

*JT SOBRE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN EN ENTORNOS
URBANOS Y DE EDIFICACIÓN
CÁCERES, 6 DE MARZO DE 2015*

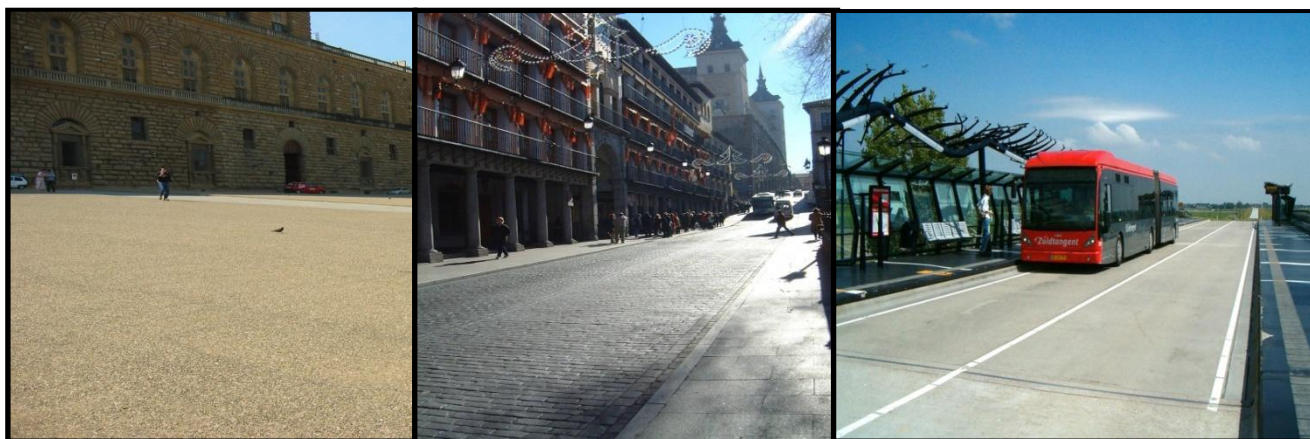
**Introducción a los pavimentos de
hormigón en entornos urbanos y de
edificación. Tecnología, criterios de
diseño y sostenibilidad**

Ricardo López Perona (IECA)

Consideraciones previas:

UN TIPO DE PAVIMENTO

USOS MUY VARIADOS – DISEÑOS MUY DIVERSOS



- **APLICACIONES**



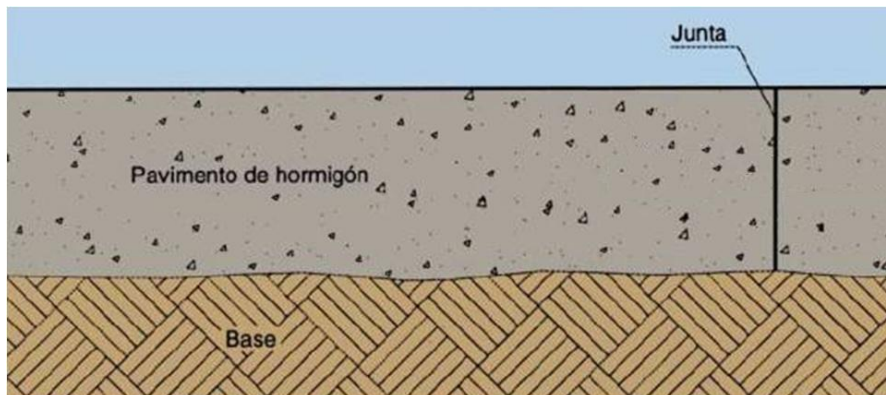
- **Nueva red viaria** mediante pavimentos tradicionales, impresos, de árido visto, pavimentos de adoquín de hormigón, etc.
- **Mejora de la red viaria** mediante la extensión de refuerzos delgados de hormigón sobre pavimentos existentes, que pueden ser abiertos al tráfico, en caso necesario, en unas pocas horas.
- Explanadas o recintos de recreo pertenecientes a **centros educativos, sanitarios, deportivos**, etc. Mediante colores y texturas se puede zonificar sin barreras arquitectónicas.
- **Parques, plazas, paseos urbanos o marítimos**, etc.
- **Zonas de aparcamiento** para vehículos, tanto en superficie como lineales en el lateral de las calles. Los pavimentos de hormigón presentan una gran resistencia a los carburantes, aceites y grasas.
- **Glorietas e intersecciones** en donde el hormigón soporta sin deformarse ni deteriorarse los movimientos de giro de los vehículos.
- **Recintos feriales y puntos limpios**.
- **Carriles bici y anillos verdes**.

