

# Pavimentos Continuos de Hormigón Armado (PCHA)

Características, últimos desarrollos y balance de la técnica

manuel\_vera\_serrano    jesús\_díaz\_minguela  
IECA Sur    IECA Noroeste



## resumen



### 1ª PARTE

#### Características de los Pavimentos Continuos de Hormigón Armado

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

### 2ª PARTE

#### Desarrollos y balance de la técnica de los Pavimentos Continuos de Hormigón Armado

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance de la técnica
4. Conclusiones

## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



### Tipología de pavimentos de hormigón:

- 1- pavimentos de hormigón en masa con juntas.
- 2- pavimentos de hormigón compactado.
- 3- pavimentos de hormigón armado con juntas.
- 4- pavimentos continuos de hormigón armado.
- 5- pavimentos de hormigón armado con fibras.
- 6- pavimentos de hormigón pretensado.

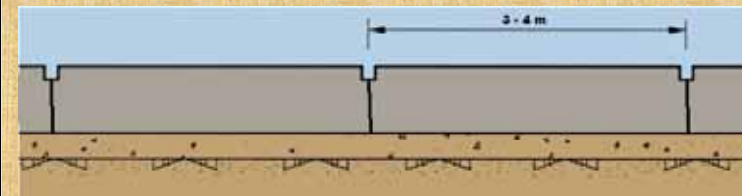
## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



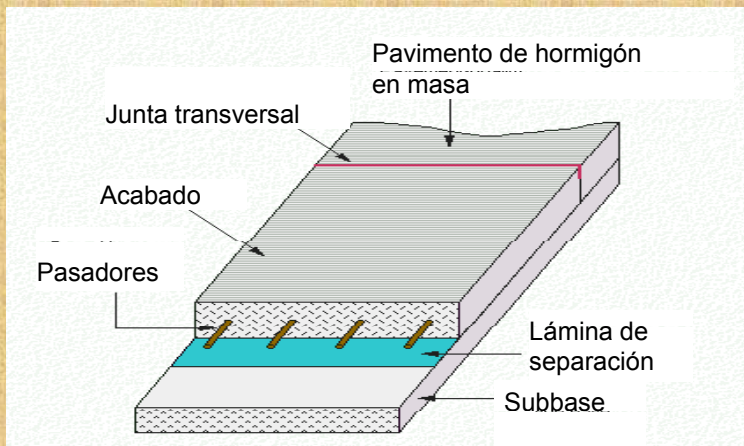
## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



### Tipología de pavimentos de hormigón:

- 1- pavimentos de hormigón en masa con juntas.
- 2- pavimentos de hormigón compactado.
- 3- pavimentos de hormigón armado con juntas.
- 4- pavimentos continuos de hormigón armado.
- 5- pavimentos de hormigón armado con fibras.
- 6- pavimentos de hormigón pretensado.



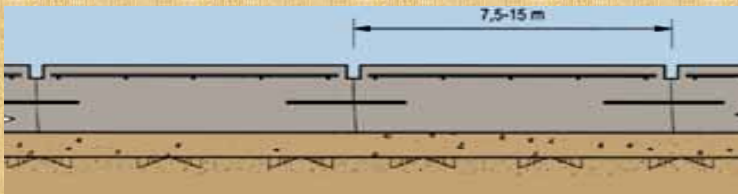
## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



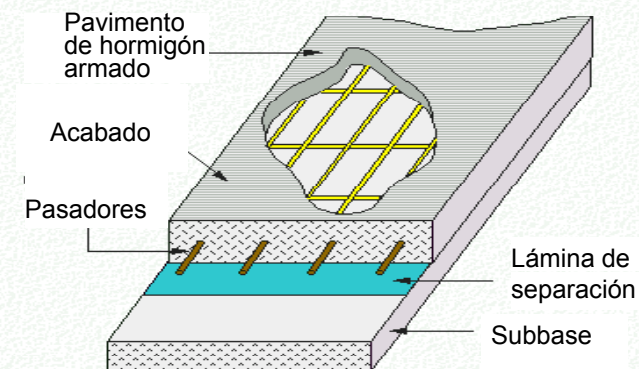
## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

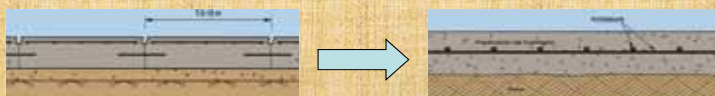
1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



### Tipología de pavimentos de hormigón:

- 1- pavimentos de hormigón en masa con juntas.
- 2- pavimentos de hormigón compactado.
- 3- pavimentos de hormigón armado con juntas.
- 4- pavimentos continuos de hormigón armado.
- 5- pavimentos de hormigón armado con fibras.
- 6- pavimentos de hormigón pretensado.



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



En esencia son un pavimento de hormigón armado con juntas, pero con la armadura suficiente como para que la distancia sea infinita



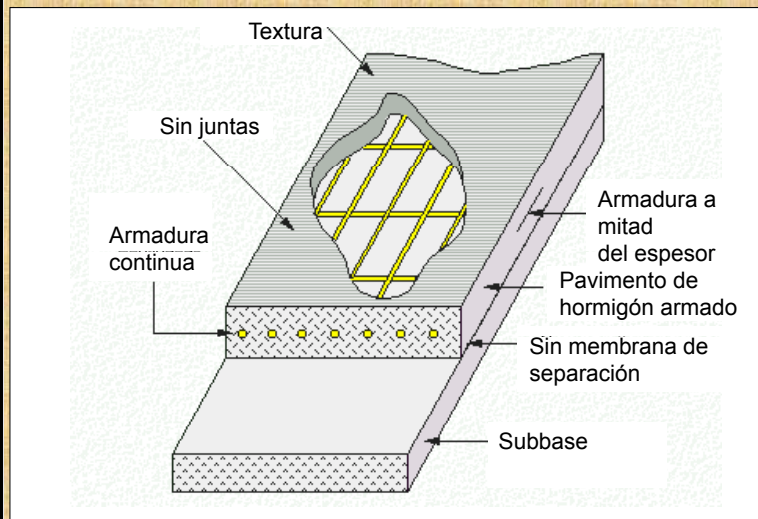
## Características

1. **Introducción**
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



## Características

1. **Introducción**
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



Autopista A10 Bruselas - Ostende

## Características

1. **Introducción**
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



Autovía A-7, tramo Albuñol - Adra (Almería)

