

Manual de diseño, proyecto y planificación de pavimentos continuos

A E P C

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE
PAVIMENTOS CONTINUOS

El **Manual de diseño, proyecto y planificación de pavimentos continuos** es un proyecto de:



AEPC - Asociación española de pavimentos continuos

Tel.: (+34) 912 772 036

E-mail: info@aepec.info

Web: www.aepec.info

Fecha: Diciembre de 2021

ISBN: 978-84-18761-23-2

Páginas: 112

Formato:

La publicación está disponible **on-line** en el sitio web de la asociación

Consulte disponibilidad y precios de la publicación **impresa** en el sitio web de la asociación

Más información en www.aepec.info/manual-dpp

© AEPC - Asociación española de pavimentos continuos

Todos los derechos de esta publicación están reservados y pertenecen a la asociación AEPC, a sus miembros y al resto de entidades colaboradoras.

Todas las entidades participantes en la elaboración de esta publicación han hecho un gran esfuerzo por asegurar que toda la información contenida en el presente manual es correcta y precisa, pero no aceptan responsabilidad alguna por los errores ni por los perjuicios de cualquier clase que pudiera originar el uso y aplicación del contenido de esta publicación.

Esta publicación se ha elaborado para ser utilizada por técnicos con capacidad para evaluar su contenido y cada lector asume la responsabilidad del uso de la información del presente documento.

Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o distribuirse de ninguna forma, ni por ningún medio sin la previa autorización por escrito de los autores de la publicación.

Esta publicación ha sido coordinada por:



Tel: (+34) 912 772 037

E-mail: info@rabuso.com

Web: www.rabuso.com

1. Presentación

1.1. Presentación institucional

La Asociación Española de Pavimentos Continuos (AEPC), con la cual colaboro en representación del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC), está llevando a cabo una gran labor para avanzar en el desarrollo de mejores pavimentos continuos.

Dado que la construcción de pavimentos continuos requiere de elevados conocimientos, y ante la escasez de normativa específica, desde la AEPC se está trabajando en el desarrollo de distintas guías y manuales que ofrecen información práctica sobre los procesos involucrados en el correcto desarrollo de un pavimento continuo. Esta información está dirigida tanto a los fabricantes de pavimentos continuos (y de todos los materiales implicados en su fabricación), como a los proyectistas y al usuario final, y permitirá que el diseño, fabricación, ejecución y mantenimiento de estos pavimentos sea óptimo.

Un buen ejemplo de lo comentado anteriormente es el “Manual sobre diseño, proyecto y planificación de pavimentos continuos (Parte 1)” que está usted leyendo. Se trata de un manual, muy completo, en donde se recopilan todos los pasos previos que influyen en el correcto desarrollo de un pavimento, así como los elementos fundamentales de un proyecto de pavimentos continuos, con el fin de que el cliente o constructora conozca cómo debe planificarse su ejecución.

En este manual se definen los distintos tipos de pavimentos continuos, su diseño y planificación, la preparación de bases y subbases, el diseño estructural de losas, y el diseño de juntas, del hormigón o conglomerante principal y de los demás materiales componentes.

Desde el IETcc-CSIC, valoramos el esfuerzo realizado en la consecución de este Manual y predecimos una elevada significación de la misma dentro del sector de la construcción. La investigación, desarrollo e innovación en este sector son los pilares fundamentales que vertebran el trabajo realizado en el IETcc-CSIC; por ello, este Instituto ha apoyado la realización de este manual y anima a su difusión para la consecución de pavimentos óptimos, más durables y sostenibles.

En nombre del IETcc-CSIC, quiero felicitar a la AEPC, y los autores y autoras de este Manual, así como a todo el personal implicado en la redacción de la misma, por el magnífico resultado obtenido y los beneficios futuros que estoy seguro se obtendrán en la construcción de pavimentos continuos tras su publicación.



D. José Luis García Calvo

Unidad Técnica Laboratorio
de Hormigones

IETcc-CSIC

1.2. Presentación del coordinador

Para todos los hombres y para todos los tiempos: un sistema métrico decimal para los pavimentos continuos

Esta frase inspiraba las reuniones científicas que surgieron al abrigo de la Revolución Francesa, a finales del XVIII. Eran tiempos de caos y anarquía en los pesos y medidas, en las normativas técnicas y convenciones científicas. Se asentó la idea de que las leyes de la ciencia son y deberían ser universales. También para las magnitudes, y se decidió crear una medida de distancia que pudiera ser aceptada en todo el mundo y no pudiera ser manipulada. La Academia envió dos expediciones en direcciones opuestas para medir el cuadrante terrestre, y su diezmillonésima parte se llamaría metro.

Lo que sucedió después superó todas las expectativas de los revolucionarios: el mundo de hoy se mide en metros, litros, nanómetros, kilómetros por hora, etc.

Los actores vigilantes de la calidad de la construcción en las obras de pavimentos de hormigón: Directores de Obra, Responsables Técnicos de plantas de hormigón, Propiedades, Consultores, etc. actualmente demandan altas exigencias a estos sin tener en cuenta que un buen diseño, una correcta prescripción y una justa planificación, serán en gran medida claves en calidad y desempeño final de este.

En el mundo del pavimento las reglas vienen regidas más por aspectos constructivos, aplicables a otras unidades diferentes de obra, siendo el mundo del pavimento un gremio que “no cuenta” con normativa o metodologías propias y actualmente a nuestro parecer nuestro gremio es el más olvidado y denostado de manera injusta.

La normativa vigente no menciona nada y genera confusión, aportando desconocimiento y alto desinterés hacia el mundo de la pavimentación sin entender, ni siquiera reflexionar, que un pavimento es una unidad que necesita de una especificación concreta y diferente a la de una construcción estructural o de uso común.

En Europa y más concretamente en España para la pavimentación existe un arraigo del uso de piezas prefabricadas (baldosas, adoquines, etc.) y otros materiales donde a día de hoy existe un establecimiento de prescripción, uso y mantenimiento, aunque en los últimos años se está revertiendo la situación y la tendencia actual es que los pavimentos de hormigón ganarán cuotas importantes y sin duda serán una parte fundamental de los materiales que pisemos en el siglo XXI.

En AEPC en el 2020 hemos creado un grupo de trabajo denominado “Diseño, Proyecto y Planificación” formado por profesionales contrastados en las diferentes materias que conciernen al mundo del pavimento continuo de hormigón, encargándonos de comenzar a poner luz en este enredo y amalgama de técnicas, normativas, recogiendo el testigo que en su día comenzó IECA con su manual “Pavimentos Industriales” y otros manuales de buenas prácticas que existen en otros países donde si se han preocupado de dotar a la pavimentación continua de metodologías y normativas.



D. Óscar Candás
Coordinador del grupo
de trabajo del manual

Este grupo de profesionales cuenta con “ese espíritu científico” que menciono al comienzo de esta presentación; durante largos meses y en innumerables reuniones hemos trabajado, debatido, etc. para buscar intentar poner orden en el conocimiento y crear una Enciclopedia sobre los pavimentos continuos de hormigón que ayude a todo el sector en el diseño, el proyecto y la planificación de un pavimento de hormigón aportando y compartiendo conocimiento, metodologías vanguardistas, técnicas innovadoras, especialización y amplia experiencia en un sector tan complejo y diverso.

Nuestra ambición final es crear un punto de partida para la legislación futura de las Administraciones Públicas, para compañías certificadoras, para las constructoras y, por supuesto, para los ingenieros y arquitectos que llevan a la práctica los deseos de crecimiento económico de todo un país.

Quiero agradecer efusivamente la participación de todos ellos en este proyecto tan ambicioso como generoso, recalando que el ánimo que impulsa la creación de esta Enciclopedia temática va mucho más allá de las empresas, las instituciones y unos sectores económicos concretos.

Este manual que usted tiene en sus manos no solo es un compendio de conocimiento, es una herramienta que desde AEPC entregamos a todo el mundo de la construcción y la sociedad para mejorar la economía de todos y el prestigio tecnológico, ayudando a que nuestro sector sea valorado como de verdad se merece.

Usted también puede ampliar la temática que aquí presentamos de manera esquemática, visitando la amplia biblioteca técnica renovable y actualizable, que tendrá en nuestro espacio digital en un site con accesos en este manual mediante códigos QR a artículos técnicos de “alto interés” y que le ayudarán en su desempeño profesional en el mundo de la pavimentación.

Utilícela como vademécum y manual de consulta diaria. Si tiene dudas contacte con AEPC para ayudarle en sus proyectos de pavimentos, contamos con un amplio grupo de profesionales que pueden ayudarle a conseguir el éxito que busca.

Este manual es el primer volumen y el avance de otro en el que ya hemos comenzado a trabajar dedicado a la ejecución del pavimento y la puesta en práctica del conocimiento que hoy presentamos.

Al igual que ya estamos trabajando en la parte final dedicada a temáticas tan necesarias como son las patologías, las referencias y las normativas (en común con nuestros compañeros del Grupo de Normativa).

Deseamos sinceramente que este manual sirva para que todos avancemos juntos con paso firme hacia una industrialización de la construcción de los pavimentos continuos y sea el “para todos los hombres y todos los tiempos” al igual que motivó el inicio de la metrología universal hace tres siglos.

2. Contenidos

1	Presentación	3
1.1.	Presentación institucional	3
1.2.	Presentación del coordinador	4
2	Contenidos	6
3	Introducción	8
3.1.	Alcance y función del manual	8
3.2.	Público objetivo	8
4	Conceptos generales sobre pavimentos continuos	9
4.1.	¿Qué son los pavimentos?	9
4.2.	¿Qué son los pavimentos continuos y en qué se diferencian de otro tipo de pavimentos?	10
4.3.	¿Cuáles son los usos de los pavimentos continuos?	11
5	Tipos de pavimentos continuos	12
5.1.	¿Qué tipos de pavimentos continuos existen?	12
5.2.	¿Qué tipos de pavimentos continuos se engloban en este documento?	14
6	Diseño, proyecto y planificación de pavimentos continuos	15
6.1.	¿Qué características finales del pavimento debe buscar el diseño del mismo?	15
6.2.	¿Cuáles son los tipos de acabado posibles para este tipo de pavimentos?	19
6.3.	¿Qué datos deben conocerse antes de realizar el diseño del pavimento?	22
6.4.	¿Qué debe incluir el proyecto de un pavimento continuo?	23
6.5.	¿Cómo debe realizarse la planificación de un pavimento continuo?	26
7	Preparación de bases y subbases	27
7.1.	¿Qué características de la base del pavimento deben conocerse antes del diseño del mismo?	27
7.2.	¿Qué requisitos debe cumplir la base del pavimento y qué características deben buscarse en él?	29
7.3.	¿Qué mejoras del terreno pueden requerirse para la construcción de un pavimento continuo?	30
7.4.	¿Qué otras actuaciones en el terreno pueden requerirse para la construcción de un pavimento continuo?	31
7.5.	¿Qué otras características sobre el suelo de apoyo deben tenerse en cuenta?	32
7.6.	¿Cómo debe realizarse la preparación de la base de un pavimento cuando éste se ejecuta sobre una solera existente?	33
8	Diseño estructural de la losa	35
8.1.	¿Qué tipologías de losas de hormigón pueden emplearse en pavimentos continuos?	35
8.2.	¿Qué datos deben conocerse antes de realizar el diseño estructural de la losa?	39
8.3.	¿Cuál debe ser el procedimiento para el cálculo estructural de la losa?	40
8.4.	¿Cómo debe dimensionarse el armado de la losa?	43
8.5.	¿Qué comprobaciones sobre la capacidad estructural de la losa deben realizarse?	45
8.6.	¿Qué debe tenerse en cuenta sobre los encofrados en la fase de diseño de la losa?	45
9	Diseño de juntas	46
9.1.	¿Por qué es necesaria la construcción de juntas en los pavimentos continuos?	46
9.2.	¿Qué tipos de juntas hay?	48
9.3.	¿Cómo debe determinarse la cantidad y la posición de las juntas en un pavimento continuo?	49
9.4.	¿Cómo debe diseñarse la transferencia de cargas en las juntas?	50
9.5.	¿Cómo debería planificarse el relleno o sellado de las juntas?	51
9.6.	¿Cómo se diseñan los pavimentos sin juntas y particularidades tienen?	52

10	Diseño del hormigón-conglomerante	54
10.1.	¿Cuáles son los materiales que compondrán el hormigón empleado en pavimentos continuos?	54
10.2.	¿Qué características deben cumplir dichos materiales?	56
10.3.	¿Qué pautas generales deben seguirse para el diseño de hormigones para pavimentos continuos?	58
10.4.	¿Qué requisitos debe cumplir el hormigón fresco?	60
10.5.	¿Cuáles los requisitos que debe cumplir el hormigón endurecido?	62
10.6.	¿Cómo debe designarse un hormigón?	64
10.7.	¿A qué normativa/s debe/n adecuarse el hormigón que se emplea en pavimentos continuos?	66
10.8.	¿Cómo debe realizarse la producción y suministro de los hormigones para pavimentos?	68
10.9.	¿Cómo debe realizarse la recepción del suministro de los hormigones para pavimentos?	71
10.10.	¿Cómo debe realizarse la supervisión, vigilancia y trazabilidad de un hormigón para pavimento?	73
11	Otros materiales	75
11.1.	¿Qué otros materiales, además del propio hormigón y los que componen el mismo, pueden requerirse para la construcción de pavimentos continuos?	75
11.2.	Materiales que participan en la masa del hormigón	75
11.2.1.	Aditivos	75
11.2.2.	Pigmentos	79
11.2.3.	Adiciones y fillers minerales	79
11.2.4.	Aditivos compensadores del cambio de volumen	80
11.2.5.	Fibras	81
11.3.	Materiales que participan en la superficie del hormigón fresco	82
11.3.1.	Endurecedores superficiales, capas de rodadura	83
11.3.2.	Facilitadores del pulido	83
11.3.3.	Agentes antievaporantes	83
11.4.	Materiales que participan una vez recién acabado el proceso de pulido del hormigón	84
11.4.1.	Curadores	84
11.5.	Materiales que participan sobre el pavimento de hormigón finalizado, fraguado, curado y endurecido	86
11.5.1.	Densificadores	86
11.5.2.	Recubrimientos (sellados y pinturas)	87
12	Agradecimientos	89
13	Información de interés	90
13.1.	Índice de publicidad (Por orden alfabético)	90
13.2.	Directorio de empresas	91
14	AEPC	107
14.1.	La asociación	107
14.2.	¿Qué es AEPC?	108
14.3.	¿Cómo participar en AEPC?	109
14.4.	¿Qué hace AEPC?	110
14.5.	¿Qué aporta ser miembro de AEPC?	111

3. Introducción

3.1. Alcance y función del manual

El presente documento forma parte de un proyecto un proyecto más grande en el que se engloba. Dicho proyecto consiste en la publicación de una serie de manuales sobre diseño, proyecto y planificación de pavimentos continuos de hormigón, versando esta primera parte sobre la parte de diseño y proyecto propiamente dichas, y quedando para fases posteriores construcción, protección, mantenimiento y reparación.

Dicho proyecto nace con la intención de redactar un tangible que recoja los intereses, definiciones y herramientas de los profesionales que desarrollan actividades vinculadas al diseño de los pavimentos continuos de hormigón, teniendo por objetivos, los siguientes:

- Destacar la importancia del diseño de pavimentos continuos de hormigón.
- Conectar a los diversos agentes que intervienen en su proceso de construcción, a través de sus asociaciones o colectivos profesionales, para fomentar su participación en la elaboración del documento y posteriores acciones divulgativas.
- Reflejar las etapas del proceso desde las fases previas del proyecto hasta la finalización del proceso constructivo, pasando por todas las etapas en obra y fuera de ella.
- Resaltar los beneficios técnicos, económicos y preventivos de una buena planificación, ejecución y supervisión de los pavimentos continuos.
- Unificar y divulgar el lenguaje vinculado al diseño de pavimentos continuos de hormigón.
- Proporcionar una herramienta práctica al público objetivo al que se dirige, para planificar el trabajo vinculado al diseño de pavimentos continuos de hormigón y simplificar la toma de decisiones relacionadas.

3.2. Público objetivo

El público objetivo de este documento está formado por los profesionales vinculados al sector de los pavimentos continuos a través de todos sus agentes, y por otros grupos de interés vinculados con el colectivo.

Las principales actividades productivas de interés para los profesionales de pavimentos son: sector logístico, centros comerciales, parkings, grandes superficies, promotores principales, industrias en general, industrias pesadas (automoción), alimentación, industria química, farmacéutica y laboratorios, salud (hospitales y centros médicos), aeropuertos, hoteles, balnearios y restauración, recintos feriales, puertos, colegios profesionales e ingenierías



4. Conceptos generales sobre preparación de superficies

4.1. ¿Qué son los pavimentos?

Un pavimento es una superficie artificial que se construye para que el piso sea sólido, duradero y llano, para poder ser transitado de manera fácil, peatonal o vehicularmente.

Los pavimentos son la capa sobre la que se puede transitar, pero el “suelo en su conjunto” se compone de otras capas que se encuentran debajo del pavimento y no se ven. Dichas capas pueden observarse en la siguiente figura.

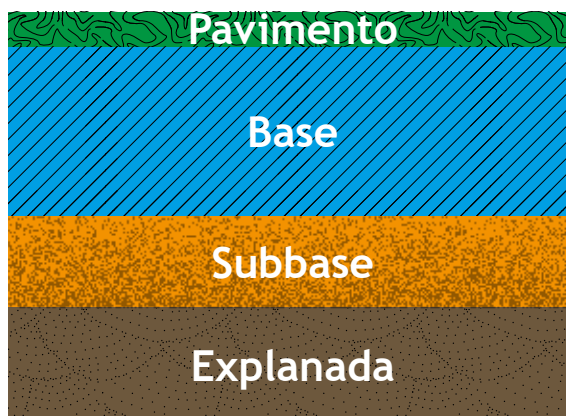


Figura 1. Sección tipo de un pavimento continuo

Para más información, consultar la “Guía sobre pavimentos continuos” de AEPC en: www.aepc.info/guia-pavimentos

4.2. ¿Qué son los pavimentos continuos y en qué se diferencian de otro tipo de pavimentos?

Los pavimentos continuos son un tipo de suelo que permite cubrir sin juntas un área o superficie mayor a lo que permiten los pavimentos convencionales a base de elementos discontinuos. Es un término empleado en contraposición a las soluciones compuestas por elementos prefabricados de pequeño tamaño, como pueden ser los pavimentos de baldosas y adoquines de hormigón, cerámica o piedra natural.

De tal característica definitoria de reducción de juntas derivan el resto de sus principales diferencias con otro tipo de pavimentos, las cuales vienen recogidas en la siguiente tabla.

	Pavimentos convencionales		Pavimentos continuos	
Presencia de juntas	Sí		No (Salvo las estructurales)	
Durabilidad	Menor		Mayor	
Limpieza	Más complicada		Más sencilla	
Mantenimiento	Más tareas de mantenimiento y más complicadas		Menos tareas de mantenimiento y más sencillas	
Tiempo de puesta en obra	Mayor		Menor	
Rentabilidad	Menor		Mayor	
Sensación de amplitud	Menor		Mayor	

Figura 2. Diferencias entre pavimentos continuos y pavimentos convencionales

Para más información sobre lo tratado en este apartado se recomienda consultar la “Guía sobre pavimentos continuos” de AEPC en:

www.aepc.info/guia-pavimentos

4.3. ¿Cuáles son los usos de los pavimentos continuos?

Por sus excelentes características, los pavimentos continuos llevan ya tiempo siendo muy utilizados en diversos ámbitos, tanto en exteriores como en interiores. Su uso está muy extendido especialmente en el sector industrial, aunque su uso comercial también ha tenido un enorme auge y aceptación. Y cada vez van teniendo más presencia en zonas y sectores de los más cotidianos.

Tienen múltiples aplicaciones en hostelería, sanidad y en el sector vivienda, así como en el ámbito deportivo; pudiendo emplearse también en otros lugares de lo más variados, como centros logísticos, obras de ingeniería civil, carriles peatonales o carriles bici, u oficinas.

Para más sobre información el tema, se recomienda consultar la “Guía sobre pavimentos continuos” de AEPC en: www.aepc.info/guia-pavimentos





5. Tipos de pavimentos continuos

5.1. ¿Qué tipos de pavimentos continuos existen?

Los distintos tipos de pavimentos continuos se suelen dividir en función de los acabados de los mismos. En este sentido, existen diversos tipos de acabados posibles, con distintitas características intrínsecas que los diferencian unos de otros, en función de los materiales y técnicas empleadas en su ejecución.

Los más empleados son los que aparecen en la siguiente figura:

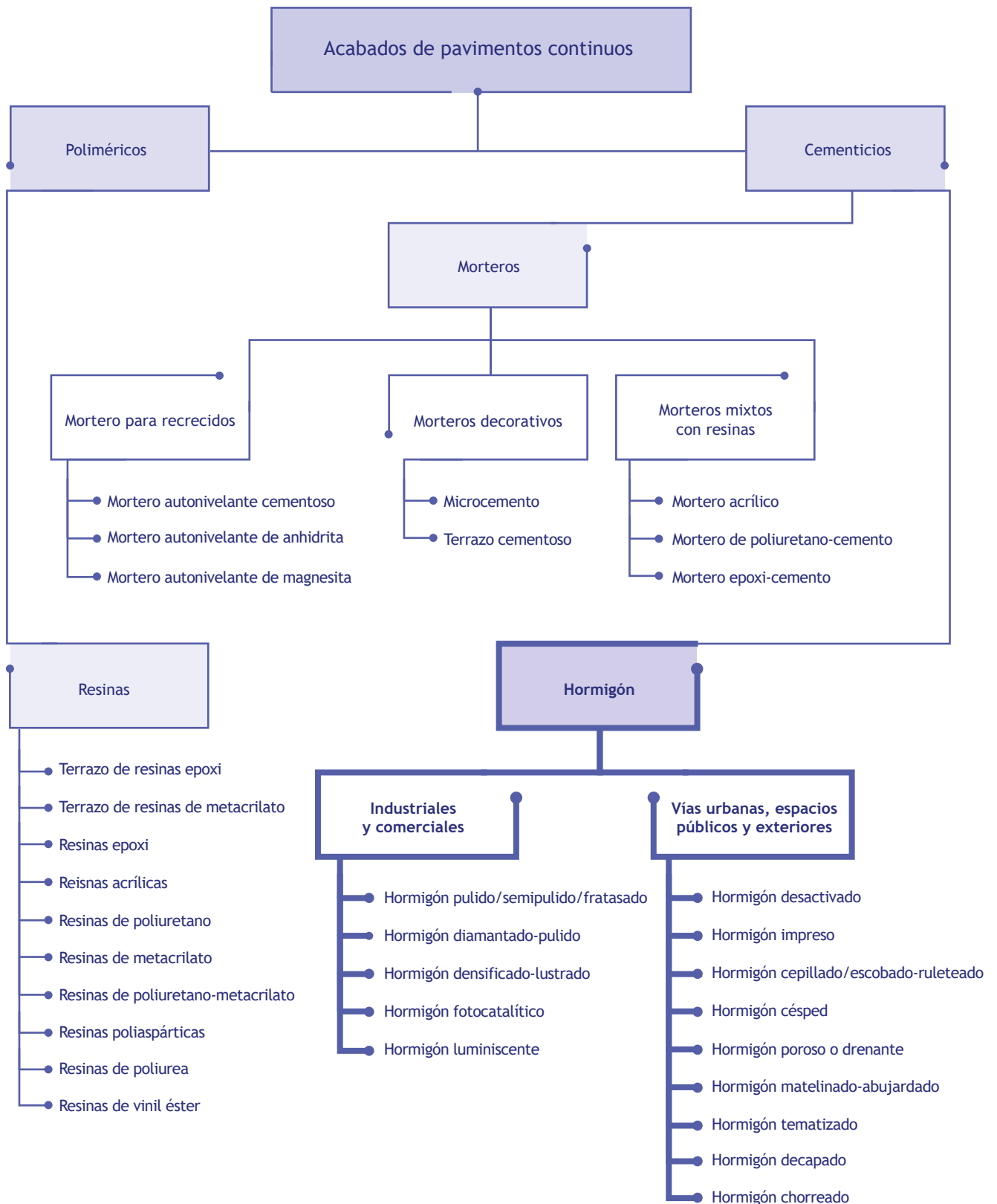


Figura 3. Tipos de pavimentos continuos

No obstante, hay que señalar que estos acabados, en muchas ocasiones, pueden combinarse. Es decir, aquellos pavimentos de hormigón a los cuales se les aplique un acabado que se ejecute propio hormigón (pulido, impreso, etc.), en ciertos casos requerirán también de la aplicación de otro tipo de acabados, como, por ejemplo, resinas protectoras.

En cualquier caso, debe tenerse en cuenta que todos estos acabados irán apoyados sobre un soporte, que será la base, la cual, a su vez, se ubicará sobre una subbase, si procede, y sobre la explanada (ver figura apartado 4.1).

5.2. ¿Qué tipos de pavimentos continuos se engloban en este documento?

El alcance del presente documento tiene por objeto únicamente los pavimentos de hormigón, incluyendo cada uno de sus distintos acabados posibles. El resto de pavimentos expuestos en el apartado anterior quedan completamente fuera del alcance de este manual.

En este sentido, los pavimentos de hormigón se definen como aquellos pavimentos continuos cementicios formados por losas de hormigón. A estos suelos se les da un acabado en el que el propio hormigón queda visto, aplicándosele un tratamiento, físico o químico, que le confiere las propiedades deseadas.

Estos pavimentos se dividen, a su vez, en dos categorías en función de las aplicaciones que tienen:

- Pavimentos para vías urbanas, espacios públicos, infraestructuras y exteriores
- Pavimentos industriales y comerciales

Dentro de estas dos subcategorías de pavimentos continuos de hormigón, el presente manual se centra principalmente en los pavimentos industriales y comerciales, por ser los de uso más extendido y no poder abarcar ampliamente todas las tipologías en el mismo documento.

No obstante, los pavimentos para vías urbanas, espacios públicos, infraestructuras y exteriores, a pesar de no ser el objeto principal del manual, no quedan completamente excluidos de la misma y en algunos apartados se hará mención a ellos.



6. Diseño, proyecto y planificación de pavimentos

6.1. ¿Qué características finales del pavimento debe buscar el diseño del mismo?

El diseño de un pavimento continuo de hormigón deberá ir siempre enfocado a que, una vez construido, el mismo, cuente con unas características finales le que permitan satisfacer las necesidades para las cuales fue proyectado y ejecutado.

La persona encargada de diseñar el pavimento deberá reunirse con el cliente antes de comenzar el diseño para establecer de forma muy clara cuáles son las necesidades a cubrir, a fin de poder diseñar dicho pavimento de forma idónea. Ya que, en una primera fase de diseño, conocer dichas características requeridas, permitirá elegir las tipologías de pavimentos continuos de hormigón que mejor vayan a proporcionarlas, así como descartar aquellos que no podrán aportarlas.

En este sentido, las principales características a determinar en función de las necesidades que le traslade el cliente al diseñador serán las siguientes:

- **Resistencia mecánica**

Deberán determinarse todas las cargas que el pavimento vaya a soportar, presentes y futuras: puntuales, uniformes y dinámicas. De este modo podrá establecerse la resistencia mecánica requerida y, con este dato, se podrán determinar los tipos de pavimentos más idóneos a considerar en el diseño.