decisiones de proyecto

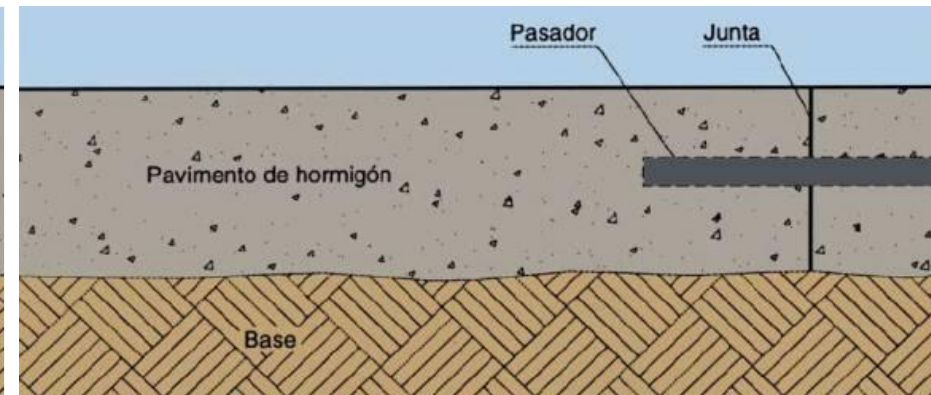
PAVIMENTOS DE ADOQUINES DE HORMIGÓN



DISEÑO DEL PAVIMENTO

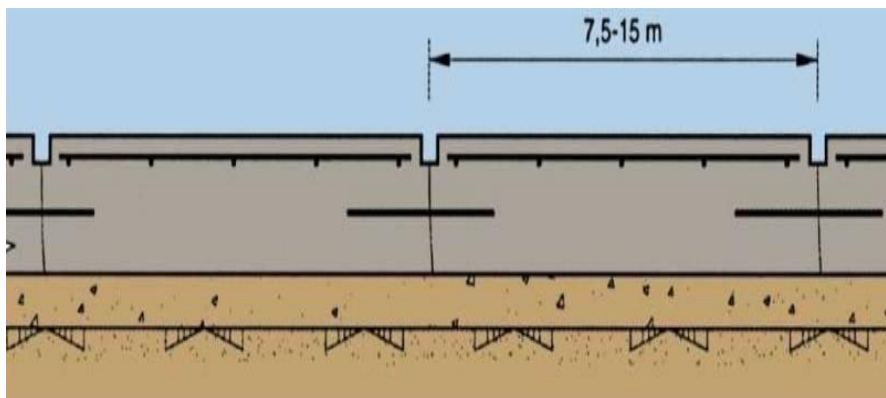


Hormigón en masa con juntas

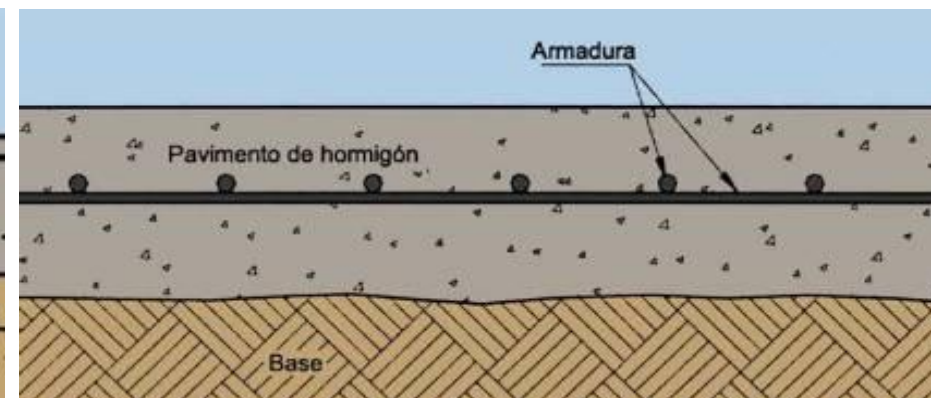


Hormigón en masa con juntas y pasadores

Hormigón armado con juntas



Hormigón armado continuo sin juntas



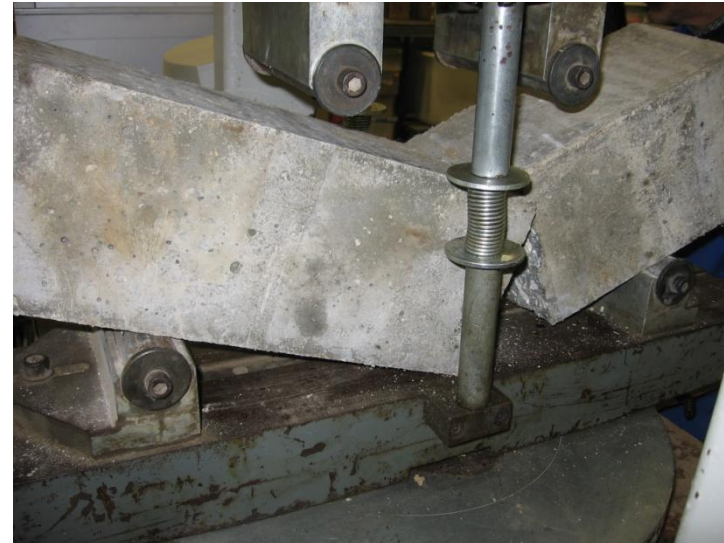
Diapositiva 6

MVeraIECA3 Comentar pavimentos de elementos prefabricados, adoquines

Manuel Vera; 05/05/2012

TIPO DE HORMIGÓN

- HF-3,5 (3,5 Mpa a flexotracción a 28 días)
- HF-4,0 (4,0 Mpa a flexotracción a 28 días).
- HF-4,5 (4,5 Mpa a flexotracción a 28 días).
- Hormigón con fibras, poroso y drenante, autocompactante, prefabricados, etc.



dimensionamiento

DIMENSIONAMIENTO



Red de carreteras del estado y autonómica.



Reparaciones y recrecidos (la guía de AASHTO cubre todo tipo de dimensionamiento)

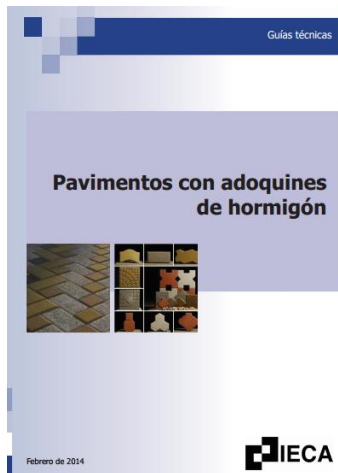


Calles y carreteras de baja intensidad de tráfico o peatonales.

DIMENSIONAMIENTO



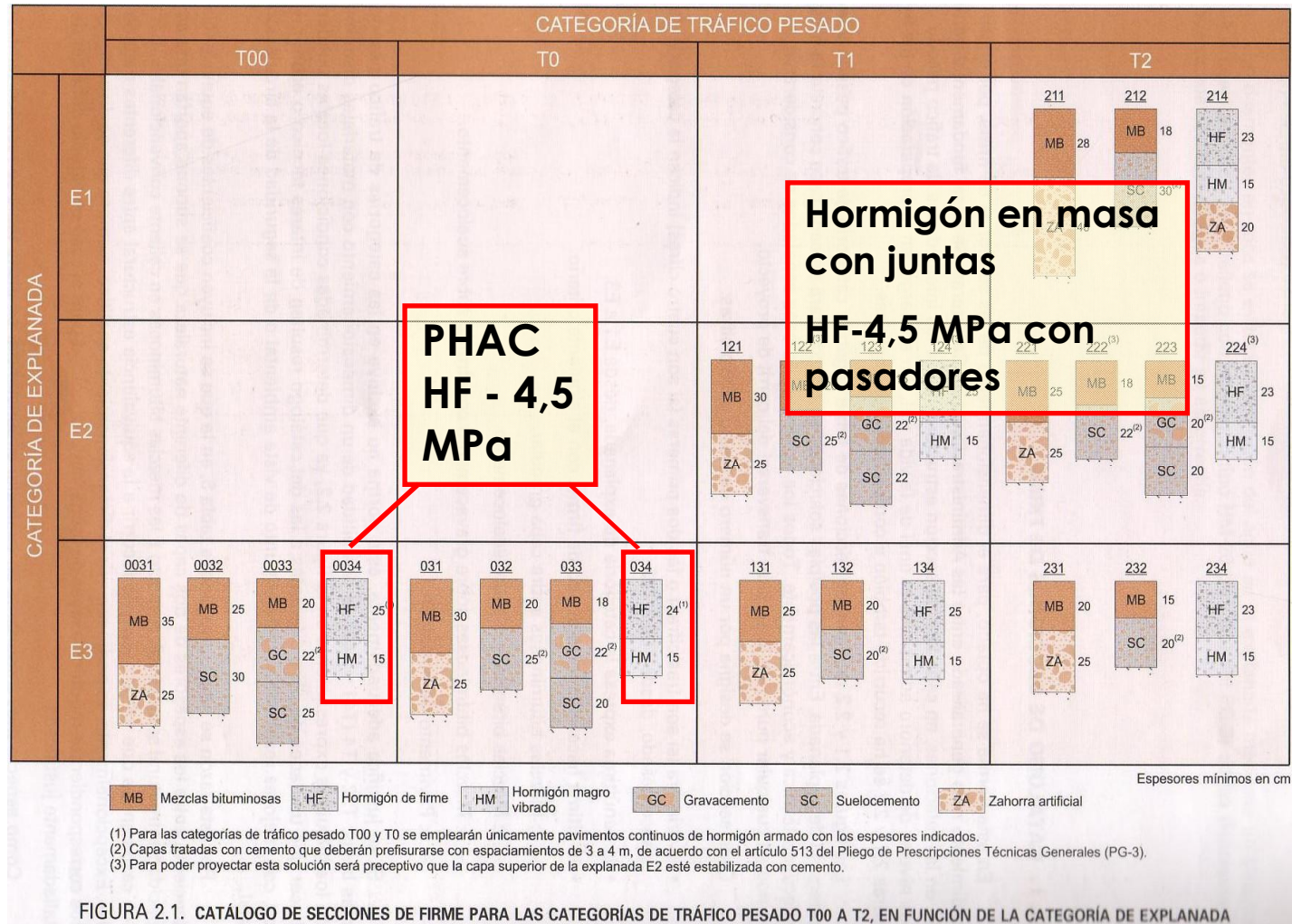
Pavimentos de hormigón para carriles bici