## Características

1. **Introducción**
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



Variante de Marchena



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## introducción



Los Pavimentos Continuos de Hormigón Armado (PCHA) son pavimentos de hormigón en donde no existen juntas transversales, de forma que disponen de un armado ininterrumpido.

Esta tipología de pavimento se comenzó a utilizar en Estados Unidos en 1938.

Aunque con un uso reducido en España, se dispone de una técnica madura y fiable para su desarrollo.

## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características



### Componentes característicos de la técnica:

1 – Armado continuo.

2 – Hormigón de firme.

3 – Fisuración.

## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características



### Armado continuo



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características



### Armadura de un PCHA

Incremento considerable de la cuantía de la armadura longitudinal en los PCHA:



- Pavimento de hormigón armado con juntas:

**0,07 % - 0,10 %**

- Pavimento continuo de hormigón armado:

**0,60 % - 0,70 %**



## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características



### Armadura de un PCHA

Función de la armadura:

**Principal:** LIMITAR LA FISURACIÓN  
(RETRACCIÓN + Tª)

**Secundaria:** **ABSORBER TRACCIONES**  
(F. ESTRUCTURAL)

## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

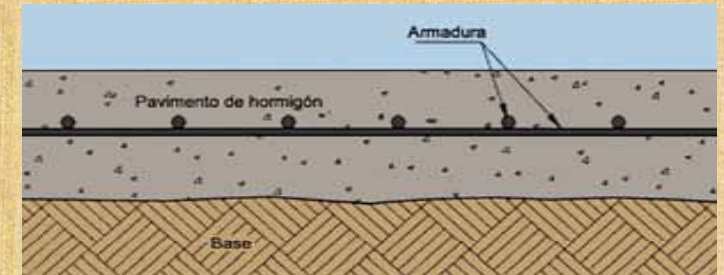
1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características



### Armadura de un PCHA

Colocación de la armadura:



A la mitad del espesor.

Originariamente en el 1/3 superior (armadura de piel)  
-> ¡↓ regularidad!, ¡↑ corrosión!

## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

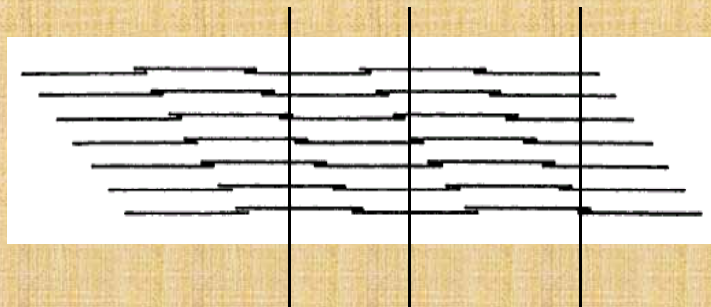
1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características



### Armadura de un PCHA

- Armadura principal: longitudinal (0,60 % - 0,70 %).
- Armadura secundaria: transversal (0,05 % - 0,10 %) (función: apoyo de las longitudinales) (prescindible).
- Solapes. PG3: < 20% del total.



## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

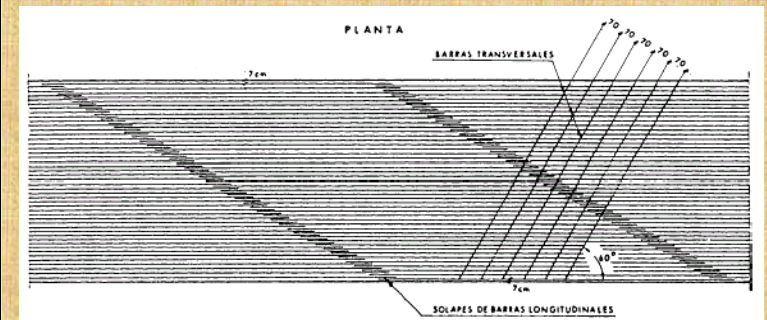
1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características



### Armadura de un PCHA

- Separación entre barras longitudinales  $\approx 15$  cm.
- Opcionalmente, oblicuidad de transversales ( $60^\circ$ ), para evitar fisuración preferente transversal.





## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características

### Hormigón de firme



Hormigón HF – 4,5. Variante de Marchena

## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características

### Hormigón de firme



- Las mismas prescripciones que para cualquier tipología de pavimento de hormigón:
- Hormigón magro vibrado (base)
- Hormigón de pavimento (intermedia y rodadura):
  - HF 3,5 (3,5 Mpa a flexotracción a 28 días)
  - HF 4,0 (4,0 Mpa en ensayo a flexotracción)
  - HF 4,5 (4,5 Mpa en ensayo a flexotracción)



## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características

### Hormigón de firme



- Características del HF (PG-3):
  - Cemento > 300 kg /m<sup>3</sup>.
  - Relación a/c < 0,46.



## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características

### Fisuración



## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características

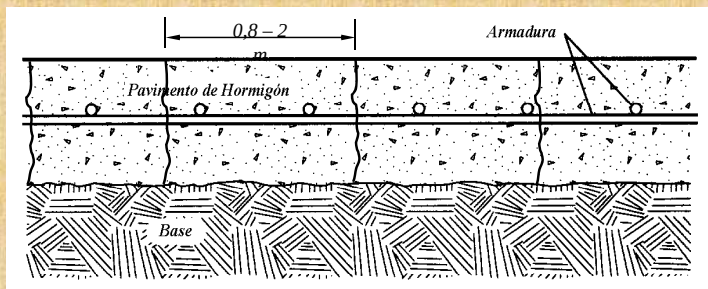


### Fisuración

Los PCHA no tienen juntas transversales



Fisuración transversal aleatoria



## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características



### Fisuración

- La distancia entre fisuras y la apertura de las mismas es inversamente proporcional a la cuantía de acero dispuesta.

- Distancia entre fisuras:

- Deseable: 1 - 3 m

- Óptimo: 1,5 - 2 m

- Apertura de las fisuras: < 0,5 mm

- Estabilización de las fisuras: 4 ó 5 años

- Para conseguir lo anterior, se han de seguir las indicaciones anteriormente comentadas: cuantía de acero, separación óptima de barras, porcentaje de solapes, etc.

## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

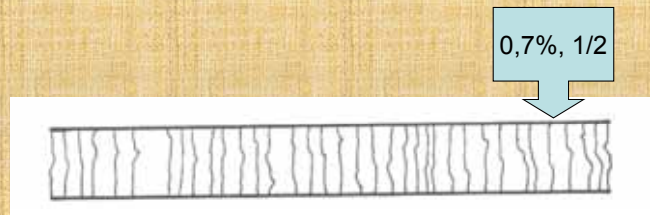
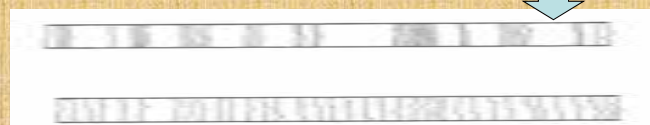
1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características



### Fisuración

Esquemas de fisuración:



## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

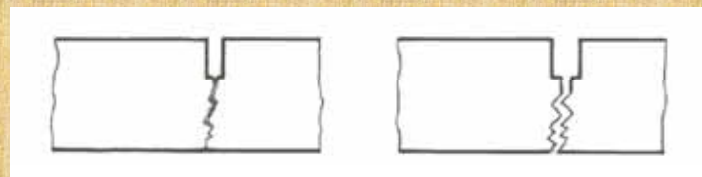
1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características



### Fisuración

Apertura de fisura y trabazón entre losas:





## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

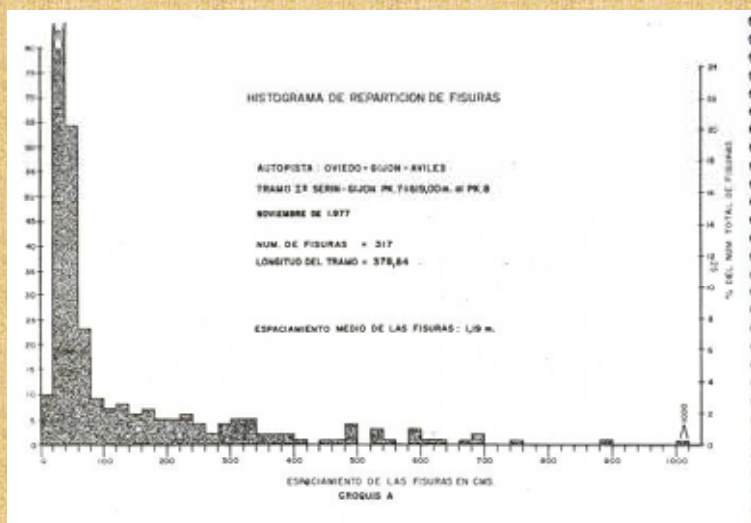
## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características

### Fisuración

Histogramas de fisuración Y asturiana:



## Características

1. Introducción
2. **Características**
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

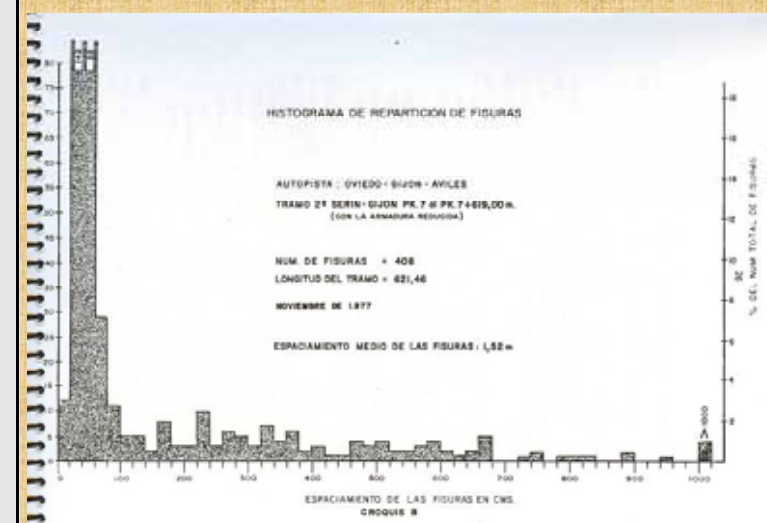
## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## características

### Fisuración

Histogramas de fisuración Y asturiana:



## Características

1. Introducción
2. Características
3. **Historia**
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## historia

### ORÍGENES Y DESARROLLO

#### EE.UU.:

1938.- Indiana. Primera experiencia.  
1938- 58.- Texas e Illinois. Investigación y puesta a punto de la técnica (130 Km de calzada de dos carriles).