Cabe mencionar que la instrucción vigente del hormigón estructural (Código Estructural) en su Tabla 57.5.4.1 (Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia y número de amasadas a ensayar por lote (N)) establece las losas de los pavimentos de hormigón como lotes de control en el control de recepción del hormigón.



- **Resistencia a la abrasión**

Para la determinación de esta resistencia, deberá conocerse la intensidad de uso, pues de ella dependerá la resistencia que habrá de tener el pavimento al desgaste superficial.

En este sentido, cabe mencionar que el Código Estructural establece en la nueva denominación de clases de exposición, los ambientes XM1, XM2 Y XM3 para elementos sometidos a erosión/abrasión moderada, intensa y extrema, respectivamente.

- **Resistencia química**

Será imprescindible que el cliente haga saber al diseñador del pavimento si éste estará expuesto a algún tipo de químico, ya sea de forma habitual u ocasional, especificando claramente el/los químicos en cuestión, a fin de diseñar el pavimento con las protecciones adecuadas a tales productos.

Este aspecto cobra especial importancia en los pavimentos industriales, ya que, por sus usos, es muy habitual la presencia de diversos tipos de químicos.

A este respecto, cabe mencionar que el Código Estructural establece nuevas denominaciones para ambientes sometidos a ataques químicos, concretamente: XA1, XA2 y XA3, para ataques débiles, medios o fuertes, respectivamente.

- **Resistencia a las acciones meteorológicas**

En esta primera fase de diseño, el cliente deberá especificar si el pavimento estará ubicado en el interior o en el exterior, ya que en función de ello se elegirán unas tipologías de pavimentos u otras.

En este sentido, cabe mencionar que el Código Estructural establece en la nueva denominación de clases de exposición, los ambientes XF1, XF2 y XF3, para elementos horizontales, en función de su exposición a lluvia y hielo.

- **Planimetría**

Debe determinarse el nivel de planeidad de la superficie del pavimento. Para ello, se tomarán diferentes puntos de ésta y se verificará que estén exactamente en el mismo plano.

Existen varias normas y metodologías de medición:

- Normativa americana-estadounidense, según ACI-117, ACI-302.1R-9L y ASTM 1155: diferencia dos parámetros de medición:
 - Número FF (Face Flatness): mide desniveles en tomas de 1 pie (o 30cms en su versión métrica)
 - FL (Face Levelness): da diferencias en tomas de 3 metros.
- Normativa británica TR34: tiene mucha similitud con la anterior, con varios matices:
 - El parámetro FF es llamado propiedad F (Flatness), y el segundo propiedad E (Elevación).
 - Se establece una clasificación por tipo de pavimentos, llamados por las siglas FM (Free Movement), FM1, FM2, FM3 y FM4, cada uno con sus tolerancias.
- Normativa alemana DIN 18202: se basa en la medida con reglas. Se mide la tolerancia, en mm, que queda entre una regla de 0,1; 1; 4; 10 y 15 metros y el firme.

- **Resbaladidad**

La resbaladidad de un pavimento continuo debe cumplir con las exigencias del DB-SUA (Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad) del Código Técnico de la Edificación.

Dicho documento, en función de su ubicación, pendiente y posibilidad de presencia de agua, marca unas clases de resbaladidad de obligado cumplimiento en gran parte de los posibles usos de este tipo de pavimentos, concretamente en zonas de uso residencial público, sanitario, docente, comercial, administrativo y pública concurrencia.





- **Rugosidad**

Es una característica relativa a la existencia de surcos o hendiduras en la superficie del pavimento. Una superficie rugosa será lo contrario a lisa. Está muy relacionada con la regularidad superficial del pavimento.

En este sentido, la rugosidad se define como la desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del tránsito de vehículos, la calidad de circulación sobre su superficie y sobre cargas dinámica.

Existen dos normas para su medición: UNE-EN ISO 1302:2002 (Especificación geométrica de productos (GPS). Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos); y ASTM E 867-06 (Standard Terminology Relating to Vehicle Pavement Systems).

- **Reflexión**

La reflexión de un pavimento indica la cantidad de luz reflejada por el mismo, lo cual dependerá de la inclinación de la luz emitida sobre el pavimento y del índice de reflexión de la superficie donde se refleje.

Puede ser un factor a tener en cuenta en algunos pavimentos, pues afectará al posterior alumbrado de la zona, entre otros.

- **Colorimetría**

Esta característica se refiere a los colores que presentarán los acabados finales del pavimento. Puede ser una característica muy relevante para el cliente, especialmente en lo relacionado con la estética del pavimento. Aunque también puede resultar importante por otros motivos, como por ejemplo, en pavimentos para vías urbanas, para diferenciar visualmente, con distintos colores, los carriles peatonales y carriles bici.

Cabe mencionar a este respecto que la Commission Internationale de L'Éclairage (CIE), tiene definidos espacios de color para comunicar y expresar el color objetivamente. El espacio de color $L^*a^*b^*$, también referido como CIELAB, es actualmente uno de los más populares y uniformes usado para evaluar el color de un objeto. Es ampliamente usado porque correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana.

- **Brillo**

El brillo es una percepción visual como resultado de la evaluación de las superficies. Cuanta más luz directa se refleja, mayor percepción de brillo se obtiene. La elección de esta característica dependerá de varios factores a tener en cuenta, como el tránsito que soportará el pavimento o la estética.

Existen varias normas para medir el brillo en diferentes superficies, pero las que competen a superficies de hormigón es la UNE-EN ISO 2813:2014 (Pinturas y barnices. Determinación del índice de brillo especular a 20°, 60° y 85°) y la ASTM D2457 (Standard Test Method for Specular Gloss of Plastic Films and Solid Plastics) que también se aplican para pinturas y barnices.

6.2. ¿Cuáles son los tipos de acabado posibles para este tipo de pavimentos?

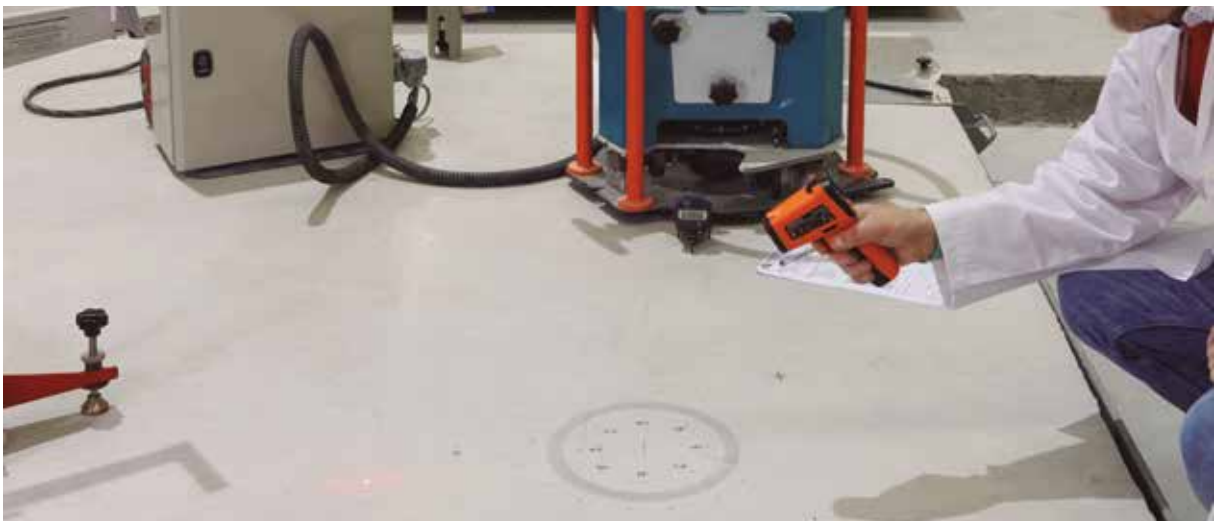
Los pavimentos continuos de hormigón pueden tener diversos tipos de acabados, definiéndose éstos como la superficie final del pavimento (la capa final de los mismos, la parte que se), que les conferirán distintas propiedades de diversa índole, ya sean estéticas, de durabilidad o funcionales.

Por ello, es imprescindible seleccionar siempre muy cuidadosamente el acabado y que éste sea diseñado y ejecutado por una empresa especializada.

Además, cabe señalar que este tipo de pavimentos pueden finalizarse con un único acabado o darse una combinación de varios, siendo, de hecho, ésta la solución más habitual.

Dichos acabados pueden ser muy diversos en cuanto a prestaciones y métodos de ejecución, aunque quedarán englobados en alguno de los grupos que se describen a continuación:

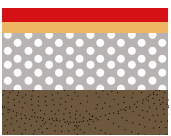
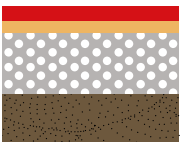
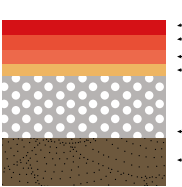
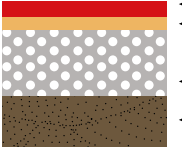
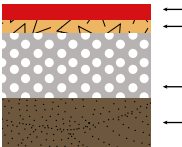
- **Tratamiento superficial del hormigón o mortero:** Al pavimento, ya ejecutado, de hormigón, se le aplica un tratamiento directo con medios mecánicos, mediante maquinaria especializada; o químicos, con productos específicos. Es muy habitual que, tras realizar un tratamiento superficial, se coloquen recubrimientos finales.
- **Recubrimiento:** Es una actuación simple de pintado, reparación, protección, etc.



- **Revestimiento:** Es una actuación más integral que en el caso de los recubrimientos. Generalmente requieren un estudio previo de saneamiento y reparación del sustrato, en una o varias capas, pudiendo llegar a cubrir por completo el sustrato y generar uno nuevo.

En cualquier caso, los acabados más habituales en pavimentos continuos de hormigón son los siguientes:

Pavimentos industriales y comerciales

Hormigón pulido/semipulido/fratasado	
 <ul style="list-style-type: none"> — Agente de curado — Capa de rodadura endurecedora cementosa — Losa de hormigón fresco — Soporte resistente 	<p>Sobre la capa fresca del hormigón se aplica una capa superficial de polvo endurecedora y coloreada para generar superficies lisas, planas, durables y de altas prestaciones.</p>
Hormigón diamantado-pulido	
 <ul style="list-style-type: none"> — Protección final — Superficie debastada y pulida — Losa de hormigón endurecido — Soporte resistente 	<p>Se aplica una técnica que consiste en atacar mecánicamente la superficie del pavimento para obtener acabados de gran calidad y transformar superficies irregulares en excelentes suelos, con un bajo coste de mantenimiento.</p>
Hormigón densificado-lustrado	
 <ul style="list-style-type: none"> — Agente de curado — Superficie lustrada — Densificador — Capa de rodadura endurecedora cementicia — Soporte de hormigón — Soporte resistente 	<p>Se aplica una técnica que permite densificar la superficie de un hormigón pulido, generando conglomerados monolíticos continuos de alta dureza, estética, brillo y reflectividad.</p>
Hormigón fotocatalítico	
 <ul style="list-style-type: none"> — Agente de curado — Capa de rodadura cementosa fotocatalítica — Losa de hormigón fresco — Soporte resistente 	<p>Los pavimentos diseñados con sistemas fotocatalíticos mejoran la calidad del aire. Mediante la acción de la luz natural o artificial, convierten sustancias orgánicas e inorgánicas nocivas en compuestos totalmente inocuos.</p>
Hormigón luminiscente	
 <ul style="list-style-type: none"> — Agente de curado — Capa de rodadura endurecedora con partículas luminiscentes — Soporte de hormigón — Soporte resistente 	<p>Están diseñados y dotados con sistemas luminiscentes que mejoran la visibilidad de los espacios en los que se aplican, generando un efecto visual diferente en situaciones de luz y de oscuridad, y ofreciendo varias horas de luminiscencia.</p>

Pavimentos para vías urbanas, espacios públicos, infraestructuras y exteriores

Hormigón desactivado	
 <ul style="list-style-type: none"> — Hormigón coloreado — Losa de hormigón — Capa de arena — Lámina de plástico — Subbase granular — Soporte resistente 	<p>Se llama hormigón desactivado a la técnica que permite dejar el árido visto mediante la eliminación del mortero de la superficie del pavimento.</p>
Hormigón impreso	
 <ul style="list-style-type: none"> — Mortero coloreado endurecedor — Losa de hormigón — Capa de arena — Lámina de plástico — Subbase granular — Soporte resistente 	<p>Se aplica sobre la superficie del hormigón en fresco un mortero de color-endurecedor, que forma la “capa de rodadura” del pavimento, y después se realiza la impresión.</p>
Hormigón cepillado/escobado-ruleteado	
 <ul style="list-style-type: none"> — Mortero coloreado endurecedor — Losa de hormigón — Capa de arena — Lámina de plástico — Subbase granular — Soporte resistente 	<p>Se aplica, sobre la superficie del hormigón fresco, un mortero de color-endurecedor que forma la “capa de rodadura” y, después, se realiza el cepillado según el diseño elegido.</p>
Hormigón césped	
 <ul style="list-style-type: none"> — Tierra vegetal — Losa de hormigón — Malla electrosoldada — Capa de arena — Subbase granular — Soporte resistente 	<p>Es un pavimento permeable continuo con zonas huecas que se rellenan con tierra vegetal y semillas adecuadas para la zona.</p>
Hormigón poroso o drenante	
 <ul style="list-style-type: none"> — Losa de hormigón poroso — Árido — Geotextil — Soporte resistente 	<p>Es un firme que permite el paso del agua a través él. Para ello se emplea un hormigón especial, sin finos o con poca cantidad de los mismos.</p>
Hormigón martelinado-abujardado	
 <ul style="list-style-type: none"> — Protección final — Superficie martelinada — Soporte de hormigón — Soporte resistente 	<p>Es un pavimento al que se le aplica en su superficie una máquina especial que la martillea hasta lograr la textura de abujardado.</p>
Hormigón tematizado	
 <ul style="list-style-type: none"> — Protección final — Pátina tematizadora — Losa de hormigón endurecido — Soporte resistente 	<p>En un pavimento dotado de color, con aspectos naturales de oxidaciones diversas.</p>
Hormigón decapado	
 <ul style="list-style-type: none"> — Protección final — Decapante ácido — Losa de hormigón endurecido — Soporte resistente 	<p>Un pavimento de con una textura con aspecto de lijado. Es una técnica utilizada para poder generar, mediante plantillas cenefas, tramas, o logotipos con textura descarnada, diferente al resto del pavimento.</p>
Hormigón chorreado (sandblasting)	
 <ul style="list-style-type: none"> — Protección final — Superficie chorreada — Losa de hormigón endurecido — Soporte resistente 	<p>Un pavimento de hormigón chorreado es un suelo de hormigón al que, estando ya endurecido, se le ataca con polvo poco abrasivo, como arena, hasta lograr el efecto requerido.</p>

Para obtener más información sobre recién expuestos, tipos de acabados posibles para pavimentos continuos de hormigón, se recomienda consultar el capítulo 7 de la “Guía sobre Pavimentos Continuos” de AEPC en www.aepc.info/guia-pavimentos, donde se describen las características principales y aplicaciones más habituales de los mismos y se dan unas pautas generales sobre su ejecución y mantenimiento.

6.3. ¿Qué datos deben conocerse antes de realizar el diseño del pavimento?

Antes de comenzar con el diseño y proyecto del pavimento propiamente dichos deberán realizarse varias tareas de investigación (estudios de cargas, estudio geotécnico, etc.), que permitan al diseñador obtener una serie de datos que le serán imprescindibles para abarcar dicho diseño y proyecto.

En este sentido, a continuación, se incluye una checklist que permite confirmar si se cuenta con todos e los datos imprescindibles que se deberían tener siempre para planificar correctamente un pavimento continuo de hormigón.



Datos requeridos para el diseño de un pavimento continuo de hormigón		
Estado del soporte		
	Sí	No
Características del suelo (resultados del estudio geotécnico)		
Características mínimas del soporte requeridas para la ejecución del pavimento		
Técnicas de mejora del suelo requeridas		
Cargas		
	Sí	No
Estáticas	Concentradas	Soportes
		Pilares
		Estanterías
		Otras
Dinámicas (Debidas al tráfico o paso de vehículos)		
Deformaciones admisibles		
	Sí	No
Características superficiales requeridas		
	Sí	No
Resistencia a la abrasión		
Resistencia química		
Color y aspecto		
Resistencia al deslizamiento		
Tipos de juntas, disposición y espaciado		
Planicidad	Nivelación	
	Planeidad	
Otros		



Adicionalmente, en algunas ocasiones, para el diseño del pavimento habrá que tener en cuenta también algunas consideraciones arquitectónicas, como la posible existencia bajo el mismo de conductos de aire acondicionado, conductos de ventilación y extracción de aires, sifones y tuberías de desagüe o de agua de red, detectores de humo, cableado eléctrico y de datos, iluminación y muchos otros servicios especializados. Así como, la ubicación de elementos estructurales, o no estructurales, como pilares o escaleras.

Estos factores pueden imponer algunas limitaciones al diseño del pavimento, por lo que son datos que siempre será imprescindible conocer antes de comenzar con la planificación del suelo de hormigón.

6.4. ¿Qué debe incluir el proyecto de un pavimento continuo?

El proyecto de un pavimento continuo de hormigón deberá incluir siempre la información necesaria y suficiente para poder ejecutarlo correctamente. Dicha información será única para cada caso, así como su extensión y los aspectos clave a incluir.

No obstante, de forma muy general se puede decir que en el proyecto de un pavimento de hormigón siempre habrá que contar con los siguientes puntos:

1. **Ubicación del pavimento**
2. **Tipo de pavimento elegido**
3. **Dimensiones**
 - 3.1. Espesor mínimo de la losa
 - 3.2. Distancia máxima entre juntas
4. **Acabado**

Debe indicarse el método para la obtención del mismo (coloreado, cepillado, impreso, etc.).

5. Soporte

Debe indicarse si el pavimento se apoya sobre terreno o si apoya sobre un elemento estructural (forjado o losa), un pavimento existente o sobre roca, debiendo quedar determinadas las características del mismo.

6. Sistema constructivo

Debe indicarse la técnica de puesta en obra del pavimento.

7. Capas intermedias entre el pavimento y la base de apoyo. Debe indicarse la eventual disposición de una capa granular, o bien, de capas de aislamiento del soporte.

8. Datos del hormigón a emplear

De acuerdo con el artículo 51.3.4. del Código Estructural (Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural):

“[...] el peticionario deberá especificar documentalmente al fabricante, y previamente al suministro, como mínimo:

- *La consistencia.*
- *El tamaño máximo del árido.*
- *La clase de exposición ambiental a la que va a estar expuesto el hormigón.*
- *La resistencia característica a compresión [...]*
- *El contenido de cemento [...]*
- *La indicación, en su caso, de características especiales del tipo de cemento [...]*
- *La indicación de si el hormigón va a ser utilizado en masa, armado o pretensado.”*

Según lo establecido en el mismo Código Estructural, los hormigones se tipificarán de acuerdo con lo establecido en su artículo 33.6 (Tipificación de los hormigones) o en el apartado 6.1.1.1. del anejo 7 (Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras), en el caso de hormigones con fibras.

Además, debe tenerse en cuenta que es imprescindible determinar la relación agua/cemento máxima a emplear, según lo dispuesto en el Código Estructural y la norma UNE-EN 206:2013+A1:2018.





En este sentido, cabe señalar que la norma UNE-EN 206:2013+A1:2018 tiene en cuenta el agua eficaz y el Código Estructural el agua total. Es decir, para la relación agua/cemento, la norma UNE-EN 206:2013+A1:2018 utiliza el agua eficaz (diferencia entre la cantidad de agua total contenida en el hormigón fresco y la cantidad de agua absorbida por los áridos); y el Código Estructural considera para la relación agua/cemento el agua total (agua añadida + humedad árido + aportada en aditivos líquidos, eliminando el agua de lavado completamente de la amasadora antes de iniciar una nueva pesada).

Adicionalmente, en el caso de hormigones autocompactantes, es necesario determinar la autocompactabilidad a través de métodos de ensayo específicos que permiten evaluar las prestaciones del material en términos de escurrimiento, de viscosidad, de capacidad de paso, y de resistencia a la segregación.

9. Cuantía de armadura/fibras, así como sus características.

10. Datos, características requeridas y métodos de puesta en obra de cualquier producto a emplear.

11. Especificaciones particulares:

- 11.1. Planeidad y nivelación
- 11.2. Exigencias elevadas de pendiente
- 11.3. Uniformidad de aspecto
- 11.4. Impermeabilidad
- 11.5. Resbaladidad
- 11.6. Otras

12. Sostenibilidad

Es un aspecto que debería siempre tenerse en cuenta en el diseño de un pavimento. Pero, además, desde la entrada en vigor del Código Estructural, es obligatorio incluirlo en el proyecto, conforme a lo establecido en el capítulo 2 (Bases generales para la contribución de la estructura a la sostenibilidad) y el anejo 2 (Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad) del mismo.

13. Gestión durante su fase de servicio

De acuerdo con el capítulo 6 del Código Estructural (Bases generales para la gestión de las estructuras durante su fase de servicio), en el proyecto de cualquier estructura deberá incluirse la estrategia y el plan de mantenimiento de la misma.

Toda esta información deberá aparecer referenciada en el proyecto, en todos aquellos documentos en los que resulte necesaria, ya sea memoria, anejos, Plan de Control de Calidad, pliego de condiciones, o mediciones y presupuesto, así como definida, cuando proceda, mediante la correspondiente documentación gráfica, en los planos.

Adicionalmente, en caso de tratarse de proyectos de demolición o actuaciones en pavimentos pre-existentes (reparación, refuerzo, etc.), dichos proyectos deberán ser conformes a lo establecido en los capítulos 6 y 16, respectivamente, del Código Estructural (Bases generales para la gestión de las estructuras durante su fase de servicio; Demolición y deconstrucción de estructuras de hormigón).

6.5. ¿Cómo debe realizarse la planificación de un pavimento continuo?

Una parte esencial del éxito del proyecto de un pavimento continuo de hormigón radica en el proceso de planificación del mismo.

Durante dicha fase de planificación, el diseñador del pavimento debería establecer comunicación con el cliente, el contratista especializado en pavimentos continuos y los proveedores principales, para establecer, en conjunto, los aspectos de construcción y calidad que se exponen a continuación, así como para determinar las responsabilidades individuales de cada uno.

- Programa global de construcción que permita la ejecución del pavimento en el ámbito de la obra en que se engloba.
- Programa de construcción del forjado, incluyendo el acceso a las zonas libres y de almacenamiento, relación con otros trabajos, proximidad a otras actividades, requisitos de acceso al pavimento y curado.
- Tolerancias del nivel de la base y sub-base.
- Tolerancias y mantenimiento durante la construcción del pavimento de la integridad de otros elementos existentes como, los pilotes.
- Acceso posterior a la construcción, incluyendo planes para evitar daños en la superficie y la sobrecarga del pavimento recién ejecutado.
- Calendario para la carga permanente.
- Determinación de los acuerdos de suministro, entrega y almacenamiento de materiales.
- Establecimiento del método de trabajo, incluyendo la cantidad de personal.
- Procedimientos de control de calidad y pruebas de conformidad.
- Establecimiento equipos especializados requeridos, de nivelación, transmisión y recepción.



Para profundizar más sobre lo expuesto en el presente capítulo puede consultarse, [a través del código QR de la izquierda](#), el correspondiente apartado del microsite creado por AEPC para tal fin, en el que se irán publicando artículos técnicos, así como bibliografía de referencia o enlaces a la misma.



7. Preparación de bases y subbases

7.1. ¿Qué características de la base del pavimento deben conocerse antes del diseño del mismo?

Como primera tarea antes de comenzar con el diseño de un pavimento continuo de hormigón es absolutamente imprescindible realizar un estudio de la base, para examinar las condiciones del terreno y conocer sus características, pues el comportamiento de dicho pavimento dependerá, en gran medida, de tales características del soporte sobre el que se asienta.

Un ingeniero geotécnico, debidamente cualificado, deberá planificar la investigación e interpretar los resultados. El mismo, deberá encargarse de determinar el alcance, y supervisar la puesta en marcha y la ejecución de la investigación, la cual deberá incluir una estimación de todos los parámetros necesarios para el diseño del sistema de soporte de la losa.

La investigación deberá realizarse de acuerdo con las recomendaciones del Eurocódigo 7 (UNE-EN 1997-1:2016), así como cualquier otra norma o instrucción vigente que sea de aplicación.

De forma general, aunque deberá ser el ingeniero geotécnico, quien las determine de forma particular para cada proyecto, las características a determinar con la investigación geotécnica son las siguientes:

- **Grosor de la/s capa/s del suelo de apoyo**

Si el suelo sobre el que se apoyará el pavimento está compuesto de varios tipos de suelo en distintos espesores deberá determinarse el espesor de cada uno de ellos.

- **Tipo/s de suelo/s**

Debe llevarse a cabo una clasificación del suelo sobre el que se va a disponer el pavimento. Para ello puede seguirse la clasificación de la norma ASTM D 2487 (conocida también como clasificación de Casagrande) o la clasificación de la norma AASHTO M 145.

- **Capacidad de soporte**

La capacidad de soporte de un terreno es la presión por encima de la cual se produce su rotura. Su determinación en suelos y explanadas suele realizarse mediante la realización del ensayo CBR y el ensayo de placa de carga.

- **Granulometría**

A fin de determinar el tipo de suelo, así como otras características del mismo, será necesario establecer su granulometría.

- **Compresibilidad, deformabilidad y Expansividad**

Son características muy relacionadas con la granulometría y que deberán ser determinadas en laboratorio. Tienen una gran importancia en suelos cohesivos, y de ellas dependen algunas características críticas del soporte como pueden ser los asentamientos diferenciales.

- **Módulo de balasto (o módulo de reacción o módulo de Winkler)**

El módulo de balasto es una magnitud asociada a la rigidez del terreno, que permite conocer el asiento de una estructura en el terreno.

Aunque es un parámetro muy utilizado en el dimensionamiento de pavimentos de hormigón, así como en los proyectos de losas de cimentación, en realidad, no es una característica intrínseca del suelo pues, también depende de la rigidez del pavimento y de la forma y magnitud de la carga. Por ello, aunque se suele dar como un valor propio del terreno, en realidad no lo representa de forma única.

- **Módulo de deformación (o módulo de elasticidad, o módulo de Hooke)**

El módulo de deformación es una característica intrínseca del suelo, es el cociente entre la tensión vertical y su deformación. Es una propiedad aparentemente equivalente al módulo de balasto, pero permite hacer un análisis mucho más riguroso de los pavimentos y su relación con el terreno.

- **Grado de humedad**

Es imprescindible determinar si el suelo de apoyo del pavimento presenta flujos de agua y qué humedad tiene, pues tal el agua puede ser muy perjudicial para el pavimento y es posible que haya que tomar medidas antes de su ejecución.

- **Existencia de cargas y tensiones externas en relación con la geotecnia del subsuelo**

- **Características físicas y químicas de los materiales constituyentes**

En base a los valores obtenidos para las anteriores características del suelo y los requerimientos específicos de la obra, un ingeniero geotécnico deberá determinar si resulta necesario realizar una mejora del terreno previa a la ejecución del pavimento, lo cual suele ser lo habitual, o no.



