





1.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	15
1.2. CONTENIDO .....	15
1.3. DEFINICIONES .....	16
1.4. SISTEMA DE UNIDADES.....	20
1.5. NOTACIONES.....	20
1.6. REFERENCIAS DOCUMENTALES.....	24



*Se incluyen todos los aspectos generales necesarios para la correcta aplicación y comprensión de las recomendaciones.*

## **1.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN**

Como el resto de las Recomendaciones integradas en el Programa ROM, la ROM 4.1 es de aplicación en el proyecto y construcción de todos los firmes y pavimentos portuarios cualquiera que sea su tipo o destino. Se incluyen dentro de los pavimentos portuarios todas las superficies que han de soportar tráfico de rodadura no restringida y que se encuentran dentro de los límites de una autoridad portuaria, sin excluir de dichas superficies las comprendidas en concesiones privadas o en instalaciones industriales específicas.

Se ha intentado recoger todas las situaciones diferentes de pavimentación posibles en un puerto. Sin embargo, la intensidad con la que se han tratado ha sido distinta, habiéndose puesto el énfasis en las diversas zonas de uso comercial. Las soluciones propuestas están enmarcadas en lo que puede considerarse la práctica más habitual en España, sin excluir por ello propuestas que en algunos casos pueden calificarse como novedosas. Además, en algunas circunstancias especiales el proyectista podrá considerar otras soluciones diferentes que pudieran llegar a ser las idóneas en esas circunstancias (por la naturaleza de las cargas, por la disponibilidad de materiales de construcción no directamente contemplados, etc.).

En principio, las recomendaciones recogidas en la ROM 4.1 se orientan preferentemente hacia los firmes y pavimentos que se construyen con carácter definitivo, para una vida útil de 15 años o más. Sin embargo, no se excluyen los firmes provisionales, con vidas útiles de hasta 8 años, que tradicionalmente se han empleado en los puertos en la medida en que se cuenta con rellenos no tratados cuyos asientos se producen a lo largo de años y sobre cuyas superficies se desarrollan actividades para las que los asientos que se producen no suponen un grave inconveniente.

## **1.2. CONTENIDO**

Las presentes recomendaciones reúnen la información y criterios necesarios para el proyecto y construcción de firmes y pavimentos en las condiciones más habituales de los puertos. No obstante, una buena parte de su contenido puede ser de aplicación directa o mediante extrapolación a cualquier puerto, con las adaptaciones necesarias que requieran las condiciones locales específicas. ROM 4.1 se estructura en las siguientes siete partes más un catálogo de secciones estructurales normalizadas:

Parte 1: *General*. Incluye todos los aspectos generales necesarios para la correcta aplicación y comprensión de las recomendaciones.

Parte 2: *Usos de las superficies terrestres portuarias*. Se clasifican, a los efectos de su pavimentación, las diferentes zonas que se pueden distinguir en un puerto, cualquiera que sea su uso, y no sólo las relacionadas directamente con la transferencia entre el modo de transporte marítimo y el terrestre, sino también las destinadas a la circulación y estacionamiento de vehículos de carretera.

Parte 3: *Caracterización de las cargas en las superficies portuarias*. En cada una de las distintas zonas diferenciadas en la Parte 2 se clasifican las cargas actuantes. En primer lugar se clasifican por sus efectos sobre el firme, estableciendo en cada caso una carga de cálculo; en segundo lugar, se clasifican por la intensidad de uso con que se aplican durante la vida útil de cada superficie, en función de las previsiones de explotación de dicha superficie. El objetivo es establecer una categoría de tráfico como parámetro de dimensionamiento; la misma se obtiene en cada caso como combinación de la clasificación de la carga de cálculo y de la intensidad de uso de la superficie.

Parte 4: *Rellenos y explanadas*. Se exponen los criterios fundamentales para caracterizar el cimientado de los firmes, distinguiendo la coronación, cuya superficie superior recibe el nombre de explanada y es la de apoyo del firme, el relleno y el fondo sobre el que está dicho relleno. En última instancia se establecen unas categorías de explanada como parámetro de dimensionamiento de los firmes.

Parte 5: *Materiales para firmes y pavimentos*. Se presentan las unidades de obra más usuales que pueden ser empleadas para las distintas capas de los firmes y pavimentos portuarios, con una somera descripción de sus características fundamentales y señalando las ventajas e inconvenientes que pueden presentar en cada caso.

