

NSCT INVESTMENTS, S.L.

PROYECTO CONSTRUCTIVO AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

Diciembre 2025

OCEAN
INFRASTRUCTURES
MANAGEMENT

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

CONTENIDO DEL PROYECTO

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS

DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

DOCUMENTO Nº 3: PRESUPUESTO

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



DOCUMENTO Nº 1

MEMORIA Y ANEJOS

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

NSCT INVESTMENTS, S.L.

AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

MEMORIA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN, OBJETO Y ALCANCE	6
1.1	ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS.....	6
1.2	OBJETO DEL PROYECTO.....	6
1.3	ALCANCE DEL PROYETO.....	6
2	EMPLAZAMIENTO Y ESTADO ACTUAL	7
3	CONDICIONANTES	8
3.1	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	8
4	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	9
4.1	DEMOLICIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRAS	9
4.2	FIRMES Y PAVIMENTOS	9
4.3	REDES DE INSTALACIONES.....	11
5	SEGURIDAD Y SALUD.....	12
6	CONTROL DE CALIDAD.....	12
7	PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS.....	13
8	DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO	14
9	PRESUPUESTO	15

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: <https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

OCEAN
INFRASTRUCTURES
MANAGEMENT

5

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN, OBJETO Y ALCANCE

1.1 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

En diciembre de 2020 el Consejo de la APS acordó el otorgamiento de la concesión a la sociedad NSCT Investments S.L. para la construcción y explotación de una terminal pública marítima de contenedores en el Puerto de Santander. Este otorgamiento se concedió en base a un proyecto básico que contemplaba la construcción de la terminal en dos fases con una superficie total de 67.300m²

En virtud de lo anterior en marzo de 2022 dieron comienzo las actuaciones de la Fase 1 incluidas en el Proyecto de “Nueva Terminal de contenedores en el Espigón Norte de Raos del Puerto de Santander” finalizando las mismas en junio de 2023.

Posteriormente, como consecuencia de las necesidades de la terminal, en febrero de 2024 se pone en marcha la ejecución de la primera ampliación de la Terminal, denominada Fase 2, dotando a la terminal con 16.000m² más de superficie útil para la operativa dentro de la superficie concesionada.

Dadas las demandas crecientes de la terminal de contenedores, NSCT puso en marcha una 3ª ampliación (Fase 3) con una superficie de 10.422 m² cuyas obras dieron comienzo en julio de 2025.

A pesar de las ampliaciones de la terminal ejecutadas, se sigue observando la necesidad de mayor superficie operativa para el acopio de contenedores, por ello se redacta el presente proyecto básico de ampliación Fase 4 de la Terminal de Contenedores, a fin de optar a la ampliación de la superficie de la concesión, que, tras las obras de adecuación, definidas en el presente proyecto, se incorporaría en la superficie útil de la terminal.

1.2 OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto constructivo tiene por objeto definir las actuaciones que se llevaran a cabo, en la superficie objeto de concesión, a fin de dotarla de las características técnicas necesarias para su uso como superficie operativa de una terminal de Contenedores.

1.3 ALCANCE DEL PROYECTO

A continuación, se describen las actuaciones incluidas en el contenido del presente Proyecto:

- Actuaciones previas y demoliciones con carácter general en el área de concesión. Se contempla el escarificado del pavimento existente en la zona del vial existente dentro de la parcela objeto de estudio, así como la retirada de los distintos elementos y servicios existentes a anular.
- Movimiento de tierras para la adecuación de la rasante existente a la proyectada, contemplando la sustitución de materiales inadecuados (arcillas y zahorras) por una capa base de pedraplén.
- Ejecución de explanada de suelo cemento dotando al firme de una base de apoyo con una capacidad de soporte mínima Ev2=300 Mpa



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

MEMORIA

- Ejecución del nuevo pavimento de HMF-40 de e=35cm.
- Ejecución de las redes de instalaciones de PCI, drenaje, iluminación y CCTV.

2 EMPLAZAMIENTO Y ESTADO ACTUAL

El Puerto de Santander, situado sobre la bahía homónima, es un puerto natural sin obras de abrigo situado en el mar Cantábrico, sobre los términos municipales de Santander, Camargo y Marina de Cudeyo. Su actividad portuaria ha estado tradicionalmente ligada al entorno urbano de la ciudad de Santander. No obstante, desde mediados del pasado siglo XX, con el objetivo de aumentar su capacidad y competitividad, el núcleo del Puerto fue desplazándose hacia la zona de marismas de la ría de Raos, situándose en la actualidad el grueso de la infraestructura portuaria terrestre del Puerto en esta zona.

La ampliación de la terminal de contenedores definida en este documento se localiza sobre el actual Espigón de Raos Norte.



Figura 2.1 Localización y detalle de Puerto de Santander.

El muelle nº 3 del Espigón Norte de Raos cuenta con una línea de atraque de 569 metros, de los cuales, 472 metros corresponderían actualmente con la zona de maniobra y tránsito de la terminal de contenedores en funcionamiento. A su vez, este muelle cuenta con un calado de 13 metros, siendo su morfología estructural basada en cajones de hormigón de 12,50 metros de ancho.

En cuanto a la superficie en tierra, la terminal cuenta actualmente con una extensión de 66.891 m², de los cuales se hace distinción de una parcela independiente de menor tamaño (7.135 m²) que no se encuentra dentro de la parcela principal de la terminal. La Fase 4, objeto del presente documento, tendría por objeto la incorporación de una superficie de 10.900 m² a la superficie actual.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

MEMORIA

En lo que respecta a las actuaciones contempladas en el presente documento, las mismas se engloban dentro de la concesión en la referida como Fase 4 con una superficie total de 10.900 m²



Figura 2.4 Ubicación Fase 4 de actuación.

3 CONDICIONANTES

3.1 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Con el fin de conocer la geología y geotecnia del terreno donde se asienta la ampliación de la terminal, se parte de las diferentes campañas de reconocimiento geotécnico que se realizaron para la Fase 1 y 2, que aportan la información necesaria de la zona para la definición de las actuaciones a realizar:

- CAMPAÑA GEOTÉCNIA PARA TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL PUERTO DE RAOS DE SANTANDER (CANTABRIA). ZONA DE MUELLE. Elaborado por ICINSA, S.A. en mayo de 2021, para la caracterización geotécnica del terreno de la zona de muelle.
- CAMPAÑA GEOTÉCNICA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO EN LA FUTURA TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER (CANTABRIA). Elaborado por GTK LABORATORIO GEOTÉCNICO SL, en junio de 2021, con el objetivo de analizar los materiales de la explanada existente, a través de una campaña de calicatas, placas de carga y ensayos de caracterización.
- CAMPAÑA DE CATAS EN LA ZONA DE ACTUACIÓN en mayo 2024.

A partir de las conclusiones procedentes de la caracterización geotécnica efectuada en estas campañas y, atendiendo a los primeros estratos superficiales que afectarán a la calidad de la explanada existente, se han identificado las siguientes unidades claramente diferenciadas: capa



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

MEMORIA

de asfalto superficial y bases de zahorras artificiales, material de aportación en coronación de explanada y rellenos procedentes de material de la Bahía con naturaleza arenosa y con la profundidad presencia de material arcilloso.

4 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Atendiendo a la descripción efectuada de la Terminal de Contenedores propuesta sobre la parcela objeto de estudio, se describen en el presente apartado aquellas obras incluidas en el alcance de este proyecto.

4.1 DEMOLICIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRAS

La introducción de un nuevo uso sobre el muelle y su explanada, tan exigente como una terminal de contenedores, en lo que a la solución de firme se refiere, ha implicado la revisión y análisis del estado actual del firme en la parcela objeto de concesión.

Así, como parte de las obras que componen el presente proyecto constructivo, se contempla el escarificado del pavimento asfáltico existente, seguido de unos trabajos de movimiento de tierras para preparar la cimentación del firme posteriormente ejecutado y nivelar el terreno hasta las cotas requeridas por la operativa y el sistema de recogida de pluviales finalmente implantado. Además, de forma previa, se procederá a la retirada de las instalaciones y equipos existentes en la superficie a construir (arquetas y torres de alumbrado), poniéndose a disposición de la Autoridad Portuaria de Santander.

Dado que en la zona objeto de actuación se han evidenciado capas someras de arcillas que podrían afectar a la capacidad portante de la explanada, se ha contemplado la sustitución de las mismas, en una profundidad de 50cm, por pedraplén.

Finalmente se realizará una vez realizado el movimiento de tierras y ejecutado el pedraplén, ajustándose a la rasante proyectada se realizará un compactado de todo el fondo de explanada garantizando que la misma dispone de capacidad de soporte mínima de E_{v2} > 80 MPa.

Sobre el pedraplén ejecutado en el fondo de explanada y partiendo de una capacidad de soporte mínima de 80 Mpa, se plantea la ejecución de un suelo estabilizado con cemento con las zahorras y el fresado procedente de la propia zona de actuación, con el objetivo de alcanzar una base de apoyo de pavimento de E_{v2} > 300 MPa tras la realización del suelo cemento.

4.2 FIRMES Y PAVIMENTOS

De forma complementaria a las actuaciones referidas en el apartado anterior, se prevé la ejecución de un nuevo firme y pavimento sobre las zonas afectadas. Sobre los siguientes apartados se definirán las soluciones adoptadas, primeramente, para las capas inferiores del firme y, finalmente, para el pavimento. Igualmente, todo ello vendrá detallado sobre el Anejo II: Firmes y pavimentos.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

MEMORIA

4.2.1 Capas inferiores del firme

Ante los requerimientos morfológicos y estructurales dictados por la normativa de referencia ROM 4.1-18 para las capas inferiores del firme y los materiales de explanada, junto con la necesidad de demoler y retirar gran cantidad de materiales existentes para la construcción de la nueva rasante, se ha optado finalmente por una solución que logre aprovechar los materiales de la explanada, basada en la estabilización de suelos mediante la adición conglomerantes.

- Para la capa de apoyo del pavimento, se ejecutará una BASE DE SUELOCIMIENTO de 30 cm de espesor, ejecutada in situ, mediante el uso del material procedente del fresado del firme existente previamente escarificado y la zorra del propio terreno (relación 30/60). Dada la calidad del material disponible y para tener un mayor grado de seguridad a la hora de alcanzar la capacidad de soporte exigida, se constituirá dicha capa de base por un suelocimiento según el artículo 513 del PG-3 (resistencia a compresión a 7 días superior a 2,5 MPa), ejecutado in situ mediante técnicas de estabilización. Con esta actuación, se logrará una rigidez en el apoyo del pavimento de $E_{V2} > 300$ MPa (ROM 4.1-18).

Desde un punto de vista medioambiental, constructivo y económico, se alcanza una importante optimización en las tareas de adecuación de la explanada, al minimizarse el material retirado a vertedero y no requiriendo material de aportación, ya que se aprovecha la calidad del que ya se encuentra en la explanada. Todo ello garantizando en un mayor grado los condicionantes estructurales demandadas a estas capas de apoyo del pavimento.

4.2.2 Pavimentos

Atendiendo a las diferentes necesidades operativas de la terminal se ha propuesto la implementación de diferentes soluciones para los firmes:

- Sobre el área operativa de la terminal se contempla la ejecución de un PAVIMENTO DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO.

El pavimento finalmente propuesto dentro de la terminal estará compuesto por una losa de hormigón armado con fibras de acero con espesor de 35cm, tal y como se define a continuación:

SECCIÓN TIPO	
Espesor de la losa	35 cm
Distancia entre juntas	5,0 x 5,0 m
Tipo de hormigón	HMF-40/A-3,13-3,67/P/20-60/IIIa+E
Tipo de fibra	4D 80/60BG de Dramix®
Dosificación de fibra	30 kg/m ³

Tabla 4.1 Sección tipo de pavimento de hormigón reforzado con fibra de acero para cada uso de la terminal.

Los criterios y procedimientos de dimensionamiento del pavimento (el cual se ha llevado a cabo a partir de un cálculo específico) se detallan sobre el *Anejo II: Firmes y pavimentos* del proyecto.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

MEMORIA

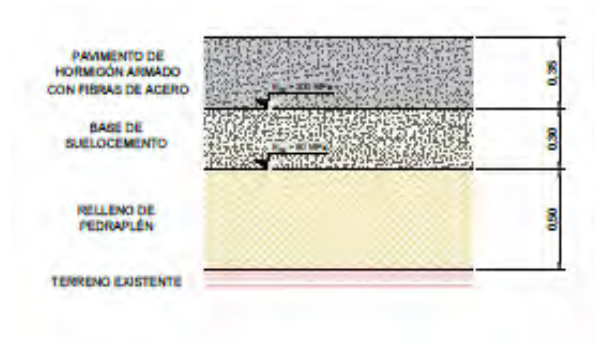


Figura 4.1 Propuesta de firmes de pavimento de hormigón armado con fibras metálicas para la nueva terminal de contenedores.

Finalmente, con carácter específico atendiendo al pavimento de hormigón con fibras, se remarca que, de forma previa y con antelación suficiente para su revisión y aprobación por la Dirección Facultativa, la empresa contratista deberá presentar un plan de trabajo y hormigonado en el que se detallen los medios materiales y humanos concretos a utilizar, los plazos de extendido de la losa, definición y colocación de las juntas necesarias, tiempos de curado en previsión de las condiciones climatológicas y, en definitiva, todas aquellas operaciones que tengan relación con la propia ejecución de la losa de hormigón.

4.3 REDES DE INSTALACIONES

4.3.1 Instalaciones eléctricas y alumbrado

En la zona de actuación se contempla la adecuación de la Instalación lumínica de la zona, disponiendo de nuevos proyectores sobre la torre de iluminación existente, que se verá desplazada a una nueva ubicación, y de una nueva torre de iluminación. Se sustituirá la actual alimentación de la torre existente, gestionada por la APS, por una nueva red de alimentación gestionada por Boluda.

Así mismo, se ha contemplado la ampliación de instalaciones para la conexión de reefers mediante la colocación y alimentación de nuevas torres reefer de alimentación en la Fase 2.

4.3.2 Instalaciones de protección contra incendios

La red PCI a ejecutar se compone de las siguientes actuaciones:

- Red de distribución general HDPE 100 PN16 DN200mm unida a la red existente.
- Nueva llave de corte de independización entre Red existente y nueva red proyectada.
- Disposición de 3 nuevo hidrante alimentado por tubería de HDPE 100 PN16 DN100mm y dispuestos en nuevas arquetas de servicios de 50x50cm con tapas de clase resistente E-600.

4.3.3 Instalaciones de recogida de pluviales

El sistema de drenaje, para recoger y evacuar el agua de lluvia del área objeto de estudio, está formado por una red de sumideros longitudinales situados en los puntos bajos de la nueva



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

MEMORIA

rasante. Estos sumideros longitudinales, ofrecen una sección compuesta por una tubería de PVC de 315 mm adecuada a los caudales a desaguar, embebida en hormigón (de tal forma que la tubería hace de encofrado perdido). Sobre dicha sección, se practicarán taladros de 7,2 cm de diámetro cada 40 cm, en la dirección de dicho canal de drenaje. A su vez, estos colectores presentarán pendientes del 0.5%, formando la pendiente en el propio tubo dentro del dado de hormigón, conectándose finalmente con los colectores que materializarán la mencionada evacuación de pluviales.

4.3.4 Instalaciones de CCTV

Dado que la ampliación proyectada supondría un cambio en la alineación del cerramiento exterior de la terminal, se ha proyectado desplazar 1 de las cámaras, actualmente presentes en el borde exterior de la terminal, a una nueva ubicación, adecuándose al nuevo perímetro, así como incorporar 2 nuevas cámaras fijas y 2 nuevas cámaras domo. Para ello se ejecutará la red de canalizaciones necesarias adecuándose a las necesidades de la instalación.

5 SEGURIDAD Y SALUD

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre establece, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a las obras de construcción.

En su artículo 4, se señala la obligatoriedad de la elaboración del mismo en los Proyectos de obras en que se dé alguno de los supuestos siguientes:

- a) "Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759,08 €.
- b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) Que el volumen de mano de obra estimado, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en obra, sea superior a 500.
- d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas".

Para el presente Proyecto, son de aplicación los puntos a), b) y c).

En este sentido, el presente proyecto básico no incorpora anejo de SyS, el cual se incorporará en el proyecto constructivo en su caso.

6 CONTROL DE CALIDAD

La valoración económica de las actividades de control de calidad de la obra se ha incorporado al Presupuesto del proyecto constructivo como una partida alzada que supone el 1,00% del Presupuesto de Ejecución Material del Proyecto, cubriendo de forma holgada todos aquellos ensayos y controles de calidad requeridos para las actuaciones proyectadas. El detalle de aquellos ensayos necesarios será objeto concreción en la elaboración del plan de control de



NSCT INVESTMENTS, S.L.

AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

MEMORIA

calidad realizado por la constructora que resultase adjudicataria de ejecución del presente proyecto.

7 PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS

Dadas las actuaciones proyectadas y teniendo en cuenta los rendimientos para la ejecución de cada una de las distintas unidades de obra se ha desarrollado un plan de obra, incluido en el anejo *V Programación de las obras*, que resulta en un plazo total de 4,5 meses para la ejecución de los trabajos proyectados.

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE
DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

MEMORIA

8 DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

- DOCUMENTO Nº 1.- MEMORIA
 - Memoria descriptiva
 - Anejo I: Servicios afectados
 - Anejo II: Firmes y pavimentos
 - Anejo III: Redes e instalaciones
 - Anejo IV: Geología y Geotecnia
 - Anejo V: Programación de obra
- DOCUMENTO Nº 2.- PLANOS
 - Planos generales
 - Planos de firmes y pavimentos
 - Planos de redes de instalaciones
- DOCUMENTO Nº 3.- PRESUPUESTO
 - Presupuesto de Fase IV

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



NSCT INVESTMENTS, S.L.

AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

MEMORIA

9 PRESUPUESTO

Table with 3 columns: CAPÍTULO, IMPORTE, and %. Rows include categories like DEMOLICIONES Y MOVIMIENTOS DE TIERRAS, FIRMES Y PAVIMENTOS, REDES DE INSTALACIONES, etc., and sub-totals for PEM and PEC.

En Santander, 12 de diciembre de 2025

INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO

Handwritten signature in blue ink.

Fdo: David Gómez Fernández
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Nº de colegiado: 36890



INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: https://run.gov.es/hsbIF8yLcR

ANEJOS I

SERVICIOS AFECTADOS

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



NSCT INVESTMENTS, S.L.

**AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE
DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER**

ANEJO I: SERVICIOS AFECTADOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETO.....	3
2	SERVICIOS AFECTADOS	4
2.1	RED DE DRENAJE SUPERFICIAL Y SANEAMIENTO	4
2.2	RED DE ALUMBRADO PÚBLICO	4

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: <https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN
NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO I: SERVICIOS AFECTADOS

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

En el presente Anejo se describen los servicios e instalaciones afectados por la construcción la fase 4 de la terminal de contenedores en el puerto de Santander, tanto en el ámbito de la concesión del proyecto como en el entorno próximo.

De esta manera, el objetivo del presente Anejo será identificar y describir los servicios e instalaciones a reponer como consecuencia de la ejecución de las obras que comprenden este Proyecto, así como la introducción de las actuaciones previstas para resolver estas afecciones, siendo estas realizadas en consonancia con la ejecución de instalaciones propias de la terminal, tal y como se especifica en detalle sobre el *Anejo III: Redes de instalaciones* del presente Proyecto Constructivo.

A continuación, se describe el conjunto de servicios existentes sobre la parcela objeto de estudio y que, por tanto, estarán expuestos a afecciones tal y como se describirá en los apartados posteriores.

- Red de drenaje superficial y saneamiento.
- Red de alumbrado público.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO I: SERVICIOS AFECTADOS

2 SERVICIOS AFECTADOS

2.1 RED DE DRENAJE SUPERFICIAL Y SANEAMIENTO

En la actualidad el Espigón Norte de Raos y, en concreto, la zona objeto de concesión contiene la red de drenaje superficial general construida en 1989 junto con la obra del Espigón. Esta red será de tipo ramificada en función de la disposición de las parcelas originales para el almacenamiento de mercancías y que aún hoy en día se conservan.

Esta red se compone principalmente de una serie de sumideros puntuales distribuidos sobre los laterales de los viales, siendo la distancia media entre los sumideros de unos 20 m. Estos sumideros se conectan unos con otro mediante ramas de colectores, tendiendo a agruparse entre ellos a partir de la disposición de pozos de registro, terminando con el colector principal, de vertido directo al mar.

En cuanto a los tamaños de los diferentes colectores, aquellos de nivel secundario alcanzan los 20 cm, aumentando este valor a medida que se agrupan los caudales hasta alcanzar los 60 - 70 cm dispuestos en los colectores principales.

• Afecciones a servicios existentes

El presente Proyecto plantea la ejecución de una nueva red de recogida de aguas pluviales sobre las áreas concesionadas, de tal forma que esta vierta sobre los colectores principales de la red existente.

De esta manera, se contempla el corte y demolición de la red de drenaje existente estrictamente situada sobre la parcela objeto de concesión, buscándose en todo momento conservar las superficies de cuencas afectadas por cada colector de desagüe, de tal forma que no se produzcan saturaciones en el sistema. A su vez, al conservar los elementos de recogida y desagüe y mantener las cuencas ubicados fuera de la concesión, se permite el pleno funcionamiento del sistema de recogida de pluviales sobre el resto del Espigón, de tal manera que, no existirían afecciones a la actual red de drenaje del Espigón (teniendo en cuenta que en el área de concesión ya se implantaría una red de nueva construcción).

Así mismo, se contempla el recrecido de aquellos pozos que componen la red principal de desagüe del puerto, ajustando su cota a la nueva rasante.

2.2 RED DE ALUMBRADO PÚBLICO

En la actualidad, el Espigón Norte de Raos dispone de luminarias distribuidas en todo el espacio, con una distancia media entre ellas de aproximadamente 100 metros.

• Afecciones a servicios existentes

El presente Proyecto contempla la sustitución de los focos de iluminación instalados en el báculo existente, disponiendo nuevos focos de iluminación gestionados por Boluda de acuerdo al cálculo luminotécnico. Dado que la ubicación del báculo existente es adecuada se mantendrá el mismo. En cuanto a la red de alimentación de dichos báculos y focos, se desconectará la alimentación gestionada por la APS, manteniendo



NSCT INVESTMENTS, S.L.

AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO I: SERVICIOS AFECTADOS

únicamente alimentación eléctrica por parte de Boluda, la cual será objeto de nueva ejecución

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: <https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

ANEJO II

FIRMES Y PAVIMENTOS

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

NSCT INVESTMENTS, S.L.

AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETO.....	3
2	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	4
2.1	INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	4
2.2	CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE LA EXPLANADA.....	6
3	ZONIFICACIÓN DE ACTUACIONES EN FUNCIÓN DEL USO	9
4	CARACTERIZACIÓN DE LAS CARGAS	11
4.1	DEFINICIÓN DE LAS CARGAS (ROM 2.0-11).....	11
4.2	CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS (ROM 4.1-18).....	17
5	CARACTERIZACIÓN DE LA EXPLANADA	19
6	DEFINICIÓN DEL FIRME	22
6.1	DISEÑO DE LAS CAPAS INFERIORES DEL FIRME	22
6.2	DIMENSIONAMIENTO DEL PAVIMENTO SEGÚN LA ROM 4.1-18	24
6.3	DIMENSIONAMIENTO DEL PAVIMENTO SEGÚN ANÁLISIS ESPECÍFICO	27
7	JUNTAS SOBRE EL PAVIMENTO	30
7.1	GENERALIDADES	30
7.2	ESPECIFICACIONES DE LAS JUNTAS POR LA ROM 4.1-18	30
7.3	DIMENSIONAMIENTO DE JUNTAS	31

APÉNDICE 1: CÁLCULO ANALÍTICO DE LOS PAVIMENTOS PORTUARIOS DE LA NUEVA TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente documento tiene como objetivo definir la solución de firme y pavimento para la ampliación fase 4 de la terminal de contenedores situada en el Espigón de Raos Norte, previéndose la capacidad suficiente del pavimento para soportar las sollicitaciones provocadas en los procesos de manipulación y almacenamiento de las mercancías, así como el tránsito de maquinaria pesada y otros usos.

A su vez, resulta importante que, desde el punto de vista del Proyecto, se ha dado prioridad a maximizar el aprovechamiento de la explanada existente y los materiales de esta. Así, a pesar de que las necesidades operativas requerían de la demolición total del pavimento actual, se ha diseñado una solución para las capas inferiores del firme y su cimentación que permite el reciclado y tratamiento del material existente, minimizándose las necesidades de material a aportar a la obra y la retirada a vertedero con las ventajas medioambientales que implica.

Con todo, el presente documento tiene como objetivo la descripción de las soluciones propuestas, así como la justificación de estas desde un punto de vista constructivo, funcional y técnico. Para ello, se ha tomado como punto de partido y criterios de diseño los condicionantes y procedimientos previstos en las normativas de referencia: principalmente el documento ROM dedicado a los pavimentos portuarios ROM 4.1-18 y, de forma adicional, el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (en adelante PG-3) y la Norma 6.1 IC: Secciones de Firmes (en adelante, Norma 6.1-IC).

A su vez, como introducción, se destaca que la solución principal de pavimento finalmente propuesta se ha obtenido a través de un cálculo específico (adjunto como Apéndice 1) adecuado a las condiciones de contorno propias del Proyecto, cálculo que fue realizado para el proyecto Fase 1 de la Terminal de Contenedores, y que será de aplicación en la presente ampliación dado que las características de partida y las buscadas son las mismas, propiciando así una mayor optimización de la geometría y los materiales del firme respecto a la solución propuesta por la normativa de referencia ROM 4.1-18 en su catálogo de firmes.

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: https://run.gob.es/hsbIF8yLcR



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

seleccionado" (según especifica el proyecto) de 50 cm de espesor sobre la coronación de la explanada, seguido de una subbase de zahorra artificial de 25 cm, una capa de base de zahorra artificial de 25 cm y un pavimento de tipo asfáltico, compuesto por las siguientes capas y riegos:

- 6 cm de mezcla bituminosa discontinua en caliente G-20 (la actual AC22 base G)
- 6 cm de mezcla bituminosa discontinua en caliente S-12 (la actual AC16 surf S)
- Riego de imprimación ECL-1 y riego de adherencia ECR-0.

Por otro lado, la sección del firme existente en las zonas de aparcamiento o parcelas de actividad se compone de la misma morfología, optando por una solución menos robusta de acuerdo con las menores cargas supuestas en su diseño. Así, contará con un relleno de "suelo seleccionado" de 25 cm y una sola capa de pavimento compuesta por mezcla bituminosa discontinua en caliente S-12 de 6 cm, junto con un riego de imprimación ECL-1.

En la Figura 2.2 se detalla la composición de los firmes y pavimentos de las distintas zonas sobre el muelle número 3 del Espigón de Raos Norte.

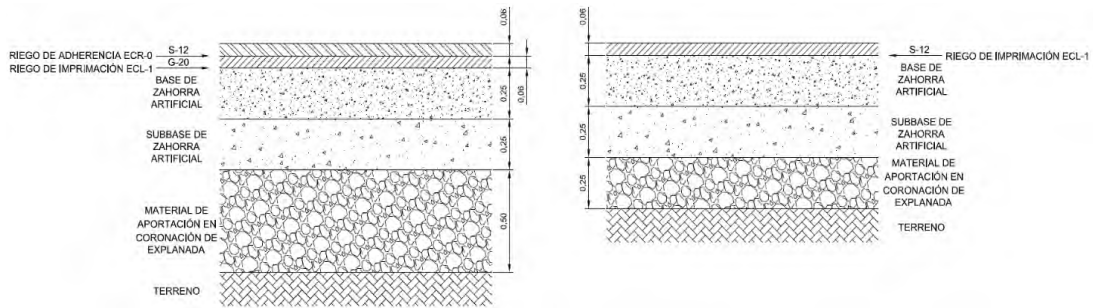


Figura 2.2 Sección tipo de firme existente en explanada de Espigón según proyecto de construcción original (izquierda, zona de viales; derecha, zona aparcamientos).

Cabe mencionar que, a través de las diferentes campañas de reconocimiento geotécnico realizadas en la parcela en concesión (sondeos, calicatas y placas de carga) se han identificado estos mismos materiales especificados por el Proyecto original. No obstante, se han detectado una gran heterogeneidad de secciones.