7.2. ¿Qué requisitos debe cumplir la base del pavimento y qué características deben buscarse en él?

El comportamiento de un pavimento continuo de hormigón depende en gran medida de las características del soporte sobre el que se asienta. El suelo de apoyo deberá ser capaz de resistir las tensiones y cargas que el pavimento transmita durante su vida en servicio.

En este sentido, independientemente de las características que naturalmente presenta el suelo de apoyo (ver apartado anterior), se requerirá que antes de ejecutar el pavimento, el soporte cumpla una serie de características, las cuales, generalmente, se lograrán mediante actuaciones a ejecutar como parte de la obra (ver apartado siguiente), ya que resulta muy raro que, de forma natural, el terreno ya la presente.

En cualquier caso, los requisitos que la base deberá cumplir tendrán que ser determinados, para cada proyecto concreto, por el técnico competente, atendiendo a las características y necesidades del pavimento a ejecutar.

No obstante, principales características físicas requeridas para las bases de pavimentos continuos de hormigón serán las siguientes:

1. Que no presenten asientos diferenciales, siendo éste un requisito crítico
2. Que cuenten con una capacidad portante suficiente

Adicionalmente, y siendo esto, probablemente, lo más importante, la bases para pavimentos deberán ensayarse siempre para garantizar que cumplen con los siguientes requisitos:

1. Valor del Proctor modificado mínimo de 98%. Cabe señalar que, aunque parece un valor muy alto, es relativamente fácil de obtener, pues se refiere a alcanzar, como mínimo, el 98% de la resistencia o compacidad obtenidas en laboratorio, que no son iguales a las reales de terreno. De hecho, en la realidad se consiguen de forma relativamente habitual valores 102-103-104%.

Realmente, el requerir la consecución de este valor lo que implica es decir que la explanada tiene que estar compactada, reiterando la importancia de que no vale con retirar terreno “malo” de arriba o colocar por encima nuevo material de mayor calidad, simplemente.

2. Valor del módulo de deformación superior a 1.200 Kp/m².
3. Realización de ensayos de placa de carga. Se emplea un plato o placa que se presionan sobre el terreno (cuanto mayores sean, más representativo será el ensayo, pero más difícil de cargar) y cuando se suelta, el terreno se hincha de nuevo, pero no del todo, y entonces se hace un 2º ciclo de carga. La relación entre el primer y segundo ciclo nunca puede ser mayor de 2-2,2; si es superior significa que se ha compactado mucho al principio, lo que implica que la subbase no está suficientemente compactada.
4. Valor de CBR superior a 15. El CBR se puede relacionar con el módulo de balasto, dato muy empleado para el diseño estructural de a losa. En el “Manual de pavimentos industriales”, de IECA, puede encontrarse un gráfico para realizar esta correlación.

Por otra parte, también será conveniente asegurarse la base cuente con un buen grado de saturación y que no existan de flujos de agua.

7.3. ¿Qué mejoras del terreno pueden requerirse para la construcción de un pavimento continuo?

Generalmente, un pavimento continuo de hormigón nunca se ejecutará de forma directa sobre el suelo de apoyo existente sin que sobre el mismo se hayan realizado una serie de actuaciones previas.

Tal y como se indicaba en el apartado 7.1, tras conocer las características de la base y, teniendo en cuenta los requisitos que ésta debe cumplir, expuestos en el apartado 7.2, un ingeniero geotécnico cualificado deberá determinar si dicha base requiere de la ejecución de alguna actuación de mejora del terreno.

Antes de realizar cualquier otra acción, siempre deberá eliminarse la capa de tierra vegetal, haciendo desaparecer así elementos perjudiciales tales como hierbas, raíces, materia orgánica o escombros.

Y tras esta primera acción, se procederá con la propia mejora del terreno, la cual podrá realizarse mediante alguno de los métodos que se describen a continuación:

1. Retirar material “malo”, que no cumple con las características requeridas para la obra y profundizar más en el terreno hasta llegar a un material que sí sea apto, nivelarlo, compactarlo, y emplearlo como base.
2. Colocar por encima del material no apto como base uno que si lo sea. En estos casos, generalmente, se emplean zahorras, las cuales deberán estar compuestas por material local, que pueda ser encontrado con facilidad en el entorno de la parcela o la obra, aunque en muchas ocasiones este material tampoco es apto y hay que acudir a otras opciones, como puedan ser zahorras artificiales de reciclados de RCD's.

En cualquier caso, siempre hay que caracterizar el material de subbase, para garantizar que sea apropiado, determinando características tales como la reactividad, la granulometría, que habrá de estar dentro de unos límites, asegurar el no contenido de material orgánico, cuantificar el contenido de sulfuros, etc.

Además, tras elegir el material de aporte, habrá que dimensionarlo y establecer cuantas tongadas se necesitan, así como los espesores de dichas tongadas. Como guía, si se utiliza material de granular, lo habitual es un espesor mínimo compactado de 150 mm. Sin embargo, pueden utilizarse espesores inferiores a de 150 mm siempre que el material empleado tenga una granulometría que permita que la capa pueda compactarse completamente para conseguir una superficie dura, plana y duradera.

A este respecto, resulta muy útil emplear como guía el PG3, concretamente su anejo: norma 6.1 IC: secciones de firmes.

3. Ejecución de cimentaciones profundas. Es una opción compleja y costosa, por lo que, generalmente, tan sólo se recurrirá a ella cuando no sean válidos ninguno de los dos métodos anteriores.
4. Ejecución de una capa de hormigón de limpieza, cuando sean zonas relativamente pequeñas a mejorar, o ejecución de suelo-cemento, siendo éste una mezcla hecha en seco de tierra o suelo con granulometría, cemento Portland y ciertos aditivos (como retardantes o acelerantes de fraguado, según se necesite). A esta mezcla se le agrega agua para conseguir una mezcla homogénea y luego se compacta y se cura. El resultado es un material resistente con propiedades mecánicas específicas.

Después, la explanada resultante debe compactarse correctamente hasta que constituya una superficie homogénea y regular, dotándola de un adecuado drenaje para garantizar el mantenimiento de sus características a largo plazo.

En este sentido, las subbases deberán ensayarse para garantizar que cumplen con los siguientes requisitos:

1. Valor del Proctor modificado mínimo de 98%
2. Valor del módulo de deformación superior a 1.300 Kp/m²
3. Relación entre el primer y segundo ciclo del ensayo de placa de carga nunca superior a 2-2,2

Por otra parte, es imprescindible que la superficie de la base (y subbase) sea continua y que, sobre la misma, no se generen movimientos, crestas, grietas, baches, surcos u otros defectos, así como que no queden materiales sujetos.

Cualquier nivelación de la superficie, destinada a eliminar sus irregularidades, obteniendo así una superficie plana y uniforme debe dejar la base homogénea y bien compactada. Aunque siempre debe tenerse en cuenta que las capas de nivelación no pueden compensar las deficiencias en la construcción de la base o subbase.

Para dicho objetivo de nivelación, se suele emplear arena, aunque, en el caso de que el material de la base (o subbase) tenga un contenido suficiente de finos, la colocación de esta capa se convierte en innecesaria. Las capas de nivelación de arena suelen tener un espesor comprendido entre 20 y 40 mm, en función de la magnitud de las irregularidades de la capa granular.

Por último, debe mencionarse que la superficie terminada de la base debe estar dentro de +0, -25mm del punto de referencia de la parte inferior del pavimento. Aunque lo ideal sería alcanzar tolerancias de +0, -15mm. Una base baja hará que la losa se vuelva más gruesa y, por tanto, utilizará más hormigón. No deben permitirse tolerancias positivas por encima del punto cero, ya que éstas afectarán directamente al espesor de la losa.

7.4. ¿Qué otras actuaciones en el terreno pueden requerirse para la construcción de un pavimento continuo?

Además de las mejoras de terreno expuestas en el apartado anterior y que resultan necesarias en la mayoría de los casos para la preparación del suelo de apoyo de un pavimento continuo, en muchas ocasiones, será necesario también disponer una o varias capas entre el pavimento y el soporte de apoyo (base o subbase) denominadas:

- Membranas
- Láminas de plástico
- Barreras de vapor

Los objetivos que se pretenden lograr con la colocación de una membrana son los siguientes:

- Reducir el rozamiento entre el pavimento y la base
- Impedir la pérdida de agua del hormigón durante la puesta en obra
- Disponer un elemento impermeable que aisle al pavimento de la humedad procedente del terreno

Las membranas empleadas como capa de deslizamiento, buscan reducir el rozamiento entre el pavimento y la base durante la contracción o expansión del pavimento; aunque debe tenerse en cuenta que las membranas deslizantes no compensan las variaciones bruscas de nivel de la base, la cual debe ser plana y lisa. Generalmente, están hechas de láminas de polietileno (un plástico) de unas 300 micras de grosor y se colocarán directamente bajo la losa de hormigón.

La lámina de plástico, además, impedirá la pérdida de agua y finos desde el del hormigón a la base. Sin embargo, la capa de deslizamiento no siempre coincidirá con la capa de impermeabilización, que, en ocasiones, se colocará también directamente bajo la losa, pero muchas otras veces, se ubicará entre la capa granular y la capa de nivelación de arena.

Además, en ciertas circunstancias, una membrana de polietileno puede no ofrecer suficiente resistencia al vapor de agua. En tal caso habrá que estudiar otro tipo de opciones.

En cualquier caso, las membranas empleadas como barrera de vapor sirven para proteger el pavimento de la humedad ascendente y para proteger la base de la filtración de agua de lluvia o de los lavados frecuentes.

7.5. ¿Qué otras características sobre el suelo de apoyo deben tenerse en cuenta?

Además de las características intrínsecas al suelo de apoyo, tano globales como superficiales, expuestas en los apartados anteriores y que deben cumplir unos requisitos concretos para cada obra, los cuales se pueden lograr con métodos también expuesto en dichos apartados anteriores, existen otras características, o detalles a tener en cuenta, adicionales que están relacionados con tal suelo de apoyo.

Algunos de dichos detalles a tener en cuenta son los siguientes:

- **Existencia de sumideros, arquetas o pozos de registro**

Se imprescindible tener en cuenta la presencia de estos elementos en el suelo de apoyo, de cara a tenerlos en cuenta y no dañarlos a la hora de tratar dicho suelo, así como para poder incluirlos en el diseño del pavimento y no tapanlo al hormigonar.

- **Existencia de instalaciones**

El paso de instalaciones (tuberías, cableado, etc.) por el suelo de apoyo (o sobre el mismo) así como por la base o subbase, debe ser tenido en cuenta para planificar correctamente las operaciones de preparación del apoyo, así como planificar correctamente el pavimento en caso de ser necesario dejar un acceso a las mismas.

- **Pendientes**

En el caso de la pavimentación con pendientes, será necesario tener en cuenta este hecho durante la fase del diseño para tener en cuenta sus efectos.

7.6. ¿Cómo debe realizarse la preparación de la base de un pavimento cuando éste se ejecuta sobre una solera existente?

En aquellos casos en los que el pavimento a ejecutar se vaya a realizar sobre una solera pre-existente, la preparación de la base, consistirá, generalmente, en una preparación superficial, que deberá ir enfocada a lograr las siguientes características del soporte:

- **Humedad del soporte**

En caso de existir humedad, se deben realizar las mediciones correspondientes, empleando para ello higrómetros y/o higrómetros de superficie, y según los valores obtenidos, se elegirá el tratamiento más adecuado para el pavimento a ejecutar de entre los distintos tratamientos existentes, pues este debe estar seco.

- **Planicidad**

Para garantizar la planicidad de los pavimentos continuos es imprescindible y lograr un acabado perfecto, es imprescindible lograr tal característica en el soporte del mismo.

- **Rugosidad**

Algunos pavimentos continuos de hormigón requieren que el soporte sobre el que se van a ejecutar tenga una rugosidad determinada para facilitar el anclaje mecánico del mismo.

- **Limpieza previa**

La limpieza del soporte que se realiza antes de la ejecución del pavimento es imprescindible para asegurar la correcta adherencia del mismo a dicho soporte, así como para garantizar la correcta ejecución del mismo.

Dicha limpieza se puede realizar con medios mecánicos existentes en el mercado y con productos de limpieza específicos según las necesidades de cada caso.

Para, antes de ejecutar un pavimento continuo de hormigón, lograr tales, se pueden emplear los métodos de preparación de superficies que se recogen en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que la elección y combinación de los mismos dependerá de las características particulares de cada obra.

Fresado



La fresadora se usa para decapar y rebajar superficies de diferentes materiales, dejando una solera con muy buen anclaje para su posterior recubrimiento.

Granallado



Los equipos de granallado, abren muy bien el poro y decapan el pavimento, asegurando un buen anclaje. Se basa en el golpeo con bolas metálicas de diferentes tamaños sobre el pavimento.

Diamantado/escarificado



La preparación con diamantadora es lo más común en la actualidad por su versatilidad. Este tipo de máquinas, cortan y desgastan la superficie en lugar de golpearla. Con diferentes tipos de granulometría de diamante, se puede lograr desde un gran desbaste, muy rallado, a una apertura de poro muy fina. El diamantado, no rebaja la superficie rápidamente porque actúa por desgaste, debido a eso, en ocasiones puede ser necesario hacer antes un fresado o un granallado.

Lijado



La lijadora hace una preparación del pavimento muy suave. Su funcionamiento es por desgaste de la superficie con lija de carborundo o tungsteno. Ha sido muy usado para abrir poro en pavimentos, pero con la llegada de las máquinas y productos actuales, se está enfocando más a trabajos de lijado entre capas de pintura o para trabajos específicos que requieran de sus características.

Aspirado



El aspirador es imprescindible y se complementa con cualquiera de las otras máquinas. Su utilización es muy importante para evitar el polvo en suspensión, debido a la abrasión de las máquinas contra el pavimento, y para procurar una limpieza más profunda en la superficie preparada.

Para mayor profundización en el tema, se recomienda la lectura de la *Guía sobre preparación de superficies*, de AEPC en:

www.aepc.info/guia-superficies



Para profundizar más sobre lo expuesto en el presente capítulo puede consultarse, **a través del código QR de la izquierda**, el correspondiente apartado del microsite creado por AEPC para tal fin, en el que se irán publicando artículos técnicos, así como bibliografía de referencia o enlaces a la misma.



8. Diseño estructural de la losa

8.1. ¿Qué tipologías de losas de hormigón pueden emplearse en pavimentos continuos?

En este sentido, existen diversas tipologías de losas continuas de hormigón, siendo las que principalmente se emplean en España las que se exponen a continuación.

Hormigón en masa

Este tipo de losas de hormigón no llevan armado de ningún tipo, por lo que son los pavimentos continuos de hormigón más sencillos y económicos de construir. La fisuración se controla mediante la ejecución de juntas en dos direcciones perpendiculares.

Los parámetros resistentes son las propiedades del hormigón (resistencia del hormigón frente a tensiones normales por flexotracción y tangenciales por punzonamiento).

Hormigón armado continuo:

Estas losas llevan armadura y son más competentes que las losas de hormigón en masa para resistir cargas y acciones indirectas (retracción y temperatura). Pueden tener o no, juntas.

- **Para retracción y temperatura:**

El hormigón tiene dos características intrínsecas que deben ser tenidas en cuenta en el diseño de pavimentos para evitar posibles problemas: la retracción que experimenta, no sólo al fraguar, sino también durante toda su vida útil, y su baja resistencia a la tracción. Ambas, si no se tratan cuidadosamente generarán en el pavimento, fisuración por retracción y alabeo.

El empleo de hormigón armado continuo es una solución tradicional para prevenir dicha fisuración y/o minimizar los efectos de la misma, quedando así reforzado el hormigón con mallas (lo más habitual) o barras de acero.

Tal refuerzo no tendrá una función de cálculo frente a las acciones directas, pero sí minimizará los efectos de las indirectas, no evitando la fisuración, pero sí aumentando el número de fisuras, disminuyendo así la abertura de las mismas. Con esta solución se reducen los fenómenos de desconchados en los bordes de las fisuras, o problemas derivados de la penetración del agua, de modo que la fisuración no afectará al funcionamiento del pavimento.

- **Para cargas**

Cuando las cargas sobre una solera son puntuales o lineales (situación muy habitual) provocan en la solera esfuerzos de flexión de ambos signos (tracciones arriba y abajo) que es necesario resistir y, además, provocan fisuración que es necesario controlar, especialmente en la cara superior.

Dichos esfuerzos son función del valor de la carga y de sus dimensiones, así como de las rigideces relativas de la losa y el terreno de apoyo.

Cuando el hormigón por sí sólo no es capaz de soportar las cargas previstas, (situación muy habitual) o, aun siéndolo, se requiere un espesor excesivo del pavimento, por lo que será necesario reforzar el pavimento con armadura.

El armado se sitúa con una función estructural y, por lo tanto, se diseña y calcula como hormigón armado. La resistencia vendrá dada por la capacidad de la sección de hormigón armado frente a tensiones normales por flexotracción y tangenciales por punzonamiento.

Al tratarse de un pavimento, se puede establecer como un Estado Límite de Servicio la no fisuración de la cara superior y, en consecuencia, se considera en la cara superior la resistencia a flexotracción del hormigón. La otra opción para controlar la apertura de fisura es disponer en la cara superior un armado adicional orientado a tal fin.

Hormigón con fibras

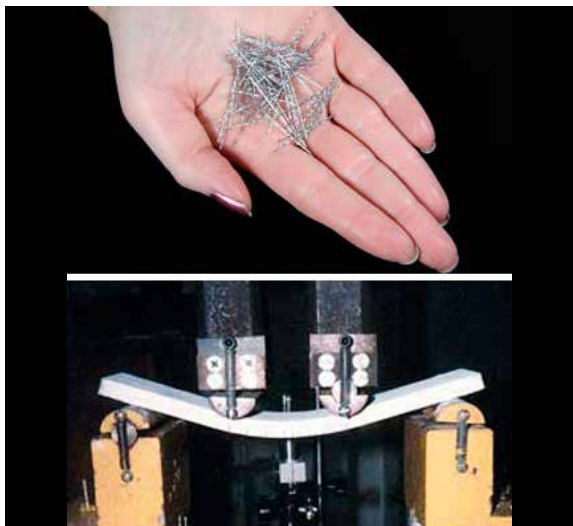
Estas losas incorporan fibras de diferentes tipos, metálicas, de vidrio, de polipropileno, polietileno, nylon, etc. y son utilizadas para diferentes propósitos según el origen de la fibra.

Pueden ser competentes, al igual que las losas armadas, para resistir cargas (de acero y de polipropileno), o para controlar la fisuración temprana durante el fraguado y las primeras horas de vida del hormigón (de vidrio), o para controlar la fisuración posterior, de secado (acero o sintéticas). Pueden tener, o no, juntas.

El grado de control de la abertura de fisura está directamente relacionado con el tipo de fibra y cantidad empleada.

Por otra parte, de acuerdo con el Código Estructural, pueden emplearse mezclas de fibras de distinta naturaleza y/o tamaño, denominándose entonces al hormigón 'hormigón reforzado con mezclas de fibras'. Estas combinaciones resultan eficaces para mejorar las prestaciones del hormigón, obteniéndose con ellas efectos de sinergia entre los distintos tipos de fibra combinados.

En cualquier caso, los hormigones con fibras deben calcularse conforme al anejo 7 del Código Estructural, dedicado a hormigones con fibras. En él se establecen las características tecnológicas de los materiales, los requisitos de durabilidad y la forma de cálculo, así como las pautas para la ejecución y el control.



En cuanto a las propias fibras, el Código Estructural dispone lo siguiente:

“Las características geométricas de las fibras, longitud (l_f), diámetro equivalente (d_f), y esbeltez (λ), se establecerán de acuerdo con las normas UNE-EN 14889-1, UNE-EN 14889-2 y UNE 83516.

Por otro lado, de acuerdo con su naturaleza, las fibras se clasifican en:

- Fibras de acero
- Fibras poliméricas
- Fibras de vidrio resistentes a los álcalis”

Fibras de acero

Las fibras de acero se pueden emplear para el diseño de pavimentos frente a acciones directas y acciones indirectas.

Son fibras metálicas diseñadas específicamente para hormigones y que cumplen con las siguientes características:

- Longitudes de entre 35 y 60 mm
- Ratios longitud/diámetro entre 50 y 80
- Resistencias a tracción entre 1200-1500 MPa

Además, cumplen una serie de criterios geométricos y de capacidad resistente que deben estar adecuados a la normativa de aplicación y son lo que se pueden considerar en el cálculo.

Los parámetros empleados para el cálculo en el anejo 7 del Código Estructural son las resistencias residuales a unas ciertas aperturas de fisura. En ocasiones se introducen no considerándolas en el cálculo de la sección frente a acciones directas y sólo para mejorar alguna propiedad, como minimizar los efectos de las acciones indirectas o mejorar la resistencia a fatiga o impacto.



Fibras poliméricas

Las fibras poliméricas se pueden emplear, o bien para el control de las acciones indirectas a edades tempranas (retracción plástica) en cuyo caso, generalmente se emplean microfibras; o bien, cumpliendo una serie de características geométricas y resistentes, pueden emplearse considerándolas en el diseño de la sección, optando entonces, de manera habitual, por las macrofibras, siempre que las mismas cumplan tales requisitos. Las longitudes habituales indicadas para poder considerar su función mecánica suelen estar relacionadas con el tamaño máximo de árido, siendo dicha relación de 2,5 a 3.

Las macrofibras poliméricas pueden estar conformadas de diferentes materiales, como polipropileno, poliolefina, poliéster, etc. El parámetro mecánico empleado, para que dichas fibras sean consideradas estructurales son las resistencias residuales, las cuales deberán superar unos ciertos valores.

En cualquier caso, generalmente el uso de fibras poliméricas, habitualmente está más relacionado con la minimización de los efectos de la retracción, o para mejorar otras propiedades, como la resistencia al impacto, al fuego, control fisuración, etc.

El grado de control del ancho de fisura está directamente relacionado con el tipo de fibra y cantidad empleada.

Fibras de vidrio resistentes a los álcalis

Al igual que las macrofibras poliméricas, las fibras de vidrio se emplean considerándolas en el diseño de la sección, siempre que cumplan con una serie de requisitos geométricos y resistentes.

Este tipo de fibras podrán emplearse siempre que se garantice un comportamiento adecuado durante la vida útil del elemento estructural, en lo relativo a los problemas potenciales de deterioro que presentan este tipo de fibras a consecuencia de la alcalinidad del medio. En este sentido deben ser siempre deberán siempre ser AR (álcali-resistentes) según lo establecido en la norma UNE-EN 15422:2009 (Productos prefabricados de hormigón. Especificaciones para las fibras de vidrio destinadas al armado de morteros y hormigones).

Dado que los HRF pueden experimentar importantes reducciones de resistencia y tenacidad debido a la exposición al medio ambiente, se deberán tomar las medidas adecuadas tanto sobre la fibra como sobre la matriz cementicia para su protección.

La mezcla de distintitos tipos de fibras no se aconseja en el caso de las fibras de vidrio.

8.2. ¿Qué datos deben conocerse antes de realizar el diseño estructural de la losa?

El primer paso para el diseño estructural de una losa será determinar la tipología de la misma, lo cual deberá realizarse por un técnico competente con experiencia en el ámbito de los pavimentos continuos de hormigón, pues de dicha elección dependerá el propio proceso de diseño estructural, así como las futuras características del pavimento.

Además de determinar la tipología del pavimento en proyecto, será imprescindible recopilar una serie de datos que permitan realizar el diseño de la losa, los cuales recogen a continuación.

Características del apoyo

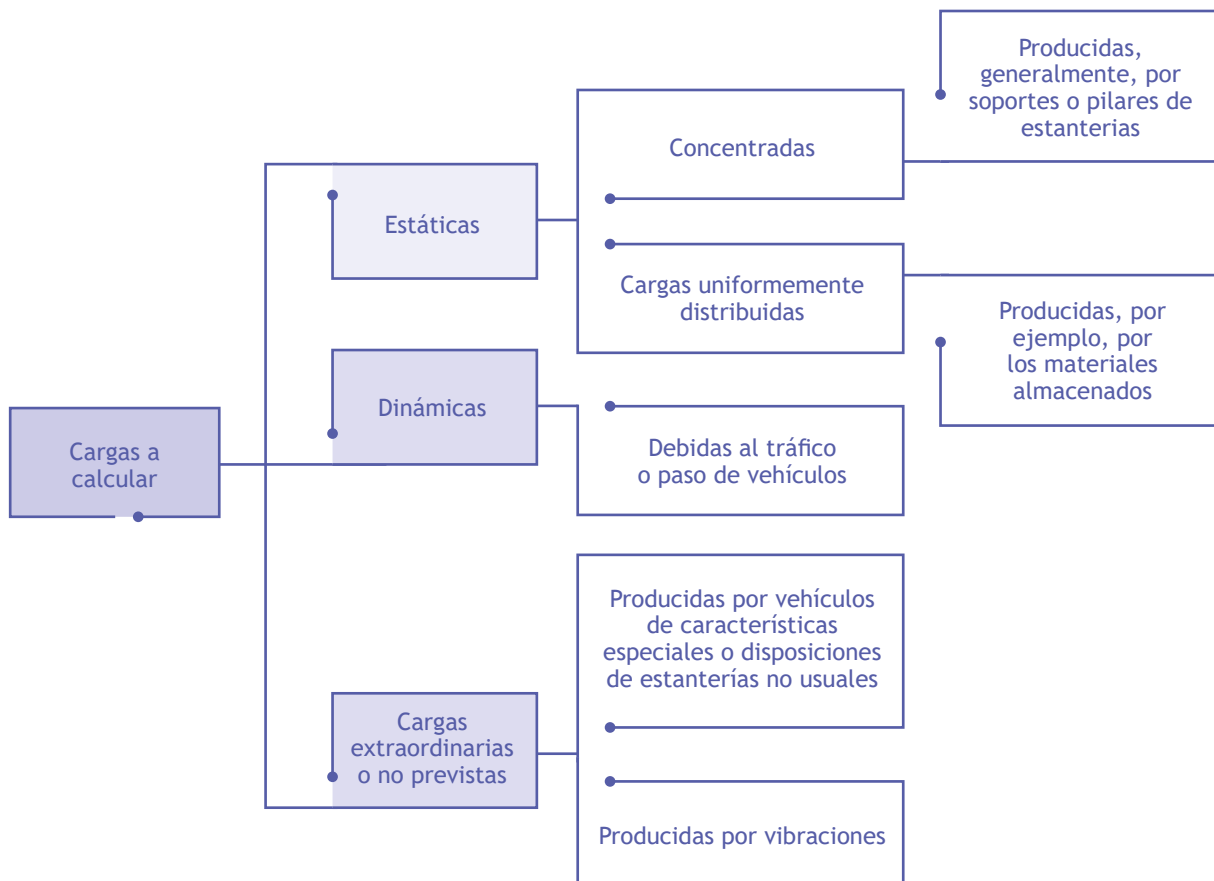
La capacidad de soporte de la base condicionará el diseño de la misma, dependiendo de ésta el espesor final del pavimento continuo de hormigón.