## Características

1. Introducción
2. Características
3. **Historia**
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## historia

### ORÍGENES Y DESARROLLO

#### EUROPA:

- 1950.-** Bélgica, Suiza, Alemania, Gran Bretaña. Tramos de ensayo.
- 1963.-** España. Firme experimental en la N-II cerca de Madrid.
- 1970.-** Bélgica. Empleo a gran escala de los PCHA en autopistas.
- 1975.-** España. Autopista Oviedo-Gijón-Avilés. 43 Kms PCHA.
- 1980.-** Gran Bretaña. Empleo generalizado de los PCHA y las bases de hormigón armado continuo.
- 1983.-** Francia. Empleo generalizado de los PCHA (300 Kms).
- 1988.-** Italia. Pavimentos polifuncionales compuestos.
- 1988.-** Portugal. Varios tramos de autopista con PCHA.
- 1991.-** España. Carril adicional "Y" asturiana (5,65 Kms) y autopista Oviedo- Pola de Siero (26,8 Kms).



## Características

1. Introducción
2. Características
3. **Historia**
4. Aplicación
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## historia



### ACTUALIDAD

#### EE.UU.:

50.000 Km. de calzada equivalente de dos carriles (en 35 Estados)

#### EUROPA:

Empleo generalizado en Bélgica (3.000 Km).  
Empleo moderado en: Francia, G.B., Italia, Holanda, Portugal, Checoslovaquia

2002.- Gran Bretaña. Autopista M6-Toll. Birmingham. 70 Kms.

2003.- Bélgica. Autopista E40/A10 Bruselas-Ostende.

2002 /08.- España. Autovía del Mediterráneo. Albuñol – Adra.

#### OTROS PAÍSES:

Sudáfrica, India, Japón, Australia, Corea, Malasia.

## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. **Aplicación**
5. Normativa
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## aplicación

### APLICACIÓN DE LOS PCHA

1. **AUTOPISTAS Y CARRETERAS CON TRÁFICO PESADO.**  
- Firmes de nueva construcción  
- Refuerzos de firmes existentes (sobre hormigón, m.b.c. o adoquines)  
- Ensanches para carriles de vehículos pesados en autopistas