Pavimentos de adoquines de hormigón



NORMA 6.1-IC





NORMA 6.1-IC

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

Hormigón en masa con juntas
HF-4,0 MPa sin pasadores

Hormigón en masa con juntas
HF-4,0 MPa sin pasadores

Espesores mínimos en cm

MB Mezclas bituminosas
 HF Hormigón de firme
 SC Suelocemento
 ZA Zahorra artificial

(1) Estas capas bituminosas podrán ser proyectadas con mezclas bituminosas en caliente muy flexibles, gravaemulsión sellada con un tratamiento superficial o mezcla bituminosa abierta en frío sellada con un tratamiento superficial.

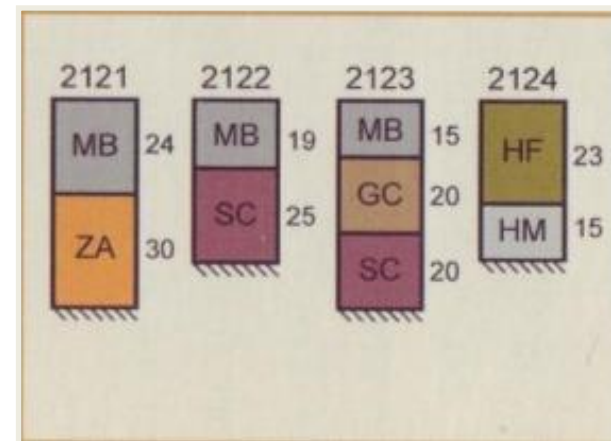
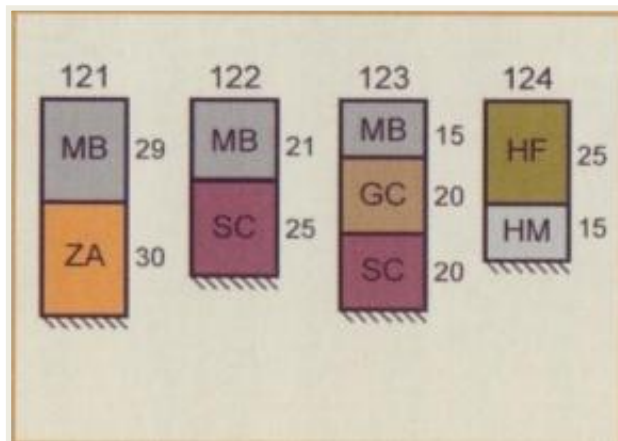
Nota 1: Para las categorías de tráfico pesado T3 (T31 y T32) las capas tratadas con cemento deberán prefisurarse con espaciamientos de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Nota 2: En la categoría de tráfico pesado T42 con tráficos de intensidad reducida (menor que 100 vehículos/carril/día) podrá disponerse un riego con gravilla bicapa como sustitución de los 5 cm de mezcla bituminosa.

PAVIMENTOS PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO: CARRILES BUS Y PLATAFORMAS RESERVADAS

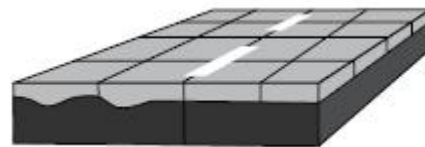
Pavimentos urbanos, pero ¡no de bajo tráfico en muchos casos!

En avenidas principales o perimetrales de muchas ciudades se obtienen tráficos T2 ($800 < \text{IMDp} < 2000$) o, incluso, T1 ($2000 < \text{IMDp} < 8000$)

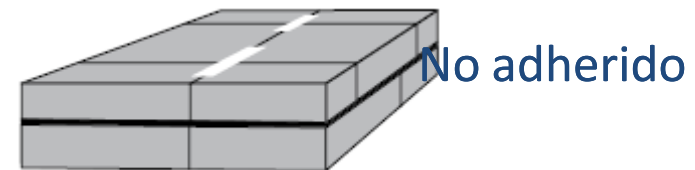
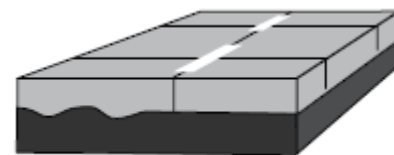
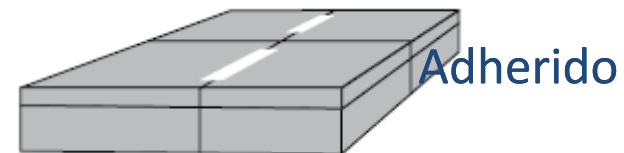