Parte 6: *Dimensionamiento de los firmes portuarios*. Mientras en el Anejo A se describen los métodos de dimensionamiento que constituyen los fundamentos del catálogo, aquí se detalla el procedimiento que debe seguir un proyectista para establecer, con la ayuda de dicho catálogo, la sección estructural más adecuada en cada caso.

Parte 7: *Prescripciones de proyecto y construcción*. Se incluyen recomendaciones de proyecto y construcción de los firmes y pavimentos, con las principales especificaciones que se deben exigir a los materiales empleados en cada caso. Se incluyen así mismo recomendaciones sobre las características superficiales que deben tener los distintos pavimentos, en especial las necesarias para posibilitar la evacuación de las aguas de lluvia.

*Catálogo de secciones estructurales normalizadas*. En diversas fichas se presenta una amplia gama de soluciones de firme, tanto definitivas como provisionales, para las distintas zonas portuarias en función de las categorías del tráfico y de la explanada.

### 1.3. DEFINICIONES

A los efectos de este documento se definen expresamente los términos fundamentales que se relacionan a continuación. Para otros términos de carácter más general y sólo ocasionalmente utilizados en ROM 4.1 debe recurrirse a las definiciones contenidas en otras ROM. Para los términos específicos relacionados con los rellenos o en general con aspectos geotécnicos ha de recurrirse a las definiciones contenidas en ROM 0.5.

**ADOQUÍN PREFABRICADO DE HORMIGÓN:** Pieza prefabricada de hormigón que puede colocarse a mano para constituir un pavimento.

**BASE:** Capa de un firme que se encuentra inmediatamente bajo el pavimento.

**CARGA:** Fuerza que genera estados tensionales, esfuerzos o deformaciones en una estructura o en un elemento estructural, en particular en cualquiera de las capas de un firme o en el apoyo del mismo.

**CARGA ACCIDENTAL:** Carga de carácter fortuito o anormal que puede presentarse como resultado de un accidente, mal uso, errores humanos o condiciones ambientales o de trabajo excepcionales.

**CARGA DE CÁLCULO:** Valor ponderado de una carga que resulta de aplicar a los valores característicos de la misma los apropiados coeficientes de seguridad. Los efectos producidos por las cargas son obtenidos en base a los valores de cálculo de las mismas.

**CARGA CARACTERÍSTICA:** Valor de una carga asociado a una probabilidad de excedencia durante la vida asignada en cada una de las fases e hipótesis de proyecto.

**CARGA DINÁMICA:** Carga cuya actuación genera aceleraciones significativas en la estructura o en elementos estructurales.

**CARGA ESTÁTICA:** Carga cuya actuación no genera aceleraciones significativas en la estructura o en elementos estructurales, en particular en las capas de un firme. A efectos de dimensionamiento de los firmes, y salvo que se especifique lo contrario, las cargas se consideran estáticas.

**CARGA DE IMPACTO:** Acción que actúa sobre una estructura produciendo en ella una respuesta que alcanza un valor máximo en el momento inicial, reduciéndose con posterioridad hasta la situación de reposo.

**CARGA PERMANENTE:** Carga que actúa en todo momento durante la fase de proyecto que se analiza.

**CARGA VARIABLE:** Carga de magnitud y/o posición variable a lo largo del tiempo de forma frecuente o continua.

**CARGADOR FRONTAL (*front lift truck*):** Equipo de circulación no restringida que se emplea para el traslado de mercancía general y de contenedores, con ruedas de neumáticos gemelas en el eje frontal y simples en el eje trasero, a veces dotado de pluma telescópica. En ocasiones la elevación de la carga se realiza mediante horquillas (cargador frontal de horquillas o *forklift*).

**CARGADOR LATERAL (*side loader lift truck*):** Equipo de circulación no restringida que se emplea para el traslado de contenedores y que en el momento de cargar o descargar se apoya sobre calzos estabilizadores.

**CARRETILLA PÓRTICO (*straddle carrier*):** Equipo de circulación no restringida que se emplea para el traslado de mercancía general y de contenedores cuyas ruedas pueden tomar todas las direcciones, girando incluso totalmente alrededor del eje vertical.

**CATÁLOGO DE SECCIONES ESTRUCTURALES:** Conjunto de fichas en las que se recogen agrupadas por su tipología diversas opciones de secciones estructurales de firme, detallando espesores y naturaleza de las capas, para cada una de las combinaciones posibles de los distintos factores de dimensionamiento.

**COEFICIENTE DE SEGURIDAD O DE MAYORACIÓN DE CARGAS:** Factor multiplicador de los valores representativos de las cargas para obtener los valores de cálculo.