Para una mejor caracterización del soporte se recomienda trabajar con el ‘módulo de deformación’ del terreno, que representa de forma completa el comportamiento de un terreno, independientemente del valor y forma de la carga, en lugar de utilizar el coeficiente de balasto.

En cualquier caso, para más información sobre este tema, consultar el capítulo 7, anterior.

Tipo de cargas a soportar por el pavimento

Para poder diseñar y dimensionar un pavimento es imprescindible calcular las cargas a las que estará sometido el pavimento continuo a lo largo de su vida en servicio. Dichas cargas se dividen en los grupos que se recogen a continuación.



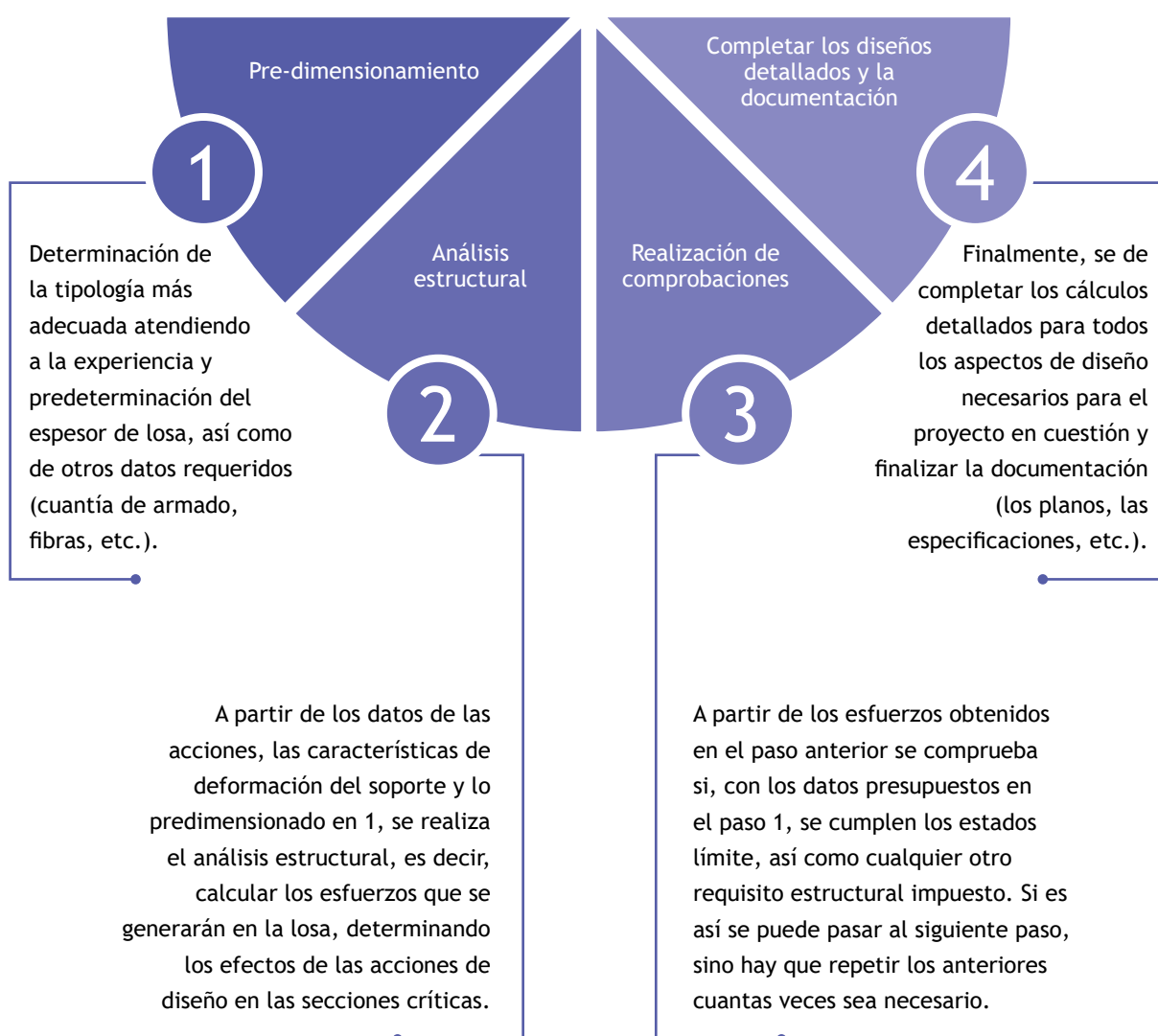
8.3. ¿Cuál debe ser el procedimiento para el cálculo estructural de la losa?

El diseño estructural de la losa de hormigón de un pavimento continuo requiere tener en cuenta muchos factores, por lo que siempre debe ser llevado a cabo por un técnico competente (un ingeniero o arquitecto experto en estructuras) con experiencia en el ámbito de los pavimentos continuos de hormigón. Dicho diseñador deberá asegurar que la losa cumpla todos los requisitos establecidos de resistencia mecánica, funcionalidad, resistencia al fuego y durabilidad.

El objetivo principal del cálculo estructural de la losa de un pavimento continuo de hormigón es la determinación del espesor y el armado de dicho pavimento de tal forma que quede asegurado su funcionamiento en servicio y en rotura con las cargas actuantes previstas.

En España no existe normativa específica para el cálculo de losas con función de pavimento, por lo que hay que apoyarse en la normativa existente en otros países, como la ACI o el TR34. A nivel de propiedades de los materiales, el cálculo debe realizarse de acuerdo con los principios establecidos por el Eurocódigo 2 y el recién publicado Código Estructural.

En cualquier caso, el diseño estructural de losa de hormigón se realizará, generalmente, siguiendo un proceso similar al que se expone a continuación:



No hay que olvidar el detalle de los extremos y de las juntas, así como las especificaciones de dosificación de hormigón y recubrimientos para garantizar la durabilidad, las consideraciones de fuego y, específicamente, algunas otras cuestiones de interés como podría ser la resistencia a la abrasión u otras características propias de la obra.

Además, en función de la tipología del pavimento en cuestión se deberán tener en cuenta algunos otros aspectos para el cálculo estructural de la losa.

Pavimentos de hormigón en masa

En este tipo de pavimentos la fisuración se controla con la colocación de juntas, por lo que dichas juntas serán un aspecto clave en el diseño de los mismos.

La determinación de la distancia entre juntas depende mucho del nivel de coacción entre el pavimento y el soporte, aspecto que debe ser especificado en los cálculos y, sin el cual, es difícil determinar la separación máxima.

En estos pavimentos, la única forma de determinar la aptitud de la losa es mediante el control de tensiones, ya que la ausencia de armadura hace que la rotura se produzca cuando se alcanza la resistencia a tracción del hormigón.

La separación entre juntas está relacionada con el espesor de la losa y nunca debe ser superior a 25-30 veces el espesor de la losa en interiores, y 15-20 veces el espesor de la losa en exteriores.

Además, el diseño de las juntas deberá respetar el factor de forma entre ancho/largo menor a 1,5, procurando que se formen paños cuadrados.

Pavimentos de hormigón armado (para retracción y temperatura)

Al confiar el control de las fisuras a la armadura, la distancia entre juntas puede ser notablemente mayor pues la losa no fracasa al alcanzar la resistencia a tracción del hormigón.

El espesor de la losa y, fundamentalmente, la cantidad de armadura deben calcularse para garantizar que la abertura de fisura se mantiene en límites admisibles.



Para eliminar las juntas, se recomienda colocar una cuantía mínima de acero correspondiente al 5 por mil de la sección transversal en la dirección en que se elimina la junta de contracción.

Como la fisuración que realmente afecta a la apariencia y durabilidad de la losa es principalmente superior, se recomienda disponer gran parte de esa armadura mínima en el paramento superior, con un recubrimiento mínimo de entre 35 y 40mm. Esta armadura no debe atravesar las juntas de dilatación-contracción.

Pavimentos de hormigón armado (para cargas)

El espesor y la armadura de losa debe garantizar que la losa resiste adecuadamente los esfuerzos de flexión y cortante a los que está sometida por la acción de las cargas.

Pavimentos con fibras

Las fibras, según su naturaleza, su adherencia o su geometría, pueden tener diferentes funciones, todas ellas interesantes. Pueden resistir la fisuración temprana del hormigón muy joven o del hormigón no endurecido (polipropileno, polietileno y nylon), pueden disminuir la fisuración madura o de secado (de acero o macrosintéticas), y pueden ayudar o ser las únicas encargadas de resistir las cargas (de acero o macrosintéticas), salvo que el nivel de esfuerzos en la losa sea muy exigente.

En pavimentos continuos de hormigón, las fibras más utilizadas son las de acero y las poliméricas de polipropileno, polietileno y nylon, que habitualmente tienen poco impacto en el comportamiento del hormigón una vez endurecido.

La longitud de fibras utilizadas en pavimentos de hormigón fluctúa entre 13 a 64 mm, dependiendo del uso.

En el caso de fibras poliméricas empleadas para controlar fisuración temprana, los criterios de diseño son los mismos que para hormigón en masa. En cualquier caso, entre las fibras poliméricas se diferencian las microfibras y las macrofibras, las cuales pueden ser estructurales y no estructurales.

En el caso de fibras de acero, macrosintéticas o de vidrio, usadas para resistir esfuerzos y para controlar fisuración madura, los criterios de diseño son los mismos que para hormigón armado.



8.4. ¿Cómo debe dimensionarse el armado de la losa?

España no dispone de una norma específica de losas con función de pavimento, por lo que se suele recurrir, como manual de cálculo, a la TR34 o la ACI. No obstante, y en cualquier caso, tal dimensionamiento deberá realizarse, en los puntos que le sea de aplicación, como pueden ser los materiales, conforme a lo dispuesto en el Código Estructural y el Eurocódigo 2.

El proceso de dimensionamiento puede diferenciarse en dos, primero el análisis estructural y luego, propiamente, el dimensionamiento.

El análisis estructural de la losa ha de hacerse tanto para las acciones de temperatura y retracción como para las cargas, siguiendo un proceso como el que se describe a continuación.

Análisis estructural de la retracción

La modelización de la losa es compleja, especialmente con las acciones de retracción, puesto que el comportamiento del hormigón es altamente no lineal.

Si no se quiere sobredimensionar la armadura de la losa, es conveniente aprovechar la fisuración, lo que supone tener que establecer estrategias no lineales (muy costosas) o estrategias simplificadas que tengan en cuenta, de alguna forma, la pérdida de rigidez por fisuración.

Además, la retracción moviliza deformaciones en el propio plano de la estructura, lo cual hace necesario el uso de modelos tipo lámina, que son sencillos, pero que los programas más convencionales no tienen implementado.

Análisis estructural de las cargas

Para el análisis de los efectos de las cargas es fundamental determinar el comportamiento del soporte preferiblemente mediante el módulo de deformación, en lugar del coeficiente de balasto.

Las cargas deben estar claramente determinadas, no sólo en su valor, sino en las dimensiones de su área de aplicación.

Aunque es menos necesario que en el caso de la retracción, a veces, si no se quiere sobredimensionar la armadura de la losa, se pueden usar estrategias simplificadas que tengan en cuenta, de alguna forma, la pérdida de rigidez por fisuración.

Dimensionamiento

Una vez conocidos los esfuerzos axiales de los modelos de retracción y los flexores y cortantes de los modelos de cargas, ha de procederse a su dimensionamiento para garantizar los E.L.U. de flexión, flexotracción y cortante y los E.L.S. de fisuración, según se recoge en la normativa obligatoria.

Armado continuo (barras/malla)

Tal y como ya se ha comentado anteriormente, el armado continuo se puede disponer, o bien para limitar la apertura de las fisuras producidas por la retracción o cambios de temperatura en el hormigón; o bien, considerando la función de las armaduras para aumentar la capacidad de carga a flexión y punzonamiento del pavimento.

En el primer caso se considerarán a nivel resistente las propiedades del hormigón, fundamentalmente la resistencia a flexotracción del mismo; y en el segundo se considerará la capacidad resistente de la sección de hormigón armado. En función de si se trata de un estado límite último o de servicio se puede limitar, en el segundo caso, la fisuración de la cara superior.

Generalmente, se emplea un acero \varnothing 6,8,10, formando mallas electrosoldadas de 10x10, 15x15 ó 20x20.

Además, cabe señalar que igual de importante que la cuantía de acero, es la posición de la malla electrosoldada. En el caso de control de fisuración, debe coser las fisuras del hormigón para evitar su apertura, por lo que debe colocarse lo más cerca posible de la superficie, aunque no tanto como para que pueda dañarse por no tener recubrimiento suficiente.

Fibras de acero, poliméricas o de vidrio:

Al igual que en el caso del armado continuo, las fibras pueden disponerse, o bien para dotar de unas propiedades adicionales al pavimento, pero no dotar de capacidad mecánica a la sección frente a las cargas; o bien, cumpliendo con las exigencias físicas, geométricas y estructurales puede considerarse su resistencia residual para el cálculo de la sección.

Las fibras de acero y las fibras macrosintéticas mejoran las características mecánicas del hormigón, en especial en los aspectos relativos a resistencia a flexión y fatiga, lo que se traduce en una menor fisuración de los pavimentos y en una reducción de los espesores necesarios.

Las especificaciones de las fibras deben ser conformes con lo dispuesto en la norma UNE-EN 14889:2008 (Fibras para hormigón), para el cálculo de la capacidad mecánica lo indicada en el anejo correspondiente del código estructural. Adicionalmente, las fibras de vidrio deberán siempre ser AR (álcali-resistentes) cumpliendo la norma UNE-EN 15422:2009.

8.5. ¿Qué comprobaciones sobre la capacidad estructural de la losa deben realizarse?

A la hora de realizar el cálculo estructural de la losa de un pavimento continuo de hormigón, es imprescindible comprobar que las secciones críticas cumplen con los valores requerido para los siguientes estados límite, de acuerdo con el Código Estructural, así como con cualquier otra Instrucción de aplicación:

- Estados Límite Últimos
 - Flexión
 - Flexotracción
 - Cortante o punzonamiento, según se trate de cargas lineales o puntuales
- Estados Límite de Servicio
 - Fisuración

Adicionalmente deberá comprobarse la capacidad resistente de las juntas dotadas de pasadores, lo cuales se utilizan en las juntas de libre movimiento para permitir la transferencia de cargas de un de un lado a otro de la junta sin que se produzca una deflexión diferencial significativa.

Cabe destacar que es fundamental que el diseño y configuración de los paños a ejecutar sean acordes con el modelo de cálculo empleado.

8.6. ¿Qué debe tenerse en cuenta sobre los encofrados en la fase de diseño de la losa?

Aunque la selección de encofrados suele realizarse ya en la fase de construcción del pavimento, sí es recomendable que, desde la fase de proyecto, concretamente en el diseño estructural de la losa, se tenga esto en cuenta si se prevé que se van a requerir encofrados de características especiales, de modo que se pueda ir organizando la operación con antelación, evitando así se posibles futuros contratiempos que puedan retrasar el desarrollo de la obra.

Será necesario prever la disposición de encofrados especiales sobre todo en situaciones relacionadas con la ejecución de juntas. Por ejemplo, si la junta es machihembrada, se dispondrá un encofrado con la forma adecuada, realizando el hormigonado de la zona en dos días diferentes. Y si las juntas tienen características o medidas especiales habrá que encargar encofrados a medida que las satisfagan.

Además, a la hora de realizar el diseño de la losa se deberá tener en cuenta también como tal diseño puede afectar la futura construcción, a fin de simplificar la misma lo máximo posible. Por ejemplo, en caso de optar por una armadura pasante en las juntas de construcción habrá que tener en cuenta que éstas dificultan las tareas de encofrado.



Para profundizar más sobre lo expuesto en el presente capítulo puede consultarse, [a través del código QR de la izquierda](#), el correspondiente apartado del microsite creado por AEPC para tal fin, en el que se irán publicando artículos técnicos, así como bibliografía de referencia o enlaces a la misma.



9. Diseño de juntas

9.1. ¿Por qué es necesaria la construcción de juntas en los pavimentos continuos?

Las juntas de un pavimento de hormigón son planos de discontinuidad dispuestos intencionadamente por el proyectista.

La disposición de dichas juntas obedece a cuatro razones principales:

- Juntas de construcción: de forma inevitable se producirán juntas por interrupción de las labores de hormigonado.
- Juntas de control de la fisuración: para evitar la fisuración espontánea e irregular provocada por la retracción o los descensos térmicos
- En pavimentos exteriores con soleamiento, puede producirse el fenómeno de incurvación de la losa lo que puede generar efectos indeseados que deben ser estudiados cuidadosamente y que pueden ser disminuidos con la disposición de juntas, que disminuyan el tamaño de los paños incurvados.
- Juntas de aislamiento: Pueden disponerse juntas para aislar el pavimento de los elementos o estructuras fijas que puedan existir. Estas juntas permiten el movimiento independiente de los pavimentos y dichas estructuras.

Las juntas más utilizadas son las inevitables juntas de construcción y, también, las juntas de control de la fisuración.

Las estructuras continuas de hormigón, como los pavimentos, tienen una tendencia intrínseca a acortarse por retracción (usualmente la retracción es mucho mayor que la dilatación provocada por incrementos de temperatura, sobre todo en estructuras interiores, por lo que los pavimentos fundamentalmente se acortan). Esta necesidad de acortarse está coartada por el rozamiento con la base y dicha coacción provoca tensiones de tracción que la pueden fisurar. La coacción al acortamiento, que es la causa de las tracciones, crece con la distancia al extremo (punto en el cual no hay tracciones). De ahí que, en paños largos, aparezcan las tracciones y, con ellas, la alta probabilidad de fisuración.

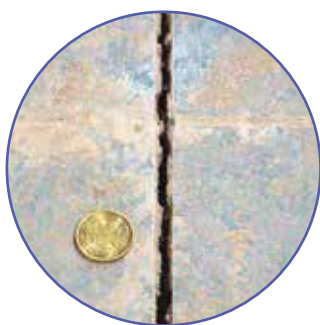
Al igual que es inevitable la retracción, también es inevitable la fisuración. No obstante, existen varias formas de luchar contra este efecto:

- Realizar juntas completas muy cerca unas de otras
- Contrarrestar la retracción con aditivos expansores u otras estrategias químicas
- Disminuir la coacción disponiendo láminas de plástico entre la base y la losa
- Disponer juntas de control que provocan la fisura en los lugares deseados y no de forma aleatoria
- Asumir que la losa va a fisurar y controlar el nivel de fisuración mediante disposición de armadura de control de la fisura y mediante juntas de control

Las juntas no se disponen para evitar la fisuración por acciones directas (cargas), más bien al contrario, la disposición de juntas genera bordes y esquinas que son las zonas donde se producen las mayores concentraciones de esfuerzos debido a cargas.

Las juntas pueden ejecutarse de forma completa, generando elementos estructurales completamente independientes (no recomendable), o pueden ejecutarse con transmisión de cortante, mediante pasadores, o pueden provocarse debilidades en la sección mediante la creación de debilidades por serrado o con berenjenos.

En las juntas completas, es decir, en las que no se dispone de un elemento de transferencia de carga continuo, la transferencia de cargas a través de las fisuras no estaría garantizada y las actuaciones de conservación, sellado y reparación serían difíciles y costosas. Además, tal situación tendría un efecto estético negativo.



Pavimento en el que no se han dispuesto las juntas adecuadamente, fisuración descontrolada



Pavimento con juntas dispuestas correctamente

Cabe mencionar que las juntas pueden realizarse por corte, induciendo la fisura en el punto donde se realice el corte y no aleatoriamente; o por encofrado, ya sea éste recuperable o perdido. En las juntas de apertura se colocan juntas de refuerzo provistas de perfiles metálicas para reforzar el borde.

Si la junta es de hormigón armado y quiere mantenerse la deseable continuidad de la armadura en ambas caras, el serrado o el berenjeno deberá respetar la integridad de la armadura superior. En caso de serrar con una profundidad mayor que el recubrimiento, al ser cortada la armadura, no se podrá contar con la continuidad estructural y dicha junta, a efectos estructurales, será completa.

9.2. ¿Qué tipos de juntas hay?

Como ya se ha explicado en el apartado anterior, las juntas de los pavimentos de hormigón pueden cumplir varias funciones. Dependiendo de a cuál de ellas esté destinada una junta en cuestión, ésta será considerada de un tipo u otro, siendo los tipos existentes los recogidos en la siguiente tabla.

Pavimentos industriales y comerciales

Juntas de construcción	
	<p>Dividen el pavimento en paños ejecutados en tiempos diferentes. Se requieren al finalizar la jornada de trabajo o tras una parada en el hormigonado.</p> <p>Pueden tener más de una función y funcionar también como juntas de control. Además, y pueden presentar caras planas o bien algún tipo de machihembrado.</p>
Juntas de control (o de retracción)	
	<p>Permiten controlar el lugar donde aparecen las fisuras.</p> <p>La eficacia de la junta es función de la profundidad de la junta y de la homogeneidad del hormigón. Si el hormigón es homogéneo, con un corte de unos pocos centímetros es más que suficiente para provocar la fisuración por el lugar deseado.</p> <p>Este tipo de juntas deben realizarse siempre en todos los pavimentos de hormigón, a menos que se utilicen técnicas especiales que hagan innecesaria su disposición. Hay que tener especial precaución para que la profundidad de la junta no interrumpa la continuidad de la armadura.</p>
Juntas de dilatación-contracción	
	<p>Son poco habituales. Son juntas completas y permiten el libre movimiento en el plano horizontal para prever los cambios volumétricos por retracción y/o temperatura. Se deben de disponer elementos de transmisión de carga en las mismas.</p>
Juntas de aislamiento	
	<p>Separan la solera de elementos fijos de como puedan ser muros, pilares, pozos de registro, cimentaciones, etc., a fin de evitar la aparición de tensiones que se inducirían debido a la restricción de movimiento.</p>

9.3. ¿Cómo debe determinarse la cantidad y la posición de las juntas en un pavimento continuo?

El tipo de juntas a colocar, así como su cantidad y ubicación, dependerá del diseño y del método de construcción elegidos para el pavimento.

En cuanto a la cantidad de juntas a ubicar en un pavimento continuo, deberá tenerse en cuenta su tipología:

- **Juntas de construcción**

Se ubican juntas de construcción para unir paños del pavimento ejecutadas en tiempos diferentes. Por lo que habrá tantas juntas de construcción como veces se requiera parar la obra: al final de cada jornada de trabajo, tras un incidente, etc., y se ubicarán allá donde se necesiten, con una previa planificación.

Si se planifican adecuadamente y se genera una debilidad del espesor mediante berenjeno, se aprovecharán como juntas de control.

- **Juntas de control (o de retracción)**

Lo habitual es ubicar estas juntas con una separación de entre 4 y 6 m (entre 25 y 30 veces el espesor de la losa).

En el caso de pavimentos continuos de hormigón al aire libre en zonas con fuertes variaciones de temperatura, para evitar incurvaciones, las juntas han de disponerse a distancias menores, inferiores a 4 metros.

- **Juntas de aislamiento**

Estas juntas separan la solera de elementos fijos, por lo que habrá tantas como elementos fijos haya en la extensión del pavimento de hormigón.

- **Juntas de dilatación**

Deben tenerse en cuenta las juntas de dilatación-contracción en casos de fuertes variaciones de temperatura. En pavimentos interiores las juntas de construcción suelen cumplir la doble función de construcción y contracción-dilatación, aunque pueden situarse juntas de esta tipología a mayores según los requerimientos.

Además, debe evitarse la ubicación de juntas de dilatación en zonas bajo la acción de tráfico pesado.

Adicionalmente, como pautas generales para prever la ubicación de las juntas, independientemente, de su tipología, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Se limitará la relación longitud-anchura de los paños a 1:1,5, siendo lo ideal que sean cuadrados, sobre todo en los pavimentos reforzados con fibras
- Deben evitarse las esquinas reentrantes
- Debe evitarse la formación de paños con ángulos agudos en las esquinas
- Se debe evitar la ubicación de juntas bajo la acción directa de cargas puntuales
- Es conveniente limitar la separación máxima entre juntas aserradas a 6 m
- Es conveniente limitar la separación máxima entre juntas a 35 - 50 m en función de las características del pavimento

9.4. ¿Cómo debe diseñarse la transferencia de cargas en las juntas?

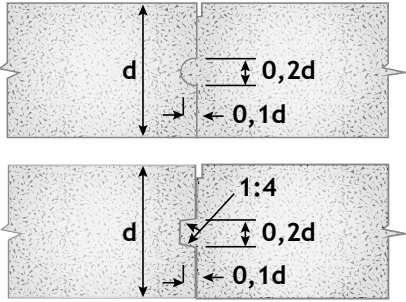
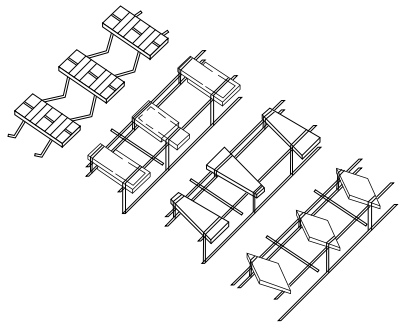
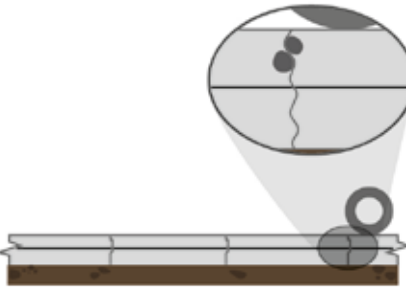
Aquellas juntas que, por las características de pavimento lo requieran, deben diseñarse para poder transmitir la carga vertical de un paño de la losa a otro. Si esto no se tiene en cuenta en el diseño del pavimento, tal transferencia de cargas no se realizará, pudiendo fallar el mismo.

Si las juntas de son de control o de construcción, en las que se simplemente se ha debilitado una pequeña parte de la sección para concentrar ahí las fisuras, la integridad estructural está garantizada y, por tanto, el efecto pasador se asume por la propia estructura sin necesidad de elementos especiales.

En caso contrario, existen diversos métodos para realizar la transferencia de cargas en las juntas de los pavimentos de hormigón, los cuales se describen en la siguiente figura.