Así, cabe mencionar la variabilidad de los espesores, la ausencia y/o mezcla del material de aportación en la coronación con el relleno posterior y finalmente, como ya se ha mencionado, la presencia de rellenos de naturaleza arcillosa en algunos puntos. De esta manera, el tratamiento desde el punto de vista de Proyecto está resuelto a través de la caracterización de materiales efectuada sobre el siguiente apartado.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

2.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE LA EXPLANADA

Desde el punto de vista de los materiales de la explanada, destaca la campaña de reconocimiento geotécnico efectuado sobre las capas superficiales del firme existente, compuesta por la ejecución de calicatas mecánicas, ensayos sobre caracterización de materiales y ensayos de placa de carga sobre diferentes puntos de la terminal. En cuanto a las calicatas, se hicieron de una profundidad tal que pudiera permitir obtener información de los diferentes estratos hasta alcanzar los rellenos de dragado previamente mencionados (ver Figura 2.3 de detalle de calicata C-4 y C-1).

A partir de la información suministrada por esta campaña, así como las de otras prospecciones en el contexto de otras campañas en la superficie objeto de estudio en el *Apéndice 1: Secciones de explanada existente* se presentan las secciones del firme y los materiales de la explanada actual de la terminal obtenidas a través de la extrapolación de los datos ofrecidos por las campañas de datos empleadas.

Dichas campañas de reconocimiento han consistido en la ejecución de calicatas, placas de carga y sondeos ejecutados sobre toda la superficie de la terminal en el contexto de diferentes tareas de definición geotécnica y definición de actuaciones.



Figura 2.3 Detalle de calicatas realizadas.

Con toda esta información, se ha realizado una caracterización de los materiales de la explanada desde un punto de vista geotécnico atendiendo a los criterios recogidos en el PG-3, sobre su Artículo 330.3.3 (Clasificación de materiales) y 510.2 y 510.3 (Características de materiales para zahorras):



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

• AGLOMERADO ASFÁLTICO

Toda la superficie del Espigón Norte de Raos empleó una solución de pavimento basada en un aglomerado asfáltico de espesor variable. En la parcela de estudio, se han identificado áreas donde este espesor alcanza valores tipo de entre 5 y 7 cm, correspondientes con las originales áreas de almacenamiento. Por otro lado, también aparecen capas más gruesas de hasta 10 y 15 cm de aglomerado sobre las zonas de viales.

Desde un punto de vista práctico, este material, que presenta zonas de gran deterioro, no será de utilidad en la nueva solución pavimento de la terminal, más allá de su aprovechamiento en las capas inferiores del futuro firme a partir de un potencial proceso de reciclado.

• ZAHORRAS ARTIFICIALES

Como base de la capa de pavimento asfáltico existente se ejecutaron diferentes tongadas de zahorras artificiales. En algunos puntos ha resultado distinguible la presencia de dos capas de zahorra (a modo de base y subbase del firme existente), ofreciéndose tonalidades grises en la capa más superficial y tonos marrones en la más profunda.

En cuanto a su espesor, se destaca su gran heterogeneidad espacial, siendo habitual encontrar potencias de entre 40 y 60 cm, aunque se han identificado zonas donde este espesor alcanza los 95 cm. De naturaleza calcárea, cabe mencionar los resultados procedentes de las placas de carga realizados sobre las capas de zahorra con valores de E_{v2} superiores a 200 MPa. De los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras obtenidas realizados se desprende la correspondencia con zahorras tipo ZA 0/32, aunque existen algunas muestras de tipo ZA 0/20 (artículo 510 del PG-3, Tabla 2.2).

En este punto se destaca el no cumplimiento de las prescripciones definidas en cuanto a granulometría en algunos de los tamices realizados, en concreto los tamices menores. De forma relacionada, se observa en todas las muestras un porcentaje de arcilla del 1,0 – 1,5 %, valores altos para materiales que vienen de cantera, aunque algo lógico si se considera el tiempo que han estado en obra. Además, se han identificado contenidos altos en azufre en una de las muestras, producido posiblemente por alguna contaminación puntual, que impide clasificar dicha muestra como zahorras (Tabla 2.1).

Como se pretende utilizar dicho material para la ejecución de capas inferiores del firme de la terminal, se deberá reducir la proporción de áridos finos en aquellos casos que sea necesario, tarea que podría resultar del tratamiento de reciclado y mezcla con las capas de material asfáltico existente, analizando en obra el cumplimiento de las prescripciones.

	Límites (PG-3)	Referencia material (punto de reconocimiento)									
		8192 (C1)	8193 (C1)	8194 (C2)	8195 (PC3)	8196 (C4)	8197 (C5)	8198 (C6)	8199 (C7)	8200 (C8)	8201 (C9)
Contenido total en azufre	< 0.50 %	0,08	0,10	0,06	0,07	0,12	0,29	1,76	0,15	0,24	0,07
Porcentaje de arcilla (C)	= 100 %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Proporción de partículas redondeadas	= 0 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Índice de lajas (R)	> 35	7	8	9	9	8	8	8	8	9	8
Coeff. Desgaste Los Angeles (LA)	< 30	35	35	35	35	34	37	38	34	34	37
Equivalente de arena (SE)	> 40	50	40	46	45	66	30	84	66	70	43

Tabla 2.1 Resumen de características exigidas a materiales de tipo zahorra según Artículo 510 del PG-3 y resultados procedentes de ensayos en muestras. (*) Valores correspondientes a la categoría de tráfico más restrictiva.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

	Límites en % (PG-3)			Referencia material (punto de reconocimiento)									
	ZA 0/32	ZA 0/20	ZAD 0/20	B192 (C1)	B193 (C1)	B194 (C2)	B195 (PC3)	B196 (C4)	B197 (C5)	B198 (C6)	B199 (C7)	B200 (C8)	B201 (C9)
Cernido tamiz # 40	100	-	-	100,0	98,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Cernido tamiz # 32	88 - 100	100	100	98,2	90,7	100,0	100,0	98,3	95,7	95,3	97,1	97,0	97,2
Cernido tamiz # 20	65 - 90	75 - 100	65 - 100	90,6	73,4	98,1	97,9	85,7	79,6	79,8	80,5	76,6	83,0
Cernido tamiz # 12,5*	52 - 75	60 - 86	47 - 78	76,4	56,5	84,6	85,3	73,0	64,1	60,0	60,7	55,7	68,5
Cernido tamiz # 8	40 - 63	45 - 73	30 - 58	64,6	46,7	69,3	71,9	62,5	53,6	45,3	46,7	41,7	56,6
Cernido tamiz # 4	26 - 45	31 - 54	14 - 37	45,1	32,6	47,8	52,8	30,4	39,4	29,2	31,0	26,6	40,5
Cernido tamiz # 2	15 - 32	20 - 40	0 - 15	30,8	24,6	33,5	39,2	11,6	28,9	18,7	20,6	22,3	28,8
Cernido tamiz # 0,500	7 - 21	9 - 24	0 - 6	16,7	16,6	18,9	26,0	31,5	18,2	0,4	10,3	16,7	17,0
Cernido tamiz # 0,250	4 - 16	5 - 18	0 - 4	11,7	13,0	15,2	18,4	25,1	14,2	7,4	7,9	10,4	12,6
Cernido tamiz # 0,063	0 - 9	0 - 9	0 - 2	7,5	9,5	11,2	11,9	9,5	10,4	5,4	5,6	6,4	6,9
CLASIFICACIÓN PG-3 (Artículo 330)				ZA 0/32	ZA 0/32	ZA 0/20	ZA 0/20	ZA 0/32	ZA 0/32	NO ZAHORRA	ZA 0/32	ZA 0/32	ZA 0/32

Tabla 2.2 Resumen de clasificación de zavorras según Artículo 510 del PG-3 de las muestras analizadas de zavorras.
 (*) Valor obtenido por interpolación lineal entre los tamices #10 y #16.

MATERIAL DE APORTACIÓN EN CORONACIÓN DE EXPLANADA

Como coronación de la explanada original, sobre la que apoyaba la base y el pavimento previamente descritos, se recogía en el proyecto original una capa de “suelo seleccionado”, compuesto por arenas silíceas finas a medias de tono ocre-amarillentas. Esta capa es definida sobre el Proyecto original del Espigón, no obstante, no se ha identificado dicha sección en las calicatas realizadas en el estudio de campo.

Su variabilidad en cuanto a espesores y características es muy dispar espacialmente, siendo a veces difícilmente identificable respecto el relleno arenoso habitual del muelle (cabe señalar que en los sondeos realizados no se hace distinción entre el relleno arenoso y este “suelo seleccionado” que se indicaba en el proyecto original). De forma general, se distinguen unos espesores de entre 30 y 50 cm. Atendiendo a esta indefinición, en el presente Proyecto se agrupará este estrato con el de rellenos arenosos (siguiente punto), dadas sus similares características.

RELLENOS ARENOSOS

Los rellenos arenosos de dragado suponen el principal material empleado sobre el trasdós de los cajones que conforman el Espigón Norte de Raos. Presenta una naturaleza arenosa fina con tonalidades ocre, amarillentas y anaranjadas con restos de conchas y gravas sueltas, procedentes de los trabajos de dragado en la Bahía de Santander en el momento de ejecución del Espigón.

De forma general, este material aparece como relleno uniforme en casi toda la superficie estudiada, no obstante, en algunos puntos situados en la zona noroccidental de la parcela se ha identificado la presencia de material arcillosos en lugar del arenoso, tal y como se analiza en el siguiente punto.

En lo que a la clasificación de material se refiere y, categorizándolo junto con el material de aportación en la coronación de la explanada previamente mencionado, se ha considerado un SUELO TOLERABLE a nivel de proyecto, principalmente lastrado por un contenido en materia orgánica relativamente alto (entre el 1,00 y 1,20 %) y por su granulometría (cernido por tamiz # 2, Tabla 2.3) a pesar de que algunas de sus muestras han sido catalogadas como Suelos Adecuados. De forma adicional, la Clasificación S.U.C.S. establece este suelo como una arena limosa (SM).



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

	Límites (PG-3)	Referencia material (punto de reconocimiento)									
		8202 (C1)	8208 (C2)	8204 (PC3)	8205 (C4)	8206 (C5)	8207 (C6)	8208 (C7)	8209 (C8)	8210 (C9)	
Suelos seleccionados	Contenido materia orgánica	<= 0,2%	0,00%	0,00%	0,14%	0,02%	0,13%	0,20%	0,68%	0,74%	0,96%
	Contenido sales solubles + yeso	<= 0,2%	0,06%	0,06%	0,09%	0,09%	0,08%	0,10%	0,10%	0,10%	0,12%
	Tamaño máximo (D _{max})	<= 100 mm	20 mm	25 mm	25 mm	20 mm	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm	20 mm
	Cerámico tamiz # 0,40	<= 15 %	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Índice C.B.R. 95% *	>= 10	15,36	32,80	17,65	17,99	21,28	18,16	15,29	16,42	21,66
Suelos adecuados	Contenido materia orgánica	<= 1 %	0,00%	0,00%	0,14%	0,02%	0,13%	0,20%	0,68%	0,74%	0,96%
	Contenido sales solubles + yeso	<= 0,2%	0,06%	0,06%	0,09%	0,09%	0,08%	0,10%	0,10%	0,10%	0,12%
	Tamaño máximo (D _{max})	<= 100 mm	20 mm	25 mm	25 mm	20 mm	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm	20 mm
	Cerámico tamiz # 2	<= 80 %	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Índice C.B.R. 95% *	>= 35	15,36	32,80	3,66%	2,80%	4,19%	17,99%	5,36%	9,10%	3,70%
Suelos tolerables	Contenido materia orgánica	<= 2 %	0,00%	0,16%	0,14%	0,02%	0,13%	0,20%	0,68%	0,74%	0,96%
	Contenido yeso	<= 5 %	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
	Contenido sales solubles	<= 0,2 %	0,04%	0,06%	0,07%	0,09%	0,04%	0,09%	0,09%	0,10%	0,09%
	Límite Líquido (LL)	<= 65	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
	Índice de plasticidad (s LL >= 40)	<= 0,73 (LL-20)	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Asiento en ensayo de colapso	<= 10%	0,13%	0,13%	0,11%	0,10%	0,15%	0,16%	0,15%	0,13%	0,08%	
Hinchamiento libre	<= 3%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
Índice C.B.R. 95% *	>= 9	15,36	32,80	17,65	17,99	21,28	18,16	15,29	16,42	21,66	
CLASIFICACIÓN PG-3 (Artículo 330)		SUELO TOLERABLE	SUELO TOLERABLE	SUELO TOLERABLE	SUELO TOLERABLE	SUELO TOLERABLE	SUELO ADECUADO	SUELO ADECUADO	SUELO TOLERABLE	SUELO ADECUADO	

Tabla 2.3 Resumen de clasificación de materiales según Artículo 330 del PG-3 de las muestras analizadas de material de relleno arenoso. (*) Prescripciones complementarias a las de PG-3 para materiales de núcleo de terraplenes y en capas de asiento.

• RELLENOS ARCILLOSOS

Por último, cabe señalar la identificación de material de relleno de naturaleza arcillosa en algunos puntos de la parcela de estudio. Este material es definido como arcillas plásticas de tonos rojizos y grises de tipo facies Keuper, presumiblemente procedentes del dragado efectuado en la Bahía (siendo este material característico de la zona como ya se ha mencionado previamente).

A nivel mecánico, estas arcillas destacan por su alta deformabilidad, reportándose valores del módulo de compresibilidad (E_{v2}) inferiores a 90 MPa e incluso dando rechazo por exceso de asiento detectado. De acuerdo a los ensayos de caracterización efectuados sobre materiales similares en la zona de muelle, este material podría aproximarse a un suelo tolerable; no obstante, ante la falta de información precisa sobre este material, de forma conservadora se ha optado por clasificar dicho estrato como SUELO INADECUADO.

3 ZONIFICACIÓN DE ACTUACIONES EN FUNCIÓN DEL USO

A efectos de su pavimentación, en el presente Proyecto se han contemplado diferentes zonas atendiendo al tipo de explotación previsto en su superficie, realizándose así un diseño del pavimento adecuado a este uso propio que logre la optimización en cuanto al uso de materiales y capacidades requeridas.

En este punto y, siguiendo los criterios de la ROM 4.1-18 con carácter general, las diferentes zonas que se pueden distinguir en un puerto se pueden clasificar atendiendo al uso que se vaya a hacer de las mismas y/o al tipo de actividad al que vayan a ser destinadas.

De esta manera, se pueden distinguir las siguientes cinco zonas:



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

- Uso comercial: Incluye todas las áreas destinadas a efectuar intercambios entre los modos de transporte marítimo y terrestre, manipulación y almacenamiento de mercancías y cuyo fin primordial es el comercio ya sea nacional o internacional.
• Uso militar: Relacionado directamente con buques de uso militar, donde es de destacar la existencia de algunas acciones especialmente agresivas.
• Uso pesquero: Relacionado directamente con la actividad pesquera, incluyendo las zonas de paso de pesca, de abastecimiento y atraque de embarcaciones.
• Uso deportivo: Comprende todas aquellas instalaciones en las que se realizan actividades específicas de deporte y recreo, incluyendo los complejos náutico -residenciales, embarcaderos deportivos, puertos e islas.
• Uso industrial: Aquel que es característico de una industria o zona industrial (refinerías, astilleros, siderurgias).

En el presente caso, se clasifica la superficie de estudio como destinada a USO COMERCIAL, en el que se incluyen todas las actividades portuarias de transferencia entre modos de transporte terrestre y marítimo, y de manipulación y almacenamiento siempre que el principal fin sea el comercio.

Dentro del uso comercial, la ROM 4.1-18 establece un diferente tratamiento entre el tipo de mercancías y las distintas zonas, siendo estas últimas definidas a continuación:

- Zona de operación: destinadas a la transferencia y manipulación de mercancías, materiales o suministros, sin que se produzca acumulación duradera de estos. En ellas se produce el cambio de modo de transporte, traduciéndose en el caso de una terminal de contenedores como la conexión entre la zona de operación del muelle y el subsistema de almacenamiento a través del transporte horizontal. Esta zona quedaría fuera de los límites de la concesión, por lo que cualquier actuación que se lleve a cabo sobre ella, queda fuera de este análisis.
• Zona de almacenamiento: destinadas a la permanencia durante días de mercancías o suministros, permitiendo el acopio de estos. En una terminal de contenedores, son áreas descubiertas, donde se almacenan los contenedores directamente sobre el pavimento o sobre otros contenedores. En el presente caso, las alturas de almacenamiento máximo, de acuerdo con la maquinaria propuesta, se define en 3 alturas. No obstante, debido a posibles modificaciones futuras de la terminal, no es descartable la opción de introducir nuevas alternativas de maquinaria que impliquen hasta 5 alturas de almacenamiento. Debido a esto, se deberá tener en cuenta la importante magnitud de las cargas concentradas.
• Vías de comunicación: dedicadas exclusivamente al tránsito de mercancías, materiales o suministros desde las zonas de operación hasta el almacenamiento y desde estas entre sí y hasta las zonas exteriores del puerto, así como en los procesos inversos. Dada la conexión entre los subsistemas de carga/descarga y de almacenamiento, estarán destinadas principalmente al paso de equipos de manipulación de contenedores.
• Zonas complementarias: hacen referencia a áreas excluidas del tráfico de mercancías, materiales o suministros, siendo fundamentalmente zonas urbanizadas, con edificios y dependencias administrativas. También se incluyen en estas zonas las dedicadas a estacionamiento tanto de vehículos pesados como ligeros.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE
DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

Atendiendo al diseño de la ampliación Fase 4 de la terminal de contenedores, se estipula que toda la zona objeto de actuación será definida como zona de almacenamiento.

4 CARACTERIZACIÓN DE LAS CARGAS

Atendiendo a la caracterización de los usos de la terminal, llevado a cabo sobre el apartado previo, en el presente capítulo se describe el enfoque referido a las solicitudes y cargas derivadas de los diferentes elementos que compondrán la operativa de la terminal y/o de la naturaleza de la terminal, atendiendo a las normativas de referencia en materia portuaria (ROM 2.0-11 y ROM 4.1-18). En este sentido, el punto de vista de ambas normativas es diferente, por ello se analizará su visión de forma independiente.

Por un lado, se definirán las consideraciones que la ROM 2.0-11 expone para este tipo de explotación en lo que a las cargas se refiere, a partir de un enfoque de diseño tradicional: cargas máximas de diseño < capacidad máxima del elemento estructural.

En este punto cabe destacar que el análisis específico que se ha realizado para el firme en el presente Proyecto se ha empleado la caracterización de cargas propias de la ROM 2.0-11, por lo que será habitual contrastar los valores especificados por esta normativa, los aportados por el fabricante (en el caso de maquinarias definidas) y los finalmente empleados en el cálculo.

Por otro lado, se desarrollará el método propuesto por la ROM 4.1-18 para el diseño de pavimentos, en donde, a partir de los usos previstos en la terminal, se obtenga una clasificación del tipo de carga (en forma de "categoría de tráfico") con el que acceder al catálogo ofrecido por esta normativa.

4.1 DEFINICIÓN DE LAS CARGAS (ROM 2.0-11)

Dado el carácter asignado a la terminal de contenedores en función del uso previsto y, teniendo en cuenta la exclusión de este análisis de la zona de maniobra anexa al muelle (por situarse fuera del espacio concesionado), se considerarán los criterios establecidos que la ROM 2.0-11 expone para el estacionamiento y almacenamiento de mercancías (4.6.4.1), la manipulación de mercancías en áreas de operación (4.6.4.2.1), manipulación de mercancías en áreas de almacenamiento (apartado 4.6.4.2.2) y tráfico viario (4.6.4.3.1).

Así, a modo de resumen, se consideran las siguientes cargas, las cuáles son detalladas y caracterizadas sobre los siguientes subcapítulos:

- Cargas uniformes de carácter general en terminales de contenedores
- Cargas procedentes del almacenamiento de contenedores.
- Cargas procedentes de los equipos de transporte horizontal.
- Cargas procedentes del tráfico pesado convencional.

4.1.1 Cargas uniformes de carácter general en terminales de contenedores

Atendiendo a la ROM 2.0-11, "una vez conocidos los usos y requerimientos operativos y funcionales establecidos por el Promotor para la obra de atraque y amarre, así como las condiciones de explotación de la instalación, los valores nominales de las sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento para la fase de servicio se obtendrán a través de la siguiente formulación general" (apartado 4.6.4.1 ROM 2.0-11).



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

En el presente caso, en beneficio de la flexibilidad de la terminal, se ha priorizado mantener la uniformidad del firme con el fin de permitir futuras modificaciones en la configuración del patio e incluso en la maquinaria de este. Por ello, la carga ofrecida por la ROM 2.0-11 es de aplicación a toda la superficie de la terminal dedicada al almacenamiento (esto es, el USO 1).

Así, para las terminales de contenedores, se establecen las siguientes cargas:

Morfología de área de almacenamiento	Sobrecarga vertical uniforme
Contenedores vacíos apilados (hasta 4 alturas)	15 kN/m ²
Contenedores llenos (1 altura)	18 kN/m ²
Contenedores llenos (2 alturas)	30 kN/m ²
Contenedores llenos (3 alturas)	45 kN/m ²
Contenedores llenos (4 alturas)	60 kN/m ²
Contenedores llenos (5 alturas)	75 kN/m ²

Tabla 4.1 Sobrecarga vertical uniformemente distribuida en áreas de estacionamiento y almacenamiento de mercancías (caso particular de terminales de contenedores). Fuente: ROM 2.0-11.

Según la Tabla 4.1, para el USO 1 que se ha definido en este documento, se establece una carga uniforme vertical de 7,5 t/m², mientras que, para el USO 2, se ofrece la carga de 1,5 t/m².

4.1.2 Cargas procedentes del almacenamiento de contenedores

Las cargas de los contenedores se transmiten al firme a través del elemento de apoyo, definiéndose las dimensiones de este como 0,178 x 0,162 m² (ROM 4.1-18) y situándose en las esquinas, los cuales sobresalen de la cara inferior del contenedor 1,25 cm. Estos elementos serán empleados para aislar del suelo la mercancía y facilitar su manipulación.

En cuanto a los contenedores, la unidad de medida más habitual es el TEU (*Transport Equivalent Unit*) o contenedor equivalente de 20 pies de longitud, aunque también es habitual los contenedores de 40 pies (2 TEUs). Las cargas totales de los contenedores son muy variables. Así, para un TEU la carga máxima es de unos 200 kN, pero se puede estimar que la carga media no supera los 130 kN. Por su parte, para un contenedor de 40 pies la carga máxima es de unos 300 kN, pudiéndose estimar una carga media no superior a 200 kN.

Las presiones de contacto sobre el pavimento dependen de la carga, de la forma de almacenar los contenedores, de las alturas empleadas, de la flexibilidad o rigidez del pavimento, entre otros aspectos menores. La forma de almacenamiento en la nueva terminal de contenedores desarrollará una distribución de filas múltiples (hasta 4 contenedores) y una altura de 3, todo ello de acuerdo con la maquinaria de patio empleada, esto es, grúas automóviles de tipo *Reach Stackers*.

Sin embargo, se podrán establecer futuros usos de la terminal a través de su modernización y/o cambios en la configuración en planta. En este caso, se podrá estimar de forma conservadora una distribución de contenedores crítica de 6 filas, 5 alturas y uso de pórticos de almacenamiento en el patio de tipo RTG (*Rubber Tyred Gantry cranes*).



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

La probabilidad de que todos los contenedores estén totalmente cargados en altura es en principio relativamente pequeña y depende de criterios específicos de explotación de la instalación. Por esta razón, para la estimación de las cargas aplicadas se introducirá un coeficiente reductor de peso en función de la altura (variable, cercano al 60% para 5 alturas y al 80% en 3 alturas, como ejemplos).

Así, a partir de las indicaciones dadas por la ROM 2.0-11 (cargas concentradas mínimas), se estima que las cargas derivadas del almacenamiento de los contenedores a considerar para el dimensionamiento del firme son las siguientes:

- Contenedores llenos de 40' apilados en bloque y en 3 alturas (uso previsto): Carga total: 71 t; carga en apoyo: 17,8 t; presión de contacto: 6,20 MPa.
Contenedores llenos de 40' apilados en bloque y en 4 alturas: Carga total: 82,5 t; carga en apoyo: 20,6 t; presión de contacto: 7,20 MPa.
Contenedores llenos de 40' apilados en bloque y en 5 alturas (uso potencial): Carga total: 91,2 t; carga en apoyo: 22,5 t; presión de contacto: 7,70 MPa.

De forma adicional, se añade la consideración del depósito de contenedores vacíos, atendiendo al criterio de la ROM 2.0-11 (peso de 35 kN por contenedor de 40' y ausencia de coeficientes reductores):

- Contenedores vacíos de 40' apilados en bloque y en 3 alturas (uso previsto): Carga total: 10,5 t; carga en apoyo: 2,63 t; presión de contacto: 0,91 MPa.

4.1.3 Cargas procedentes de los equipos de transporte horizontal

Son las cargas de naturaleza variable transmitidas al pavimento por los sistemas y equipos de manipulación de mercancías, materiales o suministros. A efectos de cómo se transmiten las cargas y de la influencia en el dimensionamiento de losa firmes, los equipos de manipulación se pueden clasificar según su movilidad: equipos de circulación restringida (sobre carriles o vigas carril) o de circulación no restringida (sobre neumáticos u orugas).

En el presente Proyecto se consideran únicamente equipos de movilidad no restringida, siendo estos los que se describen a continuación:

4.1.3.1 Apiladores de alcance o Reach Stackers

En la nueva terminal de contenedores objeto de estudio se propone el uso de Reach Stackers como equipos básico encargados del transporte horizontal en el interior de esta, junto con el trabajo complementario de los Terminal Tractors y sus respectivas plataformas.

Para estos equipos, la Tabla 4.6.4.17 de la ROM 2.0-11 indica los valores de carga máxima por rueda en el eje más cargado. Así, los valores recogidos para los equipos más afines a la explotación prevista son los siguientes:

- Apilador de alcance de 40 t de capacidad de carga y peso de 75 t: Carga máxima por rueda de 27,5 t.
Apilador de alcance de 45 t de capacidad de carga y peso de 100 t: Carga máxima por rueda de 33,0 t.

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: https://run.gob.es/hsbIF8yLcR



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS



Figura 4.1 Reach Stacker híbrida SANY Hybrid H9 (izquierda) y Reach Stacker SANY Clase G propuestas para la manipulación de contenedores. Fuente: SANY EUROPE.

Para el caso específico de la nueva terminal de contenedores objeto de estudio, se han identificado las cargas propias de los equipos propuestos a partir de los datos del fabricante. En este caso, atendiendo a los dos modelos previstos (ver Figura 4.1), se tienen dos Reach Stackers, una híbrida y otra convencional, de 45 t de capacidad de carga y 75 t de peso.

En situación de carga máxima, el eje delantero soporta 103,5 t y el trasero 15,6 t, tal y como especifica el fabricante. En esta situación, la carga se distribuirá entre las cuatro ruedas existentes en el eje delantero. Por tanto, la carga que soportará un par de neumáticos será de 51,75 t, y cada una alcanzará un valor de 25,9 t, valor del mismo orden de magnitud que los indicados en la ROM 2.0-11 y expuestos previamente.

Adoptando la mayor presión que pueden soportar los neumáticos (0,90 MPa), la huella en la situación pésima es la representada en el croquis de la Figura 4.2, procedente de la tabla 4.6.4.15 de la ROM 2.0-11, donde L_1 es igual a 2,50 m, L_2 es igual a 0,80 m y c es igual a 0,60 m.

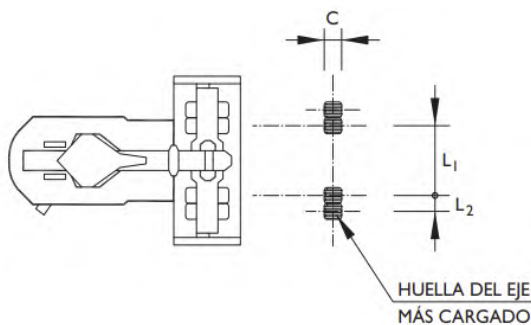


Figura 4.2 Esquema de aplicación de cargas al pavimento sobre en eje delantero en hipótesis de carga máxima. Fuente: ROM 2.0-11, tabla 4.6.4.15.

Así, las cargas asociadas a los equipos Reach stackers son las siguientes:

- Apilador de alcance de 45 t de capacidad de carga y peso de 75 t:
Carga máxima por rueda de 25,9 t y presión máxima de 0,90 MPa.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

Desde el punto de vista del cálculo específico llevado a cabo para el pavimento, se han contemplado valores más conservadores de las cargas por eje, con el fin de ofrecer flexibilidad operativa en la terminal futura. En este sentido, se ha tomado una carga máxima del eje delantero de 110 t y una carga máxima del eje trasero de 41 t, de tal forma que la carga por rueda máxima (eje delantero) será de 27,5 t, manteniéndose las presiones máximas ya establecidas.