REFUERZO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Sobre aglomerado



Sobre hormigón

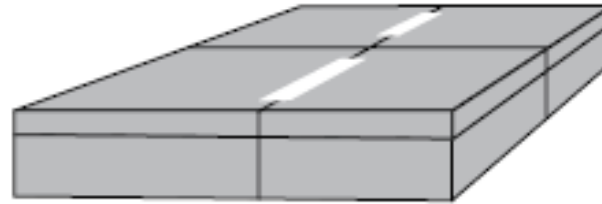


AASHTO
guide

REFUERZOS ADHERIDOS DE HORMIGÓN



AASHTO
guide



$$D_{ol} = D_f - D_{eff}$$

D_{ol} = espesor de refuerzo adherido

D_f = espesor de la losa para soportar el tráfico futuro

D_{eff} = espesor efectivo de losa existente

$$D_{eff} = F_{jc} * F_{dur} * F_{fat} * D$$

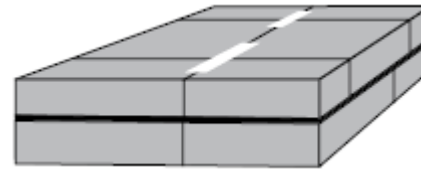
D = espesor de losa existente

F_{jc} = factor de ajuste por juntas y grietas

F_{dur} = factor de ajuste por problemas de durabilidad

F_{fat} = factor de ajuste por fatiga

REFUERZOS NO ADHERIDOS DE HORMIGÓN



$$D_{ol} = \sqrt{D_f^2 - D_{eff}^2}$$

D_{ol} = espesor de refuerzo no adherido

D_f = espesor de la losa para soportar el tráfico futuro

D_{eff} = espesor efectivo de losa existente

$$D_{eff} = F_{jcu} * D$$

D = espesor de losa existente

F_{jcu} = factor de ajuste por juntas y grietas



AASHTO
guide

MVeraIECA5



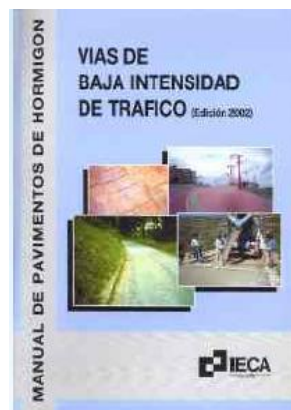
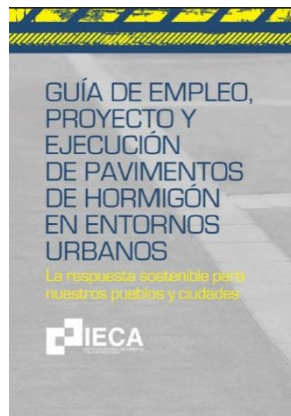
Diapositiva 17

MVeraIECA5 Deben coincidir las juntas cuando es adherido. Debe cortarse, además, superando la profundidad del pavimento adherido, en 0,5 in. (AASHTO).

Manuel Vera; 05/05/2012



DIMENSIONAMIENTO



Diapositiva 19

MVeraIECA4 Módulo de compresibilidad desde 20 (tb 60 y 120)



Tráficos < 50 IMDp -> 0->5->15->25->50

Manuel Vera; 05/05/2012



MANUAL IECA

Categoría de explanada	Nivel de tráfico					Periodo de proyecto	
		C4	C3	C2	C1	20 Años	
			C4	C3	C2	C1	30 Años
S0			HPR-4,0 16	HPR-4,0 18 HPR-3,5 15	HPR-4,0 20 HPR-3,5 15	HPR-4,0 22 HPR-3,5 15	
	HPR-4,0 14			HPR-3,5 20 HPR-3,5 15	HPR-3,5 22 HPR-3,5 15	HPR-3,5 24 HPR-3,5 15	
S1			HPR-3,5 18	HPR-4,0 18 HPR-3,5 20	HPR-4,0 18 HPR-3,5 15	HPR-4,0 20 HPR-3,5 15	
	HPR-3,5 16			HPR-3,5 20	HPR-3,5 20 HPR-3,5 15	HPR-3,5 22 HPR-3,5 15	
S2			HPR-4,0 14 HPR-3,5 16	HPR-4,0 16 HPR-3,5 18	HPR-4,0 18 HPR-3,5 20	HPR-4,0 20 HPR-3,5 22	

 PAVIMENTO DE HORMIGÓN
 SUBBASE GRANULAR

Espesores mínimos, en cm

HPR - 4,0 = HORMIGÓN DE RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A FLEXOTRACCIÓN = 4,0 N/mm²
 HPR - 3,5 = HORMIGÓN DE RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A FLEXOTRACCIÓN = 3,5 N/mm²

SECCIONES CARRILES BICI



Pavimento: Secciones en Manual de IECA (2011)

CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA EXPLANADA	DETERMINACIÓN VISUAL DE LA CALIDAD DE LA EXPLANADA	CAPA DE APOYO DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN	SECCIONES (ESPESORES MÍNIMOS EN cm)	
Mala (CBR <5)	Suelo con exceso de finos. Rellenos sin compactar previamente. Residuos de construcción.	30 cm de zahorra compactada o, 20 cm de suelo estabilizado con cemento.	<p>MONOCAPA</p> <p>16 cm</p> <p>14 cm</p>	<p>BICAPA</p> <p>6 cm / 10 cm</p> <p>6 cm / 8 cm</p> <p>HF-3,5 HM-25</p> <p>HF-4,0 HM-30</p>
Media (5 < CBR < 10)	Suelo granular. Suelo compacto que, húmedo, permite el tránsito aunque con huella y deformación.	Directamente sobre la explanada	<p>MONOCAPA</p> <p>16 cm</p> <p>14 cm</p>	<p>BICAPA</p> <p>6 cm / 10 cm</p> <p>6 cm / 8 cm</p> <p>HF-3,5 HM-25</p> <p>HF-4,0 HM-30</p>
Buena (CBR > 10)	Pavimento existente. Suelo compacto que, húmedo, permite el tránsito sin huella	Directamente sobre la explanada	<p>MONOCAPA</p> <p>14 cm</p> <p>12 cm</p>	<p>BICAPA</p> <p>6 cm / 8 cm</p> <p>6 cm / 6 cm</p> <p>HF-3,5 HM-25</p> <p>HF-4,0 HM-30</p>

Pavimentos de adoquines de hormigón

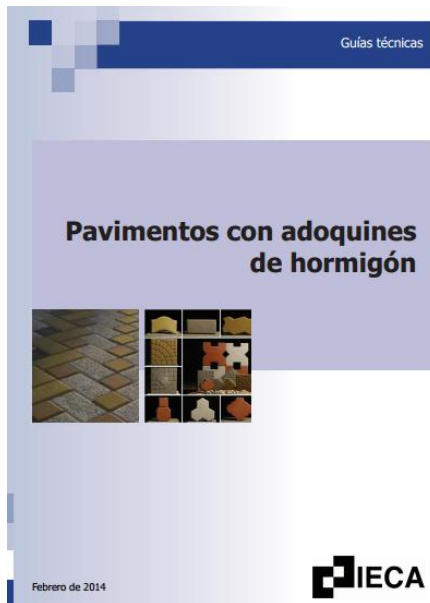
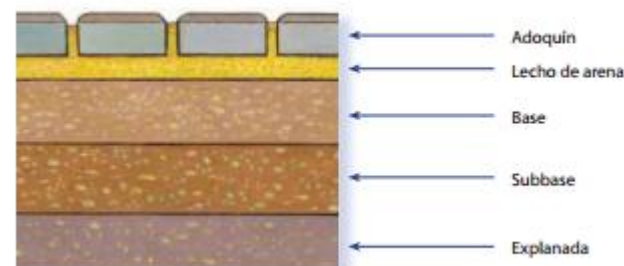