Pavimentos industriales y comerciales

Pasadores	
	<p>Son el método más empleado para la transferencia de carga en juntas, y consiste en la colocación de barras de acero liso que conectan los paños de la losa entre sí a través de las juntas, permitiendo el movimiento en el plano horizontal y coaccionando su vertical.</p> <p>En la mayoría de los casos son de sección circular, aunque también los hay con sección cuadrada. El diámetro y longitud de los mismos dependen del espesor del pavimento. Para su empleo, debe de estudiarse la ausencia de acodamiento.</p>
Barras de unión o de atado	
	<p>Son barras corrugadas de acero que pasan a través de las juntas.</p> <p>Al contrario que con los pasadores, existe adherencia con el hormigón, por lo que el movimiento horizontal se encuentra restringido y, por tanto, no debe utilizarse como sistema de conexión en juntas de contracción y dilatación. Suelen disponerse en juntas longitudinales de construcción a fin de mantenerlas cerradas.</p>
Armaduras pasantes	
	<p>Otra opción para realizar la transferencia de cargas en juntas es hacer que la armadura de refuerzo del pavimento pase a través de las juntas.</p> <p>Aunque cabe señalar que, si se trata tan solo de un mallazo para controlar la fisuración, dicha transmisión dependerá de la cuantía existente.</p>

Machihembrado	
	<p>No es un sistema recomendable en juntas en las que se transfiera una carga importante. Aunque, dado su bajo coste puede ser un sistema apropiado cuando la separación entre juntas sea pequeña y las cargas ligeras.</p> <p>El machihembrado en ocasiones puede ir provisto de barras de atado. Y sólo puede emplearse en juntas de construcción realizadas mediante encofrados que le confieran esa forma.</p>
Pletinas de diferentes geometrías	
	<p>Son pletinas de acero lisas que conectan los paños de la losa entre sí a través de las juntas.</p> <p>Se pueden emplear tanto en juntas de dilatación y contracción como en juntas de construcción.</p> <p>Tienen la misma función que los pasadores, pero disponen de diferentes geometrías para evitar el acodamiento en función del diseño del pavimento.</p>
Engranaje de áridos	
	<p>Consiste en tener una abertura de junta lo bastante pequeña como para que exista contacto entre los áridos del hormigón de ambas caras.</p> <p>Es un sistema que garantizará poca transmisión de carga y con problemas si se produce una apertura de junta de consideración, mayor que la distancia de rozamiento entre áridos en función del tamaño de los mismos.</p>

9.5. ¿Cómo debería planificarse el relleno o sellado de las juntas?

El sellado de juntas es un tema que se abordará más ampliamente en la futura guía, continuación del presente documento, que publicará AEPC y se centrará en los aspectos relacionados con la fase de construcción en el diseño, proyecto y planificación de pavimentos de hormigón. No obstante, ya desde la primera fase de diseño y proyecto, lo cual, si queda englobado en el alcance de este documento, hay que tener en cuenta algunos detalles sobre el sellado de juntas.

A este respecto, en la fase de diseño y proyecto, básicamente, debe decidirse entre dos opciones: sellar las juntas o dejarlas abiertas.

El sellado de las juntas sirve para mejorar la funcionalidad y durabilidad de los pavimentos, permitiendo mantenerlas libres de suciedad, al evitar la entrada de partículas incompresibles que, además, podrían deteriorar los bordes de las mismas. También protegen a las capas inferiores del agua u otros agentes agresivos y dan un mejor aspecto al pavimento.



En función del momento que se realice el sellado y de la apertura que se espere, se deberá optar por selladores elásticos, que permitan una mínima apertura; o selladores rígidos, con mayores prestaciones mecánicas.

A edades tempranas del hormigón, suele obstar por no sellar o por selladores elásticos y a edades posteriores por selladores más rígidos siempre que no se produzcan grandes movimientos por cambios de temperatura.

En este sentido, debe preverse el sellado de juntas en los siguientes casos:

- Cuando la explanada sea de baja calidad y, estando el pavimento ubicado en el exterior, se quiera evitar que el agua llegue a la misma.
- Cuando, estando ubicado en el interior, se prevea que éste va a entrar en contacto con productos agresivos, o va a estar habitualmente encharcado, situaciones que se dan habitualmente en los pavimentos industriales.
- Cuando por el pavimento vaya a circular tráfico pesado.
- Por exigencias de higiene en función de la actividad que se produzca sobre el pavimento.

El producto de sellado a elegir, así como las propiedades a exigirle, dependerán de las condiciones de la obra. En cualquier caso, los productos disponibles se englobarán en alguno de los grupos siguientes:

- Productos vertidos en caliente
- Productos elastoméricos
- Resinas epoxi semirrígidas
- Perfiles preformados

9.6. ¿Cómo se diseñan los pavimentos sin juntas y particularidades tienen?

El hormigón posee dos características intrínsecas: la retracción que experimenta tanto en el proceso de endurecimiento como durante toda su vida (desde que pasa de estado plástico a estado endurecido); y su baja resistencia a la tracción. Estas dos condiciones, si no se tratan cuidadosamente, son las responsables de la fisuración por retracción y fisuración transversal y/o longitudinal por retracción y alabeo.

En este sentido, cabe señalar que existen dos tipos de retracciones:

- **Endógena (química/cristalográfica):** cualquier tipo de proceso de retracción independiente de pérdidas externas de agua, asociadas a una pérdida de peso, o a cambios de temperatura. Su efecto es, pues, consecuencia de dos fenómenos: las reacciones químicas entre el cemento y agua, y el agotamiento del agua libre debido a la hidratación del cemento.
- **Exógena:** su desarrollo se debe a las reacciones exotérmicas de la hidratación del cemento, las cuales representan un aumento de la temperatura en el hormigón durante la primera etapa de hidratación. Ello supone la dilatación del elemento. Esta dilatación, a efectos estructurales es poco significativa pues el hormigón no ha adquirido la suficiente rigidez.

La solución tradicional para controlar la ubicación de las fisuras de losas (transversal y/o longitudinal) es la ejecución de juntas. La disposición de armaduras superiores, además de servir para resistir los inevitables momentos positivos de cargas localizadas, sirve para controlar al abertura de fisura a valores admisibles por la normativa.

No obstante, existen otras medidas a tomar, o productos a incorporar al hormigón, que podrán llegar a reducir aún más la retracción y sus consecuencias, pudiendo llegar a ejecutar con ello los conocidos como pavimentos sin juntas. Dichos pavimentos se lograrán, reduciendo los efectos que provocan la ejecución de dichas juntas sin dejar de disponer un armado que controle dichos efectos. A nivel de ejecución y producto se podrá conseguir mediante las siguientes acciones:

- Evitar la pérdida de humedad en el curado, mediante el empleo de:
 - Plásticos/ membranas
 - Líquidos filmógenos
 - Aporte de agua (riegos)
- Incorporando aditivos y/o adiciones al hormigón:
 - Reductores de agua de alto rango
 - Reductores de la retracción
 - Aditivos y/o adiciones expansivos o compensadores de la retracción
 - Moduladores de viscosidad



Para profundizar más sobre lo expuesto en el presente capítulo puede consultarse, [a través del código QR de la izquierda](#), el correspondiente apartado del microsite creado por AEPC para tal fin, en el que se irán publicando artículos técnicos, así como bibliografía de referencia o enlaces a la misma.



10. Diseño del hormigón-conglomerante

10.1. ¿Cuáles son los materiales que compondrán el hormigón empleado en pavimentos continuos?

Según el Código Estructural, el hormigón es la mezcla de los siguientes materiales:

Cemento

Es el aglutinante conglomerante de todo el conglomerado. Debe ser conforme a la legislación vigente.

Áridos

El agregado fino (filler), o arena. Se usa como llenante y, además, actúa como lubricante sobre el que ruedan los áridos gruesos, dándole manejabilidad al hormigón. Los áridos son los componentes encargados de alcanzar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón.

Agua

Componente esencial en las mezclas de hormigón que permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

Aditivos

Son las sustancias añadidas en peso/volumen inferior al 5% del peso de cemento y que actúan sobre la matriz cementicia para dotarla de características diversas.*

Adiciones

Se entiende por adición aquel material inorgánico, puzolánico o con hidraulicidad latente que puede ser añadido al hormigón con el fin de mejorar sus propiedades o conferirle características especiales. En general, no existe límite de dosificación para las adiciones, aunque algunas como el filler si se limitan y a otras como las cenizas volantes o el humo de sílice, se les imponen algunos condicionantes (ver apartado siguiente).

*ANFAH cuenta con un documento que recoge los distintos grupos de aditivos existentes en el mercado, el cual puede consultar a través del código QR que aparece al final del capítulo.

Todos los materiales expuestos, a excepción del agua, siempre deberán disponer del correspondiente Marcado CE obligatorio y declaración de prestaciones para los productos relacionados con la producción de obras de hormigón, específicamente:

- Para cementos, los establecido en la norma UNE-EN 197-1:2011 (Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes), y en el Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- Para áridos para hormigón, los establecidos en la norma UNE-EN 12620:2003+A1:2009 (Áridos para hormigón).
- Para aditivos de hormigón, los establecidos en la norma UNE-EN 934-2:2010+A1:2012 (Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado). En el caso concreto de las cenizas volantes y el humo de sílice deberán ser conformes también con las normas UNE-EN 450-1:2013 (Cenizas volantes para hormigón. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad) y UNE-EN 13263-1:2006+A1:2009 (Humo de sílice para hormigón. Parte 1: Definiciones, requisitos y criterios de conformidad), respectivamente.

Por otra parte, el Código Estructural, en su artículo 33.1 (Hormigones/Composición), dispone lo siguiente:

“La composición elegida para la preparación de las mezclas destinadas a la construcción de estructuras o elementos estructurales deberá estudiarse previamente, con el fin de asegurarse de que es capaz de proporcionar hormigones cuyas características mecánicas, reológicas y de durabilidad satisfagan las exigencias del proyecto. Estos estudios se realizarán teniendo en cuenta, en todo lo posible, las condiciones de la obra real (diámetros, características superficiales y distribución de armaduras, modo de compactación, dimensiones de las piezas, etc.)”.

La dosificación es un proceso que tiene una gran incidencia en el resultado final del hormigón que se diseña, siendo ésta un factor determinante en la consecución de las características y prestaciones finales del mismo. Además, cabe señalar que dicho proceso tiene aún mayor importancia en hormigones destinado a pavimentos industriales de altas prestaciones.



10.2. ¿Qué características deben cumplir dichos materiales?

Las características particulares que deberán cumplir cada uno de los materiales que componen el hormigón, ya definidos en el apartado anterior, se recogen en la siguiente tabla, así como la regulación de los mismos:

Material	Función genérica y principal de cada componente	Regulación
Cemento	<p>Para pavimentos se aconseja utilizar los de categoría Cem I o, en su defecto, otros en los que los componentes de mezcla (escoria, cargas minerales, cenizas, puzolanas, etc.) estén verificados que no afectan a la reología, acabado o producción del pavimento.</p> <p>Asimismo, dependiendo de las condiciones climatológicas, disponibilidad y características deberá escogerse el cemento más adecuado, con el asesoramiento de la Industria Cementera de la zona, los responsables técnicos de la planta de hormigón y la Dirección Técnica de la Obra.</p>	Código Estructural (RD 470/2021) Cap.8/ Art.28
Áridos	<p>El Código Estructural exige que los áridos incluidos en su ámbito de aplicación, satisfagan un conjunto de especificaciones técnicas en cuya elaboración se ha tenido en cuenta el contenido de la norma europea armonizada UNE-EN 12620:2003+A1:2009 (Áridos para hormigón).</p> <p>Debe estudiarse de forma muy precisa la cantidad de arena requerida, pues un defecto o exceso de la misma, acarreará diversos problemas.</p> <p>En relación con los áridos, es necesario evaluar los intermedios (desde 4mm hasta 12 mm) y los gruesos (a partir de 12mm hasta 20/30 mm).</p>	Código Estructural (RD 470/2021) Cap.8/ Art.30
Agua	El Código Estructural refrenda como válidas para su empleo en fabricación de hormigones todas las aguas de red de grandes núcleos urbanos.	Código Estructural (RD 470/2021) Cap.8/ Art.29
Aditivo/s	<p>De acuerdo con la normativa, salvo indicación previa en contra de la dirección facultativa, el suministrador podrá emplear cualquiera de los aditivos incluidos en la Tabla 31.2 del Código Estructural. La utilización de otros aditivos distintos a los contemplados en dicha tabla, requiere la aprobación previa de la dirección facultativa.</p> <p>En cualquier caso, es importante tener en cuenta que para ejecutar un pavimento de hormigón se requieren un/os aditivos que, aunque englobados dentro de los mismos grupos establecido por el Código Estructural, en cuanto a productos comercializados, suelen ser diferentes a los aditivos empleados para hormigones comunes.</p>	Código Estructural (RD 470/2021) Cap.8/ Art.31

Adiciones	<p>Las adiciones pueden utilizarse como componentes del hormigón siempre que se justifique su idoneidad para su uso, produciendo el efecto deseado (compensar el cambio de volumen, mejorar la determinación a resistencias a ataques químicos, mejorar la compacidad-reología, entre otros) sin modificar negativamente las características del hormigón, ni representar peligro para la durabilidad del mismo, ni para las armaduras.</p> <p>En este sentido, según el artículo 32 del Código Estructural, para utilizar cenizas volantes o humo de sílice como adición al hormigón, deberá emplearse un cemento tipo CEM I y en el caso de adición de cenizas volantes el hormigón deberá disponer de un distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR).</p> <p>En aplicaciones concretas de hormigón de alta resistencia, fabricado con cemento tipo CEM I, se permite la adición simultánea de cenizas volantes y humo de sílice, siempre que el porcentaje de humo de sílice no sea superior al 10% y que el porcentaje total de adiciones (cenizas volantes y humo de sílice) no sea superior al 20%, en ambos casos respecto al peso de cemento. En este caso la ceniza volante solo se contempla a efecto de mejorar la compacidad y reología del hormigón, sin que se contabilice como parte del conglomerante mediante su coeficiente de eficacia K. En elementos no pretensados en estructuras de edificación, la cantidad máxima de cenizas volantes adicionadas no excederá del 35% del peso de cemento, mientras que la cantidad máxima de humo de sílice adicionado no excederá del 10 % del peso de cemento. La cantidad mínima de cemento se especifica en el apartado 43.2.1.</p> <p>En cualquier caso, si se decide incluir una adición debe hacerse con un fin claro y conciso y siempre con la asesoría de la Industria Cementera de la zona, los responsables técnicos de la planta de hormigón y la Dirección Técnica de la Obra.</p>	Código Estructural (RD 470/2021) Cap.8/ Art.32
-----------	---	--



10.3. ¿Qué pautas generales deben seguirse para el diseño de hormigones para pavimentos continuos?

Antes de iniciar las pruebas de caracterización definitiva del hormigón se deben definir, parametrizar y focalizar las características fundamentales del hormigón patrón, existiendo varios factores clave, directos e indirectos, que influirán en el diseño y caracterización de un hormigón objetivo que asegure el éxito de la puesta en obra, la producción armónica y puesta en servicio con alta durabilidad y rendimiento. Tales factores se detallan en la tabla siguiente:

	Detalle	Notas
Factor 1	<p>Exigencias de la dirección técnica:</p> <p>Son aquellas que marcan las características técnicas, administrativas, la planificación, así como las exigencias e instrucciones precisas al equipo de producción en obra.</p>	<p>La dirección de obra marca como objetivo el tipo de hormigón y decide cada cambio o mejora necesaria según las circunstancias.</p>
Factor 2	<p>Necesidades de producción en obra:</p> <p>Son aquellas que requiere el equipo de producción del pavimento para desarrollar las tareas constructivas: horario, maquinaria (en número y tipo), personal (en número y cualificación), volumen de producción, planificación, instrucciones de la Dirección de Obra, etc.</p>	<p>Un equipo productivo ha de contar con unos profesionales multidisciplinares cualificados y formados, que realicen todo tipo de tareas previas, durante y posteriores al hormigonado. Según sea este equipo y sus recursos el tipo de hormigón deberá diseñarse y amoldarse a sus capacidades para lograr una buena producción desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo.</p>
Factor 3	<p>Recursos de producción del hormigón:</p> <p>Son aquellos recursos fabriles con los que cuenten las industrias candidatas a fabricar el hormigón, y que deberán haber sido analizados por auditores contrastados, con anterioridad, en la inspección industrial de idoneidad, previa a la contratación del suministro.</p> <p>En este sentido, la planta suministradora debe contar con el certificado de cumplimiento del Real Decreto 163/2019, de 22 de marzo, por el que se aprueba la Instrucción Técnica para la realización del control de producción de los hormigones fabricados en central, para garantizar que cumple la legislación vigente.</p>	<p>Se debe realizar una metódica ‘búsqueda, selección y designación de candidatos a suministros de hormigón’, teniendo en cuenta varios factores claves para lograr un suministro objetivo y exitoso.</p>

Climatología

Son aquellos análisis previos de la climatología y entorno de toda la secuencia: acopios materiales, temperatura en la planta de producción, en el transporte, y en todas las fases de producción y curado.

En este sentido, cabe mencionar que no es lo mismo ejecutar un pavimento, con temperaturas invernales, que con temperaturas veraniegas; y tampoco es lo mismo trabajar con la superficie del hormigón resguardada de exposición solar y corrientes de aire que si lo estuviera.

Es necesario que se realice un estudio minucioso de la climatología de la localización, obteniendo registros históricos de las temperaturas ambientales máximas y mínimas, de la humedad ambiental, del viento, de la exposición solar, de la lluvia y otros factores climatológicos influyentes en el desarrollo del hormigón en la zona en donde se ejecutará el pavimento.

Para la evaluación de este factor debe tenerse en cuenta lo establecido en el artículo 52.3 (Puesta en obra del hormigón en condiciones climáticas especiales) del Código Estructural.

De acuerdo con el Código Estructural, la temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5°C y se prohíbe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados centígrados.

En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados. En los casos en que, por absoluta necesidad, se hormigone en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material. En el caso de que se produzca algún tipo de daño, deberán realizarse los ensayos de información necesarios para estimar la resistencia realmente alcanzada, adoptándose, en su caso, las medidas oportunas. Cuando el hormigonado se efectúe en tiempo caluroso, se adoptarán las medidas oportunas para evitar la evaporación del agua de amasado, en particular durante el transporte del hormigón y para reducir la temperatura de la masa. Estas medidas deberán acentuarse para hormigones de resistencias altas. Para ello, los materiales constituyentes del hormigón y los encofrados o moldes destinados a recibirlo deberán estar protegidos del soleamiento. Una vez efectuada la colocación del hormigón se protegerá éste del sol y especialmente del viento, para evitar que se deseque.

Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la dirección facultativa, se adopten medidas especiales.

No obstante, adicionalmente a lo dispuesto por el Código Estructural, cabe señalar como buena práctica que con temperaturas superiores a 28°C ya debería tenerse en cuenta el posible efecto de la climatología.

Además, también se puede considerar como condición extrema la combinación de condiciones especiales de temperaturas ambientes, humedades relativas y velocidad del viento.

Una buena guía para ello pueden ser las recomendaciones que aporta la ACI-306R (“Cold Weather Concreting”), donde se considera clima frío si la temperatura ambiental media por más de 3 días consecutivos es menor de 5°C. Y si la temperatura ambiental media se mantiene superior a 10°C ya no se considera clima frío.

10.4. ¿Qué requisitos debe cumplir el hormigón fresco?

Existen ocho elementos básicos, los cuales se describen en la siguiente tabla, para obtener un buen hormigón fresco que hacen, entre ellos, una relación única e indivisible, haciendo que esa masa fresca pase a ser, una vez endurecida, un conglomerado de “altas prestaciones” como pavimento.

Elemento	Detalle
<p>Docilidad-Fluidez-Consistencia y su evolución</p>	<p>La docilidad del hormigón habrá de ser la necesaria para que, con los métodos previstos de puesta en obra y compactación, el hormigón rodee las armaduras con continuidad, con los recubrimientos exigibles, y rellene completamente los encofrados sin que se produzcan coqueras.</p> <p>En este sentido, el Código Estructural exige, salvo justificación en contra, que los hormigones para obras de edificación o de obra civil con elementos muy armados sea fluida.</p> <p>En general, la docilidad del hormigón se valorará determinando su consistencia por medio del ensayo de asentamiento, según la norma UNE-EN 12350-2:2020 (Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento), excepto para los hormigones autocompactantes, según el artículo 33.5 Código Estructural</p>
<p>Viscosidad</p>	<p>Es la propiedad física que evalúa las colisiones de las partículas de la pasta de mortero cuando se mueven a diferentes velocidades, provocando una resistencia a su movimiento. Se mide con un viscosímetro/reómetro en cPs o Pa.</p> <p>Esta característica se define en el Código Estructural para hormigones autocompactantes (Tabla 33.6.b Clases de viscosidad AC-V), pero para hormigones dedicados a pavimentos que requieren módulos de viscosidad medios o bajos no se contempla. No obstante, desde AEPC se considera que tiene una significativa importancia.</p>
<p>Cohesividad</p>	<p>Es la capacidad de fuerza de atracción entre partículas de la pasta de mortero. La cohesión mantiene juntas a las partículas de esa suspensión. Se viscosímetro/reómetro en cPs o Pa.</p> <p>Cabe mencionar que es una característica que no viene especificada en el Código Estructural.</p>
<p>Tensión superficial</p>	<p>Se define como la propiedad que tiene la masa gelificada para resistir la fuerza de la gravedad; y es clave para determinar la compatibilidad en la intersección de la capa de rodadura con el hormigón. Es consecuencia de las fuerzas cohesivas (cohesividad) entre las propias partículas de la suspensión de la pasta de mortero.</p> <p>Debido a la tensión superficial se forma una película de superficie que hace más difícil incorporar un elemento externo ajeno, como es una capa de rodadura, o cualquier endurecedor para generar superficies monolíticas.</p>

Temperatura y su evolución	Medir la evolución de la temperatura interna y externa de la pasta de mortero durante el tiempo que sea necesario dará pistas de la cristalización interna y la madurez que se va formando, permitiendo además evaluar riesgos por altas o bajas temperaturas.
Velocidad de fraguado	Evaluar la velocidad de fraguado permitirá conocer las ventanas de tiempo de las que se dispondrán en la producción en obra. Una vez conocidas, si es posible, se adecuará el diseño del hormigón teniendo en cuenta las mismas.
Cambio de volumen	Evaluar el cambio de volumen que pueda haber (expansión-retracción) permitirá diseñar hormigones más estables, con menor tensión, y compensar la misma con la química, así como realizar ajustes en el diseño o sistemas adecuados.
Aire ocluido	<p>Se denomina aire ocluido a las burbujas de aire microscópicas, generalmente esféricas de en torno a 0,3 mm, que se incorporan al hormigón de forma controlada para mejorar las prestaciones del mismo. En estado fresco, las burbujas de aire (<3-4% del total de la masa) actúan como lubricante y hacen la mezcla más manejable. Una vez endurecido el hormigón, las burbujas de aire permiten oscilaciones térmicas en el hormigón sin perjudicar su durabilidad.</p> <p>Si se disponen en la masa de niveles >4% se corre el riesgo de tener acabados irregulares, llenos de coqueras, además de poder también perjudicar la resistencia final. Además, esto podría generar problemas en la intersección de la capa de rodadura con el propio hormigón.</p> <p>No obstante, existe una excepción a lo anterior y son los hormigones con clases de exposición XF2 y XF4, en cuyo caso el contenido mínimo de aire ocluido ha de ser del 4,5%.</p>



10.5. ¿Cuáles los requisitos que debe cumplir el hormigón endurecido?

Las características más importantes que deben buscarse en el hormigón endurecido que conforme un pavimento continuo son las siguientes:

Requisito	Detalle
Acabado estético	<p>Los aspectos a tener en cuenta en lo relativo al acabado estético de un pavimento continuo de hormigón son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de rugosidad • Tipo de brillo • Tonalidad colorimétrica <p>En pavimentos continuos de hormigón de uso industrial el acabado debe ser siempre con poro cerrado mediante pulido mecánico, con acabado de aspecto espejo y tonalidad.</p>
Resistencias mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Requisitos exigibles al hormigón: <ul style="list-style-type: none"> - Determinación de la resistencia a compresión (UNE-EN 12350-1:2020) - Determinación de la resistencia a flexotracción (UNE-EN 12350-1:2020) - Determinación de la resistencia residual a la tracción por flexión (UNE-EN 14651:2007+A1:2008) • Requisitos exigibles al pavimento <ul style="list-style-type: none"> - Determinación al desgaste BCA (UNE-EN 13892-4:2003) - Determinación adherencia (UNE-EN 13892-2:2003) - Determinación resistencia al deslizamiento - Determinación resistencia al impacto (UNE-EN ISO 10545-5:1998) - Determinación de la dureza superficial a alteraciones como la penetración, la abrasión, el rayado, la cortadura, y las deformaciones permanentes, entre otras. Se determina en las escalas de dureza: Knopp, Brinell, Rosiwal, Vickers, Rockwell y Möhs. <p>En cualquier caso, deben cumplirse los criterios de recepción establecidos en el PG3 o el Código Estructural, según corresponda.</p>

Cambio de volumen	<p>Determinación y evolución del cambio de volumen en la masa de hormigón (retracción y/o expansión) en $\mu\text{m}/\text{m}$ mediante los siguientes métodos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ASTM C-878, ASTM-C157 ASTM C490 y ASTM C1608-06. Standard Test Method for Chemical Shrinkage of Hydraulic Cement Paste. • UNE-EN 13872:2004. Métodos de ensayo de morteros para igualado y/o nivelado. Determinación de la contracción.
Planimetría	<p>Debe determinarse el nivel de planeidad de una superficie, que en pavimentos se encuentran en planos horizontales y verificando que diferentes puntos de esta estén exactamente en el mismo plano.</p>
Curado	<p>El curado del hormigón tiene como objeto mantener una temperatura y contenido de humedad adecuados, durante los primeros días después del vertido del hormigón, para que este desarrolle adecuadamente sus características de resistencia y durabilidad.</p> <p>Los sistemas de curado compuestos formadores de membranas líquidas deben cumplir las exigencias de la UNE-EN 13813:2014 y la ASTM C156, así como estos deben procurar obtener los requerimientos de curado exigidos por la misma UNE-EN 13813:2014 y la ASTM C 309.</p>
Porosidad y capilaridad	<p>Se establecen medidas diferentes para el hormigón en masa y para el pavimento recién terminado según la UNE-EN 12390-7:2000.</p>
Madurez	<p>Determinación y evolución de la madurez en el hormigón según método ASTM C-1074.</p>
Resistividad eléctrica	<p>Determinación y evolución de la resistividad eléctrica según método el ASTM C12022.</p>



10.6. ¿Cómo debe designarse un hormigón?

Según el Capítulo 33.6 del Código Estructural, los hormigones se tipificarán de acuerdo con el siguiente formato (lo que deberá reflejarse en los planos de proyecto y en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto):

T - R / C / TM / A

siendo,

- **T, Indicativo del tipo de hormigón**, que será HM en el caso de hormigón en masa, HA en el caso de hormigón armado, HP en el de pretensado. Será HRM o HRA para el caso de hormigones en masa o armados, respectivamente, fabricados con árido reciclado.
- **R, Resistencia característica especificada**, en N/mm². Se recomienda utilizar la siguiente serie: 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100 en la cual las cifras indican la resistencia característica especificada del hormigón a compresión a 28 días, sobre probeta cilíndrica, expresada en N/mm².

La resistencia de 20 N/mm² se limita en su utilización a hormigones en masa. En el caso de hormigones reciclados, la resistencia característica no será superior a 40 N/mm².

- **C, Letra inicial del tipo de consistencia**, tal y como se define en el apartado 33.5. del Código Estructural.
- **TM, Tamaño máximo del árido en milímetros**, definido en el apartado 30.3. del Código Estructural.
- **A, Designación del ambiente**, de acuerdo con 27.1.a del Código Estructural.

El hormigón que se prescriba deberá ser tal que, además de la resistencia mecánica, asegure el cumplimiento de los requisitos de durabilidad correspondientes al ambiente del elemento estructural, reseñados en la tabla 43.2.1.a del Código Estructural.

En la norma UNE-EN 206-1:2008 se refiere a la clase según resistencias a compresión tal y como se define en sus tablas 7 y 8.

