41	T42
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	<p>3111 MB 20 3112 MB 15 3114 HF 21</p> <p>3111 ZA 40 3112 SC 30 3114 ZA 30</p>	<p>3211 MB 18 3212 MB 12 3214 HF 21</p> <p>3211 ZA 40 3212 SC 30 3214 ZA 20</p>	<p>4111 MB 10⁽¹⁾ 4112 MB 8 4114 HF 20</p> <p>4111 ZA 40 4112 SC 30 4114 ZA 20</p>	<p>4211 MB 5⁽¹⁾ 4212 MB 5 4214 HF 18</p> <p>4211 ZA 35 4212 SC 25 4214 ZA 20</p>
	E2	<p>3121 MB 16 3122 MB 12 3124 HF 21</p> <p>3121 ZA 40 3122 SC 30 3124 ZA 25</p>	<p>3221 MB 15 3222 MB 10 3224 HF 21</p> <p>3221 ZA 35 3222 SC 30 3224 ZA 20</p>	<p>4121 MB 10⁽¹⁾ 4122 MB 8 4124 HF 20</p> <p>4121 ZA 30 4122 SC 25 4124 ZA 20</p>	<p>4221 MB 5⁽¹⁾ 4222 MB 5 4224 HF 18</p> <p>4221 ZA 25 4222 SC 22 4224 ZA 18</p>
	E3	<p>3131 MB 16 3132 MB 12 3134 HF 21</p> <p>3131 ZA 25 3132 SC 22 3134 ZA 20</p>	<p>3231 MB 15 3232 MB 10 3234 HF 21</p> <p>3231 ZA 20 3232 SC 22 3234 ZA 20</p>	<p>4131 MB 10⁽¹⁾ 4132 MB 8 4134 HF 20</p> <p>4131 ZA 20 4132 SC 20 4134 ZA 20</p>	<p>4231 MB 5⁽¹⁾ 4232 MB 5 4234 HF 18</p> <p>4231 ZA 20 4232 SC 20 4234 ZA 18</p>

4121	4122	4124
MB 10 ⁽¹⁾	MB 8	HF 20
ZA 30	SC 25	

Ilustración 13.5. Categoría de firmes en función del tráfico pesado. Instrucción 6.1 IC

Para este Proyecto, se escogerá la solución 4124, utilizando un hormigón de firmes con un valor de la resistencia característica a flexotracción a los 28 días de 4 MPa.

Debido a las diferentes solicitudes que se dan en el puerto, va a ser necesario dotar al paquete de firmes de hormigón de dos secciones diferentes, por un lado, en el muelle de servicios, que es el muelle que tendrá unas mayores solicitudes durante su vida útil; y, por otro lado, el resto.

A continuación, se detallan los espesores de los dos paquetes de firmes existentes:

- Muelle de servicios:
 - Capa de explanada mejorada tipo E2, de suelo seleccionado de espesor variable dependiendo de la ubicación (mínimo 55 cm)
 - Capa de zahorra artificial de 15 centímetros de espesor
 - Firme de hormigón (HF-4,0) de 30 centímetros de espesor
- Resto:
 - Capa de explanada mejorada tipo E2, de suelo seleccionado de espesor variable dependiendo de la ubicación (mínimo 55 cm)
 - Capa de zahorra artificial de 25 centímetros de espesor
 - Firme de hormigón (HF-4,0) de 20 centímetros de espesor

6 PAVIMENTOS

6.1 ACERAS

Para este Proyecto, se va a realizar una mejora en el aspecto de las aceras colindantes al puerto. De esta forma, se favorece a la interacción puerto-ciudad que pueda darse entre el municipio de el Perelló y el puerto deportivo.

Para ello, se emplearán dos tipos diferentes de adoquines prefabricados de hormigón:

- Adoquín prefabricado de hormigón 20 x 10 x 6 cm de color gris, como pavimento principal
- Adoquín prefabricado de hormigón 20 x 10 x 6 cm de color blanco, como pavimento ornamental en puntos concretos.

Todos ellos se asentar sobre una capa de regularización de hormigón de limpieza HL-15/B/20 de 10 centímetros de espesor. Sobre este hormigón de limpieza se colocará un lecho de gravilla 4/8 consiguiendo un espesor de 4-5 centímetros.

6.2 BORDILLOS Y RIGOLAS

Las aceras se separan de la calzada mediante un bordillo prefabricado de hormigón de 20x30x10 cm. Todos ellos dispondrán en su base un hormigón de limpieza HL-15/B/20 de 10 centímetros de espesor para regularizar las cotas y los bloques estarán rejuntados con mortero de cemento.

En la delimitación de calzadas y aparcamientos, se colocará una rigola de hormigón prefabricados de 50x20x8 cm, tomada con mortero de cemento, que se asentará sobre una base de hormigón de las mismas características que el descrito anteriormente.

6.3 FORMACIÓN DE VADOS

De acuerdo con la normativa de supresión de barreras físicas, se dispondrán de vados para facilitar el paso de los peatones. Los vados se realizarán con un bordillo rebajado y con unas pendientes inferiores al 10%. El pavimento empleado será de hormigón fratasado con un color rojizo para diferenciarlo del resto de unos 15 centímetros.