Figura 8. Secciones de firme con adoquines de hormigón

Nivel de tráfico	Calidad de la explanada		
	S0	S1	S2
C0	Adoquín de 10 cm Lecho de arena 5 cm HM 15 cm SG 25 cm Explanada	Adoquín de 10 cm Lecho de arena 5 cm HM 15 cm / ZA 20 cm SG 15 cm / SG 20 cm Explanada	Adoquín de 10 cm Lecho de arena 5 cm HM 15 cm / ZA 20 cm Explanada
C1	Adoquín de 8 cm Lecho de arena 5 cm HM 15 cm / ZA 20 cm SG 20 cm / SG 25 cm Explanada	Adoquín de 8 cm Lecho de arena 5 cm HM 15 cm / ZA 20 cm SG 20 cm / SG 25 cm Explanada	Adoquín de 8 cm Lecho de arena 5 cm HM 15 cm / ZA 20 cm Explanada
C2	Adoquín de 8 cm Lecho de arena 5 cm SG 25 cm Explanada	Adoquín de 8 cm Lecho de arena 5 cm SG 20 cm Explanada	Adoquín de 8 cm Lecho de arena 5 cm SG 15 cm Explanada
C3	Adoquín de 6 cm Lecho de arena 5 cm SG 20 cm Explanada	Adoquín de 6 cm Lecho de arena 5 cm SG 15 cm Explanada	Adoquín de 6 cm Lecho de arena 5 cm SG 15 cm Explanada
C4	Adoquín de 6 cm Lecho de arena 5 cm SG 15 cm Explanada	Adoquín de 6 cm Lecho de arena 5 cm SG 15 cm Explanada	Adoquín de 6 cm Lecho de arena 5 cm SG 15 cm Explanada

HM = Hormigón Magro / ZA = Zahorra artificial / SG = Subbase granular

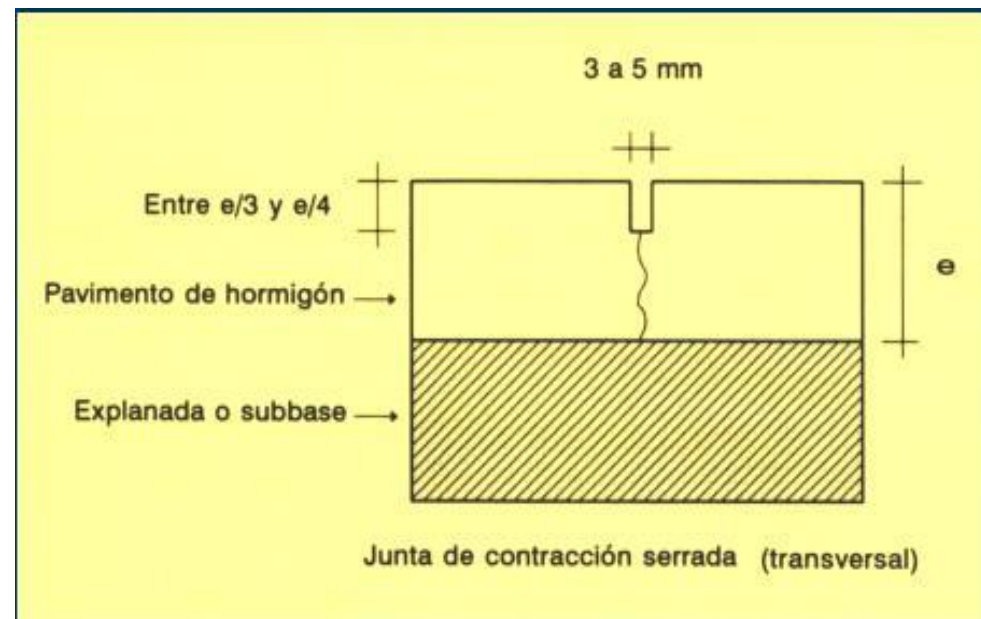
Figura 6. Sección típica de un pavimento de adoquines



juntas

El hormigón tiene retracción

Las juntas permiten y controlan los pequeños desplazamientos debidos a la retracción



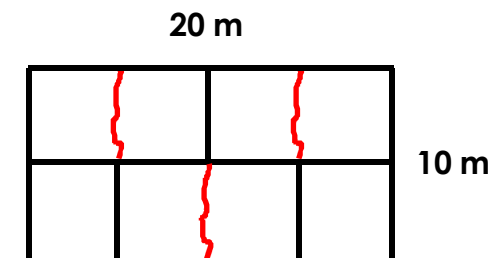
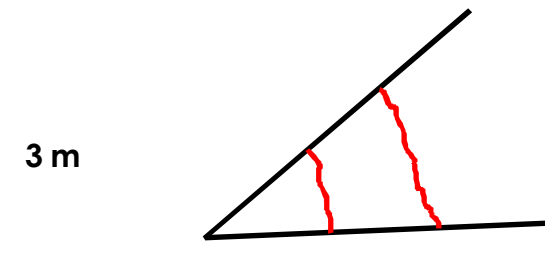
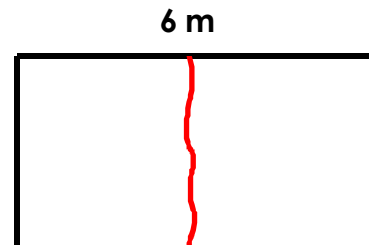
Diseño de juntas

Juntas:

- Separación adecuada
- Disposición adecuada

Juntas de contracción:

- Separación: 20 – 25 veces espesor losa (Froz)
- Largo/ancho < 2
- Evitar ángulos < 60°
- Juntas de bandas contiguas en prolongación
- Disponer en registros y sumideros