Además, de acuerdo con el artículo 2.5 del Anejo 4 del Código Estructural, el hormigón también puede prescribirse, excepcionalmente, por dosificación y deberá contener siempre la dosificación de cemento (en kg/m³), la consistencia, el tamaño máximo del árido y el tipo de ambiente al que va a ser expuesto:

T - D - G / C / TM / A

donde, D significa un hormigón designado por dosificación y G es el contenido de cemento, en Kg/m³ de hormigón, prescrito por el peticionario.

Adicionalmente, los hormigones con fibras cuentan con su propia tipificación, la cual viene establecida en el apartado 6.1.1.1 del anejo 7 del Código estructural:

T - R / f-R1-(R3/R1) / C / TM-TF / A

donde,

- **T, Indicativo del tipo de hormigón** que será HMF en el caso de hormigón en masa, HAF en el caso de hormigón armado y HPF en el caso de hormigón pretensado
- **R, Resistencia** característica a compresión especificada, en N/mm^2
- **f, Indicativo del tipo de fibras que será A en el caso de fibras de acero**, P en el caso de fibras poliméricas y V en el caso de fibra de vidrio. En el caso de mezclas de fibras se incluirán dos o más letras indicativas
- **R1,R3, Resistencia característica residual a flexotracción especificada $fR_{1,k}$ y $fR_{3,k}$** en N/mm^2 ($R3/R1$) Relación $fR_{3,k}/fR_{1,k}$
- **C, Letra inicial del tipo de consistencia, o definición de autocompactabilidad en su caso**, tal y como se define en el apartado 33.5. de este Código
- **TM, Tamaño máximo del árido en mm**, definido en el apartado 30.3. de este Código
- **TF, Longitud máxima de la fibra, en mm**. En el caso de mezclas de fibras se incluirán dos o más números en el mismo orden que en f.
- **A, Designación del ambiente**, de acuerdo con el apartado 27.1 de este Código

Por otra parte, en el caso de materiales para pavimentos (no así para hormigones) se dispone, a nivel europeo, de la norma UNE-EN 13813:2014 sobre materiales que se utilicen en la realización de pavimentos, que define las propiedades, los requisitos y el rendimiento relacionado con: las propiedades del conglomerado endurecido, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia al desgaste, dureza superficial, resistencia a la tracción, módulo de elasticidad, etc.

Esta norma proporciona la evaluación de la conformidad del producto MCE, incluyendo los requisitos de marcado para los productos cubiertos por este proyecto de norma europea.

Las propiedades descritas se definen con cada producto con las siguientes nomenclaturas según las características obtenidas:

CT	C	F	A	RWBF	B
CEMENTO	Res. Compresión	Res. Flexión	Res. Desgaste BCA	Capa Rodadura	Res. Tracción

Teniendo en cuenta lo establecido, un ejemplo definición de un pavimento continuo industrial de altas prestaciones sería el siguiente: C/C65/F11/AR2/RWBF/B2,0

10.7. ¿A qué normativa/s debe/n adecuarse el hormigón que se emplea en pavimentos continuos?

Como ya se ha mencionado en otros puntos del presente documento, la normativa vigente no menciona nada referente los hormigones específicos para pavimentos.

Esto genera alta confusión y amplio desconocimiento, con prescripciones de hormigones estructurales e inadecuados para realizar pavimentos; ya que estos necesitan una determinación concreta al ser rotundamente un elemento.

No obstante, mientras la normativa no se fije en la “singularidad” de este tipo de hormigones habrá que ceñirse a la normativa vigente y referente al hormigón, la cual se resume a continuación:

- **Normativa vigente hasta noviembre 2021**

La normativa vigente hasta el año 2021, sobre la que se venía amparando el hormigón suministrado en las obras de pavimentos de hormigón, ha sido la Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE-08), la cual ha sido de obligado cumplimiento para todas las estructuras que empleasen hormigón en España.

- **Normativa Europea Vigente**

Paralelamente, en Europa se venía instaurando la normativa europea al efecto, el Eurocódigo 2 y la norma UNE-EN 206:2013+A1:2018 (de carácter voluntario).

La norma europea para el hormigón, UNE-EN 206:2013+A1:2018 (Hormigón. Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad) forma parte de las normas y aprobaciones técnicas que rigen el mercado de la construcción en Europa, tal como se definió inicialmente en la Directiva de productos de construcción CPD 89/106, de fecha 21 / 12/88 (PD 334/94) y, actualmente, regido por el Reglamento de Productos de Construcción (CPR 305/2011), que definen los requisitos de conformidad para que los productos utilizados en hormigón lleven la marca CE.

- **Normativa actual a partir de 10/11/2021***

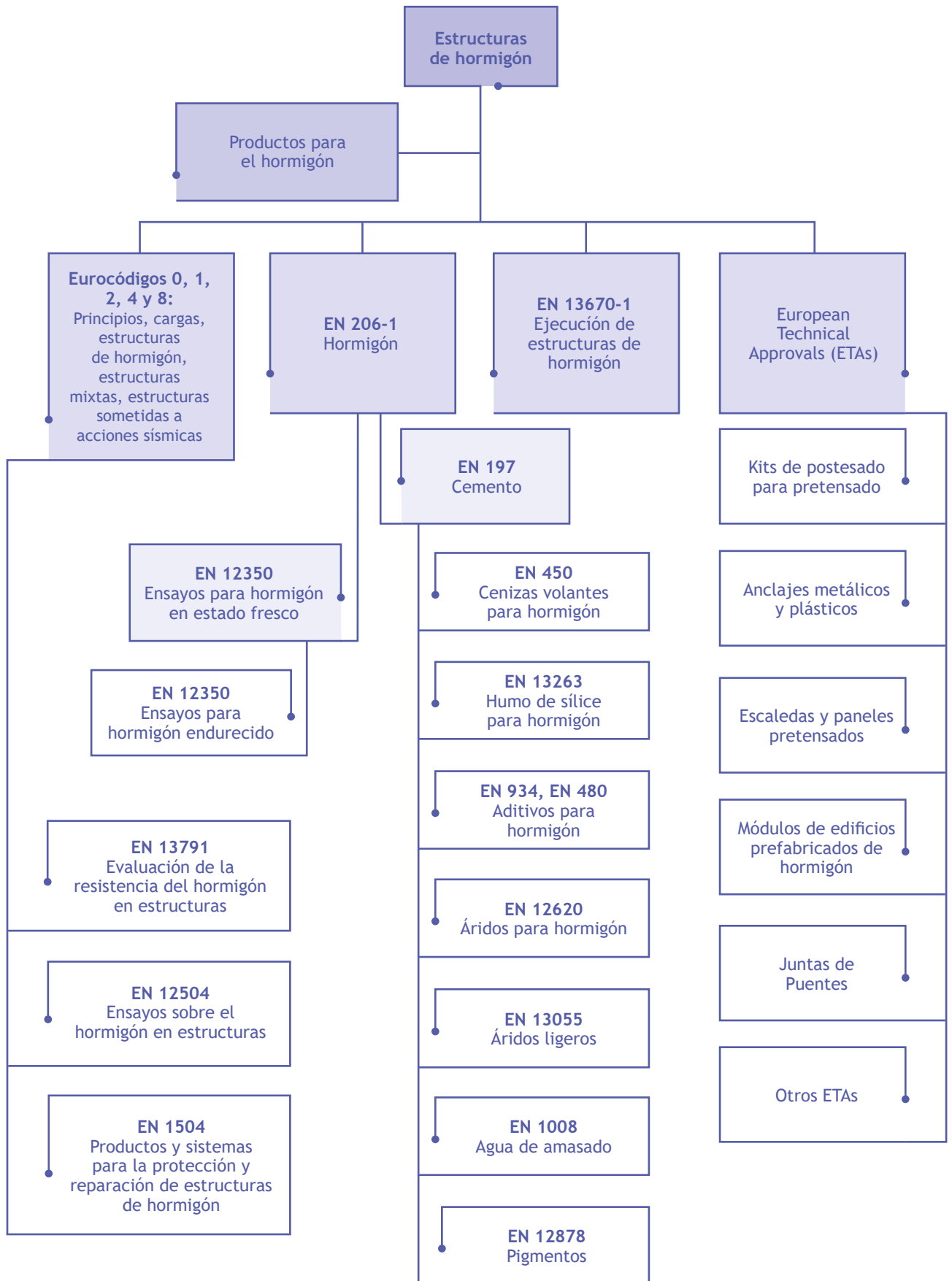
El Código Estructural*, que entra en vigor a partir del Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural y se publicó en el B.O.E. el 10/08/2021 es de carácter eminentemente técnico y adopta un enfoque prestacional, en línea con el empleado en otras instrucciones y códigos, como el Código Técnico de la Edificación, o las Instrucciones EHE-08 y EAE que quedan derogadas mediante la aprobación de este real decreto.

En el Código se establecen y cuantifican unas exigencias de forma que puedan ser objeto de comprobación y cuyo cumplimiento acredita la satisfacción de los requisitos exigibles a las estructuras, y en especial el relativo a la seguridad.

**El Código Estructural no será de aplicación a los proyectos cuya orden de redacción o de estudio, en el ámbito de las Administraciones públicas, o encargo, en otros casos, se hubiese efectuado con anterioridad a su entrada en vigor, ni a las obras de ellos derivadas, siempre que estas se inicien en un plazo no superior a un año para las obras de edificación, ni de tres años para las de ingeniería civil, desde dicha entrada en vigor, salvo que por el correspondiente órgano competente, o en su caso por el promotor, se acordase acomodar el proyecto al contenido del «Código estructural».*

Será de aplicación:

- En proyectos con orden de redacción o de estudio > 10/11/2021
- Obras de edificación iniciadas > 10/11/2022
- Obras de ingeniería civil > 10/11/2024



Normas y marco normativo del CEN para obras de hormigón

Cada vez son más altas las prestaciones exigidas en los pavimentos continuos de hormigón (cargas fijas de los racks, de los equipos móviles, etc.) y existe una demanda clara de tener una normativa específica sobre la cual realizar un buen proyecto para los pavimentos de naves industriales o comerciales.

En Europa, existe la norma UNE-EN 13877-2:2013 (Pavimentos de hormigón. Parte 2: Requisitos funcionales para pavimentos de hormigón), que tiene como objeto los requisitos de los pavimentos ejecutados “in situ” y compactados mediante vibración, pero encaminados a todos los firmes sometidos a tráfico, genéricamente de firmes de carreteras, puertos y aeropuertos.

Esta norma puede servir de guía pero no es suficiente, ya que los pavimentos, por ejemplo, industriales de hormigón, requieren de prestaciones diferentes a los que soportan alto e intenso tráfico y cuentan con capas de rodadura superficiales asfálticas.

No existe en España una normativa específica sobre pavimentos de hormigón, tanto en lo referente a los proyectos como en lo referente a su ejecución.

El Ministerio de Fomento de España ha trazado líneas para la construcción civil con los pavimentos de hormigón para firmes y carreteras y para la edificación con el Código Técnico de la Edificación, en los cuales no existen guías específicas sobre las cuales prescribir, diseñar, ejecutar y controlar pavimentos de hormigón industriales.

No obstante, existen algunos documentos desarrollados por distintas instituciones españolas, que pueden resultar muy interesantes en este sentido, como son la “Guía de pavimentos de hormigón” desarrollada por la Comunidad Valenciana y el IVE; o el “Manual de pavimentos industriales” de IECA.

10.8. ¿Cómo debe realizarse la producción y suministro de los hormigones para pavimentos?

El 22 de marzo del 2019 se publicó el Real Decreto 163/2019, de 22 de marzo, por el que se aprueba la Instrucción Técnica para la realización del control de producción de los hormigones fabricados en central. De acuerdo con el Código Estructural el hormigón debe proceder de centrales que dispongan del certificado de cumplimiento de dicho RD 163/2019.

Desde AEPC, se entiende que el proceso de ejecutar un pavimento de hormigón de “altas prestaciones” se asemeja a la producción de un “prefabricado de máxima exigencia”.

No obstante, existen diferencias, siendo la principal que el pavimento se realiza “in situ”, sin posibilidad de error alguno, y se debe procurar, por ello, realizar una correcta producción en todas sus fases con los recursos y conocimiento siempre a disposición, determinando un control férreo y disciplinado haciendo que la elaboración del hormigón se ajuste a su estricto diseño y no existan, en la medida de lo posible, desviaciones atípicas o falta de homogeneidad que afectaría a la calidad del pavimento final.

En este sentido, los factores clave a tener en cuenta para disponer de una correcta producción de hormigones para pavimentos son las siguientes:

1	Control en acopios	<p>Los materiales deben tener un riguroso control diario, en el cual se puedan detectar inmediatamente cambios o contaminaciones que puedan afectar al hormigón.</p> <p>Asimismo, diariamente, y en varias veces durante el suministro, deben realizarse mediciones de humedades para el control del agua nominal a aportar al amasado, sin olvidar que al cambiar de frentes de cantera podría haber cambios de material y, con ello, diferentes absorciones que afecten a la relación a/c.</p>
2	Control del agua nominal	<p>Una vez que se hayan ajustado las humedades que dispongan los materiales, y que serán agua que aporte a la receta, con el sistema de sondas medidoras de humedad y si el programa no las descuenta en la receta como agua a no contabilizar, deberá descontarse del total del agua nominal, teniendo en cuenta que habrá que también descontar la absorción de todos los materiales.</p> <p>Eso supone que haya alguien responsable que conozca el método de ajuste y lo calcule para programar en cada momento la cantidad de agua nominal que necesita la receta para la consistencia objetiva diseñada.</p> <p>Los ajustes preliminares deben llevarse en una hoja de cálculo que calcule automáticamente la cantidad de agua nominal tras insertar las cantidades de humedades obtenidas, ya que el valor de absorción será un valor fijo mientras no cambie el material. También se ajustarán en dicha hoja, los ajustes necesarios de volumen por aumento o disminución del agua y las arenas.</p> <p>Una vez que se disponga de la cantidad de agua necesaria, el programa con software específico para la industria del hormigón del que disponga la central, realizará los ajustes de la receta, automáticamente, incluyendo el volumen.</p> <p>En este sentido, cabe señalar que todas las plantas de hormigón, según establece el RD 163/2019, deben estar automatizadas y disponer de un software de control.</p> <p>Si se dispone de central de producción por vía húmeda se podrá también llevar un control de la medida de la consistencia que normalmente se harán por amperímetro o watímetro diferencial, que miden la intensidad, energía o velocidad en la amasadora, lo que dará unos valores guía para establecer las lecturas correctas que se asignarán a la consistencia objetiva.</p> <p>En cualquier caso, habrá que tener en cuenta lo dispuesto por el Código Estructural en su artículo 51.3.2.4, en relación al control del agua:</p> <p>“El agua de amasado está constituida, fundamentalmente, por la directamente añadida a la amasada, la procedente de la humedad de los áridos y, en su caso, la aportada por aditivos líquidos. El agua añadida directamente a la amasada se medirá por peso o volumen, con una tolerancia del ± 1 %. El agua de lavado de las amasadoras, tanto fijas como móviles, deberá ser eliminada antes de cargar la siguiente amasada del hormigón. El agua total se determinará con una tolerancia del ± 3% de la cantidad total prefijada. Esta tolerancia debe aplicarse a la carga total de cada amasada.”</p>

3	Control de los tiempos de amasado	<p>Es importante tener en cuenta el tiempo necesario de amasado para lograr una dispersión homogénea y constante.</p> <p>Para ello es necesario establecer, previamente, qué cantidad de tiempo es necesaria y coordinarse con el equipo de producción para que sean estrictos con cada ciclo de carga y la suma de todos los tiempos de los ciclos de carga no supere los 15 minutos por camión, para no obstaculizar el ritmo de producción. Habrá, asimismo que establecer la cantidad de amasado por ciclo más conveniente para establecer una relación calidad-producción acorde.</p>
4	Control de la homogeneidad	<p>Según establece el Real Decreto 163/2019, de 22 de marzo, por el que se aprueba la Instrucción Técnica para la realización del control de producción de los hormigones fabricados en central, deberán periódicamente realizarse ensayos de homogeneidad para detectar que la línea productiva es estable.</p> <p>Asimismo, deben evaluarse la necesidad de realizar calibraciones y tarados periódicos, fuera del plan anual, para verificar dosificaciones exactas.</p>
5	Control de las características en fresco e idoneidad de suministro	<p>Diariamente, deben realizarse controles de campo tras la fabricación, descargando del camión aleatoriamente para evaluar trazabilidad en las características: consistencia, densidad, temperatura y aire ocluido; siempre de acuerdo al número de lotes establecido por el Código Estructural para llevar a cabo el control de recepción.</p>
6	Control del transporte	<p>El transporte debe realizarse en camiones hormigonera iguales de capacidad y, si es posible, con una capacidad del 80% de su carga, lo cual es esencial para una buena homogeneidad. Es necesario controlar que la flota esté en perfecto estado de uso y mantenimiento, que se informe a todos los conductores de las altas exigencias de transportar este tipo de hormigones sin adición de agua cargando con la cuba en velocidad de agitación, que mantendrá durante el transporte. Antes de la descarga del hormigón, girará a velocidad de amasado durante al menos dos minutos.</p>

Todos estos puntos deben ser informados, comentados, compartidos, aceptados e implementados con la planta de hormigón que realice el suministro, asegurando que se llevan a cabo con disciplina y que todo el personal estará implicado en llevarlos a cabo como política de mejora continua conjunta.

En cualquier caso, cabe señalar que si una planta dispone del certificado de cumplimiento del RD 163 queda garantizado que lleva a cabo los controles exigidos en la normativa:

- Dispone de personal técnico y personal de fabricación cumpliendo unas condiciones determinadas.
- Lleva a cabo un control de los materiales componentes del hormigón (control documental) y de las condiciones de almacenamiento.
- Lleva a cabo un control de las instalaciones y del transporte (control de la homogeneidad del hormigón) y una comprobación del volumen transportado.
- Lleva a cabo un control del hormigón producido (el laboratorio de control, ya sea interno o externo, debe cumplir una serie de requisitos), asegurando el contenido de cemento suministrado (garantizando la durabilidad).
- Lleva a cabo un control del suministro realizado.
- Lleva a cabo un control de toda la documentación del proceso (permitiendo una adecuada trazabilidad).
- Cumple con unos requisitos medioambientales.



10.9. ¿Cómo debe realizarse la recepción del suministro de los hormigones para pavimentos?

En el Artículo 51 del Capítulo 11 (Fabricación y suministro del hormigón del Código Estructural, así como en el Capítulo 7 (hormigón fresco) y en el capítulo 8 (Control de Conformidad y Criterios de Conformidad) de la UNE EN-206-1 del Eurocódigo 2, se detallan como debe ser un correcto suministro, recepción y aceptación del hormigón en obra .

Entendiendo la singularidad de esta unidad constructiva debemos prestar especial importancia a una correcta recepción de los hormigones con una inspección efectiva y un control total de la producción de ese hormigón en obra siendo fundamental disponer de una trazabilidad absoluta de lo que transcurre en la obra durante los días de suministro.

Existen cinco controles esenciales a realizar en la recepción de hormigones para pavimentos:

1	Control del entorno	<p>Antes de recepcionar el hormigón deben supervisarse los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Circunstancias del entorno: entrada, camino de paso, temperatura y humedad ambiental, posibilidades de lluvia, corrientes o exposición solar. • Contenedor-encofrado del hormigonado montado y listo para recibir el hormigón. • Recursos: personal, maquinaria, herramientas, utillaje, elementos auxiliares, etc., deben estar también preparados para la recepción.
2	Control del amasado efectivo	<p>Hay que asegurarse de que, durante el transporte, el camión no haya parado en ningún momento el bombo, ni tampoco haya añadido agua en el proceso de lavado o durante el transporte.</p> <p>Si el hormigón no estuviera homogéneo o la consistencia no fuera la objetiva, debería considerarse “suministro no idóneo” y no aceptar el mismo.</p>

3	Control del hormigón	<p>Es aconsejable establecer un área de control del hormigón, donde una persona capacitada y formada realice los controles del hormigón durante el suministro y registre los mismos de manera disciplinada con los instrumentos, aparatos y recursos necesarios, analizando los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del albarán de suministro • Confirmación de que el hormigón cumple los requisitos exigidos • Control y medición de la consistencia • Control y medición de la temperatura • Control y medición de la densidad en fresco • Control y medición del aire ocluido • Comprobación de la conformidad de la docilidad del hormigón • Comprobación de la conformidad de la resistencia del hormigón a partir de los valores medios de los resultados obtenidos sobre dos probetas tomadas para cada una de las N amasadas controladas • Comprobación de la conformidad de la durabilidad del hormigón durante el suministro • Para hormigones sin DCOR, realización el ensayo de penetración de agua en el hormigón, al inicio y, posteriormente, una vez cada seis meses a lo largo del suministro para cada tipo de dosificación, para los hormigones de ambientes XA, XS, XD, XF o XM. • Para hormigones sin DCOR, realización del ensayo de contenido de aire en el hormigón, al inicio y, posteriormente, una vez cada seis meses a lo largo del suministro para cada tipo de dosificación, cuando un hormigón esté sometido a una clase de exposición XF2 y XF4. <p>Todo debe registrarse documentalmente y levantar un acta de toma de muestras, lo cual será responsabilidad del personal del laboratorio. Y si hubiera una consultora o laboratorio contratado como servicio externo (control de probetas de resistencia, consistencias, densidades, etc.) el personal de control del equipo de producción debe coordinarse con éstos y registrar sus datos.</p>
4	Control de tiempos de producción	<p>fases y la evolución del hormigón, comparando con los objetivos establecidos y la tendencia mostrada, con disciplina y rigurosidad, es una acción a realizar cada día. Esto servirá para analizar si existen desviaciones atípicas (cambio de temperatura, corrientes, cambios en el hormigón, etc.) que obliguen a correcciones inmediatas.</p>
5	Control documental	<p>El fabricante entregará a su cliente un albarán de suministro, cuyo contenido viene determinado en el artículo 5 del anejo 4 del Código Estructural e incluye los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificación del suministrador • Número de serie de la hoja de suministro • Nombre de la central de hormigón • Identificación del peticionario • Fecha y hora de entrega • Cantidad de hormigón suministrado • Designación del hormigón según se especifica en el Código Estructural • Dosificación real del hormigón

Además, el Código estructural, en su capítulo 14 dedicado al control de ejecución, detalla la forma de realizar el control de ejecución de cimentaciones (un pavimento es un elemento de cimentación de cargas propias, de transporte de las cargas justo encima de su estructura hasta el terreno inferior, que es un apoyo continuo y deformable).

Atendiendo a este capítulo, es obligatorio establecer lotes de control (tabla 63.1), unidades de inspección (Tabla 63.2) y frecuencias de comprobación de las unidades de inspección (Anejo nº 15) en función del nivel de control establecido (normal o intenso).



10.10. ¿Cómo debe realizarse la supervisión, vigilancia y trazabilidad de un hormigón para pavimento?

En el Artículo 51, del capítulo 11, del Código Estructural del y en el capítulo 8, capítulo 9 y capítulo 10 de la norma UNE-EN 206:2013+A1:2018 (Hormigón. Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad), se detallan como debe ser una correcta supervisión y vigilancia de la calidad y trazabilidad del hormigón suministrado.

Construir un pavimento continuo de hormigón un proceso industrial que debe responder a unos estándares medios de calidad en toda su producción.

Para ello, previamente, se debe disponer de un sistema de control que genere una trazabilidad absoluta de lo que transcurra en la obra durante los días de suministro y asegure una mejora continua y control inmediato de desviaciones, con aporte de acciones correctivas o preventivas inmediatas que las subsanen o eviten.

La supervisión parte de un correcto diseño del hormigón que defina las propiedades objetivas con las debidas tolerancias que serán los rangos de “No Conformidad”, tanto para el hormigón fresco como para el hormigón endurecido, ya parte del pavimento.

Una vez definidas las propiedades y las tolerancias, se debe disponer de un sistema de control que ayude a registrar todo el proceso de suministro, así como los controles de la evolución del hormigón desde que pase de fase fresca a endurecida con su última fase de puesta en servicio.

Este sistema de control de vigilancia en toda la secuencia productiva debe implicar a todos los agentes participantes: Dirección de Obra, planta de hormigón, equipo de producción, laboratorios y/o personal de control; para, entre todos, lograr un suministro acorde al diseño objetivo, a las normativas vigentes y a las expectativas marcadas previamente. Asimismo, se deben definir con claridad los roles de cada vigilante.

Se puede acompañar esta vigilancia de varios sistemas de medida monitorizados de manera automática.

Toda esta información generará una ingente cantidad de datos que, encadenados y entrelazados, deben aportar un análisis certero de la evolución durante todo el suministro.

En este sentido, se aconseja diseñar un cuadro de mandos que facilite un análisis para, no solo monitorizar todos los parámetros de la vigilancia, sino disponer de una imagen real de lo que ocurre dentro y fuera de la misma.

Con esta herramienta se conocerá cuál es la tendencia de la calidad del hormigón, su evolución y, por añadidura, en gran parte, la del futuro pavimento; ofreciendo las siguientes ventajas:

- Muestra una visión global de todo el suministro
- Facilita el proceso de ajustes para prevenir o corregir desviaciones en el suministro
- Ofrece información técnica objetiva y concisa
- Implica a todo el equipo de vigilancia y mejora la comunicación entre los mismos



Para profundizar más sobre lo expuesto en el presente capítulo puede consultarse, **a través del código QR de la izquierda**, el correspondiente apartado del microsite creado por AEPC para tal fin, en el que se irán publicando artículos técnicos, así como bibliografía de referencia o enlaces a la misma.





11. Otros materiales

11.1. ¿Qué otros materiales, además del propio hormigón y los que componen el mismo, pueden requerirse para la construcción de pavimentos continuos?

En el proceso de ejecución de un pavimento de hormigón, el propio hormigón y sus componentes no son los únicos materiales participantes. Durante el proceso productivo, e incluso posteriormente, participan diferentes productos que actúan sobre la masa del hormigón como materias primas: sobre la superficie, en su estado fresco, como modificadores de la fase fresca; y una vez que este haya endurecido y sea un conglomerado, como mejoradores de las propiedades físicas y mecánicas de su superficie o como recubrimientos o revestimientos de ésta.

Todos estos productos deben ser conforme a lo dispuesto en el Reglamento (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo, como productos de construcción que son.

11.2. Materiales que participan en la masa del hormigón

11.2.1. Aditivos

Son las sustancias añadidas en una relación peso/volumen inferior al 5% del cemento y que actúan sobre la matriz cementicia para dotarla de características diversas.

Cabe señalar que para ejecutar un pavimento de hormigón se requieren un/os aditivos que, en cuanto a productos comercializados, suelen ser diferentes a los aditivos empleados para hormigones comunes.

En el artículo 31.2 del capítulo 8 del Código Estructural y en el Capítulo 5.15 de la norma UNE-EN 206:2013+A1:2018, se recogen, seis clases de aditivos distintos. No obstante, desde AEPC se considera que es más correcto definir un espectro más amplio para conocer la idoneidad de los mismos en los hormigones para pavimentos. Esto va en línea con la norma UNE-EN 934-2:2010+A1:2012, que certifica y que clasifica los aditivos por su función principal, empleados en los hormigones, morteros o pastas en clases específicas. En este sentido, las tablas que siguen a continuación definen los aditivos para hormigón, relacionándolos con su uso en pavimentos.