**COEFICIENTE DE SEGURIDAD O DE MINORACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:** Coeficiente introducido en el cálculo para minorar los valores característicos de las propiedades de los materiales para obtener sus valores de cálculo.

**CONTENEDOR:** Receptáculo paralelepípedo de dimensiones estandarizadas en cuyo interior se colocan mercancías de tipo general, transportándose íntegramente desde origen a destino.

**DIMENSIONAMIENTO:** Proceso al final del cual se determina la composición y espesores de cada capa de una sección de firme.

**EJE TÁNDEM:** Conjunto de dos ejes de un vehículo que constituyen un sólo apoyo del chasis.

**ESTABILIZACIÓN:** Proceso que consiste en incorporar a un suelo o a un árido con determinadas cualidades otro suelo u otro árido de mejores cualidades (estabilización mecánica) o, más habitualmente, algún tipo de aditivo (estabilización con aditivos) a fin de que la mezcla (realizada in situ o en central) sea tras su extensión y compactación relativamente insensible a la acción del agua, tenga una mayor capacidad de soporte e incluso en ocasiones sea un material rígido. Dicho proceso admite diversos grados (simplemente una mejora o una estabilización propiamente dicha).

**EXPLANADA:** Superficie de apoyo de un firme.

**FASES DE PROYECTO:** Etapas diferenciadas en las cuales se divide normalmente la vida de proyecto de una estructura.

**FÍLLER:** Anglicismo habitualmente empleado para designar el polvo mineral que forma parte de una mezcla bituminosa.

**FIRME:** Estructura resistente formada por una o varias capas superpuestas sobre una explanada para soportar el paso de vehículos. En el caso más completo suele estar constituido por el pavimento, la base y la subbase.

**FIRME DEFINITIVO:** El que se proyecta y construye para una vida útil no inferior a quince años, con una estructura tal que no son de esperar en servicio deformaciones importantes al estar apoyado sobre un relleno suficientemente consolidado.

**FIRME FLEXIBLE:** El que experimenta deflexiones apreciables bajo las cargas del tráfico, como es el caso de los formados por capas granulares y capas asfálticas de pequeño espesor.

**FIRME PROVISIONAL:** El que se proyecta y construye para una vida útil de hasta ocho años, con el objeto de que durante la misma se produzcan los asentamientos y deformaciones esperados en la explanada.

**FIRME RÍGIDO:** El que no experimenta deflexiones apreciables bajo las cargas del tráfico; habitualmente está formado por un pavimento de hormigón apoyado sobre otras capas o directamente sobre la explanada, pudiendo ser dicho hormigón compactado con rodillo o vibrado, en masa o armado y en éste último caso con barras o con fibras.

**FIRME SEMIRRÍGIDO:** El que tiene deflexiones intermedias entre los firmes flexibles y rígidos, como los que tienen una capa de base tratada.

**GRANEL LÍQUIDO:** Producto que se manipula en forma líquida sin transportarse en envases sueltos de pequeña capacidad relativa.

**GRANEL SÓLIDO:** Producto sólido en forma de materia suelta que puede ser manipulado de forma continua por medios mecánicos. Atendiendo a su presentación se clasifica en graneles ordinarios y graneles pesados.

**GRANEL SÓLIDO PESADO:** Granel sólido de alto peso específico, entre los que destacan los minerales.

**GRAVACIMIENTO:** Material empleado en la construcción de firmes, compuesto por una mezcla, realizada en central, de áridos total o parcialmente triturados, una pequeña cantidad de cemento, agua y, a veces, adiciones, que se extiende y compacta para formar capas de base con espesores que varían normalmente entre 15 y 25 cm.

**GRAVAEMULSIÓN:** Material empleado en la construcción de firmes, compuesto por una mezcla, realizada en central, de áridos total o parcialmente triturados, una pequeña cantidad de emulsión bituminosa de rotura lenta, agua y, a veces, un polvo mineral de aportación, que se extiende y compacta para formar capas de base o de regularización con espesores que varían normalmente entre 5 y 20 cm.

**GRAVAESCORIA:** Material empleado en la construcción de firmes, compuesto por una mezcla, realizada en central, de áridos total o parcialmente triturados, escoria granulada de horno alto, agua y un activador del fraguado, como la cal, que se extiende y compacta para formar capas de base o de regularización con espesores que varían normalmente entre 10 y 30 cm.

**GRÚA:** Equipo de manipulación de mercancías por elevación.

**GRÚA AUTOMÓVIL:** Grúa montada sobre neumáticos u orugas, capaz de desplazarse sin restricciones por toda una superficie.