Por último, cabe mencionar que las anteriores cargas de proyecto son definidas para la zona de USO 1, entendiéndose esta como el área de operación propia de manipulación y almacenamiento de vehículos. Sin embargo, cabe mencionar la carga particular asociada a este tipo de equipos de transporte horizontal sobre las zonas auxiliares (USO 2).

4.1.3.2 Pórticos de almacenamiento o RTGs

Estos equipos no se encuentran propuestos en la presente terminal, no obstante, se contempla como posible su futura instalación en el contexto de una ampliación y/o modernización de la terminal dentro de su vida útil. En este caso, se supondrá la implementación de grúas tipo RTG, las cuales circulan sobre neumáticos. Se dedican a la manipulación de contenedores en las zonas de almacenamiento, pudiendo operar sobre 5 alturas y hasta 6 filas (en el caso que se estudia).

Ante este tipo de equipos, la ROM 2.0-11 no ofrece criterios específicos, por lo que se han considerado valores generales procedentes de equipos que se ajustan a la explotación previsible. De esta manera, en función del modelo empleado, las RTGs tiene un peso variable entre 115 y 140 t, mientras que la mayoría presenta un total de cuatro apoyos, compuestos por dos o cuatro ruedas cada uno (en total, 8 ruedas). Una aproximación conservadora de la carga máxima por rueda, atendiendo a la disposición de las ruedas, sería la que se presenta a continuación:

- Pórtico de almacenamiento con anchura de 7 filas de contenedores, 5 alturas y 2 ruedas por apoyo: Carga máxima por rueda de 32,0 t y presión máxima de 1,1 MPa.
• Pórtico de almacenamiento con anchura de 7 filas de contenedores, 5 alturas y 4 ruedas por apoyo: Carga máxima por rueda de 16,0 t y presión máxima de 0,7 MPa.

A falta de estudios más detallados, se considera el empleo del último pórtico, dado que sus acciones sobre el pavimento resultan mucho menos restrictivas en comparación con las Reach Stackers, no siendo la explotación mediante RTGs limitante desde el punto de vista del pavimento, dado que previsiblemente se ejecutarán vigas para el paso de estos vehículos en una fase posterior de modernización de la terminal.

4.1.3.3 Carretillas elevadoras frontales o Forklifts

De forma complementaria a la operativa mediante Reach Stackers, se contempla la implementación de carretillas elevadoras de alta capacidad con el fin de manipular mercancía general no contenerizada y/u otras actuaciones secundarias sobre la terminal.

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: https://run.gob.es/hsbIF8yLcR

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

https://run.gob.es/hsbIF8yLcR

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

Así, los equipos propuestos para la nueva terminal presentan una capacidad máxima de carga de 16 t, un peso propio de 25,5 t y una carga máxima de 37,18 t en el eje delantero y 4,31 t en el eje trasero, atendiendo a las especificaciones del fabricante. De igual forma que en el caso de las Reach Stackers, al contar con 4 ruedas en este eje, la carga máxima por rueda será de 9,3 t.

Este valor resulta muy inferior al ejercido por las Reach Stackers por lo que, la influencia de las carretillas elevadoras sobre el diseño del pavimento, en cuanto a cargas, es omitida.

4.1.4 Cargas procedentes del tráfico pesado convencional

El tráfico pesado convencional es el que puede circular sin restricciones por las redes de carreteras. En la terminal del presente Proyecto, este tráfico se puede dar en todas las zonas, dado que forma parte de los equipos de manipulación de mercancías (Terminal Tractors), al mismo tiempo que es el característico de los viales de acceso.

En este sentido, la ROM 2.0-11 asocia un modelo de cargas (definido por el Eurocódigo 1. Parte 2) ajustado a las características propias del tráfico viario portuario. Atendiendo a este modelo, se definen a continuación las cargas a tener en cuenta en el presente Proyecto referidas al tráfico viario convencional y en función de los diferentes modelos de carga posibles:

- Modelo de carga 1: eje tándem + sobrecarga:
Carga por rueda: 15 t (superficie de contacto: 0,40 x 0,40 m²)
Carga por eje: 30 t (distancia entre ruedas: 2,00 m; distancia entre ejes: 1,20 m)
Carga horizontal total: 36 t
- Modelo de carga 2: eje simple:
Carga por rueda: 20 t (superficie de contacto: 0,60 x 0,35 m²; distancia entre ruedas: 2,00 m).

Según las características de los neumáticos, las presiones máximas de contacto varían de 0,6 a 0,9 MPa aproximadamente, aunque por defectos dinámicos pueden llegar a alcanzarse presiones de 1,5 MPa.

4.1.5 Conclusiones

Derivado del análisis anterior de los diferentes agentes que intervienen en la definición de las cargas a soportar por el pavimento, se resume a continuación las cargas de diseño previstas. Sobre esta relación, se han excluido aquellos agentes, equipos y/o configuraciones que han resultado de menor entidad que las que finalmente se tendrán en cuenta.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

	Descripción	Tipo de pavimento	Carga máxima por elemento de apoyo	Presión máxima en elemento de apoyo
Sobrecarga uniforme (general)	Área almacenamiento de contenedores (hasta 5 alturas)	ZONA 1	7,5 t/m ² (uniforme)	-
Depósito de contenedores	Cont. 40' llenos a 5 alturas	ZONA 1	22,50 t	7,70 MPa
Reach Stackers	Carga nominal 45 t (referencia de fabricante)	ZONA 1	27,50 t	0,90 MPa
RTGs	Pórtico de 7 filas, 5 alturas y 4 ruedas/apoyo (referencia genérica)	ZONA 1	16,00 t	0,70 MPa
Sobrecarga uniforme (general)	Área almacenamiento de cont. vacíos (hasta 4 alturas)	ZONA 2	1,5 t/m ² (uniforme)	-
Depósito de contenedores vacíos	Cont. 40' vacíos a 3 alturas	ZONA 2	2,63 t	0,91 MPa
Reach Stacker (cont. Vacío)	Carga nominal 45 t (referencia de fabricante)	ZONA 2	16,50 t	0,90 MPa
Tráfico pesado convencional	Uso de diferentes modelos de carga (ROM 2.0-11)	ZONA 2	15,00 – 20,00 t	0,60 - 1,50 MPa

Tabla 4.2 Resumen de cargas de diseño. En azul, las cargas de diseño empleadas en el cálculo específico de pavimentos.

4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS (ROM 4.1-18)

La metodología propuesta por la ROM 4.1-18 para el dimensionamiento de los firmes portuarios se nutre de su propio método de caracterización de la combinación carga-intensidad según la superficie que se trate. Este método consiste, en primer lugar, en la clasificación de las cargas por su efecto en el firme, seguido a continuación de la clasificación por su intensidad de uso con que se aplican las cargas durante la vida útil de cada superficie, en función de las previsiones de explotación.

El objetivo final es establecer una categoría de tráfico como parámetro de dimensionamiento, siendo esta obtenida como combinación de la clasificación de la carga de cálculo y de la intensidad de uso de la superficie. Así, en el presente apartado se lleva a cabo la caracterización de las cargas a través del concepto *categoría de tráfico*.

4.2.1 Cargas de cálculo

La ROM 4.1-18 de pavimentos portuarios clasifica las cargas de cálculo como bajas, medias o altas para las diferentes situaciones posibles, prestando atención sobre el hecho de que las cargas de cálculo clasificadas de la misma manera para situaciones diferentes no son necesariamente equivalentes. De esta manera, se tomará con carácter general la carga de cálculo más elevada en cada una de las zonas con usos determinados.

En el presente apartado se definen las cargas de cálculo atendiendo a las distintas zonas que considera la ROM 4.1-18:



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

- **Carga de cálculo de almacenamiento:** este valor depende de las presiones de contacto (p_v) producidas con la altura máxima de apilamiento de contenedores. A partir de los rangos de valores ofrecidos por la ROM 4.1-18, la carga de cálculo estimada para el caso de hasta 5 contenedores es calificada como ALTA, siendo el caso de hasta 3 alturas de la terminal propuesta una carga MEDIA (se tomará en cuenta la carga más restrictiva en este caso).

4.2.2 Intensidad de uso

La intensidad de uso es, junto con las cargas aplicadas, el dato fundamental para definir la categoría de tráfico en una superficie portuaria. Tal y como la define la ROM 4.1-18, la intensidad de uso da una idea del número de veces que durante la vida útil se aplican unas determinadas cargas sobre la superficie.

La intensidad de uso en las superficies portuarias está directamente ligada, en las zonas de operación, al medio de transporte terrestre utilizado en la transferencia de la mercancía. Por otra parte, en las zonas de almacenamiento, se pueden distinguir dos situaciones:

- Que las superficies de circulación de los equipos no estén diferenciadas física y permanentemente de las destinadas al depósito de la mercancía, lo que constituye la situación más general.
- Que las superficies de circulación de los equipos estén diferenciadas física y permanentemente de las destinadas al depósito de la mercancía.

En el presente Proyecto se va a considerar que se produce claramente la segunda situación, siempre y cuando se hable en términos de intensidad, a pesar de posibles cambios de configuración de la terminal en el futuro (en cuyo caso, las intensidades proyectadas serán similares, siendo aplicadas sobre otros viales).

En este punto, al igual que en el apartado anterior de análisis de las cargas, se clasificarán las diferentes superficies asociadas a cada uno de los usos con una intensidad de uso relacionada con su tipo de explotación:

- **Zonas de almacenamiento de contenedores:** en función de los contenedores manipulados por unidad de superficie en la zona de almacenamiento en el año medio de la vida útil.
- **Zonas complementarias (estacionamiento y talleres):** en función del número de plazas y rotación de vehículos en el caso del estacionamiento y la frecuencia de entrada de vehículos para el caso de los talleres de reparaciones y la entrada principal.

En el presente caso, ante la amplitud del espectro de intensidades que abarca la categoría de Intensidad Media definida por la ROM 4.1-18, en las tres zonas anteriormente mencionadas se establecerá una intensidad MEDIA. Esta caracterización se corresponde con una intensidad de $0,2 > I_{1.6} > 3,5$ TEU/m² en el caso de la zona de almacenamiento y, por último, entre 10 y 100 plazas de aparcamiento en las zonas complementarias.

4.2.3 Categoría de tráfico

En la ROM 4.1-18 de pavimentos portuarios se definen tres categorías de tráfico según la carga de cálculo y la intensidad de uso de la superficie considerada:

- T0: Tráfico alto



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

- T1: Tráfico medio
- T2: Tráfico bajo

En el presente Proyecto y atendiendo a la Figura 4.3 obtenida de la ROM 4.1-18, se considerará el siguiente tipo de tráfico: **T1 (tráfico medio)** en las zonas dedicadas a USO 1 y **T1 (tráfico medio)** en las de USO 2.

Intensidad de uso	Carga de cálculo		
	ALTA	MEDIA	BAJA
ELEVADA	T0	T1	T1
MEDIA	T1	T1	T2
REDUCIDA	T1	T2	T2

Figura 4.3 Categoría de tráfico. Fuente: ROM 4.1-18, tabla 3.17.

5 CARACTERIZACIÓN DE LA EXPLANADA

La explanada se define como la superficie de coronación del relleno sobre la que apoya directamente el firme. La ROM 4.1-18 determina que la calidad de las explanadas debe ser definida en función de la naturaleza del relleno, su grado de consolidación, y los materiales empleados en la coronación.

Respecto a los rellenos y su grado de consolidación se distinguen tres categorías de rellenos, atendiendo a lo dictado por la ROM 4.1-18:

- *“Rellenos malos consolidados (VD-3): Rellenos malos: con más del 50% de finos y R,-3: Rellenos malos: rellenos hidráulicos con más del 50% de finos). Como condición de puesta en obra se establecen valores de CBR entre 1 y 2.*
- *Rellenos regulares consolidados (VD-2g): Rellenos regulares granulares: entre el 10 y el 35% de finos, :D-2c: Rellenos regulares finos: entre el 35 y el 50% de finos, R,-2g: Rellenos regulares granulares: rellenos hidráulicos entre el 10 y el 35% de finos y R,-2c: Rellenos regulares granulares: rellenos hidráulicos entre el 10 y el 35% de finos). Como condición de puesta en obra se establecen valores de CBR entre 3 y 4.*
- *Rellenos buenos consolidados (VD-1): Rellenos buenos: menos del 10% de finos y R,-1: Rellenos buenos: rellenos hidráulicos con menos del 10% de finos). Como condición de puesta en obra se establecen valores de CBR igual a 5. Rellenos regulares no consolidados (RNC). Rellenos hidráulicos con contenido de finos entre el 10 y el 35 % o rellenos no convencionales de vertido directo”.*

Cabe mencionar que, según la ROM 4.1-18, “se considera que un relleno está consolidado cuando su asiento remanente estimado (...), de acuerdo con los procedimientos recogidos en la ROM 0.5-05, sea admisible para el uso al que se destine. Como criterio general, y a falta de otra información, puede adoptarse el criterio de que el asiento esperable, durante los 10 primeros años después de la ejecución de la coronación, sea inferior a 10 cm.”

Respecto a la coronación de la explanada, se pueden distinguir las siguientes situaciones:



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

- “Coronación con suelos adecuados (o con otros de peores características mejorados con cal o con cemento de manera que la mezcla cumpla las exigencias de los suelos adecuados).
- Coronación con suelos seleccionados (o con suelos adecuados estabilizados con cemento o cal de manera que la mezcla cumpla las exigencias de los suelos seleccionados).
- Coronación con suelos seleccionados con condiciones de colocación que deben asegurar un valor del índice CBR mayor de 20 (o con suelos adecuados estabilizados con cemento o cal de manera que la mezcla cumpla las exigencias de los suelos seleccionados con CBR superior a 20)
- Coronación con todo uno de cantera o pedraplén”.

Con la combinación de los diferentes tipos de rellenos y las distintas situaciones de coronación, se podrá ofrecer una idea preliminar de los valores del “Módulo de compresibilidad en el segundo ciclo del ensayo de carga con placa (E₂)”, tal y como se observa en la Figura 5.1 a partir de los valores orientativos dados por la ROM 4.1-18.

MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD - E ₂	Relleno Malo Consolidado (MC) VD-3, RH-3		Relleno Regular Consolidado (RC) VD-2g,VD-2c, RH-2g,RH-2c		Relleno Bueno Consolidado (BC) VD-1, RH-1
CORONACIÓN					
Suelos adecuados	36	44	47	49	50
Suelos seleccionados	57	90	108	120	127
Suelos seleccionados con CBR>20 o Todo-Uno o Pedraplén	73	111	135	149	159

Figura 5.1 Módulo de compresibilidad en la coronación. Fuente: ROM 4.1-18, tabla 4.14.

Siguiendo esta línea, la Figura 5.2, a partir de la tabla 4.15 recogida en la ROM 4.1-18, define el tipo de explanada en función del tipo de relleno en cimentación y de los materiales en coronación.

TIPO DE EXPLANADA (°)	RELLENO		
	Relleno Malo Consolidado (MC)	Relleno Regular Consolidado (RC)	Relleno Bueno Consolidado (BC)
CORONACIÓN			
Suelos adecuados		E1 (50) (°)	E1 (50)
Suelos seleccionados	E1 (57)	E2 (108)	E2 (127)
Suelos seleccionados con CBR>20 o Todo-Uno o Pedraplén	E1 (73)	E2 (135)	E3 (159)

Figura 5.2 Determinación de categoría de explanada. Fuente: ROM 4.1-18, tabla 4.15. Entre paréntesis, el valor del módulo de compresibilidad E₂ (en MPa) a considerar en cálculos para cada tipo de explanada.

Así, la ROM 4.1-18 establece tres tipos de categorías de explanada, cada uno con sus valores límites de módulos de compresibilidad:

- E1: Explanada aceptable (E₂ > 50 MPa);
- E2: Explanada buena (E₂ > 100 MPa);
- E3: Explanada muy buena (E₂ >150 MPa).



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

En el presente caso, se ha realizado una campaña específica de caracterización del material de la explanada, consistente en una serie de calcatas con la posterior recogida de material para la identificación y caracterización de los estratos, así como de la ejecución de varias placas de carga.

En cuanto a los materiales identificados, ya se ha hecho mención en el apartado 2 de la heterogeneidad de estratos, además de la variable profundidad requerida por la rasante proyectada respecto a la existente (un rebaje medio de 0,25 m). En este contexto, la campaña de placas de carga se ha realizado sobre diferente profundidad, material y ubicación con el fin de reflejar las diferentes situaciones de cimiento del firme.

En este sentido y, como resumen de la campaña de caracterización geotécnica de la explanada, en la Tabla 5.1 se muestran los diferentes ensayos de carga realizados (UNE 103808, con placa de 600 mm) a partir de los módulos de compresibilidad del primer y segundo ciclo de carga (E_{V1} y E_{V2}).

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC9	PC10
Coordenada X	433.468,00	433.565,00	433.704,88	433.735,61	433.662,00	433.559,59	433654,73	433.550,00	433.647,00
Coordenada Y	4.810.830,00	4.810.819,00	4.810.802,93	4.810.759,53	4.810.762,00	4.810.734,23	4.810.722,69	4.810.683,00	4.810.671,00
Rasante actual *	4,16 m	4,11 m	3,78 m	3,54 m	3,50 m	4,23 m	4,40 m	3,60 m	3,79 m
Rasante Proyecto *	3,61 m	3,61 m	3,61 m	3,53 m	3,70 m	3,62 m	3,62 m	3,63 m	3,63 m
Espesor de losa proyectado	35 cm	35 cm	35 cm	20 cm	35 cm	35 cm	35 cm	35 cm	35 cm
Profundidad (desde rasante actual)	0,85 m	0,88 m	0,50 m	0,20 m	0,30 m	0,92 m	0,50 m	0,30 m	0,50 m
Estrato (Clasificación PG-3)	Rell. Arcilloso (Inadecuado)	Rell. Arcilloso (Inadecuado)	Rell. Arenoso (Tolerable)	Zahorras (Zahorras)	Zahorras (Zahorras)	Rell. Arenoso (Tolerable)	Zahorras (Zahorras)	Rell. Arenoso (Tolerable)	Rell. Arenoso (Tolerable)
Módulo compr. E_{V1}	13 MPa	33 MPa	49 MPa	68 MPa	74 MPa	54 MPa	80 MPa	77 MPa	54 MPa
Módulo compr. E_{V2}	26 MPa	84 MPa	138 MPa	185 MPa	236 MPa	116 MPa	262 MPa	231 MPa	152 MPa
E_{V1} / E_{V2}	2,1	2,6	2,8	2,7	3,2	2,1	3,3	3,0	2,8

Tabla 5.1 Resumen de los resultados de los ensayos de placas con carga. Fuente: Campaña Geotécnica de Reconocimiento del Terreno en la Terminal de Contenedores en el Puerto de Raos de Santander. GTK Laboratorio Geotécnico. (*) Las cotas de las rasantes están referenciadas al Nivel Medio del Mar en Alicante.

A la vista de los datos, se puede distinguir la diferente adaptación de los materiales de la explanada al apoyo del pavimento. Así, los altos módulos de los puntos que se sitúan sobre las zahorras ($E_{V2} > 150$ MPa; explanada E3 según ROM 4.1-18), lo cual denota una gran calidad de estas. Por otro lado, los rellenos y suelos seleccionados, actúan de forma similar, con valores del E_{V2} variables entre 100 y 200 MPa (explanada E2 / E3 según ROM 4.1-18). Sin embargo,



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

en cuanto a los rellenos arcillosos, se ha reportado su baja capacidad, con valores pésimos (explanada E1 e incluso deficiente según ROM 4.1-18).

Por último, añadido a los criterios resistentes comentados hasta ahora, la ROM 4.1-18 señala en su apartado 4.3 la necesidad de que la coronación de los rellenos que conforman la explanada deben contener un espesor mínimo de 1 m, valor que no se cumple en la mayor parte de las calicatas realizadas.

Con estos motivos, resulta evidente la necesidad de imponer nuevas capas de firme sobre la presente explanada y/o el tratamiento de los materiales existentes, con el fin de permitir la adecuada cimentación del pavimento superficial. Dichas actuaciones serán propuestas y justificadas sobre el siguiente capítulo.

6 DEFINICIÓN DEL FIRME

El objetivo fundamental del dimensionamiento de firmes portuarios es asegurar sus condiciones de servicio durante la vida útil, al aplicar un régimen determinado de cargas con una intensidad de uso también determinada.

En este caso, se ha optado por un firme rígido para la totalidad de la superficie de la ampliación de la terminal. Atendiendo a la ROM 4.1-18, se especifica el modo de operar para obtener las secciones de firme válidas para las características de uso, zona y categoría de tráfico del muelle o zona a considerar.

Así, en primer lugar, se definirá la solución de las capas inferiores del firme que servirán de apoyo al pavimento, de acuerdo a los criterios especificados por la ROM 4.1-18 y con el objetivo de optimizar y aprovechar lo máximo posible los materiales presentes en la explanada existente, minimizándose las necesidades de retirada de tierras a vertedero.

Seguidamente, el análisis se centrará sobre el dimensionamiento del firme rígido, tanto para la capa de rodadura como las capas inferiores del firme. Para ello, se introducirá primero la solución propuesta por el Catálogo de la ROM 4.1-18, tomándose esta sección como referencia. A continuación, se presentará de forma resumida el análisis específico correspondiente con el cálculo analítico llevado a cabo sobre el pavimento rígido del proyecto de la Fase 1 incluido en el presente Proyecto (CÁLCULO ANALÍTICO DE LOS PAVIMENTOS PORTUARIOS DE LA NUEVA TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER realizado en Mayo de 2021 por los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos César Bartolomé Muñoz y Rafael Rueda Arriete; incluido de forma íntegra en el Apéndice 1 de este documento) y que da lugar al dimensionamiento de la sección de pavimento propuesta. De esta forma, se ofrece una solución más optimizada que la derivada del Catálogo de la ROM, la cual introduce unos criterios demasiado conservadores y genéricos.

6.1 DISEÑO DE LAS CAPAS INFERIORES DEL FIRME

Atendiendo a lo introducido previamente en cuanto a la categoría de explanada y lo descrito por la ROM 4.1-18 en su apartado 4.3.4, el criterio adoptado para el dimensionamiento de las capas inferiores del firme portuario es el de diseñar dichas capas para garantizar que la capa de pavimento apoya directamente sobre un material que asegure en su superficie unos módulos de compresibilidad E_{v2} mínimos de 300 MPa.

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: https://run.gob.es/hsbIF8yLcR

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

https://run.gob.es/hsbIF8yLcR

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

Por ello, el uso de capas granulares de base y/o tratamientos de estabilización del suelo no hará más que incrementar la capacidad resistente del firme sobre el que se va a empezar a construir (que como se ha descrito, presenta un alto grado de heterogeneidad) de tal forma que se pueda alcanzar en todo momento un módulo de compresibilidad E_{v2} mínimo de 300 MPa.

A partir de la información suministrada por los ensayos de placa de carga, y la experiencia obtenida en la ejecución de la Fase 1, 2 y 3 de la terminal de contenedores se ha llevado a cabo un diseño que da como resultado el módulo de compresibilidad mínimo buscado.

Por otro lado, al tomarse como objetivo de diseño la optimización y aprovechamiento del material, se ha optado por aquellas soluciones consistentes en el tratamiento de suelos con cemento (suelocemento).

• **BASE DEL PAVIMENTO**

Suponiendo que se parte de una explanada con un $E_{v2} < 80$ MPa (valor establecido como mínimo tras las mejoras previamente descritas) y requiriéndose una rigidez en el apoyo del pavimento de $E_{v2} > 300$ MPa, se propone la ejecución de una **base compuesta por 30 cm de espesor de suelo tratado con cemento (suelocemento)**, tal y como establece la ROM 4.1-18 en su Figura 4.3.

Este espesor resulta suficiente para conseguir dichas condiciones resistentes atendiendo a la Figura 4.3 de la ROM 4.1-18 (ver Figura 6.1), donde se aprecia que, para un valor mínimo de 80 MPa en el apoyo de la base, se podrá alcanzar 307,03 MPa en su coronación para un espesor de 30 cm. Así mismo, la experiencia resultante de la ejecución realizada en Fase 1 y Fase 2 de la Terminal de contenedores nos arroja resultados medios >500 MPa.

Dado que la rasante del firme existente se sitúa por encima de la rasante del futuro firme de hormigón, se puede disponer de un importante volumen de material de calidad (fresado de la mezcla bituminosa, zorra artificial y suelo seleccionado), que servirá para conformar la capa tratada con cemento a disponer en la base del pavimento. Dada la calidad del material disponible y para tener un mayor grado de seguridad a la hora de alcanzar la capacidad de soporte exigida, se constituirá dicha capa de base por un suelo cemento según el artículo 513 del PG-3 (resistencia a compresión a 7 días superior a 2,5 MPa), pero ejecutado in situ mediante técnicas de estabilización (recogida en el artículo 512 del PG-3).

Además, se tendrán en cuenta los mismos criterios relativos al aseguramiento de la regularidad superficial que se han definido para las capas de suelo estabilizado para la formación de la explanada. Por otro lado, tal y como menciona la ROM 4.1-18, para la ejecución de las juntas transversales en fresco se utilizarán equipos automotrices que efectúen en cada pasada un surco recto que penetre al menos 2/3 del espesor de la capa y que al mismo tiempo introduzca en él un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo.

Por último, cabe mencionar el no cumplimiento estricto del espesor mínimo de coronación. Sin embargo, este aspecto queda argumentado desde un punto de vista estructural dado que se cumplen todos los condicionantes impuestos en la normativa. Además, se señala que la ejecución de estabilizaciones en las capas de apoyo del pavimento implica la introducción de



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

materiales de mayor calidad frente a las capas granulares (pedraplenes, zahorras, todo-uno, etc.) habituales en la ejecución de estas obras. Además, se reiteran las ventajas ambientales que implican las estabilizaciones y la reutilización de gran parte del material existente.

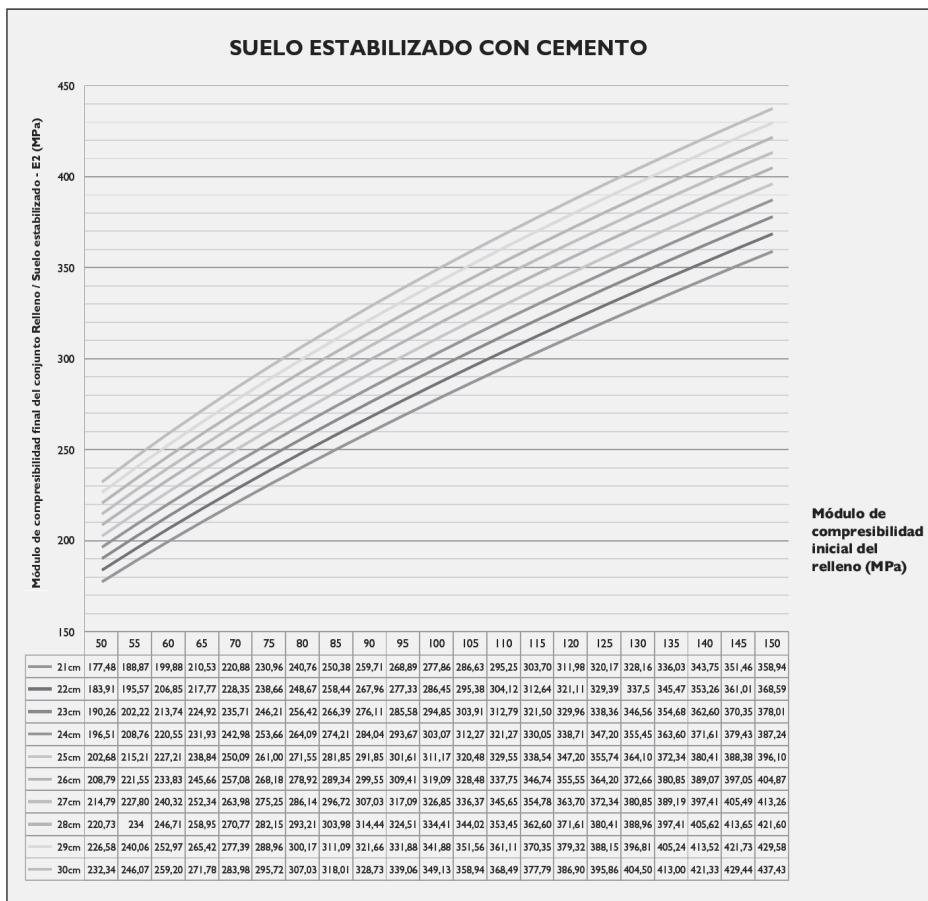


Figura 6.1 Mejora de módulo de compresibilidad de la explanada utilizando suelo estabilizado con cemento. Como ejemplo, para un valor en el apoyo de la base de $E_{v2} = 80$ MPa, con una capa de 30 cm de suelo estabilizado con cemento se podrán lograr un valor de $E_{v2} = 307,03$ MPa sobre el apoyo del pavimento.
Fuente: ROM 4.1-18. Figura 4.3.