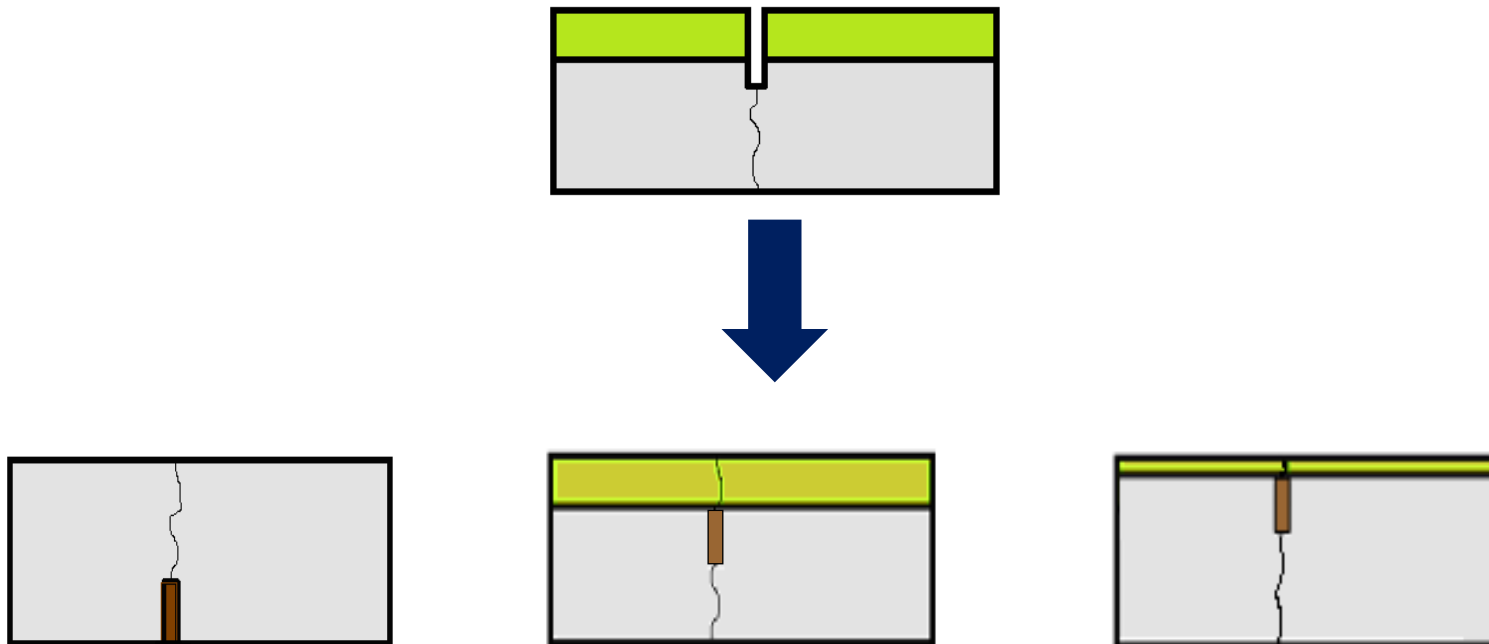


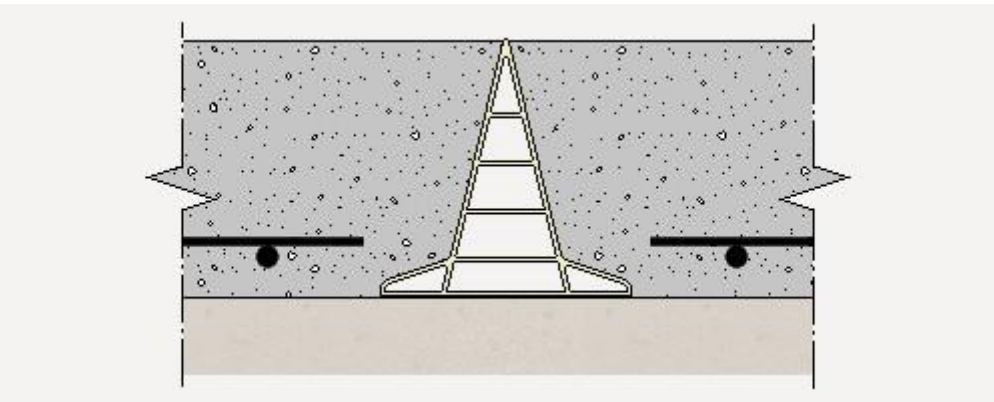
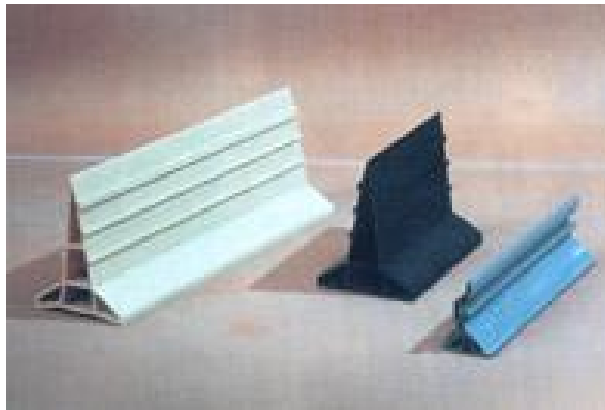
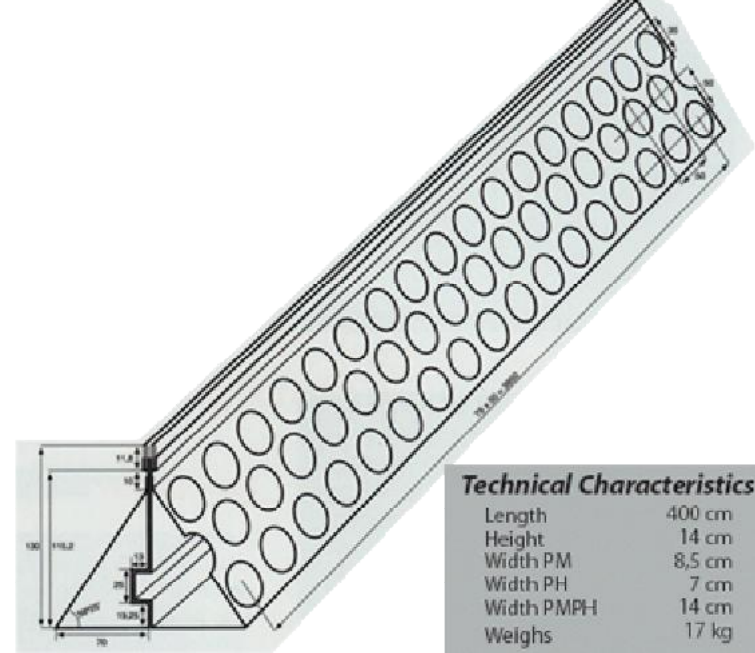
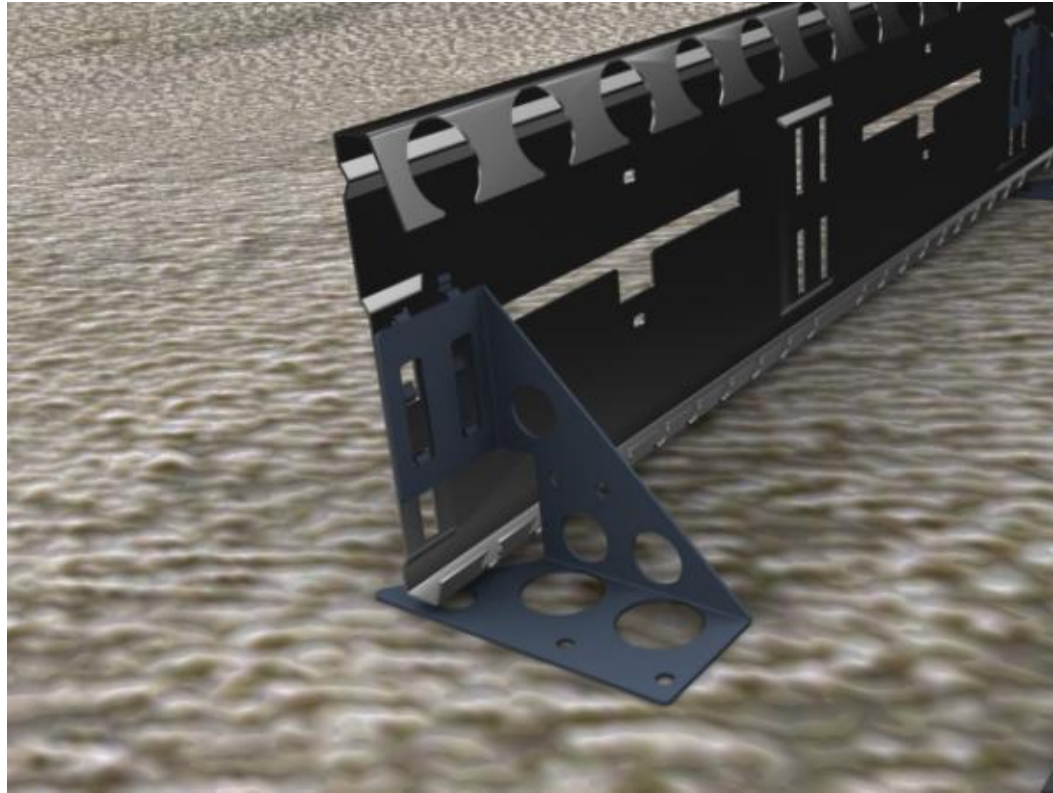
**DIMENSIONES RECOMENDABLES
Y MÁXIMAS DE LAS LOSAS
DE UN PAVIMENTO**