**GRÚA PORTACONTENEDORES:** Grúa pórtico con una viga lanzadera abatible y en vuelo hacia el mar, por la cual se desplaza un carretón del que cuelga un marco metálico de enganche de los contenedores, posibilitando la carga o descarga directa de los mismos desde o hacia una zona de evacuación o almacenamiento. Tiene capacidad de traslación longitudinal sobre carriles en dirección perpendicular a la pluma e incapacidad de girar sobre un eje vertical.

**GRÚA PÓRTICO O GRÚA DE MUELLE:** Grúa capaz de desplazarse longitudinalmente sobre carriles a lo largo del muelle, en dirección paralela al cantil, apoyando todas sus patas en el plano del muelle y pudiendo girar sobre su eje vertical de forma completa.

**HORMIGÓN ARMADO:** El que lleva mallas electrosoldadas o barras de acero para resistir las tracciones y/o repartir las fisuras de retracción hidráulica y termohigrométrica.

**HORMIGÓN ARMADO CON FIBRAS:** Hormigón en cuya masa se han incorporado de manera homogénea fibras de acero trefilado con los extremos conformados con el objeto principalmente de aumentar la elongación en rotura y la resistencia al impacto.

**HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO:** Material empleado en la construcción de firmes y de otras obras civiles, compuesto por una mezcla, realizada en central, de áridos parcial o totalmente triturados, una cantidad de cemento similar a la de un hormigón vibrado, agua y, a veces, adiciones, que se extiende y compacta con equipos convencionales de construcción de carreteras para formar, en el caso de los firmes, capas de base o pavimentos con espesores que varían normalmente entre 15 y 35 cm.

**HORMIGÓN MAGRO:** Dícese del que tiene una cantidad de cemento muy inferior a la de los hormigones normales, por ejemplo, del orden de la mitad (sinónimo: hormigón pobre). En firmes se emplea, en un espesor no inferior a 15 cm, como capa de base.

**HORMIGÓN VIBRADO:** Mezcla, realizada en central, de gravas de diferentes tamaños, arena, cemento, agua y eventualmente adiciones, que se extiende manual o mecánicamente en losas de espesores variables (de 15 a 40 cm habitualmente), se compacta mediante la introducción en su masa de vibradores y tras su curado y fraguado se puede emplear como pavimento, el cual se caracteriza mecánicamente por su resistencia característica a flexotracción y se denomina por las iniciales HP seguidas por el valor de dicha resistencia expresado en  $\text{kp/cm}^2$ .

**ÍNDICE DE EXPLOTACIÓN:** índice referido a una determinada magnitud de explotación portuaria por año y que da una idea de la actividad portuaria y del aprovechamiento de una deter-

minada instalación, como por ejemplo la cantidad de mercancías embarcadas o desembarcadas por unidad de longitud de atraque.

**INTENSIDAD DE USO:** Parámetro de dimensionamiento de firmes portuarios establecido según una clasificación de un determinado índice de explotación y que representa la mayor o menor importancia de una superficie en relación con la explotación portuaria, así como la mayor o menor incidencia en esa explotación de los deterioros que se pudieran producir en el firme.

**LECHADA BITUMINOSA:** Mezcla de áridos de tamaño máximo reducido, emulsión bituminosa de rotura lenta, agua y, en ocasiones, polvo mineral de aportación y adiciones, cuya consistencia a temperatura ambiente permite su extensión mediante una rastra con maestra de goma; se emplea como tratamiento superficial en pavimentaciones y para impermeabilizaciones.

**LECHO DE GRAVA:** Zona acotada en el interior de la cual se disponen en un espesor aproximado de 30 a 40 cm áridos totalmente triturados con granulometría uniforme con el exclusivo fin de apilar contenedores.

**MERCANCÍA GENERAL:** Producto transportado bajo el aspecto de material apilado, envasado o empaquetado (en sacos, cajas, barriles, lingotes, rollos, balas,...) y manipulado de forma discontinua individual (rollos, bienes de equipo,...) o unitariamente (por medio de parrillas, redes,...).

**MERCANCIA GENERAL PALETIZADA:** Mercancía general manipulada por medio de parrillas o plataformas de dimensiones normalizadas sobre las cuales se depositan las mercancías formando una unidad de manipulación y carga.

**PAVIMENTO:** Capa o capas superiores de un firme.

**PAVIMENTO ASFÁLTICO:** El formado por mezclas bituminosas, lechadas bituminosas o riegos con gravilla.

**PAVIMENTO PERCOLADO:** Pavimento asfáltico formado por una mezcla bituminosa abierta a través de cuyos huecos se introduce una mezcla de lechada de cemento y resinas.