2. **CARRETERAS SECUNDARIAS.**

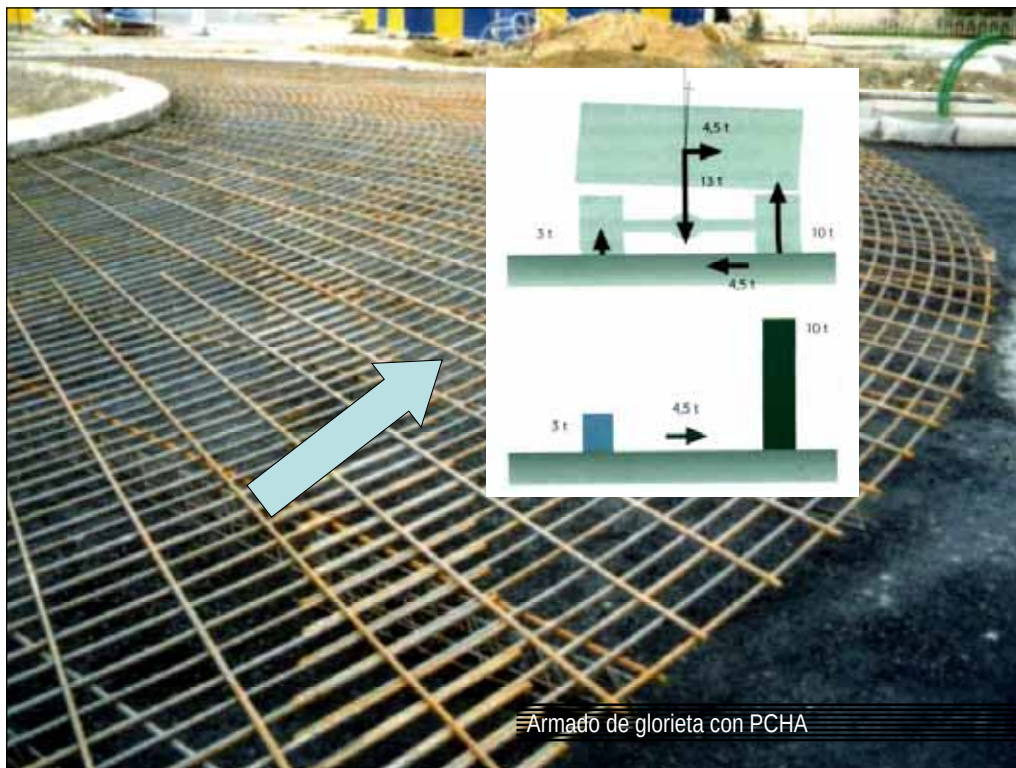
3. **GLORIETAS.**

3. **AEROPUERTOS.**

4. **TÚNELES.** ← R.D. 635 / 2006

5. **PLATAFORMAS INDUSTRIALES.**

6. **CARRETERAS DONDE SE PREVEAN ASIENTOS DIFERENCIALES (LOSAS VIRTUALES ENTRE GRIETAS).**



Armado de glorieta con PCHA



Armado de glorieta con PCHA





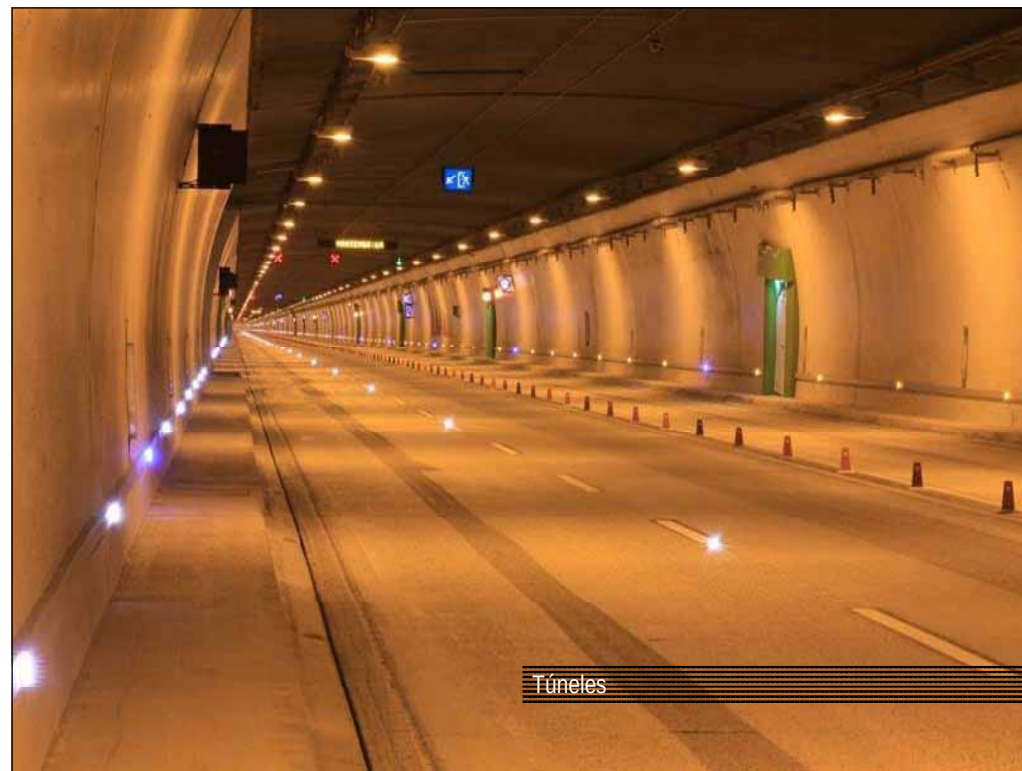
Refuerzo en autopista Bruselas - Ostende



Refuerzo en autopista Bruselas - Ostende



Refuerzo en autopista Bruselas - Ostende



Túneles





Túneles



Ensanches

### Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. **Normativa**
6. Proyecto

### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

### normativa

- Normativa estatal: Norma 6.1 - IC (2003).
- Normativa autonómica: Instrucción para el Diseño de Firmes de la Red de Carreteras de Andalucía (2007). Programa ICAFIR.



### Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. **Normativa**
6. Proyecto

### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

### normativa

#### Indicaciones normativas relativas a PCHA:

#### 1 – CUANTÍA GEOMÉTRICA:

- HF 4,5 → 0,70 %
- HF 4,0 → 0,60 %

No func. estructural

#### 2 – PAVIMENTOS DE PCHA:

- Obligatorio: Tráficos T00 y T0 (J.A. -> T00)

#### 3 – ESPESORES EN PCHA:

- Si obligatorio: el del catálogo.
- Si no: ↓ 4 cm de espesor respecto HVJ (T1).



## Características

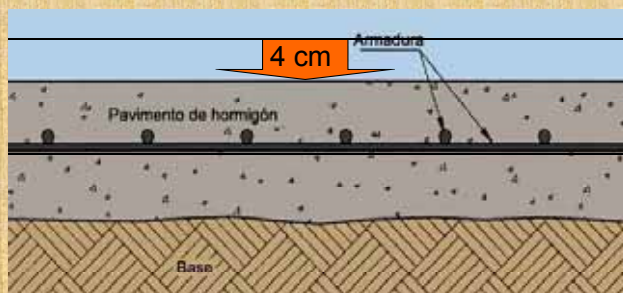
1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. **Normativa**
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## normativa

La tipología de PCHA, frente a otras soluciones de pavimentos de hormigón, supone una reducción en el espesor de la capa de hormigón.



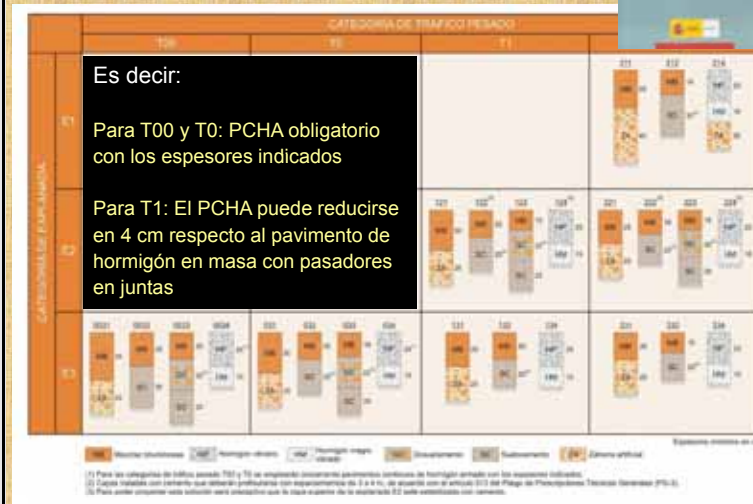
## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. **Normativa**
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## normativa



CATÁLOGO SECCIONES DE FIRME MINIST. FOMENTO (O.C. 10/2002)