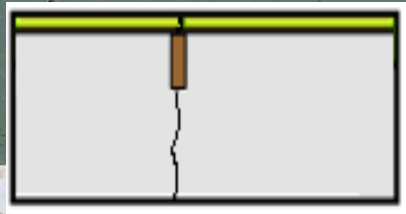
Espesor	Distancia recomendable	Distancia máxima
14 cm	3,50 m	4,00 m
16 cm	3,75 m	4,50 m
18 cm	4,00 m	5,00 m
20 cm	4,25 m	5,50 m
22 cm	4,50 m	6,00 m
24 cm	4,75 m	6,00 m



Solución: inducción desde el interior o desde abajo.







14/03/2011

EJECUCIÓN

EJECUCIÓN MECANIZADA

La **ejecución** debe ser cuidadosa y, preferiblemente, **mecanizada** para evitar la **oscilación longitudinal**.

En caso de ejecución manual, es fundamental garantizar la regularidad longitudinal mediante el **apoyo de la regla** de terminación en encofrados, guías o pletinas.

La **homogeneidad del propio hormigón** y la continuidad en su vertido es también fundamental en este sentido





**Regla vibrante extendida que permite el apoyo continuo.
Chiclana de Segura (Jaén)**

Aspectos genéricos para todos los usos:

Aprovechamiento de los recursos: pavimentos **bicapa**

- Se economiza pigmento colorante
- Se economizan áridos seleccionados para rodadura
- Permite utilizar áridos reciclados en la base



TRATAMIENTOS SUPERFICIALES



Requisitos para pista, carril o acera bici:

- Coloreado, que lo distinga e **identifique** para ser más seguro
- **Continuo**, sin juntas abiertas, que permita todas las rodaduras
- **Texturizado** en función de la rodadura y adherencia que se busque
- Capacidad de soportar **cargas de tráfico**

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

- **Pavimento:** Texturas:
 - **Pulido:** liso, de poca rugosidad y resbaladizo en presencia de humedad, similar a algunas terminaciones acrílicas. Bueno para bicicleta y excelente para patinaje.
 - **Semipulido:** más rugoso (equivalente a resbaladidad clase 3 según el Código Técnico de la Edificación CTE, convenientemente ensayado y controlado) pero sin una rugosidad excesiva para el patinaje. Excelente para bicicleta y bueno para patinaje.
 - **Cepillado transversal:** muy rugoso. Rápida evacuación del agua de lluvia, incrementando la seguridad. Bueno para bicicleta y malo para patinaje.
 - **Textura de paso de arpillera:** fácil de realizar, obtenida mediante el paso de una arpillera húmeda (textura de saco) que en caso de ejecución mecanizada puede ser arrastrada por la extendidora. Bueno para bicicleta y regular para patinaje.
 - **Cepillado longitudinal:** desaconsejable por inducir al guiado de las ruedas.
 - **Árido visto:** al quedar visto y sin mortero el árido de la capa superior, la rugosidad es muy buena y la apariencia similar a la del árido natural de la zona. Solución de gran estética e integración para zonas rurales. Excelente para bicicleta y mala para patinaje.
 - **Terminación con capa de rodadura tipo acrílico, epoxi o slurry:** de mayor coste y menor durabilidad, pero que puede tener una resbaladidad adecuada. Buena para bicicleta y excelente para patinaje.