**PLACA PREFABRICADA DE HORMIGÓN:** Placa de hormigón vibrado en masa o armado de dimensiones relativamente reducidas que fabricada en taller se puede utilizar en la pavimentación de algunas superficies.

**POLVO MINERAL:** En un árido, la fracción más fina de las que se pueden obtener por tamizado: en general, lo cernido por el tamiz de 80  $\mu\text{m}$ . Cuando en una mezcla con áridos se incorpora uno diferente del de los mismos, se habla de polvo mineral de aportación.

**PÓRTICO DE ALMACENAMIENTO (*transtainer*):** Equipo de movilidad restringida sobre carriles o neumáticos dedicado a la manipulación de mercancía general y especialmente de contenedores.

**RIEGO:** Aplicación sobre una superficie de un producto bituminoso suficientemente fluido mediante su difusión manual o automática desde una cisterna u otro tipo de depósito.

**RIEGO CON GRAVILLA:** Técnica de pavimentación consistente en la aplicación sobre una superficie de un producto bituminoso suficientemente fluido seguida de la extensión y apisonado de una gravilla de tamaño uniforme. Si el proceso se realiza una sola vez se habla de riego monocapa; si se repite, se denomina entonces riego bicapa.

**SEMIRREMOLQUE:** Plataforma o caja abierta para el traslado (enganchada a un tractor) y almacenamiento de mercancía general o de contenedores, con longitudes habituales de 6 o 12 m, que tienen en su parte trasera un eje con ruedas de neumáticos y que en su parte delantera se apoyan, cuando están desenganchadas del tractor, en dispositivos de tipología variada: ruedas metálicas, placas o viguetas.

**SUBBASE:** Capa de un firme que se encuentra bajo la base.

**SUELOCIMIENTO:** Material empleado en la construcción de firmes compuesto por una mezcla, realizada en central, de suelo de calidad, cemento, agua y, a veces, adiciones, que se extiende y compacta para formar capas de base o de subbase con espesores que varían normalmente entre 15 y 30 cm.

**TEU:** Unidad equivalente a un contenedor de 20 pies (*Transport Equivalent Unit*).

**TUDO UNO DE CANTERA:** Material obtenido del frente de excavación de una cantera y que no ha sido clasificado por tamaños y que se puede utilizar como coronación de los rellenos portuarios, así como en el trasdós de muelles de gravedad.

**VEHÍCULO PESADO:** Se incluye en esta denominación los camiones de carga útil superior a 3 t, de más de 4 ruedas y sin remolque; los camiones con uno o varios remolques; los vehículos articulados y los vehículos especiales; y los vehículos dedicados a transporte de personas con más de 9 plazas.

**VÍA DE COMUNICACIÓN:** Zona destinada exclusivamente al tránsito de mercancías, materiales o suministros desde las zonas de operación hasta las zonas de almacenamiento y desde éstas entre sí y hasta las zonas exteriores a la zona portuaria, así como los procesos inversos. También se considera como vía de comunicación la destinada al tráfico que sirve a la instalación.

**VÍA DE MANIOBRA:** Vía de comunicación que une zonas de operación con zonas de almacenamiento o cada una de ellas entre sí, principalmente destinada a la circulación de equipos de manipulación de mercancías.

**VIAL DE ACCESO:** Vía de comunicación que une zonas de operación o almacenamiento con zonas exteriores a la zona portuaria o que sirve a zonas sin manipulación de mercancías. Generalmente son vías preferentemente destinadas al tráfico rodado convencional.

**VIDA DE PROYECTO:** Período de tiempo que va desde el comienzo de la construcción de la estructura proyectada hasta su inutilización, desmontaje o cambio de uso.

**VIDA ÚTIL:** Duración de la fase de servicio.

**ZAHORRA:** Mezcla de gravas y arenas con una graduación continua del tamaño de las partículas utilizada en la construcción de carreteras.

**ZAHORRA ARTIFICIAL:** La reconstituida a partir de diversas fracciones de áridos total o parcialmente triturados.

**ZAHORRA NATURAL:** La formada por partículas rodadas tal como se encuentran en los yacimientos granulares.

**ZONA DE ALMACENAMIENTO:** Zona destinada a estancias prolongadas de mercancías, materiales o suministros, permitiendo la acumulación de los mismos.