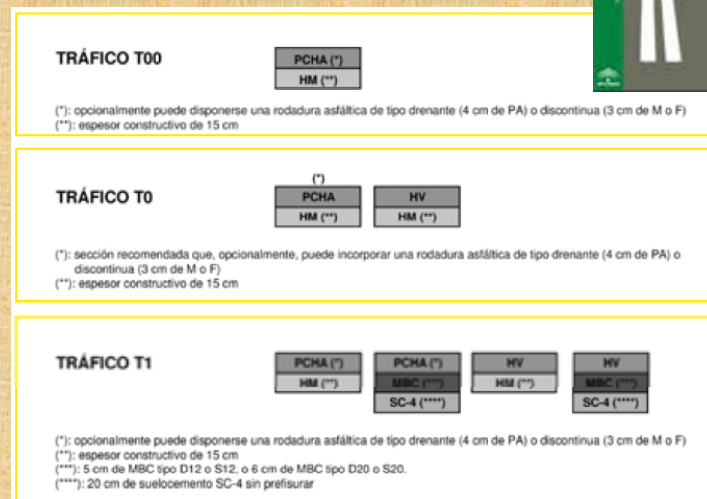
## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. **Normativa**
6. Proyecto

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## normativa



INSTRUCCIÓN PARA EL DISEÑO DE FIRMES DE LA RED DE CARRETERAS DE ANDALUCÍA

## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. **Proyecto**

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## proyecto

### 1.- Selección del firme:

- Importancia de la subbase.
- Determinación de espesores con la normativa, teniendo en cuenta reducciones de espesor y tipología del HF (HF - 4,5 -> HF - 4,0 + 2 cm).

### 2.- Armado y elementos auxiliares:

- Cuantificar armado longitudinal y transversal.
- Localizar puntos de rastrillos de anclaje y losa de transición (terminales, estructuras).

### 3.- Textura superficial



## Características

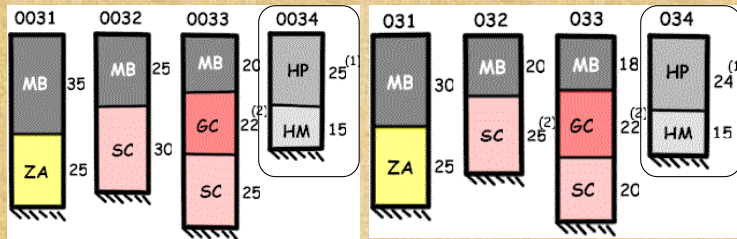
1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. **Proyecto**

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## proyecto

### 1.- Selección del firme:



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. **Proyecto**

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## proyecto

### 1.- Selección del firme:

#### TRÁFICO T00



(<sup>(\*)</sup>): opcionalmente puede disponerse una rodadura asfáltica de tipo drenante (4 cm de PA) o discontinua (3 cm de M o F)  
(<sup>(\*\*)</sup>): espesor constructivo de 15 cm

#### TRÁFICO T0



(<sup>(\*)</sup>): sección recomendada que, opcionalmente, puede incorporar una rodadura asfáltica de tipo drenante (4 cm de PA) o discontinua (3 cm de M o F)  
(<sup>(\*\*)</sup>): espesor constructivo de 15 cm

#### TRÁFICO T1



(<sup>(\*)</sup>): opcionalmente puede disponerse una rodadura asfáltica de tipo drenante (4 cm de PA) o discontinua (3 cm de M o F)  
(<sup>(\*\*)</sup>): espesor constructivo de 15 cm  
(<sup>(\*\*\*)</sup>): 5 cm de MBC tipo D12 o S12, o 6 cm de MBC tipo D20 o S20.  
(<sup>(\*\*\*\*)</sup>): 20 cm de suelocemento SC-4 sin prefisurar



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. **Proyecto**

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## proyecto

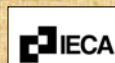
### 2.- Armado:

Principios teóricos para su determinación:

**Limitar la tensión de trabajo del acero** al 75% de su límite elástico y hacer que se produzca una nueva fisura en el hormigón antes de alcanzar dicho valor.

**Separación de fisuras:** ni muy alta (desportillados por altas aberturas) ni baja (punchout). 1 – 2,5 m.

**Abertura de fisuras:** debe limitarse para evitar desportillados y corrosión de armadura (< 0,5 mm).



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. **Proyecto**

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## proyecto

### 2.- Armado:

Teoría: Formulación de Vetter y Losberg:

- Cuantía geométrica ( $\rho$ ):

$$\rho \approx \frac{f_{ct}}{0,75 f_y} \cdot 100$$

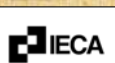
$f_{ct}$  = resistencia media a tracción directa del hormigón (puede suponerse un 50% de la resistencia media a flexotracción).  
 $f_y$  = límite elástico del acero.



Si  $f_y = 510$  MPa: →

| Hormigón | $f_{ct}$ (MPa) | Cuantía (%) |
|----------|----------------|-------------|
| HP-4,5   | 2,75           | 0,72        |
| HP-4,0   | 2,40           | 0,63        |

T0: 24 cm HF-4,5: 13,2 Kg/m<sup>2</sup> acero  
T1: 21 cm HF-4,0: 9,9 Kg/m<sup>2</sup> acero





## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. **Proyecto**

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## proyecto

### 2.- Armado:

#### Teoría: Formulación de Vetter y Losberg:

- Longitud de anclaje y fisuración:

- longitud de anclaje  $l_b$ :

$$l_b = \frac{100 f_{ct} \varnothing}{4 \tau_{bm} \rho} = \frac{0,75 f_y \varnothing}{4 \tau_{bm}}$$

- separación entre fisuras  $\Delta l$ :

$$\Delta l = \frac{10000 f_{ct}^2 \varnothing}{4 \tau_{bm} \rho^2 E_s \alpha \Delta T} = \frac{(0,75 f_y)^2 \varnothing}{4 \tau_{bm} E_s \alpha \Delta T}$$

- anchura de las fisuras:

$$w = \frac{10000 f_{ct}^2 \varnothing}{4 \tau_{bm} \rho^2 E_s} = \frac{(0,75 f_y)^2 \varnothing}{4 \tau_{bm} E_s} = \Delta l \alpha \Delta T$$

$\varnothing$  = diámetro de las armaduras.