Pulido y coloreado mediante tratamiento superficial

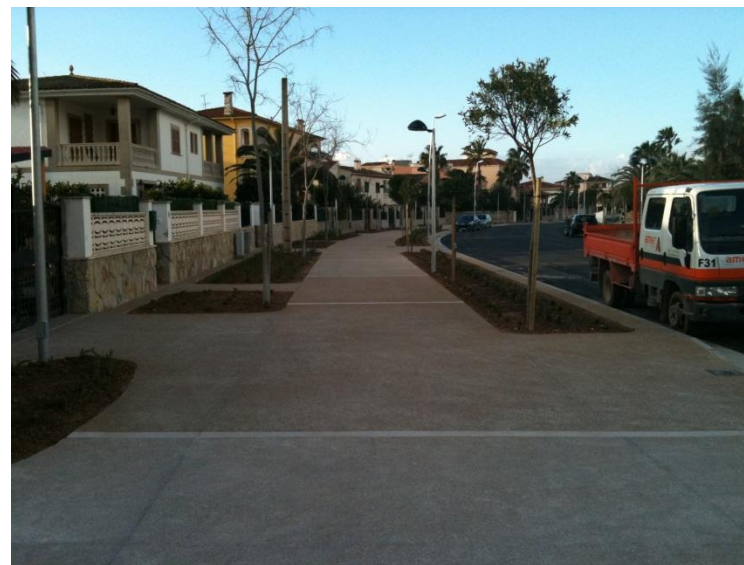


Cepillado transversal y coloreado mediante tratamiento superficial



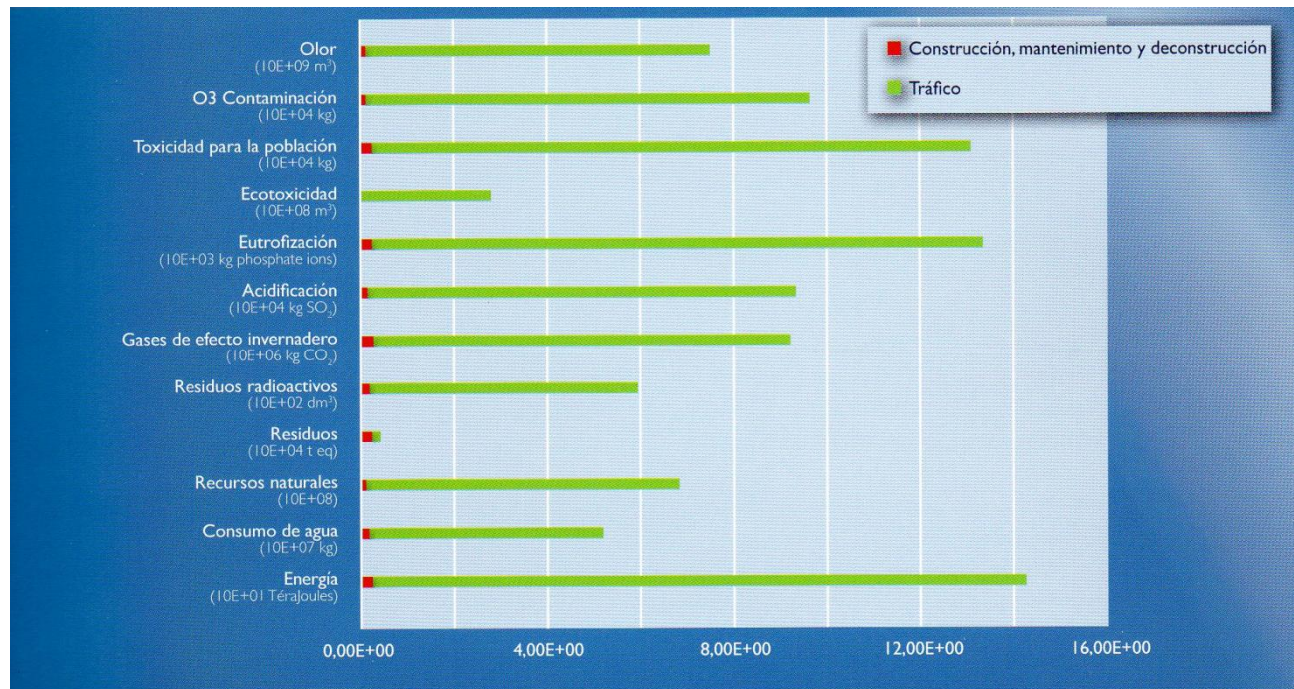


Plataforma reservada para tranvía. Gante (Bélgica).



VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES DE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Impacto de un pavimento de hormigón en masa con juntas durante el ciclo de vida incluido el tráfico



➤ Fuente: Centro de la Energía de la Escuela de Minas de París

VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES DE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

- MENOR CONSUMO DE COMBUSTIBLE (Menor deflexión y menor resistencia al avance) QUE LOS PAVIMENTOS BITUMINOSOS.
Estudios en Canadá y Gran Bretaña establecen un ahorro entre el 0,8 % y el 3,9 %
- REDUCCIÓN DE CO₂ MEDIANTE LA RECUPERACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES EN LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO UTILIZANDOLOS COMO COMBUSTIBLES.
- CAPTURA DEL CO₂ POR PARTE DEL HORMIGÓN MEDIANTE SU RECARBONATACIÓN DURANTE SU VIDA ÚTIL.
- AUSENCIA DE LIXIVIADOS.
- POSIBILIDAD DE RECICLADO DEL 100%



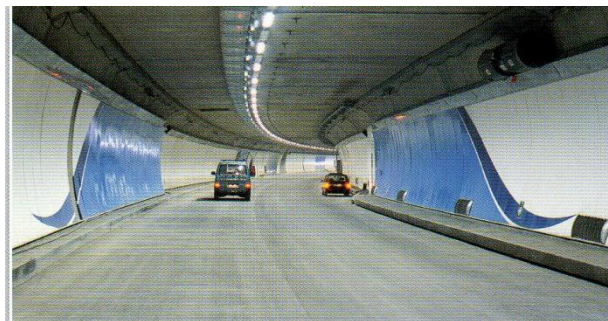
VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES DE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

- MEJOR REFLECTANCIA DE LA LUZ SOLAR QUE LOS PAVIMENTOS BITUMINOSOS.
- MENOR RADIACIÓN Y ABSORCIÓN DE CALOR POR SER SUPERFICIE CLARA. REDUCE LA GENERACIÓN DE ISLAS DE CALOR EN LAS CIUDADES.
- MAYOR LUZ REFLEJADA Y AHORRO DE COSTES DE ILUMINACIÓN.
- MENOR NECESIDAD DE POSTES Y FAROLAS DE MENOR LUMINOSIDAD.



VENTAJAS SOCIALES DE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

- MENORES DEMORAS COMO RESULTADO DE UN MENOR MANTENIMIENTO DE LAS CARRETERAS.
- BUENA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO.
- BUENA VISIBILIDAD NOCTURNA DE LOS CONDUCTORES.
- MAYOR SEGURIDAD FRENTE AL FUEGO EN LOS TÚNELES.



El Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) es una institución sin ánimo de lucro que ofrece ASISTENCIA TÉCNICA **GRATUÍTA** EN EL **ÁMBITO DEL CEMENTO, EL HORMIGÓN, Y SUS APLICACIONES.**

Consultas:

A la dirección web:

www.ieca.es

O al correo electrónico:

iecasur@ieca.es