Clases de aditivos que mayoritariamente se suelen utilizar en la confección de hormigones para pavimentos

Modificaciones de la reología en estado fresco		
Tipo	Características	Idoneidad para uso en hormigones de pavimentos
Fluidificantes/ Reductores de agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentan la trabajabilidad para un mismo contenido de agua de amasado, sin producir segregación cuando se utilizan como fluidificantes. • Disminuyen la cantidad de agua de amasado para una trabajabilidad dada cuando se utilizan como reductores de agua. • Pueden crear a la vez ambos efectos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aditivo que puede ir en sinergia con el aditivo principal “Superfluidificante”. • Conviene conocer la naturaleza química de éstos ya que pueden afectar notablemente el desarrollo de la velocidad de fraguado
Superfluidificantes/ Reductores de agua de alta actividad	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentan, de forma significativa la trabajabilidad del hormigón para una relación agua/cemento (entre 0,45-0,56) dada (manteniendo constante la cantidad de agua), cuando se utilizan como superfluidificantes. • Producen una reducción considerable de la cantidad de agua de amasado para una determinada trabajabilidad cuando se emplean como reductores de alta actividad. • Obtienen simultáneamente ambos efectos. 	Aditivo principal en el diseño de un hormigón para pavimentos. Las características que aportan al hormigón no sólo deben estar relacionadas con la reología o la reducción de agua, sino que deben poseer la capacidad justa de aumentar la migración de finos a la superficie. Por estas razones se debe recurrir a superfluidificantes diseñados específicamente para hormigones de pavimentos no los que se usan genéricamente.
Moduladores de la Viscosidad	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuidores y mejoradores de la viscosidad alta en hormigones de altas prestaciones que permiten acercar los mismos a la reología objetiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólo son adecuados para hormigones con altas viscosidades y en los que no sea posible disminuir la misma por métodos simples. • Sólo deben emplearse en hormigones de muy alta fluidez: S4, S5 y autocompactantes.

Modificadores del tiempo de fraguado y/o endurecimiento		
Tipo	Características	Idoneidad para uso en hormigones de pavimentos
Aceleradores de fraguado	Reducen el tiempo de fraguado del cemento.	Pueden utilizarse en ciertas ocasiones, con temperaturas o entornos fríos o calientes, que requieran modificar la velocidad de fraguado. Algunos superfluidificantes ya disponen de ciertas cantidades de estos aditivos con lo que no habrá que utilizarlos a parte.
Retardadores de fraguado	Retrasan o aumentan el tiempo de fraguado del cemento	
Aceleradores de endurecimiento	Aumentan o aceleran el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales	

Clases de aditivos que no deben utilizarse en la confección de hormigones para pavimentos

Modificadores del contenido de aire o de otros gases		
Tipo	Características	Idoneidad para uso en hormigones de pavimentos
Generadores de gas	Producen un gas (por ejemplo, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, etc.) que queda en mayor o menor parte incluido en la masa.	Ninguno de estos aditivos debe utilizarse a no ser que las características de los materiales o la peculiaridad del vertido, bombeo o producción en obra lo requieran.
Generadores de espuma	Producen, por medios mecánicos, una espuma estable formada por burbujas de aire de tamaño variable, que se encuentran homogéneamente distribuidas dentro de la masa a la que confieren estructura alveolar.	
Desaireante o antiespumantes	Eliminan el exceso de aire introducido en la masa mediante el empleo de ciertos áridos o aditivos utilizados para obtener otra función principal, distinta a la introducción de aire.	



Clases de aditivos que pueden utilizarse con estudio técnico previo en la confección de hormigones para pavimentos

Aditivos que mejoran la resistencia a las acciones físicas		
Tipo	Características	Idoneidad para uso en hormigones de pavimentos
Protectores contra las heladas - Anticongelantes	<ul style="list-style-type: none"> Suelen ser inclusores de aire, aceleradores de fraguado o de endurecimiento. Mejoran la resistencia a la congelación. Disminuyen el punto de congelación del agua de amasado, impidiendo, además la aparición de cristales de hielo en el hormigón, mortero o pasta en estado fresco. 	Solo deben utilizarse en casos de pavimentaciones exteriores con riesgos de heladas, y siempre estudiando la interacción que estos aditivos puedan realizar y que las condiciones lo exijan.
Reductores de penetración del agua.	Incrementan la resistencia al paso de agua bajo presión a través de las mezclas endurecidas.	No son aconsejables debido a la interacción superficial que generan con las capas de rodadura/dryshakes.
Hidrófugos o repulsores de agua	Disminuyen la capacidad de absorción capilar o la cantidad de agua que pasa a través de una masa saturada y sometida a un gradiente hidráulico.	

Aditivos que mejoran la resistencia a las acciones fisico-químicas		
Incrementan la resistencia de los conglomerados, así como de las armaduras, a los ataques de naturaleza fisicoquímica internos o externos		
Tipo	Características	Idoneidad para uso en hormigones de pavimentos
Inhibidores de corrosión de armaduras	Reducen la posibilidad de corrosión de las armaduras embebidas en el hormigón o mortero.	Se pueden utilizar en casos de necesidad de proteger armaduras o inhibir la reacción álcali-árido siempre y cuando no haya interacciones con la reología del hormigón y la puesta en obra.
Aditivos líquidos de adición de nanosílice	Aporta mejoras tanto en el estado fresco del hormigón como en su estado endurecido, ayudando al hormigón a alcanzar máxima resistencia y aumentar su durabilidad, reduciendo su permeabilidad y porosidad.	Aporta un efecto muy similar al microsílíce, comúnmente empleado, pero al tratarse de aditivos líquidos, tanto su almacenamiento en planta como su dosificación al hormigón es mucho más cómoda, precisa, fiable y también rentable.



11.2.2. Pigmentos

Son sustancias inorgánicas insolubles, de morfología y tamaño de partícula homogénea, que le confieren al hormigón unas propiedades ópticas tales que hacen que la luz que reflejen sea muy intensa, aportando color a la masa en la que participan.

En el capítulo 5.1.6 de la norma UNE-EN 206:2013+A1:2018 (Hormigón. Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad) se contemplan los pigmentos como adiciones incluso aunque no superen la cantidad del 5% de la masa total.

Solo se deben utilizar aquellos que cumplan con la UNE-EN 12878:2007 (Pigmentos para la coloración de materiales de construcción fabricados a partir de cemento y/o cal. Especificaciones y métodos de ensayo) y que tengan marcado CE de acuerdo el anexo ZA.1.

11.2.3. Adiciones y fillers minerales

El Código Estructural, en su capítulo 8, artículo 32, define las adiciones como aquellos materiales inorgánicos, puzolánicos o con hidraulicidad latente que puede ser añadidos al hormigón con el fin de mejorar sus propiedades o conferirle características especiales. Tal código técnico sólo permite la utilización de cenizas volantes y humo de sílice, que son las más típicas. Generalmente, éstas sobrepasan el 5% del contenido total de la masa y no es conveniente que lo hagan por el encima del 10%.

En el capítulo 5.1.6 de la norma UNE-EN 206:2013+A1:2018 se contempla las adiciones que cumplan la norma UNE-EN 450-1:2013 (Cenizas volantes para hormigón), en el caso de las cenizas volantes, y la norma UNE-EN 13263 (Humo de sílice para hormigón), en el caso de los humos de sílice. Para que se puedan utilizar fillers en la masa éstos deben cumplir con la norma UNE-EN 12620:2003+A1:2009 (Áridos para hormigón).



11.2.4. Aditivos compensadores del cambio de volumen

La retracción de las pastas de cemento puede ser definida como un cambio de volumen tridimensional del material, que tiene lugar tanto en estado fresco como endurecido, y cuya causa no tiene que obedecer a una carga externa al mismo.

En pavimentos continuos de hormigón el cambio de volumen (retracción o expansión) es un punto clave y causa de la gran mayoría de patologías de los pavimentos.

Para controlar esos cambios de volumen, además de, obligatoriamente, realizar un diseño acorde a las demandas, pueden utilizarse aditivos compensadores del cambio de volumen, los cuales no pueden ser considerados ni adiciones ni aditivos, y deben ser siempre aprobados por el consultor diseñador del hormigón, la Dirección Técnica y los contratistas.

Se pueden utilizar en casos de necesidad de control de volumen o facilitar la disminución de juntas de corte con previo estudio estructural y del diseño del hormigón. No obstante, hay que señalar que no sirve de nada su empleo si el diseño estructural o el de la estructura y reología del hormigón no son adecuados y permiten la utilización de estos aditivos. Además, estos materiales también requieren un curado concreto y específico del hormigón para que haya alta efectividad.

Existen dos tipos básicos que funcionan en sinergia, o por separado, según las exigencias de la obra y el desempeño del hormigón que hayan demandado:

Generadores de expansión en la masa ('expansivos')

Producen una expansión controlada y permanente en los hormigones, mitigando la retracción final. Según la clasificación de ACI 223 existen los agentes expansivos siguientes:

1. **El tipo K:** mezcla de sulfoaluminato de calcio y sulfato de calcio que forma etringita
2. **El tipo M:** mezcla de aluminato de calcio y sulfato de calcio que produce etringita
3. **El tipo S:** mezcla de aluminato tricálcico y sulfato de calcio que produce etringita
4. **El tipo O/G:** contiene óxido de calcio y óxido de aluminio que produce portlandita

Desinhibidores de la tensión

Denominados ‘pacificadores’, disminuyen las tensiones superficiales del agua presentes en los poros capilares del hormigón ayudando a mejorar la estabilidad dimensional y reduciendo la retracción hidráulica.

Denominados ‘pacificadores’, disminuyen las tensiones superficiales del agua presentes en los poros capilares del hormigón ayudando a mejorar la estabilidad dimensional y reduciendo la retracción hidráulica.

11.2.5. Fibras

Las fibras juegan un papel importante en la construcción de los pavimentos de hormigón como alternativa a la utilización de mallas electrosoldadas. Tradicionalmente se han reforzado las soleras de hormigón con armado metálico tradicional de acero capaz de hacer efecto bidimensionalmente, pudiéndose sustituir, a día de hoy, por fibras estructurales capaces de reforzar la solera tridimensionalmente, aportando las resistencias necesarias a flexotracción (macrofibras), y, además, permitiendo una reducción de la fisuración que aparece en superficie (microfibras).

Por tanto, las fibras pueden añadir una mejora en la calidad de los pavimentos gracias a su presencia en toda la masa de hormigón de forma tridimensional.

Además, las fibras son una alternativa económica y práctica, pues se dosifican directamente en la masa del hormigón en la planta de amasado, resultando muy sencilla su puesta en obra (vertido directo desde camión hormigonera), lo cual permite una reducción considerable en los tiempos de ejecución.

Dependiendo de las cargas que la losa deba soportar, el espesor de la misma y las condiciones de la subbase, la selección del tipo de fibra y su dosificación deberá ajustarse en cada obra con un cálculo estructural (TR34 o análisis de elementos finitos (FEA)).



En cualquier caso, algunos puntos a tener en cuenta en el empleo de fibras son los siguientes:

- La consistencia del hormigón deberá ser suficiente (cono de Abrams 12-16 cm) para que las fibras sean capaces de dispersarse homogéneamente por la masa.
- Se deberá aportar un tiempo de amasado suficiente en amasadora, aproximadamente 1 min/ m³ de hormigón, siendo recomendable 5 minutos extras al final de la dosificación total.
- Se deberá nivelar con regla vibradora, pero no en exceso para que el vibrado no provoque la migración de las fibras a superficie (afloramiento de fibras).
- Un fratasado prematuro puede provocar que el vibrado provoque la subida de fibras a la superficie (afloramiento de fibras), lo que conduciría a problemas posteriores de acabado.
- Se deben usar de endurecedores superficiales, que absorban la lechada superficial de la solera y se unan solidariamente a la misma, aportando resistencias, y cubriendo las posibles fibras superficiales.

11.3. Materiales que participan en la superficie del hormigón fresco

Existen varios productos que participan a lo largo del proceso productivo de un pavimento de hormigón en las fases frescas. Cabe señalar que dicha fase abarca desde que se vierte el hormigón hasta que se extiende, trabaja mecánicamente con máquinas de pulido y se consigue el acabado el consiguiente curado.

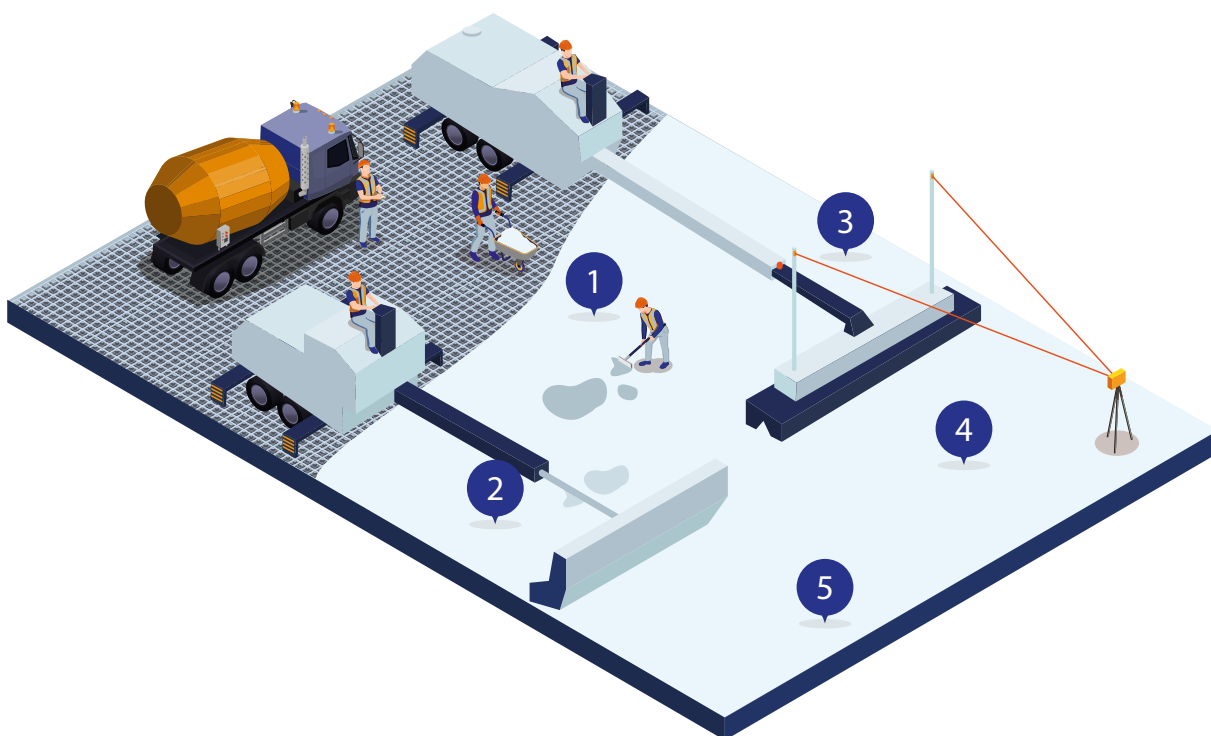


Figura 4. Etapas de la fase fresca del hormigón

Cada uno de estos productos tiene un rol específico y cada uno de ellos debe atender a las condiciones dispuestas por el Reglamento (UE) n°305/2011 9 de marzo del 2011, como productos comercializados para uso en construcción que son.



11.3.1. Endurecedores superficiales, capas de rodadura

Para ejecutar el acabado superficial del pavimento se utilizan diferentes premezclados industriales cementicios con cargas minerales o metálicas en polvo. Estos productos se espolvorean, con máquina o manualmente, sobre la superficie del hormigón fresco para, posteriormente, incorporarlo con sucesivas pasadas de talocha y, finalmente, realizar un cierre de poro con la técnica de pulido hasta obtener una terminación compacta, densa, dura, monolítica y de acabado muy liso, que adquiere un cierto brillo conocido.

Un monolito de pavimento con capa de rodadura industrial hecho con un hormigón especialmente diseñado posee un 100% más de durabilidad que un pavimento de hormigón genérico y una capa de rodadura realizada “in situ”. Si, además, a ese monolito se le procura un excelente curado se conseguirá subir dicha dureza a más de un 166% y aumentarán todas las propiedades fisicoquímicas que hacen que ya sea un compuesto de altas prestaciones.

11.3.2. Facilitadores del pulido

Son productos líquidos facilitadores y densificadores del proceso de pulido, sin necesidad de añadir agua a la superficie.

Facilitan la intersección entre el endurecedor y la pasta de mortero del hormigón ayudando así a una cristalización homogénea y monolítica.

11.3.3. Agentes antievaporantes

Son productos líquidos que evitan una rápida desecación del agua superficial del hormigón en la fase fresca.

Facilitan, en la fase inicial del fraguado del hormigón, la retención del agua en condiciones de alta temperatura, corriente o exposición solar directa, que facilitará el proceso de pulido evitando tensiones y retracciones antes del proceso de curado final.



11.4. Materiales que participan una vez recién acabado el proceso de pulido del hormigón

11.4.1. Curadores

El artículo 52.5, del capítulo 11, del Código Estructural contempla que, durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado.

Éste se prolongará durante el plazo necesario en función del tipo y clase del cemento, de la temperatura y del grado de humedad del ambiente, entre otros factores. El curado podrá realizarse manteniendo húmedas las superficies de los elementos de hormigón, mediante riego directo que no produzca deslavado, y/o empleando curadores.

El agua empleada en las operaciones de riego deberá poseer las cualidades exigidas en el artículo 29 del Código Estructural.

Los compuestos de curado surgieron por la necesidad de reemplazar la práctica de mojar la superficie con agua, con tratamientos más efectivos en curado, en protección y en realzamiento final del aspecto de acabado.

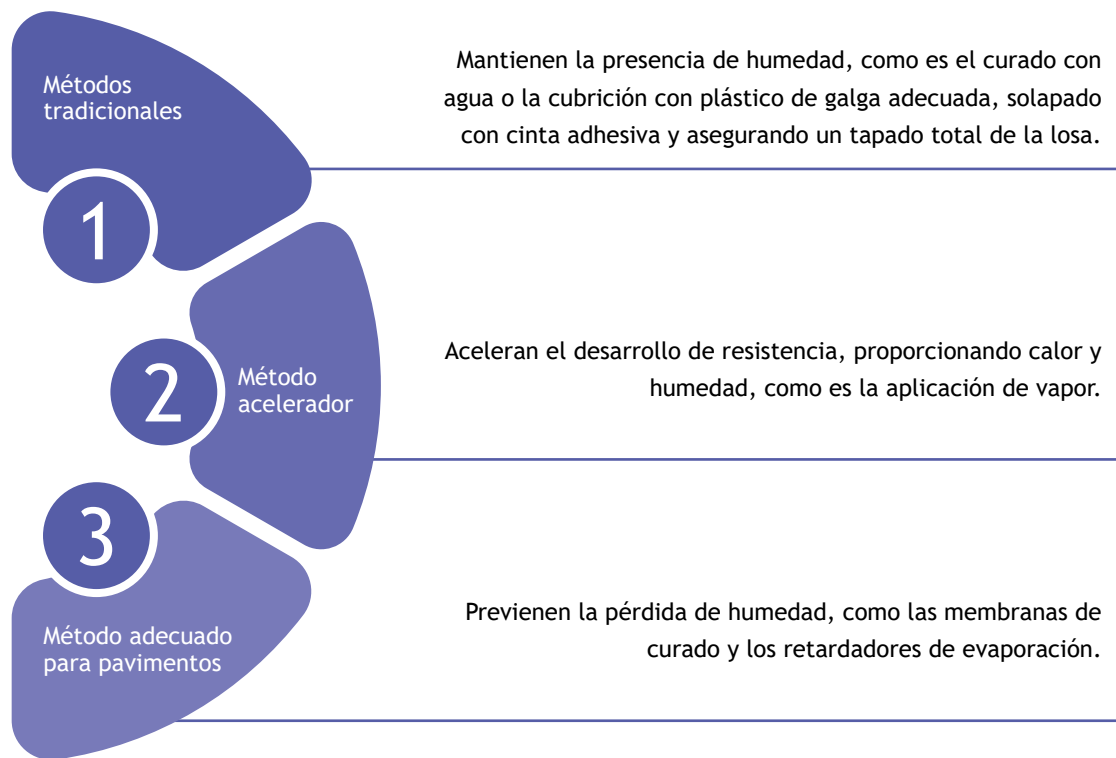
La característica más importante de un compuesto de curado es su capacidad para proteger el contenido de humedad dentro de la mezcla, pero existen otras propiedades, tales como aporte a la resistencia al desgaste de la superficie, adherencia a recubrimientos o dureza. Aunque éstas pueden ser difícilmente identificables dado que dependen mayormente de otras propiedades del hormigón.

Escoger un sistema de curado adecuado es primordial para que, una vez que se haya acabado la producción, vertido, colocación y aplicación del hormigón, éste descanse en óptimas condiciones y repose para que se pueda generar un conglomerado acorde al desempeño de todos los esfuerzos y precauciones planteadas desde el diseño y en el control de suministro que genere las siguientes propiedades:

- Que forme un film que proteja la superficie en los días iniciales de la puesta en servicio del pavimento (sobre todo en las primeras 76 horas), actuando también como sellador y antipolvo.
- Que favorezca un curado lento y que aumente la resistencia final del hormigón.
- Que ayude a eliminar sistemáticamente las microfisuras superficiales y que mejore la Retracción superficial.

En general, el mejor compuesto de curado será aquel que retenga mejor la humedad y evaporación del agua.

Existen tres tipos sistemas de curado:



Los sistemas adecuados para curar losas de hormigones son el método tradicional con cubrición mas adhesión de plástico a la losa y las membranas filmógenas de curado adecuadas que evitan la rápida evaporación de agua con alta efectividad. Este último método es el más empleado en las losas de hormigón actuales y se contempla, pondera y regula en la norma ASTM C309, que evalúa la capacidad de curado que los curadores, membranas o sistemas de curado generan sobre superficies de hormigón.

Según la norma ASTM C309, existen tres tipos básicos de membranas de curado, recogidas en la siguiente tabla:

Tipo 1	Tipo 1-D	Tipo 2
Membranas claras o traslúcidas sin tinte	Membranas claras o traslúcidas con tinte temporal	Membranas con pigmentación blanca
Adecuadas	No recomendables para pavimentos de hormigón por su coloración	

Además, existen dos tipos de base, o vehículos para la naturaleza del curador

Clase A	Clase B
Membranas en base de resinas con diluciones en base de agua	Membranas en base de resinas con diluciones en solventes

11.5. Materiales que participan sobre el pavimento de hormigón finalizado, fraguado, curado y endurecido

Sobre un pavimento de hormigón ya finalizado y que esté lo suficientemente endurecido se pueden ejecutar varios tipos de acabado con el fin de aumentar su durabilidad, y sus prestaciones, así como mejorar su acabado o protegerlo de agentes externos.

11.5.1. Densificadores

Los densificadores, los cuales pueden presentarse como silicatos individuales en forma pura o con aditivos, se utilizan en para mejorar la dureza de la superficie de hormigón y reducir la absorción de agua capilar.

Los silicatos, principalmente sodio, litio y potasio, al ser aplicados en la superficie del hormigón, reaccionan con la cal hidratada del dicho hormigón para formar hidrato de silicato de calcio. La formación de gel que se puede observar al aplicar silicatos sobre el hormigón es un proceso que se puede atribuir a esta reacción. Se crea una estructura estable, similar al vidrio en la estructura de los poros, lo que tiene un efecto positivo en las propiedades del hormigón en términos de resistencia a la abrasión y se reducción de absorción de agua capilar.

La aplicación de silicatos también simplifica significativamente el mantenimiento del pavimento.

En el mercado, a día de hoy, pueden encontrarse los están presentes los siguientes tipos de silicatos densificadores que presentan, de forma resumida, las características recogidas en la tabla:

	Silicato de sodio	Silicato de potasio	Silicato de litio
Tiempo de efecto gelificante	Rápido	Medio	Lento
Tiempo de reacción con hormigón	Rápido	Medio	Lento
Penetración en el hormigón	Menos	Más	Más
Endurecimiento del hormigón	Más	Medio - menos*	Menos*
Absorción de agua del hormigón	Más	Menos*	Menos*

* El mercado muestra que las mezclas de diferentes silicatos son bien aceptadas, ya que combinan las propiedades positivas de cada silicato individual.



11.5.2. Recubrimientos (sellados y pinturas)

Un recubrimiento es una actuación “simple” (aunque debe estar muy bien elegida y planificada para que cumpla con el efecto deseado) de pintado, reparación, protección, etc.

Para determinar cuál es el recubrimiento más adecuado en cada caso, se debe tener en cuenta los requerimientos operacionales (exposición mecánica, ataques químicos, temperatura, intemperie, estética...) del área en la que se colocará el pavimento y la selección, inspección y preparación previa del soporte (tipo y condiciones del soporte, localización, contaminación y posibles daños) sobre el que se va a colocar el revestimiento elegido.

Deben analizarse todos los parámetros y no dejar nada al azar. De este modo se conseguirá un pavimento funcional, duradero y resistente.

En este sentido, el recubrimiento de un pavimento de hormigón puede llegar a contar con hasta 4 capas, las cuales poseen distintas funciones y suelen ser de productos diferentes, incluso, en ocasiones, de distinta naturaleza.



Imprimación

Es la primera capa del sistema. Se trata de una fase humectante y de penetración, la cual se aplica en espesores finos, del orden de cientos de micras. Su aplicación se realiza con rodillo o con brocha, asegurándose de la completa cobertura del soporte.

Sus funciones principales son: capa de adherencia, para mejorar la unión entre el soporte y la capa base o la capa de sellado; relleno y sellado de poros, para evitar la aparición de burbujas de aire en el pavimento; y fijación de los restos de polvo que hayan podido quedar tras los procesos de tratamiento y limpieza del soporte.

Capa Base

Es la capa más gruesa, en ocasiones denominada “capa de rodadura”. Va normalmente sobre la imprimación. Se aplican en espesores mayores, variando desde 2 hasta 25 mm. Dependiendo de su fluidez, puede tratarse de morteros autonivelantes o morteros secos.

Sus funciones principales son: nivelar y absorber irregularidades; incrementar las resistencias mecánicas y aportar mayor superficie de desgaste; servir de capa previa para el acabado con resinas o para los sistemas antideslizantes; servir como barrera temporal de humedad en soportes húmedos; y, en ocasiones, son, además, capa de terminación, como en el caso de algunas resinas sintéticas.

Espolvoreo de arena de cuarzo o de chips de colores

No se trata de una capa del sistema en sí misma. En el caso de la arena de cuarzo, se hace para conseguir sistemas antideslizantes, muy útiles en industrias húmedas, rampas de acceso a aparcamientos, zonas peatonales a la intemperie, etc. En el caso de chips de colores, se hace para conseguir sistemas decorativos para centros comerciales, oficinas, lugares públicos, etc.

Sellado

Es la fase de acabado, la que va a estar expuesta y, por lo tanto, la que debe proporcionar al sistema las características de protección tanto físicas como químicas necesarias para cada caso. Se aplica normalmente por mediación de brocha o rodillo, y siempre en capas finas.

Sus funciones principales son: sellado impermeable, para evitar la filtración de líquidos; protección del sistema; y aportar una buena estética, puesto que es la capa visible del sistema.