$\tau_{bm}$  = tensión media de adherencia entre el hormigón y el acero.

$\alpha$  = coeficiente de dilatación del hormigón.

$\Delta T$  = diferencia de temperatura con relación a la temperatura del hormigón durante su puesta en obra.

Calculando con:

- HF-4,0 (fck: 30 MPa)

-  $\Phi = 16$  mm

-  $\alpha = 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}$

-  $\Delta T = 30^\circ\text{C}$

$l_b = 25$  cm,  $\Delta l = 1,55$  m,  $w = 0,5$  mm



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. **Proyecto**

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## proyecto

### 3.- Textura:



Eje Vic – Ripoll (Cataluña)



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. **Proyecto**

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## proyecto

### 3.- Textura:



Eje Vic – Ripoll (Cataluña)



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. **Proyecto**

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## proyecto

### 3.- Textura:



Navalmoral de la Mata (Cáceres)





## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. **Proyecto**

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## proyecto

### 3.- Textura:



Acceso a la Punta del Sebo (Huelva)



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. **Proyecto**

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## proyecto

### 3.- Textura:



Variante de Marchena (Sevilla)



## Características

1. Introducción
2. Características
3. Historia
4. Aplicación
5. Normativa
6. **Proyecto**

## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## proyecto

### 3.- Textura:



Autovía A-7, tramo Albuñol - Adra (Almería)



## ejecución

## Elementos diferenciadores de un PCHA:

- Regularidad y limpieza previas.

- Colocación de armaduras.



- Extendido del hormigón.

- Rastrillos de anclaje.

- Juntas de final de día.

Detalles constructivos

## Ejecución y desarrollos

1. **Ejecución**
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones







## ejecución

### Regularidad y limpieza previas de la base:



#### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones



## ejecución

### Colocación de armaduras:

- Manual:



- Mecanizada:



Posibilidad suprimir armadura transversal

#### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones



## ejecución

### Colocación de armaduras:

- Previa al hormigonado:



- Simultánea:



#### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones



## ejecución

### Extendido del hormigón: Pavimentadoras.

- Ancho de trabajo.

- Carga frontal o lateral.

- Equipos: - Preextendido

- Extendedora.

- Carro de curado - textura.

#### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

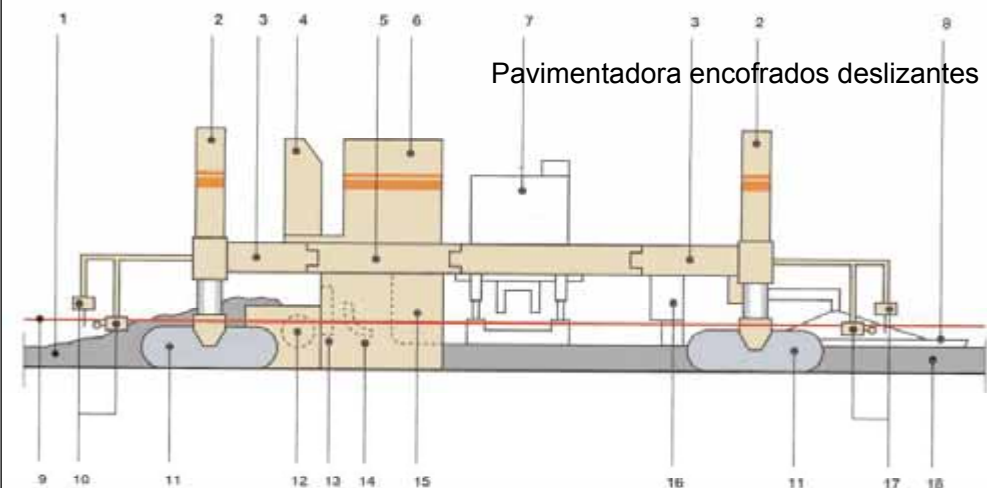






## EQUIPOS

Autopista Y de Asturias



- |                                     |                                                       |                                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1 Hormigón suministrado             | 8 Regla alisadora longitudinal                        | 14 Vibradores                                       |
| 2 Modificación de la altura         | 9 Alambre conductor                                   | 15 Encofrado de hormigón (dispositivo de moldeado)  |
| 3 Viga pivotante                    | 10 Palpador para la nivelación y dirección delanteras | 16 Regla alisadora transversal                      |
| 4 Tablero de mando (girable)        | 11 Tren de orugas                                     | 17 Palpador para la nivelación y dirección traseras |
| 5 Bastidor básico                   | 12 Sin fin de distribución                            | 18 Capa superior de hormigón                        |
| 6 Unidad de accionamiento           | 13 Rascador de pared delantera                        |                                                     |
| 7 Equipo para colocar pasadores DBI |                                                       |                                                     |



Equipo de fratasado e inserción de junta longitudinal.  
Autopista M6 – Toll (Birmingham).



Reglas de alisado y arpillera para microtextura.  
Autovía del Mediterráneo. Tramo Albuñol – Adra.





Carro de curado - estriado.  
Autovía del Mediterráneo. Tramo Albuñol – Adra.