6.2 DIMENSIONAMIENTO DEL PAVIMENTO SEGÚN LA ROM 4.1-18

A partir del Catálogo para el dimensionamiento de firmes portuarios de la ROM 4.1-18, se especifican a continuación las variables necesarias propias del Proyecto con la que se deducirán las secciones finales del pavimento:

- Tráfico medio (T1)
- Fiabilidad ante deterioros: alta funcionalidad (10 % de fallos).



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

De entre las diferentes secciones de firme proporcionadas por el catálogo de la ROM 4.1-18, se han seleccionado aquellos compuestos por hormigón armado de fibras de acero, dadas las ventajas que ofrece esta tipología respecto a otras soluciones convencionales que se resumen a continuación:

- Mayor capacidad mecánica (mayor resistencia a flexión, tracción y compresión).
- Mayor resistencia a fatiga.
- Mayor rigidez.
- Mayor resistencia a cargas dinámicas.
- Menor producción de fisuras.
- Menores costes de mantenimiento y mayor vida útil.
- Más distancias entre juntas.

Por otro lado, en las diferentes tablas que la ROM 4.1-18 ofrece para el dimensionamiento de los firmes en función del uso y material de pavimento establecido, se deberá tener en cuenta el tipo de tráfico a partir del criterio presentado por la Figura 6.2, donde se establece el espesor del pavimento final en función de los niveles de exigencia de durabilidad y en las categorías de tráfico asociados.

DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS		Durabilidad o Fiabilidad ante deterioros		
		Sin deterioros (1% de fallos). Con máxima funcionalidad	Con deterioros. Con alta funcionalidad (10% de fallos)	Con deterioros. Con funcionalidad aceptable (20% de fallos)
TRÁFICO	T0	Espesor Máximo	Espesor Máximo	Espesor Medio
	T1	Espesor Máximo	Espesor Medio	Espesor Medio
	T2	Espesor Medio	Espesor Medio	Espesor Mínimo

Figura 6.2 Dimensionamiento de pavimentos. Fuente: ROM 4.1-18, tabla 6.2.

En el presente caso, se considerará en ambos casos (ZONA 1 y 2) el espesor medio, dado la categoría de tráfico y la durabilidad esperada.

Así, la ROM 4.1-18, para la zona de USO 1, da un **espesor de 0,49 metros** para el pavimento, de acuerdo con la Figura 6.3.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

USO COMERCIAL ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES (5 alturas)		
I: PAVIMENTO DE HORMIGÓN VIBRADO HF 4,5 ⁽¹⁾		
MÁXIMO 0,64 m	MEDIO 0,61 m	MÍNIMO 0,57 m
II: PAVIMENTO CONTINUO DE HORMIGÓN ARMADO		
MÁXIMO 0,46 m	MEDIO 0,44 m	MÍNIMO 0,41 m
III: PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRAS		
MÁXIMO 0,51 m	MEDIO 0,49 m	MÍNIMO 0,46 m
IV: ADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ⁽²⁾		
MÁXIMO ⁽³⁾ 0,12 m	MEDIO ⁽³⁾ 0,10 m	MÍNIMO 0,10 m
V: MEZCLAS BITUMINOSAS DE ALTO MÓDULO		
MÁXIMO 0,57 m	MEDIO 0,54 m	MÍNIMO 0,50 m

Figura 6.3 Espesor de pavimento de hormigón armado con fibras de acero en zona de almacenamiento de contenedores. Fuente: ROM 4.1-18, apartado 8.3.

Así, considerando las distintas zonas de explotación, se extraen las siguientes soluciones de pavimento propuestas por el catálogo de la ROM 4.1-18:

- De 49 cm (ZONA 1) de pavimento de hormigón armado con fibras de acero.

Finalmente, de acuerdo a lo establecido por la ROM 4.1-18 en su apartado 7.4.10, se aplicarán las siguientes condiciones mínimas referidas a la regularidad superficial de pavimentos de hormigón en terminales de contenedores, tanto en las zonas de almacenamiento como en las auxiliares.

USO COMERCIAL Zonas de almacenamiento de Contenedores	VALOR REGULARIDAD SUPERFICIAL (mm de Regla de 3 m) VALOR DE MACROTEXTURA SUPERFICIAL (mm) VALOR MÍNIMO DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (Índice CRT %)			
	Tipo de Zona			
	Tipo de Pavimento	ZONA DE OPERACIONES	ZONA DE ALMACENAMIENTO	
		Hasta 3 alturas	Más de 3 alturas	
MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE	<3 mm >0,7mm >45	<6 mm ---	<4 mm ---	<3 mm >1mm >45
PAVIMENTO DE HORMIGÓN	<4 mm 1,5mm>Text>0,7mm ---	<6 mm ---	<4 mm ---	<4 mm >1mm >45
ADOQUIN PREFABRICADO DE HORMIGÓN	<4 mm ---	<8 mm ---	<6 mm ---	<4 mm >45

Tabla 6.1 Especificaciones mínimas de la superficie de los pavimentos portuarios. Fuente: ROM 4.1-18. Tabla 7.13.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

6.3 DIMENSIONAMIENTO DEL PAVIMENTO SEGÚN ANÁLISIS ESPECÍFICO

Tal y como se ha mencionado previamente, se ha llevado a cabo, para la Fase 1 y 2 de la terminal de Contenedores, un cálculo específico del pavimento de hormigón reforzado con fibras con el objetivo de justificar de la mejor manera la validez de esta solución que será de aplicación para la presente ampliación, dado que la misma cuenta con las mismas características técnicas y requerimientos de las fases previamente ejecutadas.

Así, el documento que contiene el cálculo específico es denominado CÁLCULO ANALÍTICO DE LOS PAVIMENTOS PORTUARIOS DE LA NUEVA TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER, siendo realizado en mayo de 2021 a través de la petición de la empresa suministrado de fibras BEKAERT, sobre el contexto de colaboración con el equipo redactor del presente Proyecto Constructivo. Los autores del documento son:

- César Bartolomé Muñoz, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (colegiado nº 21.716).
- Rafael Rueda Arriete, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (colegiado nº 20.423).



Figura 6.4 Documento para el cálculo específico del pavimento de la nueva terminal de contenedores, adjunto en el *Apéndice 1* del presente documento.

Finalmente, sobre el *Apéndice 1* del presente documento, se adjunta este documento íntegro, siendo objetivo del presente capítulo el resumen de los criterios de cálculos y resultados obtenidos.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

6.3.1 Criterios de diseño

En la elaboración del cálculo específico recogido en el *Apéndice 1*, se ha empleado la normativa o recomendaciones de referencia de cada uno de los criterios y elementos a tener en cuenta:

- Para el diseño del hormigón armado con fibras de acero: Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, Anejo 14 y ROM 4.1-18.
- Para el dimensionamiento del pavimento: *Technical report 34 "Concrete Industrial Ground Floors. A Guide to Design and Construction de la Concrete Society*, en combinación con la Instrucción EHE-08.

Así, a partir de la nombrada normativa de referencia junto con el criterio propio de los proyectistas, se resumen a continuación los criterios de cálculo y diseño del pavimento:

- Vida útil del pavimento: 25 años.
- Explanada y capa base: se tomará un $E_{v2} = 300$ MPa, de acuerdo a lo mencionado en el Apartado 6. A partir de correlaciones empíricas, se ha previsto un valor de CBR en torno a 20, el cual permite adoptar un valor de módulo de balasto de $k = 70$ MPa/m.
- Materiales:
 - Fibras de acero: Fibras metálicas Dramix 4D 80/60BG (ver Ficha Técnica contenida en el *Apéndice 1*), con una dosificación de 30 kg/m^3 .
 - Hormigón en masa para pavimento: HMF-40/A-3,13-3,67/P/20-60/IIIa+E. De acuerdo a su prescripción: se trata de un hormigón armado con fibras de acero, con una resistencia característica a compresión de 40 MPa, de consistencia plástica, con un tamaño máximo del árido de 20 mm, con unas resistencias características residuales a flexotracción a los 28 días, $f_{R,1,k}$ no inferior a 3,13 MPa y $f_{R,3,k}$ no inferior a 3,67 MPa. La longitud de la fibra Dramix 4D 80/60BG es de 60 mm.
- Cargas de cálculo: ya presentadas en apartado 4.1.5. A destacar las más restrictivas: Reach Stacker y apoyo de contenedores en el USO 1 y Reach Stacker al 60% y apoyo de contenedores vacíos en el USO 2.
- Parámetros de cálculo:
 - Resistencia característica a compresión del hormigón (f_{ck}) = 40 MPa.
 - Resistencia característica a flexotracción del hormigón ($f_{ctk,fl}$) = 5,0 MPa.
 - Resistencia residual a flexotracción $f_{R,K,1} = 3,13$ MPa
 - Resistencia residual a flexotracción $f_{R,K,3} = 3,67$ MPa
 - Resistencia media residual a flexotracción $f_{R,M,1} = 4,7$ MPa
 - Resistencia media residual a flexotracción $f_{R,M,3} = 5,5$ MPa
 - Resistencia media residual a flexotracción $f_{R,M,4} = 4,9$ MPa
 - Módulo de Young = 35.000 MPa.
 - Coeficiente de Poison = 0,2.
 - Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón (γ) = 1,5
 - Coeficientes de mayoración de las cargas:
 - Cargas estáticas = 1,2
 - Cargas dinámicas = 1,6



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

6.3.2 Resultados del cálculo específico

Finalmente, de los cálculos efectuados dan lugar a la siguiente propuesta de pavimentos:

- Para el USO 1:

SECCIÓN TIPO DE FIRME 1: zona de almacenamiento y viales interiores (USO 1)	
Espesor de la losa	35 cm
Distancia entre juntas	5,0 x 5,0 m
Tipo de hormigón	HMF-40/A-3,13-3,67/P/20-60/IIIa+E
Tipo de fibra	4D 80/60BG de Dramix®
Dosificación de fibra	30 kg/m ³

Así, en la Figura 6.5 se muestra el detalle de la sección de firme rígido prevista para la nueva terminal de contenedores:

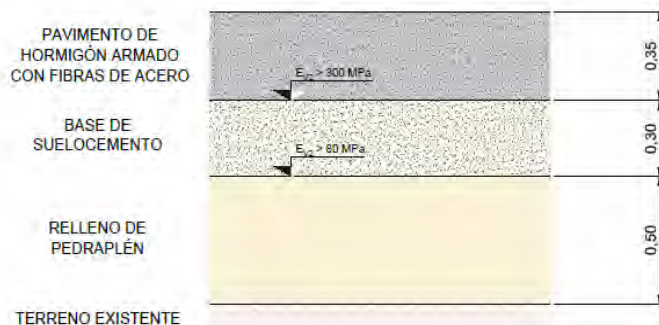


Figura 6.5 Propuesta de firmes de pavimento de hormigón armado con fibras metálicas para la nueva terminal de contenedores (Firme 1).

Como conclusión, con carácter específico para este tipo de firmes rígidos, se remarca que, de forma previa y con antelación suficiente para su revisión y aprobación por la Dirección Facultativa, la empresa contratista deberá presentar un plan de trabajo y hormigonado en el que se detallen los medios materiales y humanos concretos a utilizar, los plazos de extendido de la losa, definición y colocación de las juntas necesarias, tiempos de curado en previsión de las condiciones climatológicas y, en definitiva, todas aquellas operaciones que tengan relación con la propia ejecución de la losa de hormigón.



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

7 JUNTAS SOBRE EL PAVIMENTO

7.1 GENERALIDADES

El número y el tipo de juntas en un pavimento dependerán del método constructivo empleado, de las características geométricas y el diseño del propio elemento, siendo el método constructivo dependiente de estos últimos aspectos. Las juntas, por su propia naturaleza, podrán ser una fuente potencial de problemas dado que los límites de los paneles de las losas son especialmente vulnerables a los daños causados por el paso de maquinaria pesada, siendo las juntas más anchas especialmente susceptibles.

Las juntas son requeridas en los pavimentos de hormigón reforzado con fibras debido a dos factores fundamentales:

- Para mitigar las tensiones de tracción producidas por los procesos de contracción durante el curado del hormigón y/o los cambios bruscos de temperatura.
- Para hacer frente a las paradas operativas en la fase de construcción del pavimento.

Existen varias tipologías de juntas, principalmente en función de los movimientos permitidos al hormigón y de la forma de ejecución de dicha junta. La disposición en planta de los diferentes tipos de juntas vendrá determinada, fundamentalmente, por los equipos empleados por el Contratista para la ejecución del pavimento (rendimientos, dimensiones, ancho máximo de pavimentado, etc.), quien deberá elaborar un plano en planta donde se defina la secuencia de ejecución de las juntas y la disposición final de las mismas, de acuerdo con los medios de ejecución de los que disponga.

En el presente Proyecto, se prevé la ejecución de dos tipos de juntas principalmente: de construcción/dilatación y de contracción. Ambos tipos de juntas se dispondrán tanto en sentido longitudinal como transversal, con una separación máxima entre ellas de 40 metros en el primero de los casos, y formando una cuadrícula de 5 x 5 metros en el segundo.

7.2 ESPECIFICACIONES DE LAS JUNTAS POR LA ROM 4.1-18

Atendiendo al apartado 5.2.1 de la ROM 4.1-18, dedicado a las especificaciones propias de los pavimentos de hormigón vibrado, se presenta la siguiente recomendación: *“se proyectan juntas de hormigonado, que pueden ser de distinto tipo, entre bandas contiguas, procurando que la distancia entre juntas sea la misma en todos los casos, nunca mayor de 5 m y tratando también de que en la medida de lo posible no coincidan con las probables zonas de rodada.”*

En este sentido, se hace evidente la recomendación de que la distancia entre juntas deberá ser menor a 5 metros, con el fin de evitar fisuraciones procedentes de los fenómenos de retracción. Sin embargo, sobre el Apartado 5.2.4 de la ROM 4.1-18, se hace distinción de las mejores capacidades de los pavimentos de hormigón reforzados con fibras de acero:

“Las ventajas más importantes de este tipo de pavimentos con respecto a los de hormigón en masa son las siguientes:

- Mayor resistencia a la rotura, especialmente a flexión y mayor resistencia a la fatiga dinámica, por lo que se pueden disminuir espesores de las losas.

ÁMBITO- PREFIJO	CSV	FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO
GEISER	GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b	13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular
Nº registro	DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN	
REGAGE26e00002583305	https://run.gob.es/hsbIF8yLcR	



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

- Mayor resistencia al impacto, por lo que están especialmente recomendados para zonas de manipulación habitual de chatarra.
Mayor resistencia frente a fenómenos de desagregación de la superficie.
Se absorben y distribuyen mejor los esfuerzos debidos a la retracción, por lo que es posible aumentar el espaciamiento de las juntas en un 50 %.
Aumento de la durabilidad como consecuencia de la menor fisuración.

Así, según el cuarto punto, se identifica la posibilidad de aumentar la distancia entre juntas respecto a un pavimento básico de hormigón en masa (un 50% más). Además, se menciona la mayor durabilidad de las juntas.

De esta manera, como criterio general y, atendiendo a las recomendaciones expuestas por la ROM 4.1-18, se deberán proveer juntas siempre menores de 7,50 m.

7.3 DIMENSIONAMIENTO DE JUNTAS

Siguiendo los criterios mínimos establecidos previamente por la ROM 4.1-18 junto con otras normativas de referencia, así como la implementación de buenas prácticas y procedimientos habituales en este tipo de estructuras, se ha previsto la ejecución de los siguientes tipos de juntas: juntas de construcción y dilatación, y juntas de contracción. Como se ha indicado anteriormente, también se han definido las juntas longitudinales de contracción que puedan ser requeridas en función de la ejecución del pavimento.

Cabrá mencionar que, dada la influencia del método de ejecución, su rendimiento y las prescripciones del suministrador del material sobre el funcionamiento de las juntas, la presente propuesta de juntas para el pavimento deberá ser contrastada y validada por el Contratista, de acuerdo a la metodología de trabajo propuesta. De esta manera, la siguiente alternativa adquiere un carácter genérico y preliminar.

7.3.1 Juntas de construcción y dilatación

Este tipo de juntas vendrán condicionadas por el proceso de producción y ejecución, siendo sus dimensiones dependientes del ritmo de producción esperado. Esto es así dado que la función de estas juntas es mitigar los efectos de dilatación térmica del hormigón (mediante el libre desplazamiento del pavimento) y ofrecer la posibilidad de hacer paradas operativas en la ejecución. Así, las juntas longitudinales se harán coincidir con los anchos de trabajo previstos (si el extendido se produce por calles) y en las juntas de final de día.

Dado que, por definición, este tipo de juntas da lugar a losas independientes, se deberán implementar sistemas de transferencia de carga entre una losa y otra, manteniendo la condición del libre desplazamiento horizontal. Para ello, se propone la introducción de pasadores de acero, atravesando transversalmente la junta. Su superficie lisa permite el movimiento horizontal, al mismo tiempo que se solidarizan ambas losas conectadas al soportar cargas verticales (evitando asientos diferenciales).

Los pasadores estarán constituidos por barras de acero lisas, de 32 mm de diámetro y 50 cm de longitud, situados cada 30 cm. Los pasadores estarán cubiertos en toda su longitud con algún producto que impida su adherencia al hormigón. Además, los extremos de los pasadores



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

(o, al menos, uno de ellos) se protegerán con una caperuza rellena de material compresible que permita el movimiento horizontal. La abertura de las juntas deberá sellarse.

Se deberá prestar especial atención a la colocación de los pasadores en obra, dada la sensibilidad de su posición en el correcto funcionamiento de la junta. Los pasadores deberán situarse horizontales y perpendiculares al eje de la junta, no alterándose su posición durante el vertido y curado del hormigón. Si esto no ocurre, la junta quedará fijada, aumentando así el riesgo de que se produzcan fisuras en las proximidades de esta, o bien, una mayor abertura de la siguiente junta (convirtiéndose en una junta dominante).

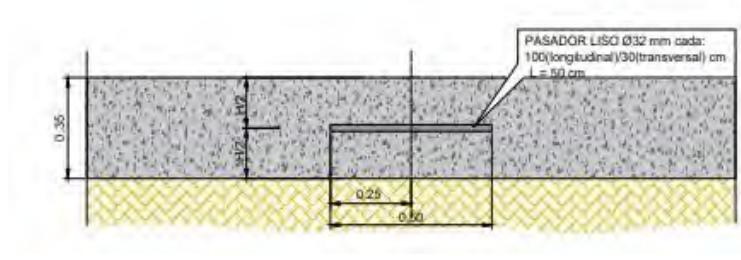


Figura 7.1 Detalle de juntas de dilatación.

7.3.2 Juntas de contracción

Las juntas de contracción se disponen en el sentido transversal y longitudinal, dando lugar a cuadrículas de 5 x 5 m. Serán las más habituales, siendo su función principal evitar los efectos de la contracción del hormigón durante el proceso de curado. Estas generarán una sección más débil por la que se controlará la fisuración, contornando los áridos gruesos y creando una superficie rugosa. Esto será efectivo siempre y cuando la abertura de las juntas sea de entre 4 y 5 mm. Si fuera necesario, se podría ensanchar ligeramente la parte superior.

Las juntas de contracción se ejecutarán mediante un corte en el hormigón endurecido, presentando una profundidad no inferior a 1/3 del espesor de la losa, y tendrán una abertura lo más reducida posible (entre 4-5 mm). Dichos cortes se realizarán tan pronto como sea posible, evitando el desportillado de los bordes, por lo general, con un tiempo comprendido entre 6 y 24 horas después del hormigonado, en función de la temperatura ambiente. A su vez, no será requerido el sellado de la junta.

Se cuidará especialmente de que no entren materiales en el interior de la junta, para ello, inmediatamente realizado el corte, se introducirá un cordel provisional hasta que se realiza el sellado.

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: https://run.gob.es/hsbIF8yLcR



AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

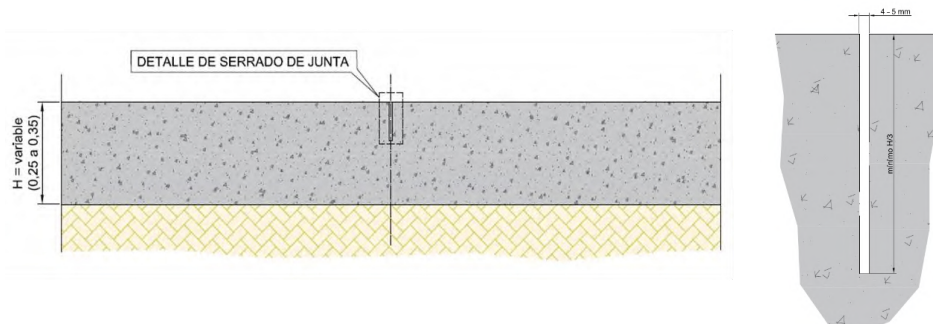


Figura 7.2 Detalle de juntas de contracción.

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: <https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>



NSCT INVESTMENTS, S.L.

**AMPLIACIÓN FASE 4 TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL
PUERTO DE SANTANDER**

ANEJO II: FIRMES Y PAVIMENTOS

APÉNDICE N°1
CÁLCULO ANALÍTICO DE LOS PAVIMENTOS
PORTUARIOS DE LA NUEVA TERMINAL DE
CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE
RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: <https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b



CÁLCULO ANALÍTICO DE LOS PAVIMENTOS PORTUARIOS DE LA NUEVA TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

Peticionario: BEKAERT

Autores del estudio: César Bartolomé Muñoz
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Colegiado nº 21.716

Rafael Rueda Arriete
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Colegiado nº 20.423

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular





ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO.....	3
2. NORMATIVA Y METODOLOGÍA EMPLEADA	5
3. PROGRAMAS DE CÁLCULO UTILIZADOS	6
4. EXPLANADA Y CAPA DE BASE	6
4.1 Capacidad de soporte de la explanada y de la capa de base	6
4.2 Módulo de balasto considerado para el cálculo del pavimento	12
5. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	13
5.1 Fibras de acero DRAMIX 4D 80/60BG	13
5.2 Hormigón armado con fibras de acero DRAMIX 4D 80/60BG	14
6. CARACTERIZACIÓN DE LAS CARGAS	17
6.1 Cargas transmitidas por el apilamiento de contenedores	18
6.2 Cargas transmitidas por los equipos de manipulación	20
7. CÁLCULO DEL FIRME	22
7.1 Criterios de cálculo	22
7.2 Cálculo del pavimento en la zona de almacenamiento de contenedores	29
7.3 Cálculo del pavimento en la zona de talleres.....	31
7.4 Espesores del pavimento	33
8. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS.....	33
9. APÉNDICE I	34

ANEJOS

ANEJO 1. RESULTADOS DE ENSAYOS EN CATAS Y PLACAS DE CARGA

ANEJO 2. FICHA TÉCNICA FIBRA DRAMIX 4D 80/60 BG

ANEJO 3. CÁLCULO REALIZADO POR BEKAERT PARA AMBAS ZONAS

ANEJO 4. GUÍAS TÉCNICA DE IECA SOBRE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y SUELOCEMENTO IN SITU





CÁLCULO ANALÍTICO DE LOS PAVIMENTOS PORTUARIOS DE LA NUEVA TERMINAL DE
CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: <https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

César Bartolomé Muñoz. I.C.C.P.
Rafael Rueda Arriete. I.C.C.P.

Página 2

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b



1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente informe se redacta a petición de la empresa BEKAERT, dentro de la colaboración que esta última mantiene con la empresa consultora de ingeniería OCEAN INFRASTRUCTURE MANAGEMENT, siendo sus autores, César Bartolomé Muñoz, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, con número de colegiado 21.716, y Rafael Rueda Arriete, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, con número de colegiado 20.423.

A finales de 2020, Boluda Maritime Terminals, S.A. resultó adjudicataria de la explotación de la nueva terminal de contenedores del Puerto de Santander, por un periodo de 40 años.

Dicha terminal se sitúa sobre la Dársena Norte de Raos, en la que, hasta la fecha y desde su construcción en la década de los años 80 del siglo pasado, se han desarrollado operaciones de almacenamiento de graneles sólidos. El cambio de uso de la terminal obliga a su reordenamiento y a su adecuación a las nuevas necesidades y cargas que operarán en las distintas zonas: contenedores llenos, contenedores vacíos y equipos de manipulación de los mismos.



Figura 1: Estado actual de la terminal

Gran parte de esa adecuación pasa por la demolición del pavimento actual y la construcción de un nuevo pavimento capaz de soportar las cargas, para lo cual se opta por la solución que se considera la óptima en este caso, constituida por un pavimento de hormigón con fibras metálicas.

El proyecto de dicha terminal fue adjudicado a la consultora de ingeniería Ocean Infrastructure Management, en adelante OIM, quien, dentro del reordenamiento mencionado, plantea inicialmente dos zonas diferenciadas, que pueden apreciarse en la figura 2, con las siguientes características:

- Zona de almacenamiento de contenedores con 5 alturas de apilamiento (sombreada en azul). Esta zona se ejecutará en dos fases, una primera de construcción inmediata y de superficie aproximada de 52.000 m², y una segunda, prevista para el año 2026.





CÁLCULO ANALÍTICO DE LOS PAVIMENTOS PORTUARIOS DE LA NUEVA TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: https://run.gob.es/hsbIF8yLcR

- Zona destinada a talleres y a la limpieza y reparación de contenedores (sombreada en verde), con apilamiento de contenedores vacíos y una superficie aproximada de 7.500 m². Su ejecución se acometerá también con carácter inmediato.

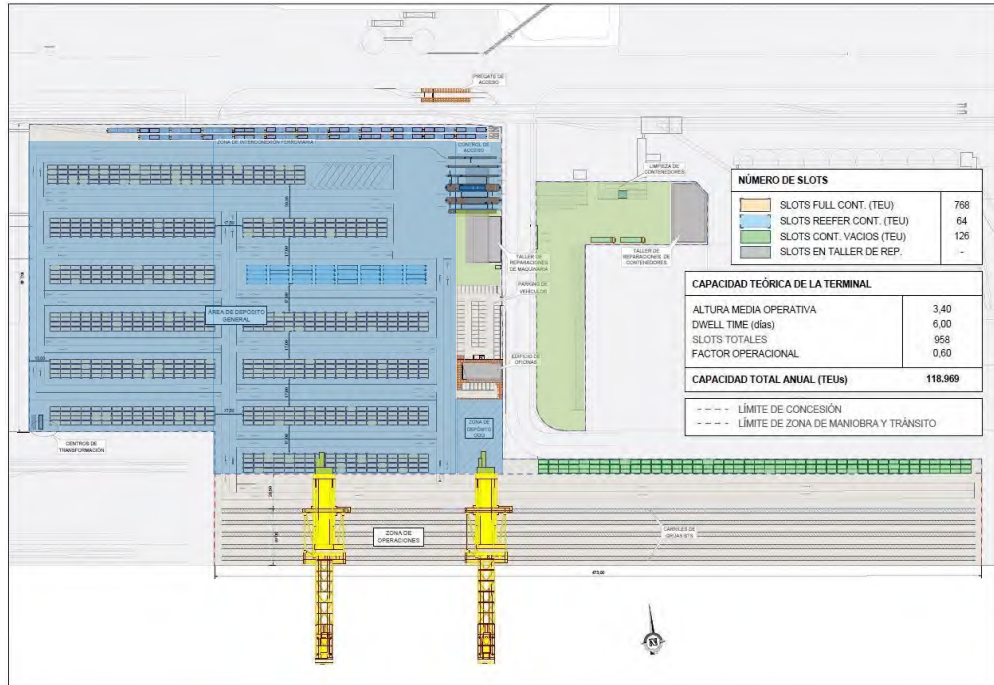


Figura 2: Zonas de actuación en la terminal sobre la Dársena Norte de Raos

Según la información inicial proporcionada por OIM, el firme existente en ambas zonas está constituido por una solución flexible compuesta por capas de mezclas bituminosas de espesor variable, que se apoyan sobre capas de zahorra artificial, que a su vez descansan sobre un suelo seleccionado y todo ello apoyado sobre los rellenos de la dársena, los cuales, a efectos de este informe se consideran consolidados, según nos traslada OIM y según resulta lógico pensar a la vista del uso anterior de la terminal, el acopio de graneles sólidos. El esquema de los firmes existentes en las distintas zonas de la terminal se puede ver en la figura siguiente:

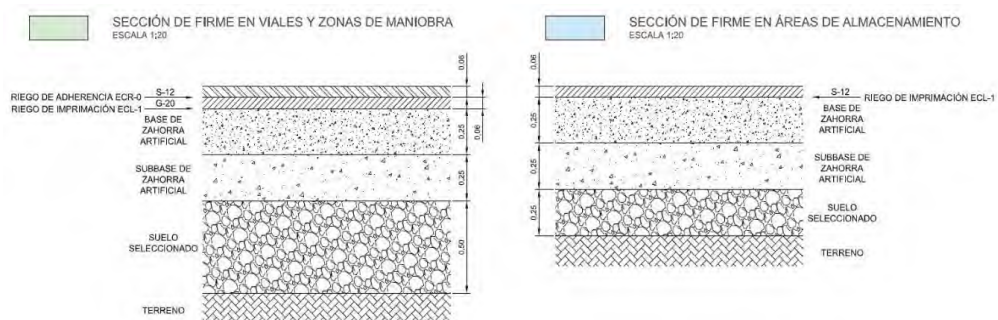


Figura 3: Firme existente actualmente en las distintas zonas de la terminal





El objeto del presente informe es el cálculo del pavimento de hormigón armado con fibras metálicas DRAMIX 4D 80/60BG, en cada una de las zonas diferenciadas, para resistir las cargas a las que van a verse sometidos.