Para profundizar más sobre lo expuesto en el presente capítulo puede consultarse, **a través del código QR de la izquierda**, el correspondiente apartado del microsite creado por AEPC para tal fin, en el que se irán publicando artículos técnicos, así como bibliografía de referencia o enlaces a la misma.



12. Agradecimientos

Esta publicación ha sido posible gracias a los miembros de AEPC, a los patrocinadores y a los fondos de la asociación destinados a la elaboración de publicaciones. Una mención especial a los integrantes del grupo de trabajo sobre “Diseño, planificación y proyecto de pavimentos continuos” por su contribución, tiempo y aportaciones a lo largo de las reuniones celebradas en esta primera fase del proyecto. Muchas gracias por hacer posible este documento.

- Eusebio Rey Cachafeiro, Presidente de AEPC

Instituciones colaboradoras

- Jesús Díaz Minguela, Rafael Rueda y César Bartolomé, IECA - INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES
- Pablo Gómez Escribano, ANEFHOP - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE HORMIGÓN PREPARADO
- Rosa Carretón Moreno, ANEFA - ASOCIACION NACIONAL DE EMPRESARIOS FABRICANTES DE ÁRIDOS
- Manuel Miranda, AECTI - ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE CONTROL DE CALIDAD Y CONTROL TÉCNICO INDEPENDIENTES
- Fernando Álvarez Molinera (ICCP), ALACAV - ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE CONTROL DE CALIDAD EN EDIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN
- Ignasi Jarauta, ANFAH - ASOCIACION NACIONAL DE FABRICANTES DE ADITIVOS PARA HORMIGON Y MORTERO
- Juan Carlos Arroyo, ACIES

Empresas colaboradoras

- Fernando Simón y Luis Carlos González Garrudo, SIKA
- Rufino Cano, HORMIGONES TUDELA VEGUIN
- Cristina Castro, VOTORANTIM
- Fernando García, GRUPO PORTLAND-VALDERRIBAS
- Jordi Altet, PROMSA
- Carlos Badiola, GRUPO LEMONA (CRH BETON CATALAN)
- Ignacio Sánchez Salinero, EUROSTICK

Miembros de AEPC que han participado activamente

- Carlos Masa, PAVIPRINT
- Carlos Lorenzana, RIMSA METAL TECHNOLOGY SA
- David Pérez Megias y Javier de La Mata, STEELPAV INGENIERIA SL
- Esther González Vales y Miguel Carpio, LAFARGEHOLCIM ESPAÑA SAU
- Francisco Maldonado y Jorge Richart, DURASIL PAVIMENTOS INDUSTRIALES SL
- Javier García Vázquez, SISRECON SISTEMAS Y REVESTIMIENTOS CONTINUOS SL
- Jose Ruiz Cabello, RUICA PAVIMENTOS SL
- Joan Ignasi Ordinas, LOTUM
- Juan José Jurado, MASTER BUILDERS SOLUTIONS ESPAÑA SLU
- Manuel Demirci López y Julieta, Lori FIBRATEC
- Manuel Carrión, SOLURBAN
- Patxi Martínez, GRUPO AISMAR
- Vicente Diago y Roberto Valbuena, MC CONSTRUCTION CHEMICALS SPAIN SL

Secretariado de la asociación

- Laura García, AEPC
- Mónica Fraile, AEPC
- Irene Cámara, AEPC

13. Información de interés

13.1. Índice de publicidad (Por orden alfabético)

ANZEVE	100
BLASTRAC	93
DURASIL	96
G&C COLORS	101
HEPYM	98
HUSQVARNA	92
KRYPTON CHEMICAL	104
PROSISTEMAS	90
RD LUNA MAQUINARIA	95
RIMSA	102
RUICA	97
SOLURBAN	103
STEELPAV INGENIERÍA	94
TOOLQUICK	91
TST TORRES SERVICIOS TÉCNICOS SL	99

13.2. Directorio de empresas



PROSISTEMAS
 (+34) 986 203 912
www.prosistemas.com



TOOLQUICK ALQUILER
 (+34) 912 772 557
www.toolquick.es



HUSQVARNA
 (+34) 649 448 073
www.husqvarnacp.es



BLASTRAC
 (+34) 916 601 065
www.blastrac.es



STEELPAV
 (+34) 911 845 949
www.steelpav.com



RD LUNA
 (+34) 937 525 560
www.rdluna.com



DURASIL
 (+34) 918 023 180
www.durasil.com



RUICA
 (+34) 957 703 031
www.ruicapavimentos.com



HEPYM
 (+34) 936 406 097
www.hepym.com



**TST TORRES SERVICIOS
 TECNICOS**
 (+34) 937 537 575
www.tstservicios.com



ANZEVE
 (+34) 916 334 553
www.anzeve-superficies.com



G&C COLORS
 (+34) 968 694 899
www.gc-colors.com



RIMSA
 (+34) 936 664 611
www.rimsa.com



SOLURBAN
 (+34) 917 273 949
www.solurban.com



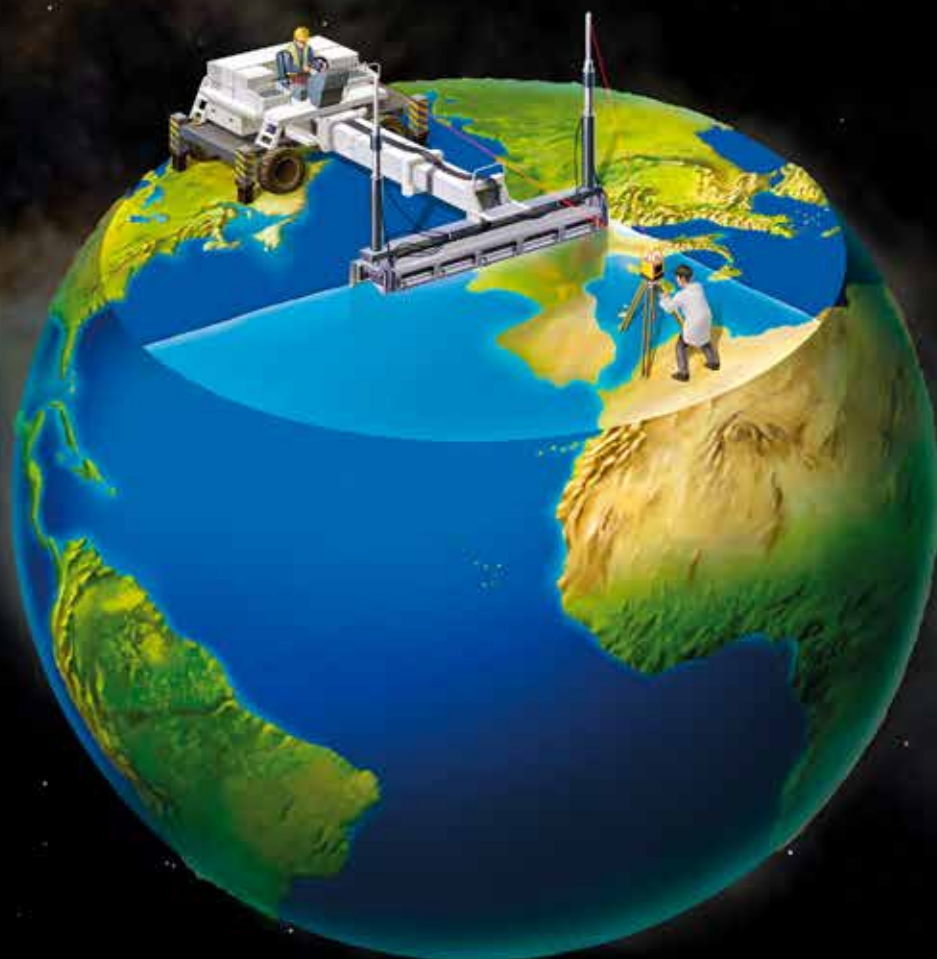
KRYPTON CHEMICAL
 (+34) 977 822 245
www.kryptonchemical.com

Prosistemas.com

Líder en Europa en pavimentos
industriales, comerciales,
deportivos y decorativos

Restaurador de estructuras
y refuerzos

Consultor en patologías
del hormigón



“Dadme un láser y haré un mundo plano”

Arquímedes decía que la ciencia era el motor del mundo. El Arquímedes del siglo XXI no pretende levantar el orbe pero sí hacer un pavimento matemáticamente plano para que la industria y el comercio del planeta prosperen y sigan evolucionando.



PROSISTEMAS

Tecnología bajo los pies



Golden
Trowel

Prosistemas, primera empresa europea
en recibir el Golden Trowel Award

ALQUILER DE MAQUINARIA

LA MEJOR SOLUCIÓN

PARA TU SUELO

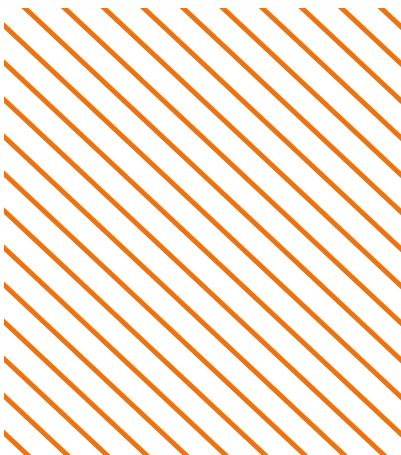
www.toolquick.es



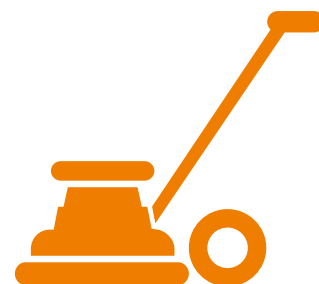
**PULIDORA DE
SUELOS DE
DIAMANTE
280 MM**



**PULIDORA DE
SUELOS DE
DIAMANTE
450 MM**



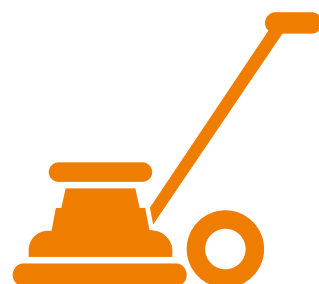
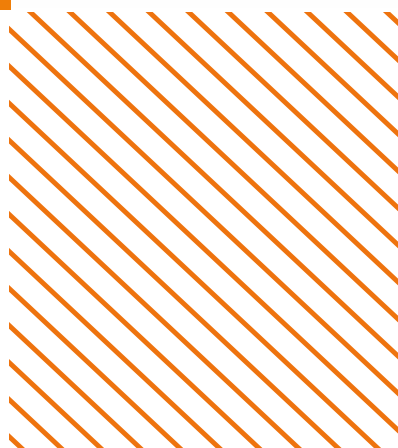
**ROTATIVA ALTA
VELOCIDAD
MONOFÁSICA**



**ROTATIVA ALTA
VELOCIDAD
TRIFÁSICA**



**PULIDORA
SATÉLITE**



Las mejores herramientas para tu pavimento
Expertos en cualquier superficie


Husqvarna®



Tratamientos de superficies
y demostraciones

David García

676 038 378

david.garcia@husqvarnagroup.com



INNOVADORES EN LA PREPARACION DE SUPERFICIES

EMPRESA LIDER MUNDIAL EN EL DISEÑO Y FABRICACION
DE EQUIPOS PARA EL TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

BLASTRAC ESPAÑA
Calle de Rivas, 10
CP - 28052
Pol.Ind.Vicálvaro, Madrid
Tel.: +34 91 660 10 65
Email: info@blastrac.es
WWW.BLASTRAC.ES



DISEÑO DE PAVIMENTOS Y CONTROL DE PLANIMETRÍA

Hacemos que su proyecto tenga el resultado óptimo, los pavimentos diseñados y certificados garantizan la máxima durabilidad y rendimiento.

Pavimentos de Alta Planimetría Sin Juntas de retracción CONTIPAV SUPERFLAT de STEELPAV.

- Software propio de Cálculo
- Fibras de Acero FIBRACER
- Juntas de Acero STEELJOINT
- Garantía de hasta 20 años
- Calidad sin fisuras en Sistema CONTIPAV
- Control de Calidad de Ejecución
- Diseño y control del Hormigón
- Ahorro de costes
- Certificación Final CERTIPAV

DISEÑO

CONSTRUCCIÓN

CERTIFICACIÓN



GRUPO
STEELPAV

Ingeniería de servicios industriales y energéticos

Grupo Steelpav Ingeniería

Av. Europa 26, Edif Atica 5, 2ª Pozuelo de Alarcón. 28224 Madrid

www.steelpav.com / info@steelpav.com / Tlf: 911 845 949 / Fax: 912 171 496



**VENTA Y ALQUILER
MAQUINARIA PARA LA PREPARACIÓN DE SUPERFICIES**

**| FRESADORAS | PULIDORAS | LIJADORAS | GRANALLADORAS | ASPIRADORES INDUSTRIALES |
| HERRAMIENTAS DE APLICACIÓN |**

**| C/ Narcís Monturiol, 14 - 16, Nave 4 | 08339 - Vilassar de Dalt | Barcelona |
www.rdluna.com | info@rdluna | +34 93 752 55 60**



PAVIMENTOS CONTÍNUOS

Industriales - Residenciales - Decorativos - Parkings - Públicos



“ Sólo cuando se cuenta
con la experiencia
y la tecnología necesaria
se obtienen

los mejores resultados



C/ Buenos Aires 1. Naves 19-20
Pol. Ind. Camporroso.
Alcalá de Henares. Madrid.
Tef.: 91 802 31 80
www.durasil.com



Empresa con 30 años de experiencia

Ponemos a su servicio todas las variedades constructivas para pavimentos de hormigón según su uso:

- **Alta resistencia.**
- **Alta planimetría.**
- **Capas hidratadas.**
- **Pavimentos agroindustriales.**

Disponemos de maquinaria de última generación para la realización de los trabajos:

- **Extendedoras láser Somero.**
- **Esparcidoras de cuarzo.**
- **Dosificadora de fibra metálica.**
- **Disponemos de Dipstick propio para la elaboración de prescripciones técnicas que necesite cada proyecto, así como la medida de su PLANIMETRÍA y nivelación.**

Personalizamos cada proyecto



☎ **957 70 30 31**

✉ **info@ruicapavimentos.com**

🌐 **ruicapavimentos.com**





HEPYM

**DESDE 1980, ESPECIALISTAS
EN LA FABRICACIÓN DE
REVESTIMIENTOS**

RESINAS EPOXI

RESINAS POLIASPÁRTICO

RESINAS METACRILATO

**RESINAS POLIURETANO -
POLIURETANO CEMENTO**

RESINAS ACRÍLICAS

**SISTEMAS
IMPERMEABILIZANTES**

CUARZO COLOREADO

M TERRACOLOR, S.L.

**DISTRIBUIDOR
DE PRODUCTOS:**



HEPYM, S.A.

C. Navarra, 9 • Polígono Fonollar • 08830 Sant Boi de Llobregat (Barcelona)

T. 93 640 60 97 • F. 93 654 27 82 • hepym@hepym.com

www.hepym.com

TÉCNICOS ESPECIALIZADOS EN SECADO RÁPIDO de PAVIMENTOS



**Condensación
Capilaridad
Filtraciones
Secado acelerado**

¿POR QUÉ
ESPERAR SEMANAS
PARA APLICAR
TU PAVIMENTO
CONTINUO?

**EN UNA SEMANA
PODRÁS APLICARLO
CON UN SECADO
RÁPIDO**



**GENERADORES DE CALOR · MEDICIONES DE HUMEDAD
DESHUMIDIFICADORES · ESTUFAS DE SECADO**



Llámanos

900 227 222

www.tstservicios.com

En Anzeve Suelos y Superficies llevamos 20 años distribuyendo la maquinaria adecuada a cada necesidad para ayudar a mejorar los pavimentos de la península. Para ello, contamos con un equipo de profesionales experimentados, en formación continua, y colaborando activamente con los principales proveedores del sector.

Nos avala la confianza que han depositado en nosotros múltiples clientes y prescriptores.



+200
Clientes en
España y Portugal

+80
Obras
certificadas

+300
Prescriptores
asociados

+18
Comunidades de
la península con
asesores presentes





inorganic pigments

**Nosotros no
inventamos
el pavimento
continuo...**

**solo
le dimos
color**

created by:



C./ Río Guadalentín, Parcela 20
Polígono Industrial Ceutí
30562 Ceutí (MURCIA) Spain
Tlf: +34 968 69 48 99

www.gc-colors.es

En pavimentos de hormigón reforzado con fibras ofrecemos la solución óptima de acuerdo con las guías de diseño internacionales

rimsa

people
rethinking
solutions

Visita rimsa.com



Las soluciones más vanguardistas del mercado



r hook 35/0,75

Refuerza eficazmente el hormigón en pavimentos sin cortes de retracción.



r hook 50/0,75

Proporciona un refuerzo efectivo con mayor superficie de adherencia debido a su longitud y mayor número de fibras/Kg.



r hook 60/0,9 HT

Una solución óptima para las aplicaciones estructurales más exigentes.



r glued 60/0,75

Proporciona el máximo exponente del refuerzo y una adición al hormigón muy sencilla gracias a que se suministran encoladas en grupos de fibras.

rimsa people rethinking solutions

[in](#) [@](#) [t](#) [f](#) @rimspain

Visítanos Armenteres s/n – Pol.Ind. MATACÀS- Nave 21 08980 Sant Feliu de Llobregat Barcelona, Spain Llámáanos +34 93 666 46 11 / +34 635 519 002 Escribenos hello@rimsa.com

**CALIDAD & GARANTÍA
DISEÑANDO Y EJECUTANDO
SOLUCIONES**



Nuestro equipo técnico y de ejecución, integrado por personas con más de 20 años de experiencia en este sector, cuentan con los mejores equipamientos para la aplicación de productos, que aunados con su gran experiencia y conocimientos adquiridos, ofrecen soluciones llave en mano que garantizan la total satisfacción de nuestros clientes.



Soluciones Solurban S.L.

Avda. Cerro del Águila 3
28073 S.S. de los Reyes

www.solurban.com





KRYPTON
chemical.com

RAYSTON
products

Desarrollamos y fabricamos resinas de poliuretano, epoxi y poliurea para la construcción, la rehabilitación y la industria.

Desde nuestras instalaciones distribuimos nuestros productos a más de 70 países para proyectos de impermeabilización, pavimentos continuos, y anticorrosivos, siguiendo unos estrictos procedimientos de investigación, producción y control para alcanzar la más alta calidad de nuestros productos y la máxima satisfacción de nuestros clientes.

ALGUNAS RAZONES PARA TRABAJAR CON KRYPTON CHEMICAL

- **MÁS DE 20 AÑOS DE EXPERIENCIA**
- **CALIDAD CERTIFICADA ISO 9001**
- **DEPARTAMENTO I+D PROPIO**
- **UNIDADES DE PRODUCCIÓN DEDICADAS A CADA PRODUCTO Y TECNOLOGÍA**
- **SOPORTE TÉCNICO**
- **ACOMPAÑAMIENTO EN TODAS LAS FASES DEL PROYECTO**
(PREESCRIPCIÓN, ASISTENCIA TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD)
- **FORMACIÓN ESPECÍFICA**
- **SERVICIO Y ATENCIÓN PERSONALIZADOS**



Parque infantil, Granada.
150 m², Sistema Rayston Floor PU 40 Safety.



Pavimento Decorativo, Málaga.
80 m², Pavistone.



Geriatrico de Beasain.
1.500 m², Sistema Rayston Floor PU 30 Flex.

Audiovisual



Actividades y eventos



Estudios



Formación



Encuentros



AEPC
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE
PAVIMENTOS CONTINUOS

Divulgación



Colaboración



Cómics

Publicaciones



¿Qué es AEPC?

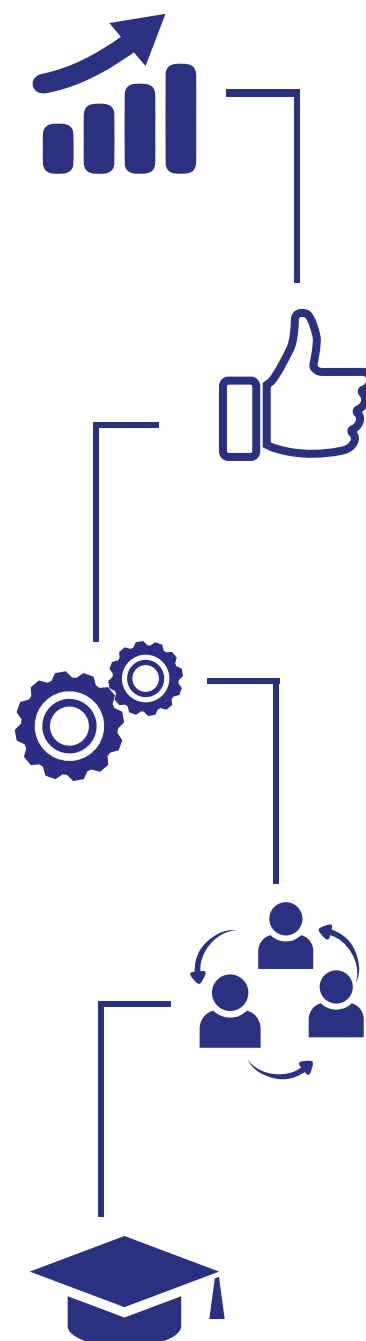
El uso de pavimentos continuos es una tendencia creciente que requiere una cada vez mayor profesionalización del gremio.

Con este objetivo diferentes empresas vinculadas a los pavimentos continuos se reunieron en 2018 para configurar un grupo que se encargara de promover y exigir los máximos niveles de seguridad, calidad e integridad en todo lo relacionado con este gremio. Esta propuesta se materializó en la fundación de la Asociación española de pavimentos continuos, AEPC.

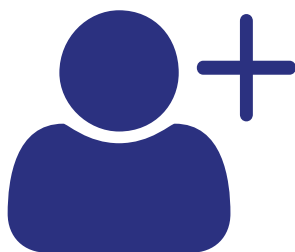
AEPC tiene como fin general promover la actividad empresarial de diseño, cálculo, fabricación, preparación de superficies, instalación, pulido, secado, mantenimiento, y otras actividades afines, de todo tipo de pavimentos; excluyendo del objeto y alcance de la asociación los pavimentos no continuos, los firmes de carretera y los pavimentos de madera o ligeros.

Objetivos

- Defender los intereses económicos, sociales y profesionales del gremio como colectivo con intereses comunes.
- Favorecer el desarrollo de negocio de las empresas asociadas.
- Resolver problemas comunes.
- Organizar actividades de interés y paquetizar servicios para miembros.
- Velar por la libre competencia en el sector y proteger a los miembros frente al intrusismo profesional.
- Fomentar sinergias y promover la cooperación de los todos los agentes relacionados en el desarrollo del gremio.
- Favorecer la formación permanente del personal de las empresas del gremio.



¿Cómo participar en AEPC?



Miembro

¿Quién puede ser miembro?

- Contratistas especializados (instaladores)
- Proveedores (fabricantes o distribuidores de productos y maquinaria)
- Ingenierías especializadas

AEPC aúna a las entidades vinculadas al gremio de los pavimentos continuos que voluntariamente soliciten su afiliación y tengan interés en el desarrollo de los fines de la asociación.

¿Cómo hacerse miembro?

1. Contacte con el secretariado de AEPC para obtener el formulario de inscripción y los requisitos de admisión.
2. Su solicitud de inscripción será valorada por la Junta directiva. Es posible que se le pidan referencias de su empresa o de su historial de trabajo.
3. Si su solicitud es admitida, el Secretariado de la asociación se pondrá en contacto con usted, enviándole el comunicado de alta.
4. Abone la cuota anual que establezca la Asamblea general de la asociación.



Colaborador

¿Quién puede ser colaborador?

- Asociaciones empresariales
- Colectivos profesionales
- Medios especializados
- Administraciones y entidades públicas vinculadas

Las entidades colaboradoras no abonan cuota y deben firmar un acuerdo de colaboración.

¿Qué hace AEPC?

Estandarización y regulación

AEPC participa en la elaboración de normativas, estándares y protocolos de acreditación y regulación del gremio.



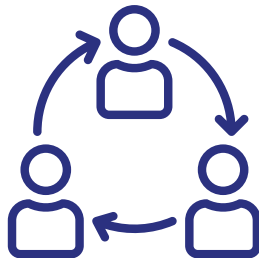
Actividades y eventos

AEPC organiza foros nacionales, jornadas regionales y encuentros técnicos para la promoción de los pavimentos continuos.



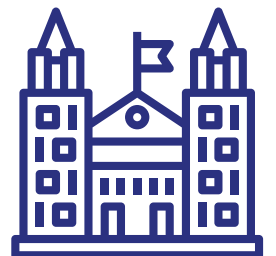
Red de conocimientos

AEPC elabora contenidos técnicos y divulgativos en diferentes formatos para difundir información de interés sobre el gremio y aumentar la visibilidad de sus miembros.



Relaciones institucionales

AEPC representa al gremio institucionalmente, tanto a nivel nacional como europeo, para aportar novedades a sus miembros.



Asesoría legal y asistencia técnica

AEPC fomenta las buenas prácticas y lucha contra la competencia desleal defendiendo a sus miembros.



Comunicación y marketing

AEPC promociona las actividades del gremio y el trabajo de los miembros de la asociación mejorando su posicionamiento en el sector.



¿Qué aporta ser miembro de AEPC?



Oportunidades de negocio

AEPC ha creado una potente red de contactos en continuo crecimiento y actualización gracias a sus propias actividades.

- ➔ Aumente su cartera de clientes potenciales y amplíe su red de contactos entre los profesionales del gremio.
- ➔ Participe en las actividades de la asociación y otras en las que AEPC colabore.
- ➔ Gane visibilidad en las reuniones organizadas por la asociación.



Novedades del sector

Los miembros de AEPC son los primeros en tener la información precisa sobre el gremio, lo que representa una ventaja clave a la hora de diferenciarse de la competencia.

- ➔ Reciba información actualizada y las novedades más importantes sobre el gremio (novedades, cambios en el marco normativo...)



Marco normativo

AEPC lucha contra la competencia desleal y el intrusismo profesional y participa en la elaboración de normativas relacionadas con el gremio.

- ➔ Participe en los comités de normalización (europeos y nacionales), relacionados con el gremio.
- ➔ Acceda a las herramientas que pone a su disposición la asociación (tramitación de denuncias e incidencias, creación de un cuerpo de peritos...)



Apoyo

AEPC ayuda a sus miembros a solucionar problemas relacionados con su actividad diaria y les ofrece soporte a través del secretariado permanente de la asociación.

- ➔ Reciba el soporte del secretariado en cuestiones técnicas, legales etc.



Promoción

AEPC apoya a sus miembros en materia de comunicación a través de la difusión de sus novedades mediante notas de prensa, boletines, redes sociales y otras plataformas.

- ➔ Aumente la visibilidad de su empresa.
- ➔ Contribuya a la divulgación de información relevante sobre el gremio.

Este manual ha sido posible gracias al apoyo de:



Tecnología bajo los pies



AEPC

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE
PAVIMENTOS CONTINUOS

Más información sobre la asociación y el gremio en:



(+34) 912 772 036



info@aepec.info



www.aepec.info

Consulte el listado de miembros de AEPC en:
www.aepec.info/miembros