**ZONA DE CIRCULACIÓN NO CANALIZADA:** Zona en la que los movimientos de los equipos de manipulación de mercancías y del tráfico rodado convencional no pueden ser predeterminados.

**ZONA DE OPERACIÓN:** Zona destinada a la transferencia y manipulación de mercancías, materiales y suministros, en las que no se produce acumulación duradera de éstos.

**ZONA COMPLEMENTARIA:** Zona excluida del tráfico de mercancías, materiales y suministros. Es generalmente una zona dedicada a edificios de oficinas, dependencias administrativas, paseo y esparcimiento.

#### **1.4. SISTEMA DE UNIDADES**

El sistema de unidades usado en estas Recomendaciones corresponde al sistema legal de unidades de medida obligatorio en España, denominado *Sistema Internacional de Unidades* (SI), con la salvedad de la unidad derivada de fuerza en que también se utiliza la tonelada-fuerza (t) debido a lo usual de dicha unidad en España para la medición de cargas y esfuerzos. En la tabla 1.1 se incluyen las unidades básicas y derivadas del SI más comúnmente utilizadas en la ingeniería civil, a las que hay que añadir los correspondientes múltiplos y submúltiplos de los que se indican algunos de los más usuales.

La relación de la tonelada fuerza con la unidad derivada de fuerza del SI es la siguiente:  $1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 9,8 \text{ kN}$ ; inversamente,  $1 \text{ kN} = 0,102 \text{ t}$ . En cuanto a las unidades de presión, la relación es  $1 \text{ MPa} = 10,2 \text{ kp/cm}^2$ ; inversamente  $1 \text{ kp/cm}^2 = 0,098 \text{ MPa}$ , siendo el kilopondio (kp) o kilogramo fuerza la milésima parte de la tonelada fuerza.

#### **1.5. NOTACIONES**

Las notaciones, abreviaturas y símbolos convencionales fundamentales empleados en estas Recomendaciones y sus unidades están recogidos en la tabla 1.2.

TABLA 1.1. MAGNITUDES Y UNIDADES DEL SISTEMA INTERNACIONAL		
MAGNITUDES	UNIDADES	MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS
Longitud	Metro (m)	Kilómetro (km) (1 km = 10 <sup>3</sup> m) Centímetro (cm) (1 cm = 10 <sup>-2</sup> m) Milímetro (mm) (1 mm = 10 <sup>-3</sup> m)
Masa	Kilogramo (kg)	Gramo (g) (1 g = 10 <sup>-3</sup> kg) Tonelada (t) (1 t = 10 <sup>3</sup> kg)
Tiempo	Segundo (s)	Hora (h) (1 h = 3600 s)
Temperatura	Grado Kelvin (°K)	
Fuerza	Newton (N) (1 N = 1 kg.m/s <sup>2</sup> )	Kilonewton (kN) (1 kN = 10 <sup>3</sup> N)
Presión	Pascal (Pa) (1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> )	Megapascal (MPa) (1 MPa = 10 <sup>6</sup> Pa)
Tensión	Pascal (Pa) (1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> )	Megapascal (MPa) (1 MPa = 10 <sup>6</sup> Pa)
Energía	Joule (J) (1 J = 1 N.m)	Kilojoule (kJ) (1 kJ = 10 <sup>3</sup> J)
Potencia	Watt (W) (1 W = 1 J/s)	Kilowatt (kW) (1 kW = 10 <sup>3</sup> W)

TABLA 1.2. NOTACIONES, ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS CONVENCIONALES FUNDAMENTALES UTILIZADOS EN ESTAS RECOMENDACIONES		
I. MAYÚSCULAS LATINAS		
SÍMBOLO	DEFINICIÓN	UNIDAD
A	Designación de categoría de tráfico pesado.	—
B	Designación de categoría de tráfico medio alto.	—
C	Designación de categoría de tráfico medio bajo.	—
D	Designación de categoría de tráfico ligero.	—
E	Módulo de elasticidad o de Young.	MPa
E0	Designación de categoría de explanada deficiente.	—
E1	Designación de categoría de explanada aceptable.	—
E2	Designación de categoría de explanada buena.	—
E3	Designación de categoría de explanada muy buena.	—
E <sub>1</sub>	Módulo de compresibilidad obtenido en el segundo ciclo de ensayo de carga con placa.	MPa
E <sub>2</sub>	Módulo de compresibilidad obtenido en el segundo ciclo de ensayo de carga con placa.	MPa
H <sub>a</sub>	Altura máxima de almacenamiento o estacionamiento.	m