El proyecto y construcción de pavimentos portuarios en España viene recogido en las Recomendaciones ROM 4.1-2018. Con dicho documento se puede realizar un dimensionamiento relativamente sencillo mediante el empleo de catálogos de secciones previamente establecidas. Sin embargo, dichas recomendaciones plantean también la posibilidad de recurrir a un cálculo analítico debidamente justificado para determinar los espesores de las capas de los pavimentos, lo que puede permitir la optimización de los mismos.

Conviene hacer hincapié en este punto, en que los espesores de los pavimentos calculados en el presente informe sólo son válidos con las fibras mencionadas (DRAMIX 4D 80/60BG), no siendo adecuados en el caso de empleo de cualquier otro tipo de fibra metálica.

Adicionalmente y con carácter complementario y no vinculante, el presente informe incluye una serie de recomendaciones para el diseño y la ejecución de la capa de base sobre la que apoyará el pavimento de hormigón con fibras metálicas, a la que deberá exigirse una capacidad de soporte mínima acorde con lo establecido en las recomendaciones ROM 4.1-2018. Además, se plantearán posibles soluciones a las capas inferiores (coronación de explanada o subbase), en caso de ser necesario. Y todo ello, intentando obtener el máximo aprovechamiento de los materiales existentes en la propia obra, con el fin de conseguir la optimización de los recursos, tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista medioambiental.

Por último, se realizarán una serie de recomendaciones constructivas de buena práctica sobre el propio pavimento de hormigón con fibras metálicas, a fin de conseguir la máxima calidad.

2. NORMATIVA Y METODOLOGÍA EMPLEADA

En la elaboración del presente informe se utiliza la siguiente normativa o recomendaciones de referencia:

- Para el diseño del hormigón armado con fibras: Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 de acuerdo con su Anejo 14 y las Recomendaciones para Obras Marítimas ROM 4.1-18.
- Para el dimensionamiento del pavimento:
 - A flexión: Technical Report 34 "Concrete Industrial Ground Floors. A guide to design and construction", de la Concrete Society (4ª Edición).
 - A punzonamiento: Technical Report 34 "Concrete Industrial Ground Floors. A guide to design and construction", de la Concrete Society (4ª Edición), en combinación la Instrucción EHE-08, de acuerdo con lo indicado en el punto 7.1 del presente informe¹.
 - A cargas concentradas: Instrucción EHE-08, de acuerdo con lo indicado en el punto 7.1 del presente informe.

El TR34 utiliza una metodología mecanicista en base a la teoría planteada por Westergaard, en la que se considera el pavimento de hormigón como una losa apoyada en una base elástica

¹ El TR34 utiliza para el dimensionamiento del firme frente a esfuerzos de punzonamiento lo establecido en el Eurocódigo-2. Al tratarse de un puerto en territorio español, emplearemos el criterio recogido en Instrucción EHE-08. Ambos criterios, aunque diferentes en su formulación, pueden considerarse estructuralmente equivalentes, proporcionando un nivel de fiabilidad similar.





(modelizada como un conjunto de muelles), de manera que dicha losa acompaña a la base en su deformación, bajo la aplicación de las cargas. Esta teoría establece las siguientes hipótesis:

- Se considera que la losa de hormigón es de espesor uniforme y que se comporta como un sólido elástico lineal, homogéneo e isotrópico, caracterizado mecánicamente por su módulo de elasticidad y su coeficiente de Poisson.
- La losa se apoya sobre una base ideal que ejerce, en cada uno de sus puntos, una reacción vertical proporcional al desplazamiento vertical del mismo (macizo de Winkler).
- Esta base ideal se comporta como un conjunto de muelles con una rigidez k que constituye la constante de proporcionalidad entre la presión aplicada en cada punto y su desplazamiento vertical. A la constante k se le conoce como módulo de balasto o módulo de reacción del terreno y se puede determinar mediante la realización de ensayos de carga con placa.

Como se ha mencionado anteriormente, el objeto del presente informe es optimizar las secciones de los pavimentos en las distintas zonas del proyecto, respecto de las que se obtendrían por aplicación directa de la ROM 4.1-18 mediante el dimensionamiento basado en catálogos. Por ello, para conocer la importancia de dicha optimización, se incluye en el presente informe, en su apartado 7, el dimensionamiento mencionado según los catálogos de la ROM 4.1-18.

3. PROGRAMAS DE CÁLCULO UTILIZADOS

Para el cálculo del pavimento a punzonamiento, se utilizará el Prontuario Informático del Hormigón Estructural del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA), en su versión 3.1.9.

El resto de los cálculos se realizan mediante la aplicación directa de la formulación expresada en el TR-34, a través de hojas de cálculo ordinarias programadas ad hoc para este trabajo.

4. EXPLANADA Y CAPA DE BASE

4.1 Capacidad de soporte de la explanada y de la capa de base

Tal y como indica la ROM 4.1-18 en la introducción de su **CAPÍTULO IV. RELLENOS Y EXPLANADAS**: *“Uno de los principales condicionantes en el comportamiento estructural de un firme es la capacidad de soporte de los materiales subyacentes. No sólo la parte superior de esos materiales tiene influencia en dicho comportamiento, sino que influyen también las características de materiales que se encuentran a varios metros de profundidad.”*

En pavimentación portuaria los materiales por debajo del firme se distinguen en fondo, rellenos y coronación, siendo la explanada la superficie superior de dicha coronación sobre la que se apoya el firme.

En nuestro caso, en lo relativo a los rellenos, tal y como nos traslada OIM y como es de esperar al tratarse de una terminal en servicio hace más de 40 años, dedicada al almacenamiento de graneles sólidos, dichos rellenos se suponen consolidados.

Para determinar la capacidad de soporte del terreno existente a la cota aproximada de la futura explanada, se plantea una batería de calicatas y de ensayos de carga con placa a dicha cota. Sin embargo, debido a que la rasante del futuro pavimento se encuentra muy por debajo de la cota de la rasante del pavimento actual, lo que dificulta la realización de dichos ensayos de carga con placa a cotas tan profundas, finalmente se realizan los ensayos a una cota más superficial y aproximadamente coincidente con la capa de apoyo del futuro pavimento de hormigón.





De las calicatas y sondeos realizados en distintos puntos de la terminal se observa la estructura de las distintas capas que actualmente conforman el firme, la coronación y los rellenos existentes. Dicha estructura está constituida por una capa superior de pavimento de bituminoso, de espesor variable, apoyado sobre una o dos capas de zahorra artificial, que apoyan a su vez sobre un espesor variable de un suelo seleccionado, descansando éste sobre los rellenos procedentes de dragado. Dichos rellenos son de dos tipos, arenosos o arcillosos. Los primeros, es decir, los **rellenos arenosos**, son los mayoritarios en la terminal, a la vista de los sondeos realizados, estando éstos clasificados como **suelos tolerables**. Los **rellenos arcillosos**, los cuales sólo se han detectado en algunas de las muestras extraídas, se clasifican como **suelos inadecuados**. En la siguiente imagen podemos ver el esquema de los distintos estratos actualmente existentes.

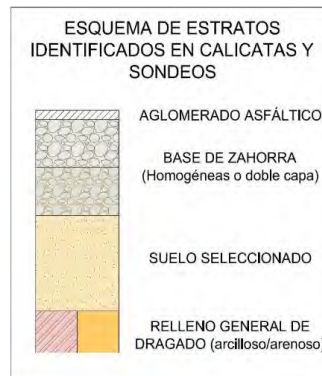


Figura 4: Esquema de estratos existentes actualmente en la terminal

En cuanto al número de calicatas y ensayos de carga con placa, se han realizado un total de 10, distribuidos por toda la superficie de la terminal, de manera que abarquen todas las zonas, tal y como se aprecia en el plano de planta que se muestra a continuación.

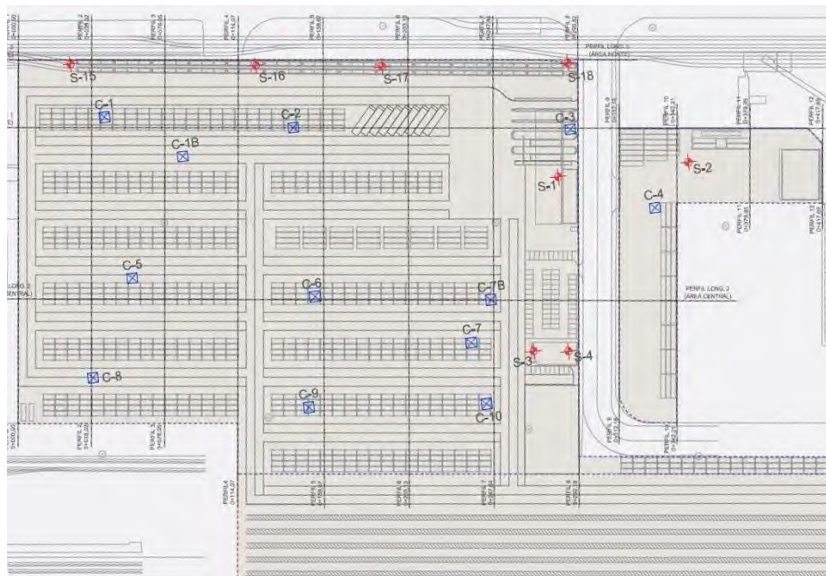


Figura 5: Situación de calicatas, placas de carga y sondeos





En la tabla que se recoge a continuación, se resumen los datos más importantes de los ensayos de carga con placa de 600 mm llevados a cabo. Todos ellos se han realizado a la cota aproximada a la que apoyará el pavimento de hormigón armado con fibras.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
Coordenada X	433.468,00	433.565,00	433.704,88	433.735,61	433.662,00	433.559,59	433.654,73	433.443,56	433.550,00	433.647,00
Coordenada Y	4.810.830,00	4.810.819,00	4.810.802,93	4.810.759,53	4.810.762,00	4.810.734,23	4.810.722,69	4.810.702,04	4.810.683,00	4.810.671,00
Rasante actual	4,16 m	4,11 m	3,78 m	3,54 m	3,50 m	4,23 m	4,40 m	3,91 m	3,60 m	3,79 m
Rasante proyecto	3,61 m	3,61 m	3,61 m	3,53 m	3,70 m	3,62 m	3,62 m	3,61 m	3,63 m	3,63 m
Espesor aproximado losa proyectada	35 cm	35 cm	35 cm	20 cm	35 cm	35 cm	35 cm	35 cm	35 cm	35 cm
Cota teórica ensayo	-0,90 m	-0,85 m	-0,52 m	-0,21 m	-0,15 m	-0,96 m	-1,13 m	-0,65	-0,32 m	-0,51 m
Cota real ensayo	-0,85 m	-0,88 m	-0,50 m	-0,20 m	-0,30 m	-0,92 m	-0,50	No realizada	-0,30 m	-0,50 m
Estrato	Relleno arcilloso	Relleno general	Zahorra/ seleccionado	Zahorras	Zahorras	Relleno general	Zahorras	--	Zahorra/ suelo	Zahorra/ suelo
Módulo compr. Ev1	13 MPa	33 MPa	49 MPa	68 MPa	74 MPa	54 MPa	80 MPa	-- MPa	77 MPa	-- MPa
Módulo compr. Ev2	26 MPa	84 MPa	138 MPa	185 MPa	236 MPa	116 MPa	262 MPa	-- MPa	231 MPa	-- MPa
Ev1/Ev2	2,0	2,5	2,8	2,7	2,0	2,1	3,3	--	3,0	--

Tabla 1: Resumen de los resultados de los ensayos de carga con placa

Como puede apreciarse, estos ensayos presentan una heterogeneidad importante, con valores del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga del ensayo Ev2, que oscilan entre los 26 MPa y los 236 MPa. Se descarta la placa PC7, al haberse realizado a una profundidad muy superior a la de la cota teórica de apoyo del pavimento.

Las ROM 4.1-18 exige que la capa de base sobre la que se apoye el pavimento asegure en su superficie un módulo de compresibilidad Ev2 mínimo de 300 MPa. Por tanto, en este caso será necesario realizar un tratamiento de dicha base y de la explanada, a fin de conseguir la capacidad de soporte exigida para el apoyo del pavimento.

Por otra parte, la ROM 4.1-18 señala en su apartado 4.3 EXPLANADAS, lo siguiente:

“La explanada se define como la superficie de la coronación del relleno sobre la que se apoya directamente el firme. El espesor de esta coronación ha de ser como mínimo de 1 m (diferencia entre la cota de explanada y la del relleno antes de empezar la extensión de la coronación)”

Esta condición no se cumple en la mayor parte de las calicatas realizadas, por lo que, en un principio, sería necesario la sustitución de parte de los rellenos por materiales de cierta calidad (según lo indicado en el apartado 4.3.2. *Materiales en coronación de explanadas* de la ROM 4.1-18), en la profundidad necesaria para cumplir lo indicado en el párrafo anterior. No obstante, a fin de optimizar la solución desde el punto de vista económico y medioambiental, se propone, para la formación de la explanada, la ejecución de una o dos capas de suelo estabilizado in situ, en función





de si el tipo de relleno existente es arenoso o arcilloso. Con esta solución se pretende evitar la excavación y el transporte a vertedero de un volumen considerable de los materiales de relleno, pasando de una profundidad de excavación de 1 m a una profundidad máxima de sólo 30 cm en el peor de los casos, es decir, en el caso de rellenos arcillosos.

Solución propuesta para la coronación de la explanada en el caso de rellenos arenosos

Los rellenos arenosos se clasifican en el estudio geotécnico realizado como suelos tolerables. Por ello, dada la aptitud de estos suelos para ser estabilizados se propone, en este caso, la estabilización de la capa superior de dichos rellenos en un espesor mínimo de 35 cm, conformando una única capa que constituirá la coronación, evitando así la excavación y transporte a vertedero de un importante volumen de material. El tipo de conglomerante a emplear, cal o cemento, se determinará durante la ejecución de obra, mediante los ensayos de dosificación correspondientes. En cualquier caso, se buscará obtener, como mínimo, un suelo estabilizado tipo S-EST2, según el artículo 512 del Pliego PG-3, con un contenido mínimo de conglomerante del 3%.

De esa manera podremos conformar una explanada lo suficientemente competente para conseguir una capacidad de soporte mínima que supere, en todos los puntos, un valor del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo del ensayo de carga con placa, $Ev2 \geq 80$ MPa.

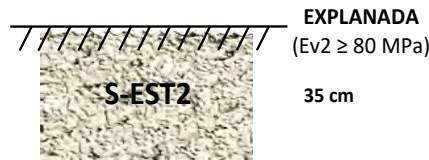


Figura 6: Propuesta de capa de coronación para la formación de la explanada en el caso de rellenos arenosos

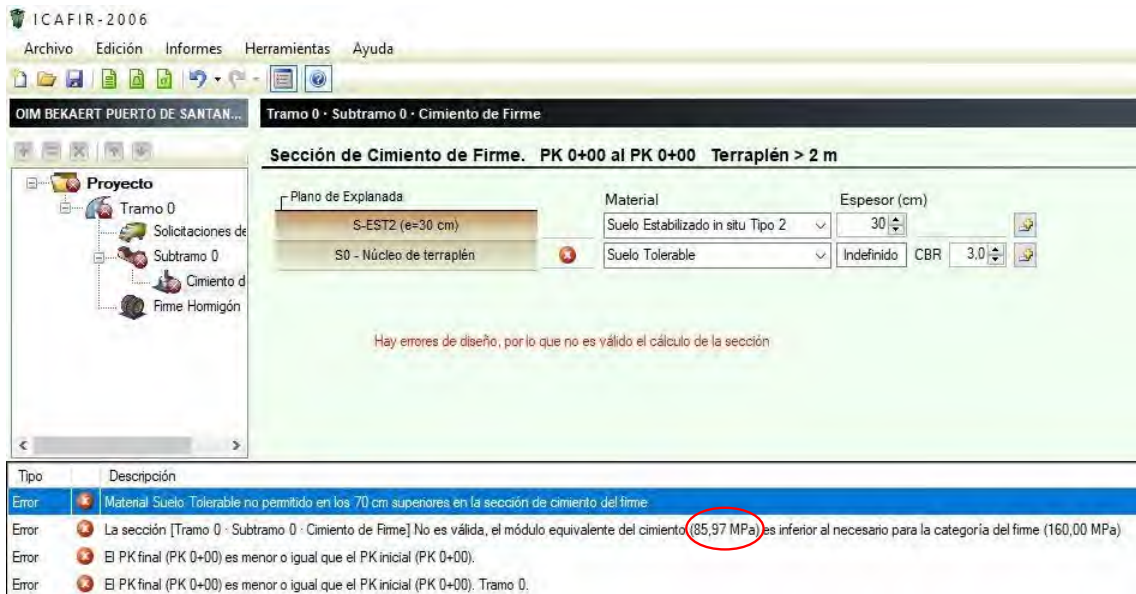


Figura 7: Capacidad de soporte obtenida mediante 30 cm de un S-EST2, partiendo de un suelo tolerable con CBR 3

Como puede apreciarse en la imagen anterior, con un espesor mínimo de 30 cm obtendríamos una capacidad de soporte $Ev2 > 80$ MPa, no obstante, se recomienda estabilizar un espesor ligeramente superior, en torno a los 35 cm, dada la heterogeneidad de los materiales.





Solución propuesta para la coronación de la explanada en el caso de rellenos arcillosos

Los rellenos arcillosos se clasifican como suelos marginales. Estos suelos también son susceptibles de estabilizar, pudiendo obtener suelos estabilizados del tipo S-EST1 y S-EST2 y siendo por lo general la cal el conglomerante más adecuado, capaz de neutralizar la plasticidad del suelo floculando las partículas de arcilla e incrementando notablemente el CBR.

Por ello, en la primera de las capas estabilizadas (la más profunda), se realizará la estabilización del propio material de relleno, en un espesor de 30 cm, utilizando como conglomerante la cal (no obstante, esta cuestión deberá confirmarse mediante los ensayos de dosificación durante la obra). En cualquier caso, se buscará obtener, como mínimo, un suelo estabilizado S-EST1, según el artículo 512 del PG-3, cumpliendo también, en cualquier caso, un contenido mínimo de conglomerante del 3% debido al contenido de materia orgánica detectado en alguna de las muestras. Sobre dicha primera capa se dispondrá una segunda capa estabilizada con cemento, también de 30 cm de espesor, empleando para ello el material procedente del fresado del firme existente, a fin de conseguir un suelo estabilizado S-EST3, según el mencionado artículo 512 del PG-3.

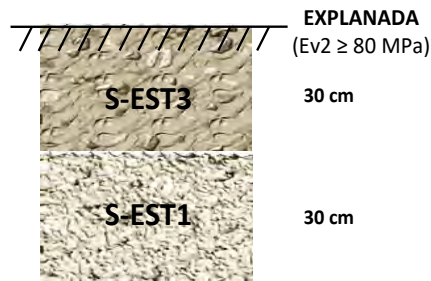


Figura 8: Propuesta de capas de coronación para la formación de la explanada

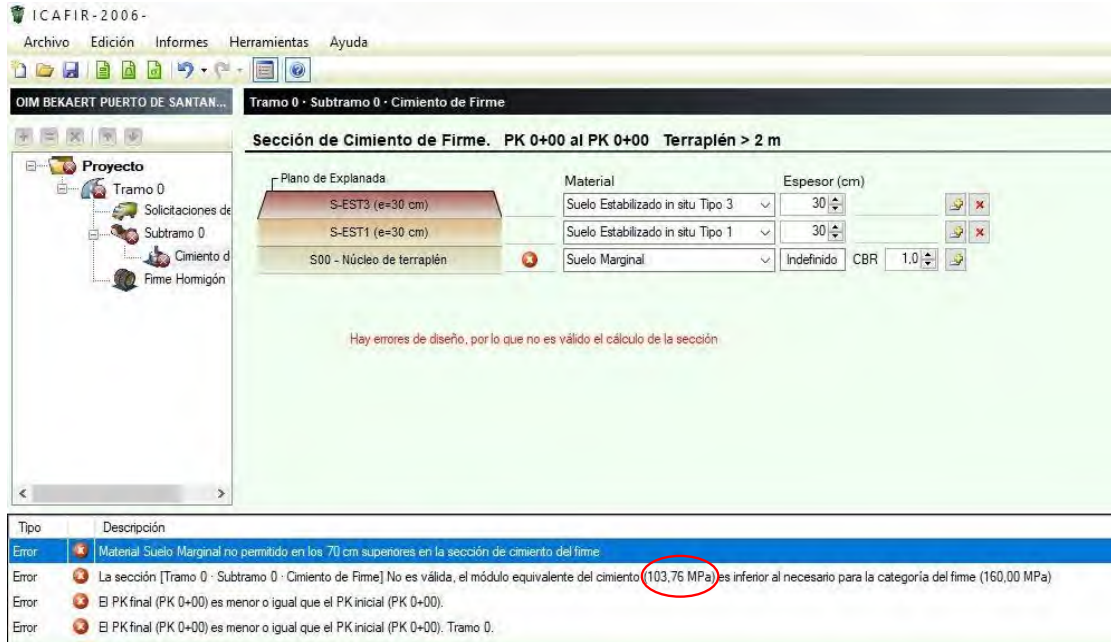


Figura 9: Capacidad de soporte obtenida mediante 30 cm de un S-EST3, apoyado sobre 30 de un S-EST1, a partir de un suelo inadecuado





De esa manera podremos conformar una explanada lo suficientemente competente para conseguir una capacidad de soporte mínima que supere en todos los puntos un valor del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo del ensayo de carga con placa, $Ev2 \geq 80$ MPa.

Solución propuesta para la capa de base del pavimento de hormigón

A partir de una explanada con un módulo $Ev2 \geq 80$ MPa, si disponemos encima de la misma una capa de base de 30 cm de suelo estabilizado con cemento, podemos aumentar la capacidad de soporte por encima de los 300 MPa ($Ev2 \geq 300$ MPa), según lo indicado en la *Figura 4.3. Mejora del módulo de compresibilidad de la explanada utilizando suelo estabilizado con cemento* de la ROM 4.1-18. En concreto, dicha tabla arroja un valor de 307,03 MPa para el caso de 30 cm de espesor del suelo estabilizado sobre una explanada con $Ev2 = 80$ MPa.

Dado que la rasante del firme existente se sitúa muy por encima de la rasante del futuro firme de hormigón, se puede disponer de un importante volumen de material sobrante de calidad (fresado de la mezcla bituminosa, zorra artificial y suelo seleccionado), que nos servirá para conformar la capa estabilizada con cemento a disponer entre la explanada y el pavimento de hormigón. Debido a la calidad de dicho material disponible y para tener un mayor grado de seguridad a la hora de alcanzar la capacidad de soporte exigida bajo dicho pavimento, se recomienda que dicha base esté constituida por un suelocemento según el artículo 513 del Pliego PG-3 (resistencia a compresión a 7 días superior a 2,5 MPa), pero ejecutado in situ mediante la misma técnica empleada en la estabilización de suelos (recogida en el artículo 512 del Pliego PG-3).

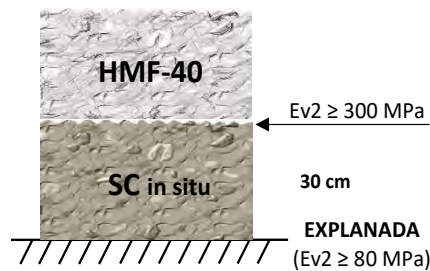


Figura 10: Propuesta de capa de base del pavimento de hormigón

Dada la heterogeneidad mencionada de los resultados obtenidos en los ensayos de carga con placa, se recomienda, una vez rebajado el material hasta la cota de apoyo del pavimento de hormigón, así como en la compactación de cada una de las capas, el empleo de rodillos con compactómetro, que constituyen un sistema muy fiable para el control de la capacidad de soporte de todos los puntos de la superficie compactada, lo cual es imposible tener en el caso de las placas de carga, dado que éstas sólo nos proporcionan datos de los puntos de aplicación del ensayo.

En cuanto a la demolición de los materiales del firme existente, se recomienda el empleo de una recicladora-trituradora compuesta por un tambor de picas de acoplamiento a tractor. Este sistema permite fabricar una zorra in situ, alcanzándose rendimientos mucho más elevados que los que se pueden conseguir con los medios tradicionales de demolición. Además, al permitir la fabricación, durante el proceso de demolición, de una zorra artificial, nos permite disponer de material de calidad susceptible de ser utilizado en la obra.





Figura 11: Recicladora-trituradora

Resumen soluciones propuestas

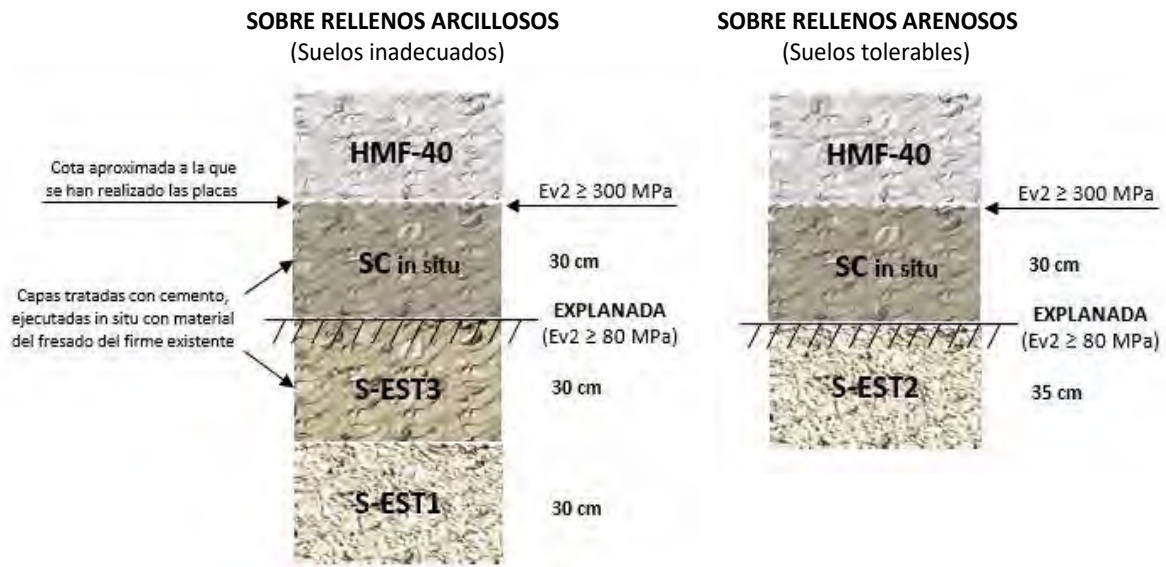


Figura 12: Propuesta de firme y de capas de coronación de la explanada en el caso de rellenos arcillosos (izqda.) y en el caso de rellenos arenosos (dcha.)

4.2 Módulo de balasto considerado para el cálculo del pavimento

Para el cálculo del pavimento de hormigón armado con fibras emplearemos el valor del módulo de balasto (también conocido como módulo de reacción o módulo de Winkler), que es el parámetro que define la capacidad de soporte de la capa de apoyo del pavimento, siendo el utilizado en la mayoría de los métodos de cálculo. Este valor del módulo de balasto puede obtenerse a través de ensayos de carga con placa, o bien, a falta de estos ensayos, mediante su correlación con otras características del terreno, como el índice CBR.

En la figura que se muestra a continuación, obtenida de la Portland Cement Association y recogida en el “Manual de Pavimentos Industriales” del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA), podemos obtener el valor del módulo de balasto en función del CBR.



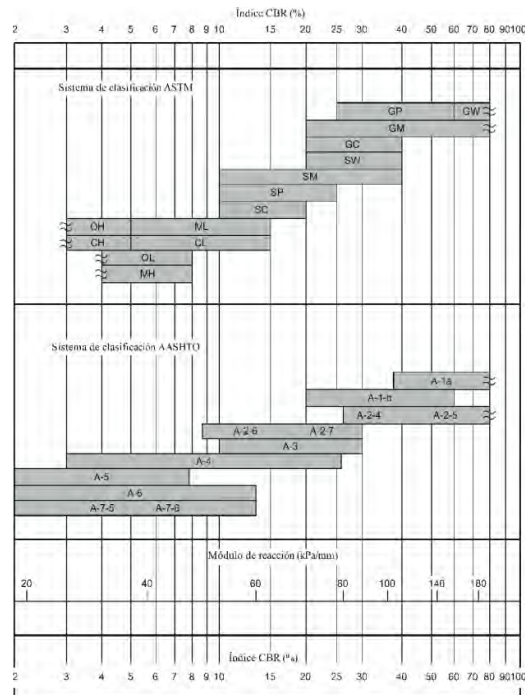


Figura 13: Capacidad de soporte de distintos suelos. Relación entre el CBR y el módulo de balasto (Fuente: Portland Cement Association)

En nuestro caso podemos considerar, del lado de la seguridad, que una explanada o capa de apoyo con $E_v \geq 300$ MPa equivale a valores de CBR en torno a 20, por lo que parece razonable, a la vista de la figura anterior, adoptar un valor del módulo de balasto $k = 70$ MPa/m, para dicho apoyo.

En el mencionado “Manual de Pavimentos Industriales” de IECA se menciona, en su apartado 3.2.3 Tipos de explanada, lo siguiente:

“La Instrucción de secciones de firme de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento clasifica las explanadas en tres grupos, en función del valor mínimo de su índice CBR:

- E1 $5 \leq CBR < 10$ ($35 \leq k < 55$)
- E2 $10 \leq CBR < 20$ ($55 \leq k < 70$)
- E3 $CBR \geq 20$ ($k \geq 70$)”

5. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

5.1 Fibras de acero Dramix 4D 80/60BG

El hormigón que se utilizará en el pavimento de la nueva terminal de la dársena Norte de Raos, será un hormigón armado con fibras metálicas Dramix 4D 80/60BG, conformes con la norma europea EN 14889-1 y con la dosificación adecuada de manera que se garanticen las prestaciones recogidas en el apartado siguiente.

Las fibras Dramix 4D 80/60BG son fibras con anclaje optimizado, que proporcionan un control óptimo de la fisuración del hormigón sometido a cargas estáticas, dinámicas y a cargas de fatiga.





Las características de las fibras Dramix 4D 80/60BG a emplear en el pavimento se resumen en la tabla siguiente:



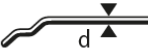
PROPIEDAD DE LA FIBRA	FIBRA 80/60BG
Extremos 	Conformados con geometría 4D
Longitud (mm) 	60 mm
Diámetro (mm) 	0,75 mm
Ratio de esbeltez (l/d)	80
Resistencia nominal a la tracción (MPa)	1.800 MPa
Módulo de Young (MPa)	210.000 MPa

Tabla 2: Características de las fibras utilizadas como refuerzo del hormigón

Como ya se ha comentado en el apartado de introducción, el cálculo del pavimento de hormigón armado con fibras recogido en el presente informe se realiza con los parámetros correspondientes a las fibras Dramix 4D 80/60BG, y, por tanto, no resulta válido en el caso de empleo de un tipo de fibra distinto. Del mismo modo, tampoco serán válidas las recomendaciones sobre el diseño del hormigón y algunas de las recomendaciones aportadas sobre su puesta en obra.

5.2 Hormigón armado con fibras de acero Dramix 4D 80/60BG

El diseño del hormigón armado con fibras a emplear en los pavimentos de la terminal objeto del presente informe se ajustará a lo establecido en la Instrucción EHE-08 en materia de durabilidad y en las Recomendaciones para el Proyecto y la Construcción de Pavimentos Portuarios ROM 4.1-18.

El diseño del hormigón está sujeto a dos tipos de requisitos, los relacionados con sus prestaciones de durabilidad y los relacionados con sus prestaciones mecánicas.

5.2.1 Requisitos de durabilidad

Al tratarse de un hormigón armado con fibras de acero, el diseño del hormigón debe ser tal que proteja dichas fibras frente a la corrosión por cloruros². De acuerdo con la Instrucción EHE-08, el pavimento de la terminal estará sometido a una clase general de exposición ambiental IIIa de corrosión por cloruros de origen marino aérea, y a una clase específica de exposición E de erosión (ver tablas 8.2.2 y 8.2.3.a de dicha Instrucción). Además, debe satisfacer una vida útil mínima de 25 años, según lo indicado en el apartado 1.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN de la ROM 4.1-18.

Las exigencias de durabilidad de la Instrucción EHE-08 se traducen en la obligatoriedad de cumplir, como mínimo, los siguientes criterios de diseño según las clases de exposición:

- Mínimo contenido de cemento (tabla 37.3.2.a de la EHE-08): 300 kg/m³ de hormigón.

² Aunque existen estudios que han demostrado que los hormigones con fibras de acero no muestran problemas de deterioro graves por motivos de la corrosión de las fibras y que la Instrucción EHE-08 no prescribe en el apartado 37.2.8 de su anejo 14, ningún tipo de recomendación especial para los ambientes IIIa, será necesario aplicar las prescripciones que marca dicha Instrucción en materia de contenido mínimo de cemento y relación A/C para dicho ambiente IIIa.





- Máxima relación agua/cemento (tabla 37.3.2.a de la EHE-08): 0,5
- Resistencia mínima característica a compresión (tabla 37.3.2.b de la EHE-08): 30 MPa

Adicionalmente, la ROM 4.1-18 recomienda la utilización de hormigones con un contenido mínimo de cemento de 300 kg/m³ y una relación ponderal agua/cemento (A/C) no superior a 0,46, siendo esta última exigencia completamente necesaria para reducir la fisuración por retracción plástica inicial y para extendidos con extendedoras de encofrados deslizantes.

5.2.2 Requisitos mecánicos

El hormigón del pavimento estará sometido a los siguientes tipos de esfuerzos mecánicos:

- Esfuerzos de flexión, provocados por el apilamiento de contenedores y por los equipos de transporte y manipulación de los mismos.
- Esfuerzos de punzonamiento, provocados por el apilamiento de contenedores.
- Esfuerzos de compresión, provocados por el apilamiento de contenedores.
- Fatiga, provocada por el paso repetido de los equipos de transporte y manipulación de contenedores.

Adicionalmente, el firme estará sometido a cargas térmicas e higrométricas y también a esfuerzos superficiales provocados por el frenado y la aceleración de los equipos de manipulación de contenedores.

Por ello, el hormigón a emplear en la ejecución del pavimento deberá ser tal que garantice la resistencia a flexión de las losas, a punzonamiento, a compresión excesiva y a fatiga, garantizando además la resistencia al desgaste superficial por la abrasión o erosión.

5.2.3 Prescripción del hormigón

De acuerdo con los requisitos establecidos en los dos apartados anteriores, se prescribe el siguiente hormigón para el pavimento de la terminal de la Dársena Norte de Raos, para las dos zonas definidas en el punto 1 del presente informe:

HMF – 40 / A-3,13-3,67 / P / 20-60 / IIIa + E

Se trata de un hormigón armado con fibras de acero, con una resistencia característica a compresión de 40 MPa, de consistencia plástica³ (asiento comprendido entre 2 y 6 cm según UNE-EN 12350-2), con un tamaño máximo del árido de 20 mm, con unas resistencias características residuales a flexotracción a los 28 días, $f_{R,1,k}$ no inferior a 3,13 MPa y $f_{R,3,k}$ no inferior a 3,67 MPa. La longitud de la fibra DRAMIX 4D 80/60BG es de 60 mm.

La resistencia característica a flexotracción a 28 días del hormigón, referida a probetas prismáticas de sección cuadrada, de 15 cm de lado y 60 cm de longitud, fabricadas y conservadas en obra según UNE-EN 12390-2, será de 5,0 MPa.

A continuación, se exponen los motivos de esta prescripción del hormigón:

³ El empleo de fibras en hormigón puede provocar una pérdida de docilidad, cuya magnitud suele depender del tipo y longitud de la fibra empleada, así como de la cuantía de fibras dispuesta. Este factor debe considerarse especialmente al solicitar la consistencia del hormigón en el caso de adición de fibras en obra. Para la ejecución del pavimento, se considera adecuada una consistencia plástica, pero si la fibra se dosifica en la obra, esta cuestión se deberá tener en cuenta a la hora de fijar la consistencia del hormigón en el momento de su salida de la planta.





- Se exige la utilización de un hormigón armado con fibras, ya que nos permite una optimización de los espesores respecto de la solución de hormigón en masa, presentando además un mejor comportamiento a flexotracción postfisuración. Por otra parte, los hormigones con fibras metálicas son capaces de absorber las tracciones provocadas por la retracción del hormigón a edades tempranas o por las deformaciones térmicas e higrométricas a los que está sometido el pavimento. Según el apartado 7.3.9. *Pavimentos de hormigón armado con fibras* de la ROM 4.1-18: “Las fibras se incorporarán a la masa del hormigón en alguna de las fases del amasado con una dotación no inferior en ningún caso a 30 kg/m³.”
- Se exige una resistencia característica a compresión de 40 MPa para soportar los elevados esfuerzos de compresión a los que va a estar sometido el pavimento debido al apilamiento de 5 alturas de contenedores y también para evitar el desportillado de las juntas al paso de los vehículos de manipulación de los mismos.
- Se exige una resistencia característica a flexotracción de 5,0 MPa para garantizar que el hormigón es capaz de resistir los esfuerzos de flexión a los que va a estar sometido el firme y para mejorar su comportamiento a fatiga.
- El empleo de fibras de acero garantiza además una mayor resistencia a la erosión y a impactos sobre el hormigón, frente al potencial riesgo de caídas de contenedores, arrastres, etc.
- Se exige un hormigón con un comportamiento denominado “strain hardening” porque mejora el comportamiento del pavimento a flexotracción y especialmente a fatiga, lo que es esencial en un pavimento portuario.

Este tipo hormigón, cuyo comportamiento se denomina en la bibliografía técnica como “*strain hardening*”, se caracteriza porque incrementa su resistencia a flexotracción a medida que la deformación aumenta, mejorando el comportamiento de los pavimentos a dichos esfuerzos de flexotracción y especialmente a fatiga, lo que es esencial en un pavimento portuario.

La siguiente figura muestra el diagrama tipo *resistencia residual-abertura de fisura* de acuerdo con el ensayo UNE-EN 14651 para un hormigón convencional. El hormigón que se rige por este tipo de comportamiento se denomina “*strain softening*”, en el que la carga pico (F_L) se alcanza en el punto en el que la matriz de hormigón se fisura y a partir de ese punto, la capacidad mecánica de la sección se reduce a medida que la deformación y la abertura de fisura crecen. Así, F_1 es menor que F_L y F_4 es menor que F_1 .

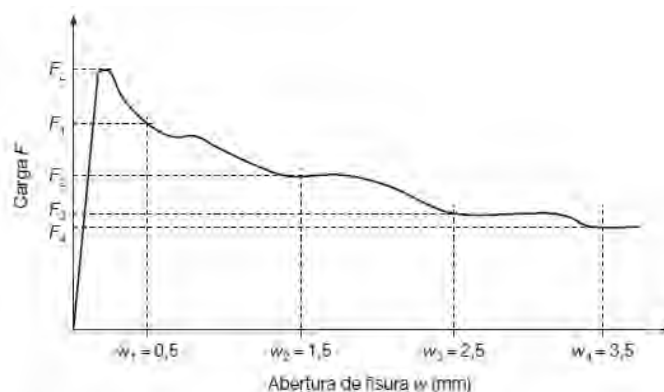
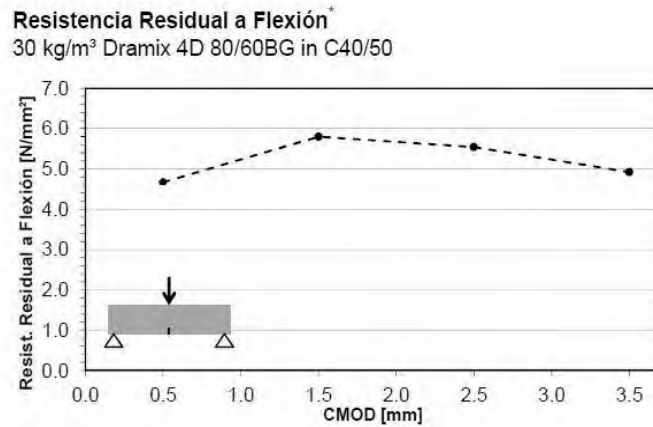


Figura 14: Diagrama tipo de *resistencias residuales – abertura de fisura* para un hormigón fibrorreforzado convencional





Sin embargo, en la figura que se muestra a continuación, se recoge el diagrama *resistencia residual-abertura de fisura* del hormigón prescrito, de resistencia característica a compresión a 28 días de 40 MPa, armado con 30 kg/m³ de fibras de acero DRAMIX 4D 80/60BG, obtenido según el ensayo UNE-EN 14651. Este diagrama, así como los valores de las resistencias medias residuales a flexotracción a 28 días, han sido proporcionados por BEKAERT.



Resist. residual a flexión promedio $f_{Ri,m}$ de según EN 14651.*
Sólo válida para la combinación mencionada de tipo de fibra,
dosis y resistencia a compresión del concreto.

tipo de fibra	Draxmix®	4D 80/60BG
dosis	30 kg/m ³	
concreto	C40/50	
CMOD 0,5mm	$f_{R1,m} =$	4.7 N/mm ²
CMOD 1,5mm	$f_{R2,m} =$	5.8 N/mm ²
CMOD 2,5mm	$f_{R3,m} =$	5.5 N/mm ²
CMOD 3,5mm	$f_{R4,m} =$	4.9 N/mm ²

Figura 15: Diagrama de *resistencias residuales – apertura de fisura* para el hormigón prescrito

En dicho diagrama se puede observar el comportamiento del hormigón armado con fibras de acero DRAMIX 4D 80/60BG en el que el hormigón aumenta su capacidad mecánica a medida que la deformación y la apertura de fisura aumentan, de manera que F_1 puede ser superior a F_L y F_4 superior a F_1 .

6. CARACTERIZACIÓN DE LAS CARGAS

En la determinación de las cargas de cálculo de los firmes portuarios es necesario clasificar las superficies atendiendo, en primer lugar, al uso que se vaya a hacer de ellas. A continuación, es necesario determinar el tipo de actividad que se va a realizar sobre las mismas.

En el caso que nos ocupa, el firme va a tener un uso comercial, pudiendo definirse dos zonas diferenciadas:

- Zona de almacenamiento de contenedores llenos en 5 alturas.





- Zona destinada a talleres, limpieza y reparación de contenedores vacíos.

Por indicación expresa del explotador de la terminal, dada la versatilidad que se pretende para la zona de almacenamiento de contenedores llenos, no se realizará ningún tipo de zonificación adicional en dicha zona, adoptándose en toda la superficie el espesor mayor, resultante del dimensionamiento del pavimento con el criterio más desfavorable

Por tanto, ambas zonas se considerarán como zonas homogéneas sometidas indistintamente a los siguientes tipos de cargas:

- Cargas estáticas puntuales producidas por el apilamiento de los contenedores.
- Cargas dinámicas producidas por los equipos de manipulación de los contenedores, de circulación no restringida sobre neumáticos. En concreto, los equipos empleados en este caso serán Reach Stacker modelo SANY clase G.

Aunque la tipología de las cargas sea la misma en ambas zonas, su magnitud será diferente, ya que en la zona de limpieza y reparación los contenedores estarán vacíos, tanto durante su manipulación como durante su apilamiento. Además, la altura de apilamiento en dicha zona de limpieza y reparación será de 3 contenedores.

6.1 Cargas transmitidas por el apilamiento de contenedores

Las cargas transmitidas por el apilamiento de contenedores son cargas concentradas, cuya magnitud depende de la carga de los contenedores y de la altura de apilamiento. En este caso, la altura de apilamiento indicada es de 5 alturas.

De acuerdo con las indicaciones recogidas en la ROM 4.1-18: *“Para el almacenamiento de mercancía general contenerizada se considera que las cargas se transmiten al firme por elementos de apoyo de 0,178 x 0,162 m² situados en las esquinas.”*

Para el dimensionamiento del firme se considerará que no existen puntos de descarga y que el peso del contenedor se transmitirá al firme a través de los cuatro puntos de apoyo de las esquinas.

En el caso de apilamiento en filas o bloques, la separación o distancia libre entre dos contenedores contiguos puede variar entre ser prácticamente nula (habitual en el caso de contenedores vacíos), a estar comprendida entre 0,40 y 0,80 m para permitir la lectura de los códigos que llevan escritos en los laterales (caso habitual con contenedores llenos). En nuestro caso, consideraremos una separación de 40 cm entre filas de contenedores en la zona de contenedores llenos (hipótesis más desfavorable) y una separación nula en la zona de contenedores vacíos (que constituye, igualmente, la hipótesis más desfavorable).

Para calcular la carga y la presión transmitida al pavimento por cada apoyo, se adoptan las siguientes consideraciones recogidas en la ROM 4.1-18:

- Carga máxima de un contenedor lleno de 40 pies = 300 kN. La probabilidad de que todos los contenedores estén totalmente cargados en altura es relativamente pequeña, por lo que es habitual estimar una reducción de la carga del 40%, siendo la carga empleada en el cálculo de 180 kN.
- Carga de un contenedor vacío de 40 pies = 35 kN.
- Superficie de apoyo total = 0,356 x 0,324 m² (4 apoyos en las esquinas).
- Superficie individual de apoyo = 0,178 x 0,162 m².
- Altura de apilamiento para la zona de almacenamiento = 5 alturas.
- Altura de apilamiento para la zona de limpieza y reparación = 3 alturas.





Con estas consideraciones, a continuación, se definen la carga y la presión transmitidas por los contenedores, en ambas zonas objeto del presente informe (la zona de apilamiento de contenedores llenos en 5 alturas y la zona de talleres, limpieza y reparación, con apilamiento de contenedores vacíos en 3 alturas), así como la disposición de las patas de los contenedores.

6.1.1 Zona de apilamiento de contenedores llenos en 5 alturas

En la zona de almacenamiento de contenedores llenos en 5 alturas, la disposición de las patas de los contenedores, así como la carga y la presión de contacto transmitida, considerada en el cálculo del pavimento, será la siguiente:

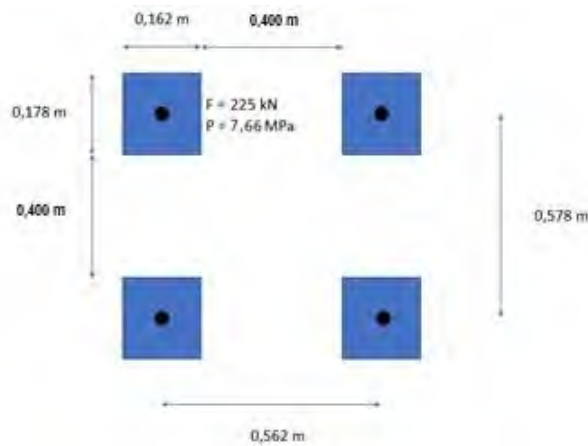


Figura 16: Esquema de cargas en la zona de contenedores llenos

6.1.2 Zona de limpieza y reparación

En la zona de limpieza y reparación, con contenedores vacíos apilados en 3 alturas, la disposición de las patas, así como la carga y la presión de contacto transmitida, considerada en el cálculo del pavimento, será la siguiente:

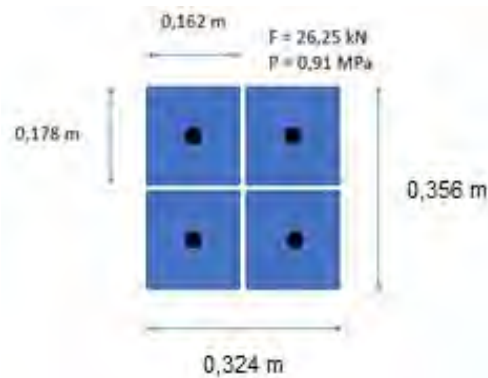


Figura 17: Esquema de cargas en la zona de contenedores vacíos





6.2 Cargas transmitidas por los vehículos de manipulación

En el caso que nos ocupa, los contenedores serán manipulados por apiladores de alcance, también denominados reach stackers. En concreto, se utilizará el modelo SANY clase G, con una capacidad de apilamiento de 5 altas, con un eje delantero formado por cuatro ruedas neumáticas y un eje trasero formado por dos ruedas neumáticas.



Figura 18: Imagen del reach stacker SANY clase G

Se trata de equipos de manipulación de movimiento no restringido, por lo que, a priori, no existirá una canalización de las cargas, propiciado con ello que los esfuerzos de fatiga sobre el firme sean inferiores al caso en el cual los equipos tuvieran un desplazamiento canalizado. Ahora bien, su carga sí tiene un efecto dinámico importante sobre el firme y, además, provocan esfuerzos horizontales (tangenciales) importantes, debido a los giros, aceleraciones y frenadas, lo que puede afectar, entre otras cuestiones, a las características superficiales del pavimento.

En el caso reach stacker SANY clase G, las dimensiones del equipo son las siguientes:

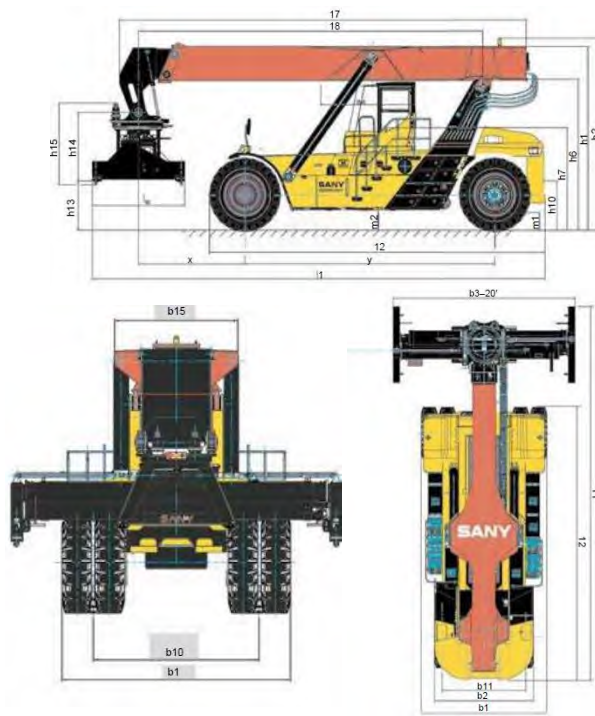


Figura 19: Dimensiones del reach stacker SANY clase G





donde:

- Distancia entre ejes (y) = 6,5 metros.
- Ancho del eje delantero (b1) = 4,190 metros.
- Ancho de vía delantera (b10) = 3,033 metros.
- Ancho del eje trasero (b2) = 3,310 metros.
- Ancho de vía trasera (b11) = 2,790 metros.
- Presión de inflado de los neumáticos = 0,9 MPa.

Para la zona de almacenamiento de contenedores llenos, la carga máxima del eje delantero es de 1.100 kN y la carga máxima del eje trasero es de 410 kN. Para la zona de talleres o de almacenamiento de contenedores vacíos, se considerará la carga del reach stacker al 60% de su capacidad, es decir, una carga de 660 kN en su eje delantero y una carga de 246 kN en su eje trasero.

A partir de estos datos y de la presión de inflado de los neumáticos (0,9 MPa), podemos calcular el radio de la huella del neumático sobre el firme mediante la siguiente fórmula:

$$q = p_i = \frac{Q}{\pi r^2}$$

donde:

- Q = carga por rueda
- p_i = presión de inflado del neumático.
- r = radio de la huella del neumático sobre el firme.

Así pues, el radio de la huella del neumático sobre el firme es respectivamente:

	Radio de la huella del neumático	
	Eje delantero	Eje trasero
Zona de contenedores llenos	311 mm	269 mm
Zona de talleres	241 mm	208 mm

A partir de estos valores, se representan gráficamente las cargas que se considerarán en el dimensionamiento del firme para cada una de las zonas.

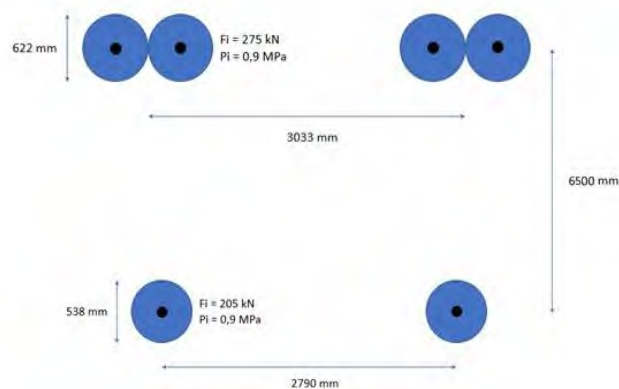


Figura 20: Esquema de carga del reach stacker en la zona de almacenamiento de contenedores llenos



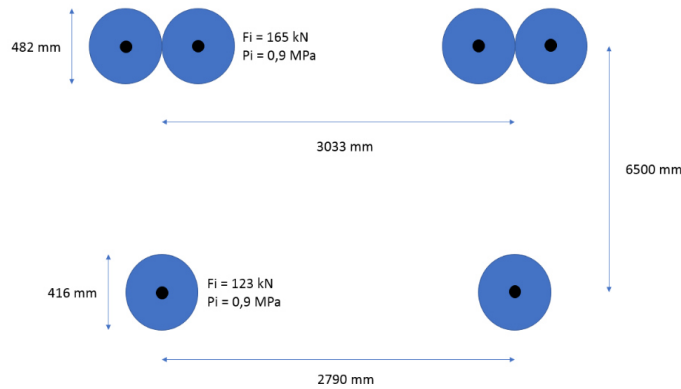


Figura 21: Esquema de carga del reach stacker en la zona de almacenamiento de contenedores vacíos

7. CÁLCULO DEL FIRME

7.1 Criterios de cálculo

Uno de los condicionantes que más afecta al dimensionamiento de un pavimento portuario es la base sobre la que apoya.

Como se ha comentado en el apartado 4 del presente informe y de acuerdo con las recomendaciones de la ROM 4.1-18, la base de apoyo del pavimento de hormigón armado con fibras deberá alcanzar, como mínimo, un módulo de compresibilidad en el segundo ciclo del ensayo de carga con placa (Ev2) de 300 MPa. Con carácter conservador, una base de estas características deberá alcanzar, como mínimo, un módulo de balasto (k) de 70 MPa/m. El cumplimiento de ambos parámetros deberá comprobarse en obra antes de la ejecución del pavimento.

Los parámetros de cálculo considerados para el hormigón del pavimento son:

- Resistencia característica a compresión del hormigón (f_{ck}) = 40 MPa.
- Resistencia característica a flexotracción del hormigón ($f_{ctk,fl}$) = 5,0 MPa.
- Resistencia residual a flexotracción $f_{R,K,1}$ = 3,13 MPa
- Resistencia residual a flexotracción $f_{R,K,3}$ = 3,67 MPa
- Resistencia media residual a flexotracción $f_{R,M,1}$ = 4,7 MPa
- Resistencia media residual a flexotracción $f_{R,M,3}$ = 5,5 MPa
- Resistencia media residual a flexotracción $f_{R,M,4}$ = 4,9 MPa
- Módulo de Young = 35.000 MPa.
- Coeficiente de Poisson = 0,2.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón (γ) = 1,5
- Coeficientes de mayoración de las cargas:
 - Cargas estáticas = 1,2
 - Cargas dinámicas = 1,6

7.1.1 Hipótesis de cálculo a punzonamiento

La resistencia a punzonamiento del pavimento se calcula de acuerdo con el artículo 46º de la EHE-08, teniendo en cuenta lo indicado en el Anejo 14 de la citada Instrucción para la utilización de hormigón reforzado con fibras, en concreto, lo indicado en el Artículo 46.6 de dicho Anejo 14, en el que se indica que las fibras pueden mejorar la resistencia a punzonamiento.