TABLA 1.2. (Continuación)		
SÍMBOLO	DEFINICIÓN	UNIDAD
$l_{1.1^{**}}$	índice de explotación representativo de la intensidad de uso en zonas de operación de uso comercial.	t/m
$l_{1.2}$	ídem en zonas de almacenamiento de graneles sólidos.	t/m <sup>2</sup>
$l_{1.3}$	ídem en zonas de almacenamiento de mercancía general.	t/m <sup>2</sup>
$l_{1.4}$	ídem en zonas de almacenamiento de contenedores.	TEU/m <sup>2</sup>
$l_{1.5}$	ídem en zonas de estacionamiento de semirremolques.	TEU/m <sup>2</sup>
$l_{1.5'}$	ídem en zonas de estacionamiento de semirremolques. no destinadas en exclusiva a este fin.	t/m <sup>2</sup>
$l_{2.1}$	ídem en zonas de operación de uso industrial.	t/m <sup>2</sup>
$l_{2.2}$	ídem en zonas de almacenamiento de uso industrial.	t/m <sup>2</sup>
$l_{3.1}$	ídem en zonas de operación de uso militar.	t/m <sup>2</sup>
$l_{3.2}$	ídem en zonas de almacenamiento de uso militar.	t/m <sup>2</sup>
$l_{4.1}$	ídem en zonas de operación de uso pesquero.	t/m <sup>2</sup>
$l_{4.2}$	ídem en zonas de clasificación, preparación y venta de uso pesquero.	t/m <sup>2</sup>
$l_5$	ídem en zonas de operación o varada de uso deportivo.	*
IP	índice de plasticidad.	%
K	Módulo de reacción o de balasto.	MPa/m
LL	Límite líquido.	%
Q	Carga.	kN
$Q_v$	Carga de cálculo vertical.	kN
$Q_{v1}$	Carga de cálculo vertical por área elemental.	kN/m <sup>2</sup>
II. MINÚSCULAS LATINAS		
SÍMBOLO	DEFINICIÓN	UNIDAD
a	Radio de huella de carga circular.	m
h	Espesor de capa de firme.	m
k	Coefficiente de proporcionalidad.	*
l	Radio de rigidez relativa de losa de hormigón.	m
$p_v$	Presión vertical de cálculo.	MPa

TABLA 1.2. (Continuación)		
III. GRIEGAS		
SÍMBOLO	DEFINICIÓN	UNIDAD
$\gamma$	Peso específico de un material o mercancía estacionado o almacenado en las condiciones ambientales más desfavorables.	kN/m <sup>3</sup>
$\nu$	Coefficiente de Poisson.	*
$\sigma_{\text{máx}}$	Tensión máxima de tracción en una capa de firme.	MPa
$\emptyset$	Ángulo de rozamiento interno de un granel sólido.	*
IV. ABREVIATURAS		
ABREVIATURA	SIGNIFICADO	
BC	Relleno de buena calidad consolidado.	
BNC	Relleno de buena calidad no consolidado.	
BPA	<i>British Ports Association.</i>	
BPF	<i>British Ports Federation.</i>	
CBR	<i>California Bearing Ratio</i> (índice de capacidad de soporte).	
IP	índice de plasticidad.	
LL	Límite líquido.	
MC	Relleno de mala calidad consolidado.	
MNC	Relleno de mala calidad no consolidado.	
RC	Relleno de regular calidad consolidado.	
RNC	Relleno de regular calidad no consolidado.	
ROM	Recomendaciones para obras marítimas.	
TEU	<i>Transport Equivalent Unit.</i>	
UNCTAD	<i>United Nations Conference for Trade and Development.</i>	
<p>LEYENDA:</p> <p>* : Magnitud adimensional</p> <p>** : El significado de los subíndices correspondientes a los Indices de Explotación es el siguiente:</p> <p>— El primer subíndice indica Usos. Así 1 significa Uso Comercial; 2 Uso Industrial; 3 Uso Militar; 4 Uso Pesquero y 5 Uso Deportivo.</p> <p>— El segundo subíndice indica zona. Así 1 significa zona de operación; 2, 3 y 4 zonas de almacenamiento; y 5 zonas de estacionamiento.</p>		