En nuestro caso, consideraremos una contribución a partir de una tensión resistente en la superficie crítica equivalente a:

$$\tau_{fd} = 0,5f_{ctRd} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

donde:

$$f_{ctRd} = 0,33 f_{R,3,k}/1,5$$

Para el dimensionamiento del firme sometido a cargas puntuales bajo esfuerzos de punzonamiento, se deben considerar tres posiciones diferentes de la carga, de acuerdo con la siguiente figura:

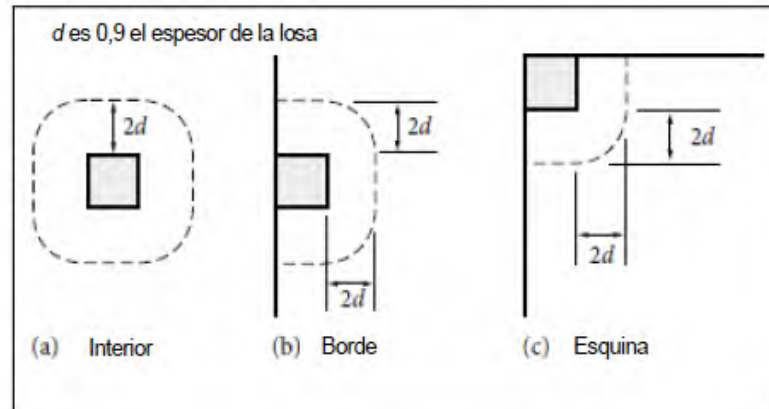


Figura 22: Posible posición de las cargas para el cálculo a punzonamiento

Para cada una de las posiciones, hay que calcular la tensión tangencial en el perímetro crítico y comprobar que dicha tensión de cálculo es inferior a la resistencia del hormigón.

En nuestro caso, dado que la carga de los contenedores es constante, la posición más desfavorable será aquella en la que la carga de los contenedores está situada en la esquina de la losa del pavimento.

En este caso, debemos considerar 3 hipótesis de carga:

- Carga individual, cuando únicamente una de las patas del contenedor se sitúa en la esquina de la losa.

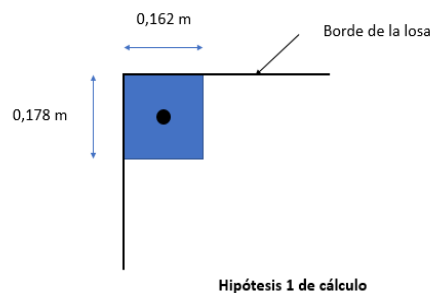


Figura 23: Hipótesis 1 de cálculo para contenedores llenos. Pata individual de contenedor en esquina

- Carga doble, cuando las patas de dos contenedores contiguos separados 40 cm se sitúan en la esquina de la losa.



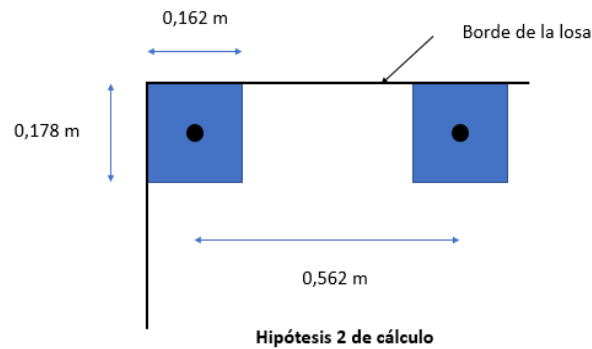


Figura 24: Hipótesis 2 de cálculo para contenedores llenos.
Patatas de 2 contenedores contiguos en esquina

En este caso, dado que los perímetros críticos se solapan, ambas cargas se consideran como una única carga con una dimensión de 0,178 x 0,724 m² y cuya magnitud es igual a la suma de las dos cargas individuales.

- Carga cuádruple, cuando las patas de cuatro contenedores contiguos separados 40 cm se sitúan en la esquina de la losa.

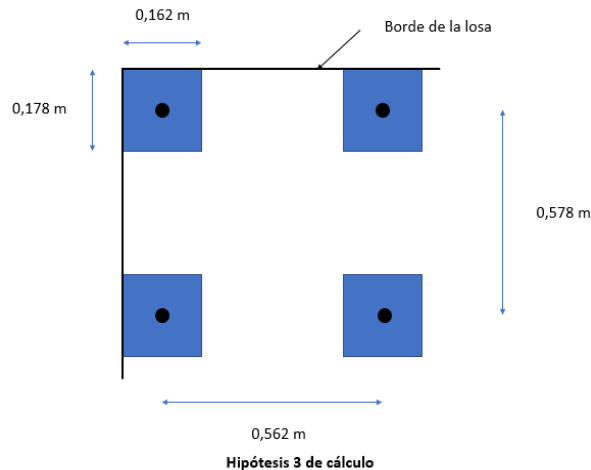


Figura 25: Hipótesis 3 de cálculo para contenedores llenos.
Patatas de 4 contenedores contiguos en esquina

Al igual que en el caso anterior, en este caso se considera una carga equivalente de 0,756 x 0,724 m² y una magnitud igual a la suma de las cuatro cargas individuales.

En todos los casos, al tratarse de una losa apoyada sobre el terreno, una parte de la carga se transmite directamente al terreno, por lo que se reduce la carga de cálculo a punzonamiento que hay que considerar. La carga que se transmite directamente al terreno se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$R_{cp} = 2,4 \cdot \left(\frac{d}{l}\right)^2 \cdot P + 0,8 \cdot (2y + x) \cdot \frac{d \cdot P}{l^2}$$

donde:





- P es la carga puntual.
- d es el canto útil, en nuestro caso un 90% del espesor de la losa.
- x e y son las dimensiones de la placa.
- l es el radio de rigidez relativa de acuerdo con la fórmula:

$$l = \left(\frac{E_{cm} \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot k} \right)^{0,25}$$

En todos los casos, y con un criterio conservador, se considerará que las losas adyacentes no contribuyen a resistir las cargas a las que estén sometidas las losas contiguas. El motivo para hacer esta hipótesis es la ausencia de pasadores en las juntas, lo que limita la transferencia de las cargas en las juntas a un valor estimado de entre el 15 y 20 % gracias al efecto pasador de las fibras de acero. La incertidumbre de este valor aconseja que dicho efecto pasador de las fibras no se considere en el cálculo y que se mantenga como un criterio de seguridad adicional.

7.1.2 Hipótesis de cálculo a flexión

Para el dimensionamiento a flexión del pavimento, se siguen los criterios establecidos por el TR34 en su capítulo 6.

El dimensionamiento estructural consiste en la comprobación de que se cumplen los estados últimos de capacidad de resistencia a flexión, considerando el momento último a flexión de una losa de hormigón reforzado con fibras y con comportamiento “strain hardening” al que se obtiene de aplicar el siguiente diagrama de tensión-deformación para el hormigón:

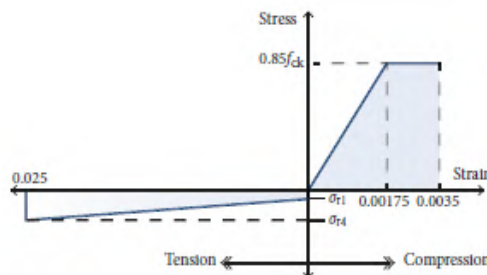


Figura 26: Diagrama tensión-deformación de cálculo para un hormigón con comportamiento “strain-hardening”

Y el siguiente diagrama para el cálculo del momento resistente de la losa de hormigón (M_u):



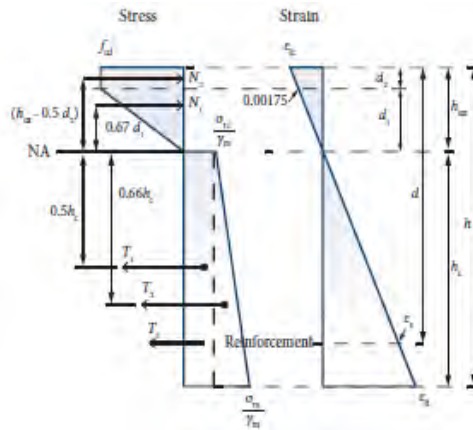


Figura 27: Diagrama de equilibrio a partir del cual se obtiene el momento resistente de la losa de hormigón en la hipótesis de comportamiento "strain hardening"

Siendo en nuestro caso nula la contribución de la armadura de refuerzo, puesto que el diseño del pavimento carece de ella.

Para evaluar los momentos de flexión que producen los distintos tipos de cargas estáticas, se utiliza el método de Westergaard para losas de hormigón apoyadas sobre un soporte continuo. Para ello, se define el radio de rigidez relativa l al igual que en el caso de cálculo a punzonamiento:

$$l = \left(\frac{E_{cm} \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot k} \right)^{0,25}$$

En los siguientes esquemas se reproducen las leyes de momentos de flexión una y dos cargas puntuales separadas una distancia x entre sí y como se transmite la carga puntual a través de una placa de apoyo.



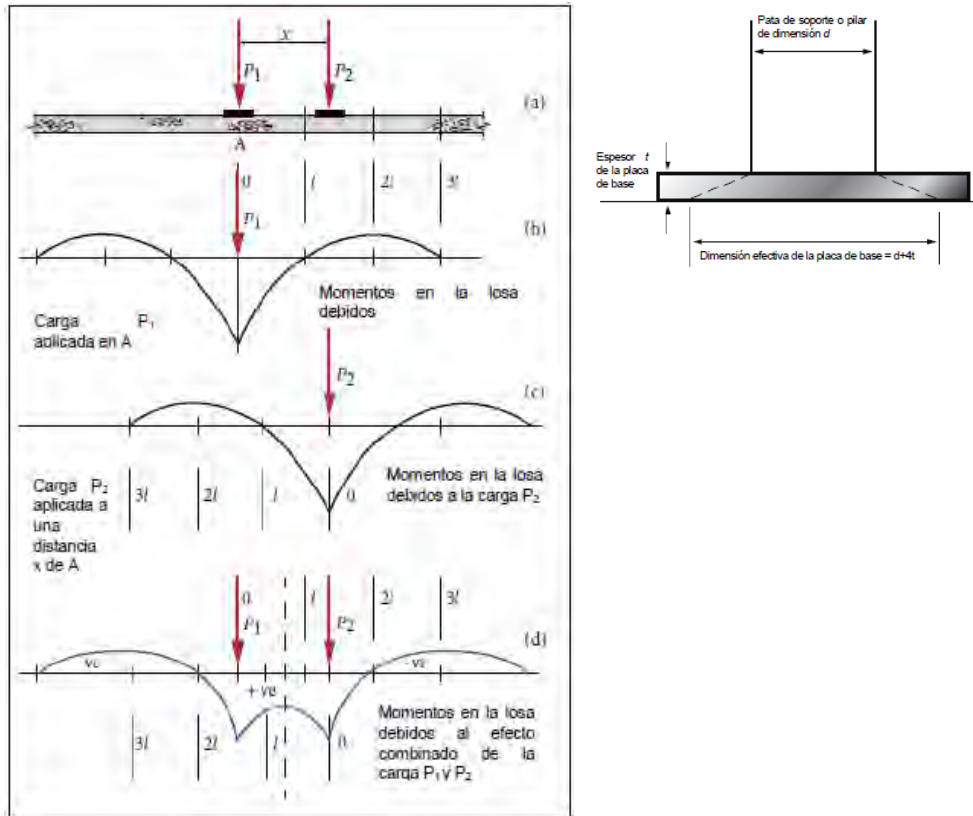


Figura 28: Leyes de momentos para una y dos cargas puntuales (izquierda) y mecanismo de transmisión de cargas a la losa (derecha)

En el caso de cargas aisladas su aplicación puede ser en el interior de una losa, en el borde de la misma o en una esquina según la figura siguiente, donde a es el radio de la huella de la carga.

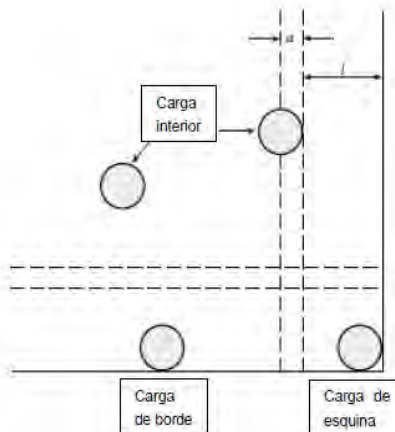


Figura 29: Posible posicionamiento de las cargas en una losa





La carga puntual máxima que resiste una losa de hormigón en función de la posición de la carga es:

- **Para carga interior:**

$$Pu,0=2\pi\times(Mp+Mn) \text{ si } a/l = 0$$

$$Pu,0,2=4\pi\times(Mp+Mn)[1-(a/3l)] \text{ si } a/l \geq 0,2$$

- **Para carga de borde:**

$$Pu,0=[0,5\times\pi\times(Mp+Mn)]+2Mn \text{ si } a/l = 0$$

$$Pu,0,2=\pi\times(Mp+Mn) +4Mn[1-(2a/3l)] \text{ si } a/l \geq 0,2$$

- **Para carga de esquina:**

$$Pu,0=2Mn \text{ si } a/l = 0$$

$$Pu,0,2=4Mn[1-(a/l)] \text{ si } a/l \geq 0,2$$

siendo a el radio del área circular equivalente de la carga en mm, l el radio de rigidez equivalente en mm, Mp el momento último positivo y Mn el momento último negativo en kN·m.

En nuestro caso, ambos momentos son iguales a Mu y para valores de a/l menores que 0,2 se interpolan los resultados.

En el caso de cargas dobles, la carga puntual máxima que resiste la losa es:

$$Pu,0 = \left(2\pi + \frac{1,8x}{l} \right) (Mn + Mp) \text{ si } a/l = 0$$

$$Pu,0,2 = \left(\frac{4\pi}{1-\frac{a}{3l}} + \frac{1,8x}{l-\frac{a}{2}} \right) (Mn + Mp) \text{ si } a/l \geq 0,2$$

En el caso de cargas cuádruples, la carga puntual máxima que resiste la losa es:

$$Pu,0 = \left(2\pi + \frac{1,8(x+y)}{l} \right) (Mn + Mp) \text{ si } a/l = 0$$

$$Pu,0,2 = \left(\frac{4\pi}{1-\frac{a}{3l}} + \frac{1,8(x+y)}{l-\frac{a}{2}} \right) (Mn + Mp) \text{ si } a/l \geq 0,2$$

Donde el significado de “ x ” e “ y ”, así como los esquemas de rotura se pueden ver en las siguientes figuras:

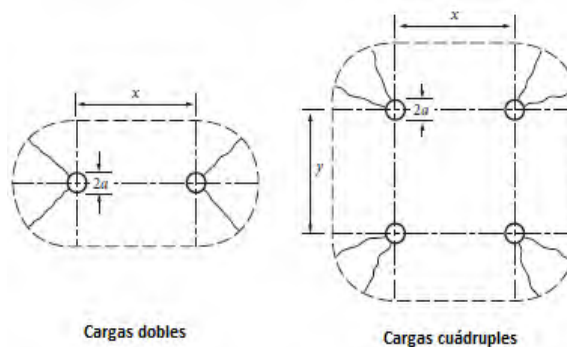


Figura 30: esquema de rotura a flexión para una losa sometida a cargas puntuales dobles y cuádruples





7.1.3 Hipótesis de cálculo a cargas concentradas

Otro de los mecanismos de rotura que es necesario analizar es el caso de cargas concentradas.

Según la EHE-08, en su artículo 61.1 establece un mecanismo de bielas y tirantes de acuerdo con la siguiente figura:

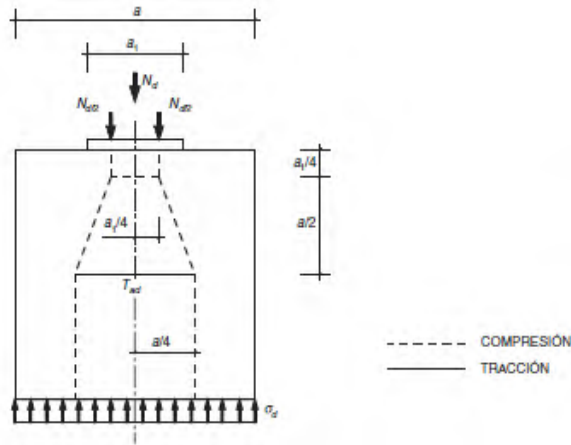


Figura 31: esquema estructural para la comprobación de compresión máxima en caso de carga concentrada

En este caso, la fuerza máxima de compresión que puede actuar en Estado Límite Último es:

$$N_c = A_{c1} \cdot f_{3cd}$$

Donde:

$$f_{3cd} = \sqrt{\frac{A_c}{A_{c1}}} f_{cd} \leq 3,3 f_{cd}$$

7.2 Cálculo del pavimento en la zona de almacenamiento de contenedores

7.2.1 Cálculo a punzonamiento

Llegados a este punto, es necesario iniciar un cálculo iterativo para cada una de las tres hipótesis de cálculo enunciadas en el punto anterior de acuerdo con el siguiente procedimiento:

1. Se fija el espesor del pavimento de hormigón.
2. Se calcula el radio de rigidez relativa.
3. Se calcula la carga que se transmite directamente al terreno.
4. Se minora la carga de cálculo.
5. Se aplica el coeficiente de mayoración de la carga.
6. Se calcula la carga resistida por el hormigón sin fibras en el perímetro crítico.
7. Se calcula la contribución de las fibras en el perímetro crítico.
8. Se comprueba que la carga de cálculo es inferior a la resistencia del hormigón en el perímetro crítico más la contribución de las fibras en dicho perímetro crítico.





En el caso de que el punto 8 no se cumpla, se deben comenzar los cálculos de nuevo incrementando el espesor del pavimento. En caso de que el punto 8 se cumpla con holgura, será necesario repetir el cálculo con un espesor del pavimento menor, que permita optimizar el firme.

Los resultados del cálculo se recogen en la siguiente tabla para las tres hipótesis de cálculo:

	Hipótesis 1	Hipótesis 2	Hipótesis 3
<i>Espesor del pavimento</i>	240 mm	240 mm	270 mm
<i>Rigidez relativa</i>	880 mm	880 mm	1040 mm
<i>Carga directa al terreno</i>	44,17 kN	201 kN	497 kN
<i>Carga transmitida por el contenedor</i>	225 kN	450 kN	900 kN
<i>Carga transmitida minorada</i>	180,83 kN	249 kN	403 kN
<i>Carga de cálculo</i>	217 kN	299 kN	483,6 kN
<i>Carga resistida por el hormigón⁴</i>	127,7 kN	197,8 kN	302 kN
<i>Contribución de las fibras</i>	103 kN	149,68 kN	232,95 kN
<i>Comprobación</i>	230,7 > 217	347,48 > 299	534,95 > 483,6

Tabla 3: Resultados de la comprobación a punzonamiento para las tres hipótesis de carga planteadas en el caso de contenedores llenos

La hipótesis más desfavorable es la 3, que requiere un espesor del pavimento de 270 mm.

7.2.2 Cálculo a flexión

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los diferentes esquemas de rotura explicados en el punto 7.1.2 para las cargas más desfavorables que actúan sobre el pavimento en la zona de contenedores. El espesor de pavimento utilizado en estos cálculos de 345⁵ mm:

				Carga máxima resistida (kN)	Carga de cálculo (kN)	%tensión máxima para evaluación de la fatiga ⁶
Carga puntual	Interna	Contenedores	Pu=	1399	270	
		Eje trasero RS	Pu=	2110	308	10%
	Bordes	Contenedores	Pu=	685	270	
		Eje trasero RS	Pu=	1109	308	18%
	Esquina	Contenedores	Pu=	271	270	
		Eje trasero RS	Pu=	475	308	43%
Carga doble		Contenedores	Pu=	1537	540	
		x=		562		
		Eje delantero RS	Pu=	2311	825	24%
		x=		622		
Carga cuádruple		Contenedores	Pu=	1679	1080	
		x=		562		
		y=		578		

Tabla 4: Resultados de la comprobación a flexión en la zona de almacenamiento de contenedores

⁴ Esta carga se calcula utilizando el Prontuario Informático del Hormigón versión 3.1.9 y los resultados se muestran en el apéndice I

⁵ En el cálculo a flexión se ha considerado que la transferencia de cargas en las juntas sin pasadores es del 15% de la carga total.

⁶ Para esta comparación, se utiliza la resistencia obtenida de cálculo con la resistencia residual f_{trm3}.





Como se puede observar, en todos los casos, la carga máxima resistida por el pavimento es superior a la carga de cálculo. Además, se impone como condición adicional, que la tensión de cálculo del pavimento sea inferior al 50%, para evitar problemas de rotura a fatiga a lo largo del ciclo de vida del pavimento.

7.2.3 Cálculo a compresión en una carga concentrada bajo macizo

En este caso, la hipótesis de cálculo más desfavorable es la carga puntual de contenedores cargados en la esquina de una losa, siendo A_c igual a $0,0288 \text{ m}^2$ y A_{c1} igual a $0,2351 \text{ m}^2$. El espesor de la losa son 350 mm y la carga de cálculo es de 270 kN .

Con estos datos, la carga máxima de compresión que puede resistir el pavimento es:

$$F_{cd} = 26,66 \text{ MPa}$$

$$F_{3cd} = 9,33 \text{ MPa}$$

$$N_c = 270 \text{ kN} \geq N_d (270 \text{ kN})$$

7.3 Cálculo del pavimento en la zona de talleres

7.3.1 Cálculo a punzonamiento

Como se ha advertido en el cálculo a punzonamiento de la zona de almacenamiento, la hipótesis más desfavorable es la hipótesis 3, por lo que directamente en este apartado, se obvian las hipótesis 1 y 2. En este caso, la hipótesis 3 corresponde con la siguiente configuración de las cargas en la esquina de la losa:

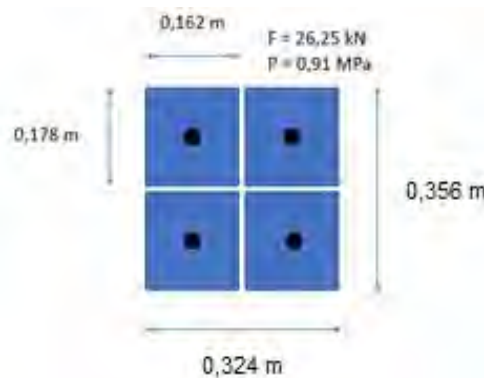


Figura 32: Hipótesis 3 de cálculo para contenedores vacíos. Patas de 4 contenedores contiguos en esquina

Los resultados del proceso de cálculo para el caso de la hipótesis 3 para contenedores vacíos, se recoge en la siguiente tabla:

	Hipótesis 3
Espesor del pavimento	250 mm
Rigidez relativa	907 mm
Carga directa al terreno	32,8 kN
Carga transmitida por el contenedor	105 kN
Carga transmitida minorada	72,2 kN
Carga de cálculo	86,64 kN





Carga resistida por el hormigón ⁷	134,9 kN
Contribución de las fibras	128,2 kN
Comprobación	263,1 > 85,44

Tabla 5: Resultados de la comprobación a punzonamiento para la hipótesis 3 en el caso de contenedores vacíos

7.3.2 Cálculo a flexión

Aplicando los criterios definidos en el punto 7.1.2, los resultados que se obtienen para el pavimento de la zona de talleres con un espesor del firme de 250 mm:

				Carga máxima resistida	Carga de cálculo	%tensión máxima para evaluación de la fatiga
Carga puntual	Interna	Contenedores	Pu=	803	31,5	
		Eje trasero	Pu=	1130	185,5	11%
	Bordes	Contenedores	Pu=	397	31,5	
		Eje trasero	Pu=	589	185,5	21%
	Esquina	Contenedores	Pu=	159	31,5	
		Eje trasero	Pu=	250	185,5	50%
Carga doble		Contenedores	Pu=	897	63	
		x=		562		
		Eje delantero	Pu=	1361	330	16%
		x=		622		
Carga cuádruple		Contenedores	Pu=	993	126	
		x=		562		
		y=		578		

Tabla 6: Resultados de la comprobación a flexión en la zona de talleres

Como se puede observar, en todos los casos, la carga máxima resistida por el pavimento es superior a la carga de cálculo. Además, se cumple la condición adicional de que la tensión de cálculo del pavimento sea inferior al 50%, para evitar problemas de rotura a fatiga a lo largo del ciclo de vida del pavimento.

7.3.3 Cálculo a compresión en una carga concentrada bajo macizo

Aplicando los mismos criterios que en el punto 7.2.3, en nuestro caso, A_c es igual a $0,0288 \text{ m}^2$, A_{c1} es igual a $0,1353 \text{ m}^2$ y la carga de cálculo es $31,5 \text{ kN}$

Con estos datos, la carga máxima de compresión que puede resistir el pavimento es:

$$F_{cd} = 26,66 \text{ MPa}$$

$$F_{3cd} = 12,3 \text{ MPa}$$

$$N_c = 354 \text{ kN} > 31,5 \text{ kN}$$

⁷ Esta carga se calcula utilizando el Prontuario Informático del Hormigón versión 3.1.9 y los resultados se muestran en el apéndice I





7.4 Espesores del pavimento

Como resultado de los cálculos y comprobaciones realizadas, los espesores mínimos del pavimento que se obtienen para cada una de las zonas son:

ZONA	Espesor (mm)
Zona de almacenamiento de contenedores	350 mm
Zona de talleres	250 mm

Tabla 7: Espesores del pavimento para cada una de las zonas dimensionadas

8. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

A continuación, se exponen algunas recomendaciones constructivas sobre el pavimento de hormigón a construir en la futura terminal de contenedores de la Dársena Norte de Raos:

- El tamaño máximo del árido no será superior a 20 mm, siendo muy recomendable, si fuera posible, que dicho tamaño se reduzca a 12 mm.
- La consistencia se adecuará a sistema de puesta en obra. En caso de extendedoras de encofrado deslizante se empleará una consistencia plástica y se incluirá un aditivo aireante para conseguir que los bordes no se desmoronen al paso de la extendidora. Dado que la fibra disminuye la consistencia del hormigón, se deberá prever una consistencia mayor que la definitiva, antes de la adición y mezclado de la dicha fibra.
- A ser posible, las fibras se adicionarán al hormigón y se mezclarán en la propia planta, debiendo ser el tiempo de mezclado, el suficiente para que las fibras se distribuyan de manera homogénea en toda la masa del hormigón.
- El hormigón prescrito, según EHE-08, es un HMF – 40 / A-3,13-3,67 / P / 20-60 / IIIa + E, aunque como hemos dicho, la consistencia se deberá adaptar al sistema de puesta en obra.
- Para el control de recepción del hormigón en obra, se recomienda aplicar los criterios recogidos en la EHE-08 para el hormigón con fibras, complementando este control con el recogido en la ROM 4.1-18. En los ensayos de control de probetas a flexotracción, se comprobará que se cumplen las resistencias residuales especificadas en este informe. Será de suma importancia el control del espesor del pavimento en toda la plataforma.
- La cantidad y calidad de las fibras de acero deberá controlarse de manera continua, debido a su importancia en el cálculo del firme. Dicho cálculo sólo es válido con las fibras DRAMIX 4D 80/60BG.
- Se dispondrán pasadores de acero de diámetro $\phi 32$ mm, en las juntas de construcción (juntas longitudinales si el extendido se realiza por calles y en las juntas de final de día). Es decir, en todas las juntas que no dispongan de ningún sistema de transferencia de cargas. En las juntas por serrado (juntas de retracción), debido al engranaje de los áridos y a la fibra metálica que genera un cosido y un cierto efecto pasador, no será necesaria la disposición de pasadores.





- Las juntas de retracción por serrado se dispondrán a una distancia no superior a los 5 m, debiendo hacer coincidir, en el sentido longitudinal, dichas juntas de retracción con las de construcción. Por ello, si se ejecuta el pavimento por calles, el ancho de extendido de la extendidora no será superior, igualmente, a los 5 m. Las losas tendrán una forma lo más cuadrada posible y sus dimensiones máximas serán de 5x5 m.
- La profundidad de los cortes de retracción estará comprendida entre 1/4 y 1/3 del espesor de la losa, y tendrán una abertura lo más reducida posible. Dichos cortes se realizarán tan pronto como sea posible, evitando el desportillado de los bordes, por lo general, con un tiempo comprendido entre 6 y 24 horas después del hormigonado, en función de la temperatura ambiente. No será necesario su sellado.
- El hormigón se debe vibrar adecuadamente. Si la extendidora dispone de batería de vibradores, ésta será suficiente para realizar un buen vibrado. Sin embargo, si se recurre a una terminadora entre encofrados y al empleo de reglas vibrantes, la compactación del hormigón se deberá ayudar además con vibradores de aguja, debido al importante espesor de la losa en la zona de contenedores llenos y debido a la incorporación de las fibras metálicas.

9. APÉNDICE I

A continuación, se muestran los resultados obtenidos con el Prontuario Informático del Hormigón Estructural 3.1.9 para el cálculo de punzonamiento para cada una de las zonas y de las hipótesis de cálculo:

PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.9 - 08.10.2015 SEGÚN EHE-08 - [TT3 Punzonamiento]

Proyecto Materiales Secciones Análisis E.L.U. E.L.S. Ejecución y control Ventana ?

TT3 Punzonamiento

Pilar y losa Zona exterior

Pilar
Posición De esquina

c_1 $2d$

c_2 $2d$ d_s

Rectangular Circular

c_1 [m] 0.178
 c_2 [m] 0.162
 u_1 [m] 1.02
 u_0 [m] 0.34
 β 1.50

Losa
Hormigón HA-40
Acero B-500-S
 d [m] 0.216
 ρ [%] 0
Control Horm. Normal
 σ'_{cd} [MPa] Comp(+) 0.00

Comprobación Dimensionamiento

Esfuerzo máximo para el que no se requiere armadura de punzonamiento $\tau_{rd} = u_1 \cdot d / \beta$ [kN] 127.7

Esfuerzo de agotamiento de las bielas (resistencia máxima) $Fu_1 = 0.5 \cdot f_{1cd} \cdot u_0 \cdot d / \beta$ [kN] 391.7

Esfuerzo de agotamiento de la sección con armadura Fu_2 / β [kN] 1659.6

Esfuerzo de agotamiento del perímetro crítico exterior a la armadura $Fu_{un,et}$ [kN] 0.0

Armadura de punzonamiento en un perímetro en torno al solporte

Inclinación de la armadura
 α [°] 90.0 ϕ [mm] 12 s [mm] 100
 n_{perim} 16 A_{sw} [cm²] 18.1

Figura 33: Resultado de cálculo a punzonamiento para la zona de almacenamiento de contenedores, hipótesis 1





CÁLCULO ANALÍTICO DE LOS PAVIMENTOS PORTUARIOS DE LA NUEVA TERMINAL DE CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: <https://run.gov.es/hsbIF8yLcR>

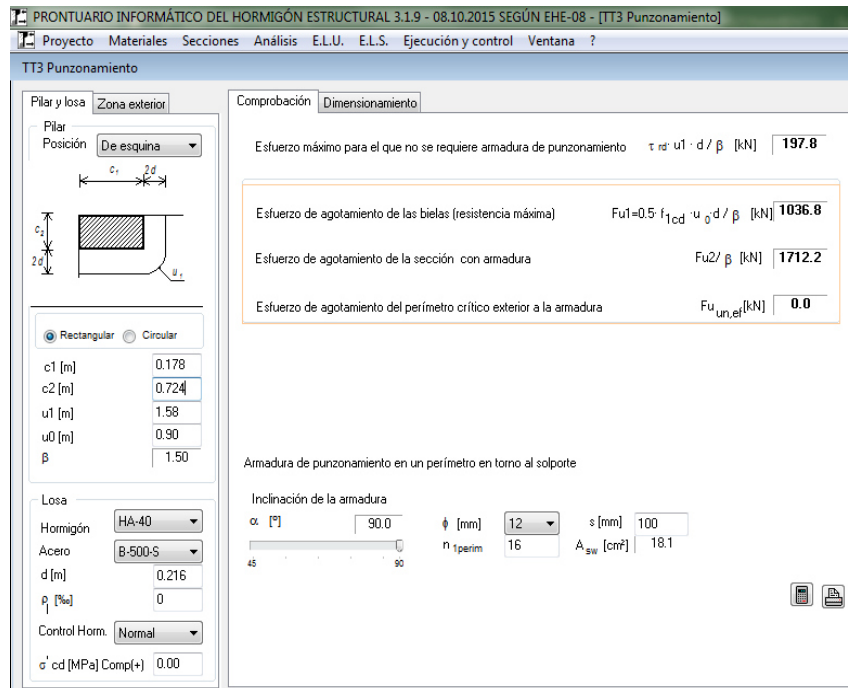


Figura 34: Resultado de cálculo a punzonamiento para la zona de almacenamiento de contenedores, hipótesis 2

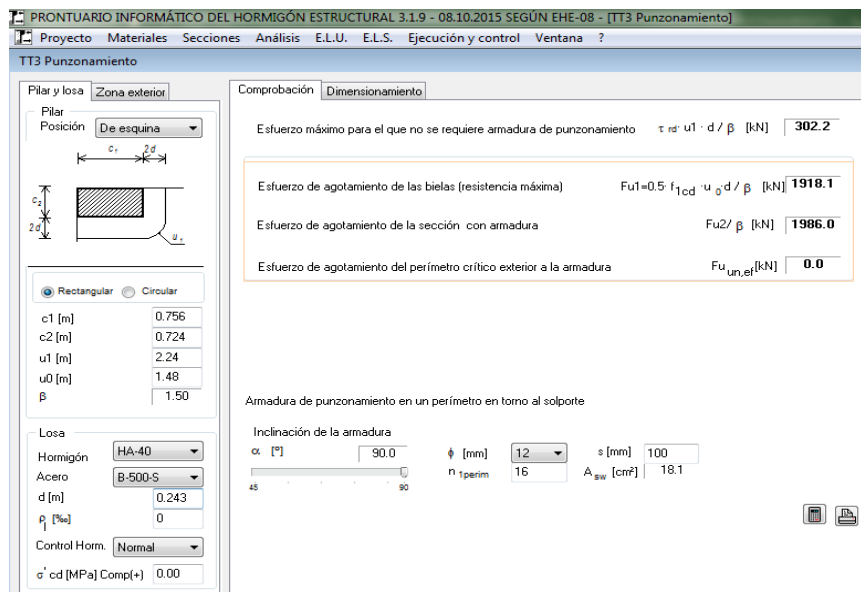


Figura 35: Resultado de cálculo a punzonamiento para la zona de almacenamiento de contenedores, hipótesis 3





PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.9 - 08.10.2015 SEGÚN EHE-08 - [TT3 Punzonamiento]

Proyecto Materiales Secciones Análisis E.L.U. E.L.S. Ejecución y control Ventana ?

TT3 Punzonamiento

Pilar y losa Zona exterior

Pilar
Posición De esquina

Rectangular Circular

c1 [m] 0.178
 c2 [m] 0.162
 u1 [m] 1.05
 u0 [m] 0.34
 β 1.50

Losa

Hormigón HA-40

Acero B-500-S

d [m] 0.225

ρ [%] 0

Control Horm. Normal

σ'cd [MPa] Comp(+) 0.00

Comprobación Dimensionamiento

Esfuerzo máximo para el que no se requiere armadura de punzonamiento $\tau_{rd} = u_1 \cdot d / \beta$ [kN] 134.9

Esfuerzo de agotamiento de las bielas (resistencia máxima) $Fu1 = 0.5 \cdot f_{1cd} \cdot u_0 \cdot d / \beta$ [kN] 408.0

Esfuerzo de agotamiento de la sección con armadura $Fu2 / \beta$ [kN] 1730.2

Esfuerzo de agotamiento del perímetro crítico exterior a la armadura $Fu_{un,ef}$ [kN] 0.0

Armadura de punzonamiento en un perímetro en torno al soporte

Inclinación de la armadura

α [°] 90.0 φ [mm] 12 s [mm] 100

n_{perim} 16 A_{sw} [cm²] 18.1

Figura 36: Resultado de cálculo a punzonamiento para la zona de talleres, hipótesis 3





CÁLCULO ANALÍTICO DE LOS PAVIMENTOS PORTUARIOS DE LA NUEVA TERMINAL DE
CONTENEDORES EN EL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER

INFORME DE FIRMA, no sustituye al documento original | C.S.V. : GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b | Puede verificar la integridad de este documento en la siguiente dirección: <https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

ANEXO 1.

RESULTADOS DE ENSAYOS EN CATAS Y PLACAS DE CARGA

César Bartolomé Muñoz. I.C.C.P.
Rafael Rueda Arriete. I.C.C.P.

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

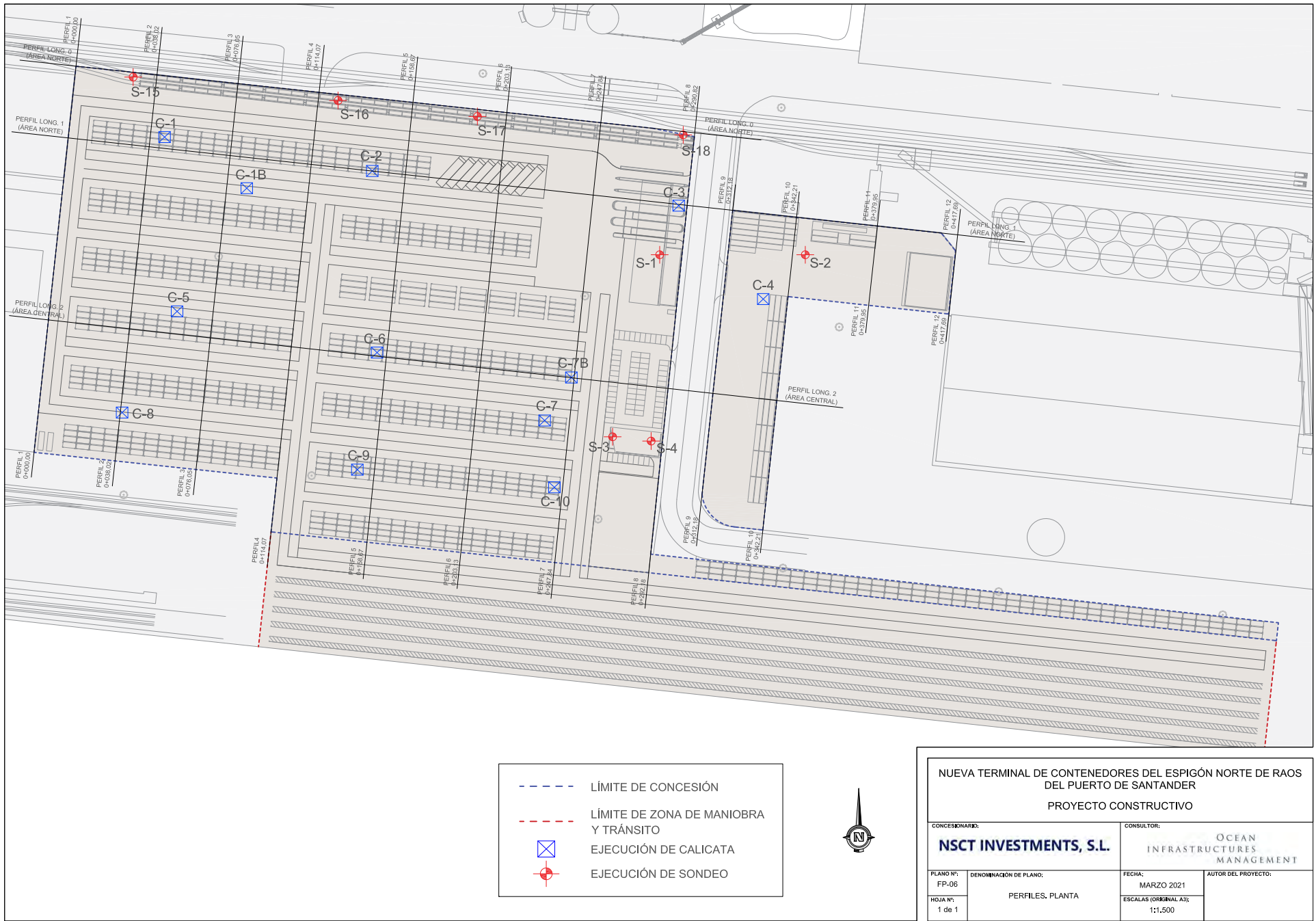
<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b



NUEVA TERMINAL DE CONTENEDORES DEL ESPIGÓN NORTE DE RAOS DEL PUERTO DE SANTANDER PROYECTO CONSTRUCTIVO			
CONCESIONARIO: NSCT INVESTMENTS, S.L.		CONSULTOR: OCEAN INFRASTRUCTURES MANAGEMENT	
PLANO Nº: FP-06	DENOMINACIÓN DE PLANO: PERFILES. PLANTA	FECHA: MARZO 2021	AUTOR DEL PROYECTO:
HOJA Nº: 1 de 1		ESCALAS (ORIGINAL A3): 1:1.500	

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

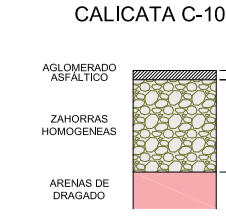
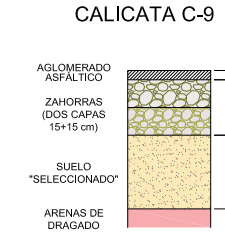
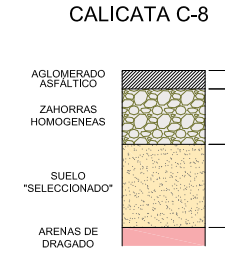
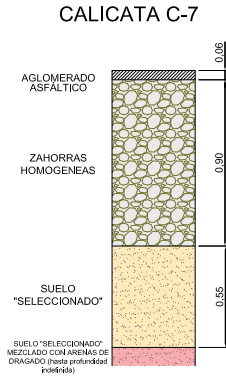
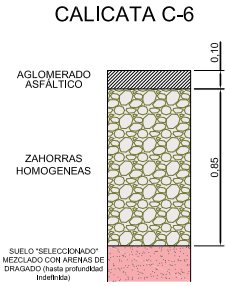
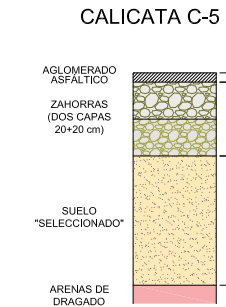
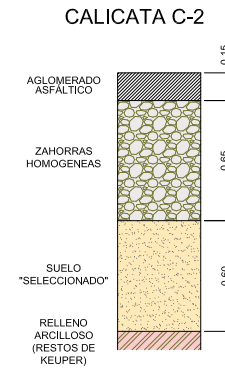
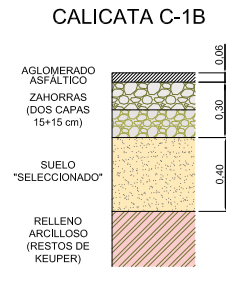
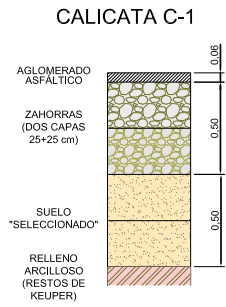
<https://run.gov.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b



ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

PLACA DE CARGA PC-1	
Coordenada X	433.468,00
Coordenada Y	4.810.830,00
Rasante actual	4,16 m
Rasante proyecto	3,61 m
Espesor losa proyectada	35,00 cm
Cota teórica ensayo	-0,90 m
Cota real ensayo	-0,85 m
Estrato	Relleno arcilloso
Resultados:	
Módulo Comp. Ev1	13 MPa
Módulo Comp. Ev2	26 MPa
Ev1/Ev2	2,0

Observaciones:
Ensayo con placa de 600 mm. Realizado sobre el relleno general (material arcilloso, posibilidad de Keuper). Por limitaciones de los medios técnicos, no se puede profundizar más el ensayo. Se aprecia baja consistencia y alta deformabilidad de las arcillas del terreno.

PLACA DE CARGA PC-2	
Coordenada X	433.565,00
Coordenada Y	4.810.819,00
Rasante actual	4,11 m
Rasante proyecto	3,61 m
Espesor losa proyectada	35,00 cm
Cota teórica ensayo	-0,85 m
Cota real ensayo	-0,88 m
Estrato	Relleno general
Resultados:	
Módulo Comp. Ev1	33 MPa
Módulo Comp. Ev2	84 MPa
Ev1/Ev2	2,5

Observaciones:
Ensayo con placa de 600 mm. Realizado entre suelo "seleccionado" mezclado con material de relleno general (posiblemente al situarse en la base del suelo seleccionado). De la cata C-2 se desprende la existencia de material arcilloso en el relleno general (con posibilidad de aparición de Keuper).

PLACA DE CARGA PC-3	
Coordenada X	433.704,88
Coordenada Y	4.810.802,93
Rasante actual	3,78 m
Rasante proyecto	3,61 m
Espesor losa proyectada	35,00 cm
Cota teórica ensayo	-0,52 m
Cota real ensayo	-0,50 m
Estrato	Zahorra/Seleccionado
Resultados:	
Módulo Comp. Ev1	49 MPa
Módulo Comp. Ev2	138 MPa
Ev1/Ev2	2,8

Observaciones:
Ensayo con placa de 600 mm. Realizado justo debajo de la capa de zahorras sobre el relleno general. Se ha realizado Cata en el mismo punto con extracción de material para su caracterización.

PLACA DE CARGA PC-4	
Coordenada X	433.735,61
Coordenada Y	4.810.759,53
Rasante actual	3,54 m
Rasante proyecto	3,53 m
Espesor losa proyectada	20,00 cm
Cota teórica ensayo	-0,21 m
Cota real ensayo	0,20 m
Estrato	Zahorras
Resultados:	
Módulo Comp. Ev1	68 MPa
Módulo Comp. Ev2	185 MPa
Ev1/Ev2	2,7

Observaciones:
Ensayo con placa de 600 mm. Realizado en la capa de zahorras.

PLACA DE CARGA PC-5	
Coordenada X	433.662,00
Coordenada Y	4.810.762,00
Rasante actual	3,50 m
Rasante proyecto	3,70 m
Espesor losa proyectada	35,00 cm
Cota teórica ensayo	-0,15 m
Cota real ensayo	-0,30 m
Estrato	Zahorras
Resultados:	
Módulo Comp. Ev1	74 MPa
Módulo Comp. Ev2	236 MPa
Ev1/Ev2	2,0

Observaciones:
Ensayo con placa de 600 mm. Realizado sobre zahorras. Se aprecia estrato de gran rigidez antes de realizar el ensayo.

PLACA DE CARGA PC-6	
Coordenada X	433.559,59
Coordenada Y	4.810.734,23
Rasante actual	4,23 m
Rasante proyecto	3,62 m
Espesor losa proyectada	35,00 cm
Cota teórica ensayo	-0,96 m
Cota real ensayo	-0,92 m
Estrato	Relleno general
Resultados:	
Módulo Comp. Ev1	54 MPa
Módulo Comp. Ev2	116 MPa
Ev1/Ev2	2,1

Observaciones:
Ensayo con placa de 600 mm. Realizado sobre el relleno general de tipo arenas conchíferas de dragado. Por limitaciones de los medios técnicos, no se puede profundizar más el ensayo.

PLACA DE CARGA PC-7	
Coordenada X	433.654,73
Coordenada Y	4.810.722,69
Rasante actual	4,40 m
Rasante proyecto	3,62 m
Espesor losa proyectada	35,00 cm
Cota teórica ensayo	-1,13 m
Cota real ensayo	-0,50 m
Estrato	Zahorras
Resultados:	
Módulo Comp. Ev1	80 MPa
Módulo Comp. Ev2	262 MPa
Ev1/Ev2	3,3

Observaciones:
Ensayo con placa de 600 mm. Realizado en la capa de zahorra. Se ha decidido realizarlo sobre esta capa, pese a que la cota teórica del ensayo se situaba por debajo de esta ya que es la misma sección que en el PC-6 y poder tener una muestra del comportamiento de la capa de las zahorras.

PLACA DE CARGA PC-8	
Coordenada X	433.443,56
Coordenada Y	4.810.702,04
Rasante actual	3,91 m
Rasante proyecto	3,61 m
Espesor losa proyectada	35,00 cm
Cota teórica ensayo	-0,65 m
Cota real ensayo	NO REALIZADO
Estrato	
Resultados:	
Módulo Comp. Ev1	- MPa
Módulo Comp. Ev2	- MPa
Ev1/Ev2	-

Observaciones:
Ensayo con placa de 600 mm. Se ha descartado realizar este ensayo debido a que queda fuera de la zona inicial del proyecto, y comparte similitudes con el PC-5

PLACA DE CARGA PC-9	
Coordenada X	433.550,00
Coordenada Y	4.810.683,00
Rasante actual	3,60 m
Rasante proyecto	3,63 m
Espesor losa proyectada	35,00 cm
Cota teórica ensayo	-0,32 m
Cota real ensayo	-0,30 m
Estrato	Zahorra/Suelo
Resultados:	
Módulo Comp. Ev1	77 MPa
Módulo Comp. Ev2	231 MPa
Ev1/Ev2	3,0

Observaciones:
Ensayo con placa de 600 mm. Realizado en la capa de apoyo de las zahorras, sobre un suelo de tipo "seleccionado" mezclado con relleno general.

PLACA DE CARGA PC-10	
Coordenada X	433.647,00
Coordenada Y	4.810.671,00
Rasante actual	3,79 m
Rasante proyecto	3,63 m
Espesor losa proyectada	35,00 cm
Cota teórica ensayo	-0,51 m
Cota real ensayo	-0,50 m
Estrato	Zahorra/Suelo
Resultados:	
Módulo Comp. Ev1	- MPa
Módulo Comp. Ev2	- MPa
Ev1/Ev2	-

Observaciones:
Ensayo con placa de 600 mm. Realizado en la capa de apoyo de las zahorras, sobre un suelo de tipo "seleccionado" mezclado con relleno general. Todavía no disponemos de resultados, aunque debería ser muy similar al PC-9

ÁMBITO- PREFEJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b

RECIBO DE PRESENTACIÓN EN OFICINA DE REGISTRO

Oficina: Oficina de Registro de la Autoridad Portuaria de Santander - 000003662
Fecha y hora de registro en: 13/01/2026 08:02:37 (Horario peninsular)
Fecha presentación: 12/01/2026 13:47:38 (Horario peninsular)
Número de registro: REGAGE26e00002583305
Tipo de documentación física: Documentación adjunta digitalizada
Enviado por SIR: No

Interesado

NIF: B01875772 Razón Social: NSCT INVESTMENTS SL
País: España Municipio: Madrid
Provincia: Madrid Dirección: Calle Poeta Joan Maragall, 21
Código Postal: 28020 Teléfono: 699 70 47 44
Canal Notif: Correo: carmen.portela@boluda.com.es
Observaciones:

Información del registro

Tipo Asiento: Entrada
Resumen/Asunto: Solicitud ampliación superficie Concesión EA0001318. Memoria Parte 1
Unidad de tramitación origen/Centro directivo: Registro Electrónico General de la AGE - EA0000000 / Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública - E05251701
Unidad de tramitación destino/Centro directivo: Autoridad Portuaria de Santander - EA0001318 / Autoridad Portuaria de Santander
Ref. Externa:
Nº. Expediente:

Adjuntos

Nombre: Justificante de Presentación REG.pdf
Tamaño (Bytes): 80.944
Validez:
Tipo: Documento Adjunto
CSV: GEISER-d1de-5b55-baf7-fdef-e0da-c45d-b8b1-2001
Hash: 028575f178497add32d65d8314cc697450184e00644d251451c495b2340208b10bc5a2f8b38ccb374a7d67a28c18a8b9c1729a3b6cee1f561fa94db37833dfbe
Observaciones:

IMPORTANTE: Se ha presentado una solicitud, escrito o comunicación a la Administración por parte de una entidad obligada a relacionarse electrónicamente con las Administraciones Públicas. El órgano administrativo competente en el ámbito de actuación le requerirá para que la subsane a través de su presentación electrónica. Asimismo, debe tener en cuenta que se considerará como fecha de presentación de la solicitud aquella en que se realice la subsanación, de modo que la solicitud producirá efectos desde la subsanación electrónica y no desde su presentación presencial.

El registro realizado está amparado en el Artículo 16 de la Ley 39/2015.

De acuerdo con el art. 31.2b de la Ley 39/15, a los efectos del cómputo de plazo fijado en días hábiles, y en lo que se refiere al cumplimiento de plazos por los interesados, la presentación en un día inhábil se entenderá realizada en la primera hora del primer día hábil siguiente salvo que una norma permita expresamente la recepción en día inhábil. Podrán consultar el estado de su registro en Carpeta ciudadana. <https://sede.administracion.gob.es/carpeta/>
La documentación adjunta estará disponible para su consulta y descarga durante un período de un año.

ÁMBITO-PREFIJO	CSV	FECHA Y HORA DOCUMENTO
GEISER	GEISER-63cf-014e-c54e-4997-9ea4-6824-ee0e-8be6	13/01/2026 08:02:37 (Horario peninsular)
Nº REGISTRO	DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN	VALIDEZ DEL DOCUMENTO
REGAGE26e00002583305	https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm	Original

Adjuntos

Nombre: DOC 1 Memoria_red_Parte I.pdf
Tamaño (Bytes): 4.813.219
Validez:
Tipo: Documento Adjunto
CSV: GEISER-9c81-3b8b-1180-87f8-3d3a-d4f5-adb5-ba4b
Hash: 8a831df0640e218d683d697a6ad808d688f11f8074e05c7ef85fc3db2c8661577fb1106d4ff76b6a7416e6e7956984e8fc9031326356bc78237df94e53bca487
Observaciones:

Formulario Genérico

Expone: Solicitud ampliación superficie Concesión EA0001318. Memoria Parte 1
Solicita: Solicitud ampliación superficie Concesión EA0001318. Memoria Parte 1

IMPORTANTE: Se ha presentado una solicitud, escrito o comunicación a la Administración por parte de una entidad obligada a relacionarse electrónicamente con las Administraciones Públicas. El órgano administrativo competente en el ámbito de actuación le requerirá para que la subsane a través de su presentación electrónica. Asimismo, debe tener en cuenta que se considerará como fecha de presentación de la solicitud aquella en que se realice la subsanación, de modo que la solicitud producirá efectos desde la subsanación electrónica y no desde su presentación presencial.

El registro realizado está amparado en el Artículo 16 de la Ley 39/2015.

De acuerdo con el art. 31.2b de la Ley 39/15, a los efectos del cómputo de plazo fijado en días hábiles, y en lo que se refiere al cumplimiento de plazos por los interesados, la presentación en un día inhábil se entenderá realizada en la primera hora del primer día hábil siguiente salvo que una norma permita expresamente la recepción en día inhábil. Podrán consultar el estado de su registro en Carpeta ciudadana. <https://sede.administracion.gob.es/carpeta/>
La documentación adjunta estará disponible para su consulta y descarga durante un período de un año.

ÁMBITO-PREFIJO

GEISER

CSV

GEISER-63cf-014e-c54e-4997-9ea4-6824-ee0e-8be6

FECHA Y HORA DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 (Horario peninsular)

Nº REGISTRO

REGAGE26e00002583305

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm>

VALIDEZ DEL DOCUMENTO

Original



Justificante de Presentación

Datos de los Interesados

Datos del Interesado:

Documento identificativo: B01875772 - NSCT INVESTMENTS SL
Dirección: Calle Poeta Joan Maragall, 21
Localidad: Madrid 28020 (Provincia: Madrid - País: España)
Teléfono de contacto: 699 70 47 44
Correo electrónico: carmen.portela@boluda.com.es
Alerta Email: Si
Alerta Sms: No

Datos del registro

Número de registro: REGAGE26e00002397090
Número de registro provisional: N/A
Fecha y hora de presentación: 12/01/2026 13:47:38
Fecha y hora de registro: 12/01/2026 13:47:42
Tipo de registro: Entrada
Oficina de registro electrónico: Reg. Administración General del Estado
Organismo destinatario: EA0001318 - Autoridad Portuaria de Santander
Organismo raíz: E05229701 - Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible
Nivel de administración: Administración del Estado
Asunto: Solicitud ampliación superficie Concesión EA0001318. Memoria Parte 1
Expone: Solicitud ampliación superficie Concesión EA0001318. Memoria Parte 1
Solicita: Solicitud ampliación superficie Concesión EA0001318. Memoria Parte 1

Documentos anexados

Nombre: DOC 1 Memoria_red_Part e I.pdf
Algoritmo: SHA-512
Huella digital: 8a831df0640e218d683d697a6ad808d688f11f8074e05c7ef85fc3db2c8661577fb1106d4ff76b6a7416e6e7956984e8fc9031326356bc78237df94e53bca487

El presente justificante tiene validez a efectos de presentación de la documentación en este Registro Electrónico y no prejuzga la admisión del escrito para su tramitación. La fecha y hora de este Registro Electrónico es la de la Sede electrónica del Punto de Acceso General (<https://sede.administracion.gob.es/>). El inicio del cómputo de los plazos que hayan de cumplir las Administraciones Públicas vendrá determinado por la fecha y hora de presentación en el registro electrónico de cada Administración u organismo.

De acuerdo con el art. 31.2b de la Ley 39/15, a los efectos del cómputo de plazo fijado en días hábiles, y en lo que se refiere al cumplimiento de plazos por los interesados, la presentación en un día inhábil se entenderá realizada en la primera hora del primer día hábil siguiente salvo que una norma permita expresamente la recepción en día inhábil.

De acuerdo con el Art. 28.7 de la Ley 39/15, el interesado de esta solicitud se responsabiliza de la veracidad de los documentos que presenta.

ÁMBITO- PREFIJO

GEISER

Nº registro

REGAGE26e00002583305

CSV

GEISER-d1de-5b55-baf7-fdef-e0da-c45d-b8b1-2001

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN

<https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FECHA Y HORA DEL DOCUMENTO

13/01/2026 08:02:37 Horario peninsular



GEISER-d1de-5b55-baf7-fdef-e0da-c45d-b8b1-2001