## 1.6. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- [1] BRITISH PORTS ASSOCIATION (1988): "The structural design of heavy duty pavements for ports and other industries".
- [2] DEL MORAL, R.; BERENGUER, J. M<sup>a</sup> (1980): "Obras Marítimas", Curso de ingeniería de puertos y costas, tomo II, Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costas.
- [3] DÍEZ, J.J. (1975): "Pavimentos industriales de hormigón". Monografía n<sup>o</sup> 8 de la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España.
- [4] DIRECCIÓN GENERAL DE PUERTOS Y COSTAS (1990): "Recomendaciones para obras marítimas ROM 0.2-90. Acciones en el proyecto de obras marítimas y portuarias".
- [5] FERNÁNDEZ, M.; LUCEA, I. (1984): "Hormigones armados con fibras de acero. Ejemplos recientes de aplicación". II Jornadas sobre Pavimentos de Hormigón.
- [6] HENDRIKX, L. (1990): "Concrete pavements on industrial and ports areas. The Belgian experience". Sexto Simposio Internacional sobre Carreteras de Hormigón. Madrid, 1990.
- [7] HOLDE, J.; Mc COOMB, L.A. (1984): "Design, construction and performance of test pavements at the port of Montreal". Second International Conference on Concrete Block Paving". Delft. Vol. 1, pág. 21-28.
- [8] INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES (1989): "Manual de pavimentos de adoquines de hormigón".
- [9] KNAPTON, J. (1982): "An introduction port pavement design manual". Port Engineering. Cargo Systems.
- [10] KNAPTON, J. (1984): "Concrete block pavement design in the U.K.". Second International Conference on Concrete Block Paving. Delft. Vol. 1, pág. 129-138.
- [11] KNAPTON, J.; BARBER, S.D. (1980): "Terminal surfacing-higher loads to support". Port Engineering. Cargo Systems.
- [12] KNAPTON, J.; BARBER, S.D. (1979, 1980): "Port pavement loading". The Dock and Harbour Authority. Vol. 59, n<sup>o</sup> 701, pág. 379-386 y Vol. 60, n<sup>o</sup> 712, pág. 362-367.
- [13] KNAPTON, J.; BARBER, S.D. (1982): "U.K. research into concrete block pavement design". Concrete Works International.
- [14] KNOWLES, R.B. (1992): "Performance of a trial heavy duty interlocking concrete block pavements at the port of Lyttleton". Fourth International Conference of Concrete Block Paving. New Zealand. Vol. 2, pág. 231-240.
- [15] KRAEMER, C.; DEL VAL, M.A. (1993): "Firmes y Pavimentos", 320 pág., Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid.
- [16] LACLETA, A. (1980-1981): "Viales, pavimentos y servicios". I Curso Iberoamericano de Planificación, Explotación y Dirección de Puertos".
- [17] MACKAY, H.J. (1984): "Design of paved areas for industrial usage". Second International Conference on Concrete Block Paving. Delft. Vol. 1, pág. 72-79.
- [18] MOPU (1988): "Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras (PG-4)", O.M. de 21 de enero de 1988, BOE de 3 de febrero (está formado por el PG-3 de 1975 más las modificaciones realizadas a partir de 1986 mediante Órdenes Ministeriales y Circulares), Dirección General de Carreteras, Madrid.
- [19] MOPU (1989): "Instrucción 6.1 y 2 IC. Secciones de firme", 200 pág., Área de Tecnología de la Dirección General de Carreteras, Madrid.
- [20] OLDFIELD, D. (1992): "Webb dock container terminal pavements ten years on". Fourth International Conference of Concrete Block Paving. New Zealand. Vol. 2, pág. 209-216.
- [21] PINO, B.E. (1992): "Container pavements in Indonesia using cement treated base and concrete block pavement". Fourth International Conference of Concrete Block Paving. New Zealand. Vol. 2, pág. 241-252.
- [22] SOLER, R. (1979): "índices portuarios españoles". Revista de Obras Públicas.
- [23] SOLER, R. et al. (1980): "índices portuarios españoles". Revista de Obras Públicas.

- [24] UNCTAD (1989, 1990): "Container Terminal Pavement Management". Monografía nº5 sobre Gestión de Puertos y suplemento a la Monografía nº5. Naciones Unidas. Nueva York.
- [25] VANDEWALLE, M. (1990): "The use of steel fibre reinforced concrete in heavy duty port pavements". Sexto Simposio Internacional sobre Carreteras de Hormigón. Madrid, 1990.
- [26] VARIOS AUTORES (1985): Curso sobre rellenos y pavimentos portuarios. Puerto Autonomo de Valencia.
- [27] VARIOS AUTORES (1988): Curso sobre geotecnia aplicada a las obras portuarias. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
- [28] VIGUERAS, M. (1977): "El puerto y sus actividades". Curso de Explotación y Dirección de Puertos, tomo I, ETSICCP de Madrid.