**Ejecución: Planta de hormigón.**



• **PLANTAS de ALTO RENDIMIENTO** (discontinuas)

• **DOSIFICACION en PESO**

• **NATURALEZA ARENA:** arena natural facilita puesta en obra, arena silíceá asegura durabilidad textura

• **CONTROL HUMEDAD ARENA**

• **HOMOGENEIDAD del HORMIGÓN:** amasado 1-2 min



#### Ejecución y desarrollos

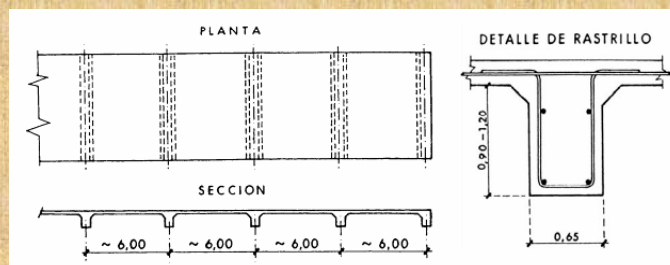
1. **Ejecución**
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

#### ejecución: detalles constructivos



##### Rastrillos de anclaje:

- Función: Absorber los movimientos horizontales del terreno e impedirlos.
- Desplazamientos: Debidos a variación térmica. Limitados por el rozamiento con la base.
- Sistemas: **juntas de dilatación** (mantenimiento) o **rastrillos de anclaje** (incrementar coeficiente de rozamiento). En obras de refuerzo sobre pavimentos de hormigón: **conectores**



#### Ejecución y desarrollos

1. **Ejecución**
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

#### ejecución



Orden de ejecución de los rastrillos de anclaje:

1º. Corte de las capas inferiores y limpieza o previsión previa al extenderlas.

2º. Disposición de las armaduras pasantes hasta el PCHA.

3º. Hormigonado previo hasta cota inferior del pavimento (superior del hormigón magro de base).

4º. Disposición de las armaduras duplicadas del PCHA sobre los rastrillos hormigonados parcialmente.

5º. Hormigonado del PCHA con continuidad sobre ellos.

#### Ejecución y desarrollos

1. **Ejecución**
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones





Corte de las capas inferiores y limpieza.  
Autovía del Mediterráneo. Tramo Albuñol – Adra.



Disposición de armaduras pasantes hasta el PCHA.  
Autovía del Mediterráneo. Tramo Albuñol – Adra.

### 3 – Montaje de armaduras.



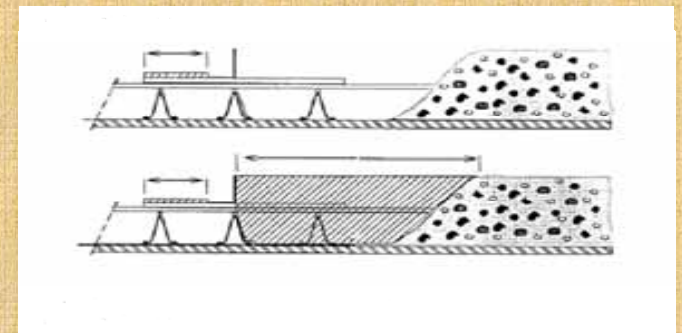
Terminación en viaducto. Armadura pasante de rastrillos.  
Autovía del Mediterráneo. Tramo Albuñol - Adra.

## ejecución



Juntas de final de día: Punto débil en el PCHA.

- Operaciones manuales.
- Armaduras suplementarias en 1,5 – 2 m. Pueden colocarse también en el 1/3 inferior.
- Opción: Utilización de retardador de fraguado y vibrado al día siguiente.



## Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones



## ejecución

Juntas de final de día:



### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## Últimos desarrollos

Guías para el posicionamiento de los flejes (armaduras planas)



### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones



**Sistema Flexarm**

## Últimos desarrollos

**DISTINTO NIVEL SONORO DE TEXTURAS**



**TRANSVERSAL  
RUIDOSA**

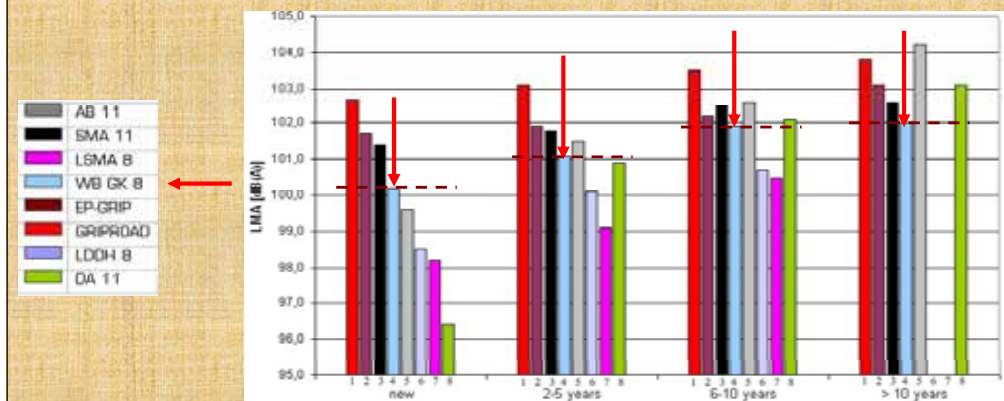
**ARIDO VISTO  
SILENCIOSA**

### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## EVOLUCIÓN DE NIVELES SONOROS EN PAVIMENTOS (Austria)

Ruido de rodadura,  $v = 100 \text{ km/h}$





## ACABADO SUPERFICIAL



## TEXTURA DE ÁRIDO VISTO



## CONSTRUCCIÓN EN DOS CAPAS



## Últimos desarrollos



## TEXTURA DE ÁRIDO VISTO



### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones



## Balance: aspectos negativos

### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones



Oviedo – Pola de Siero  
Junta long. sin abrir



### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones

## Balance: aspectos negativos

## Y Asturias: rotura losa – arcen mbc



## Reparaciones I

### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones



## Reparaciones II

### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. Conclusiones



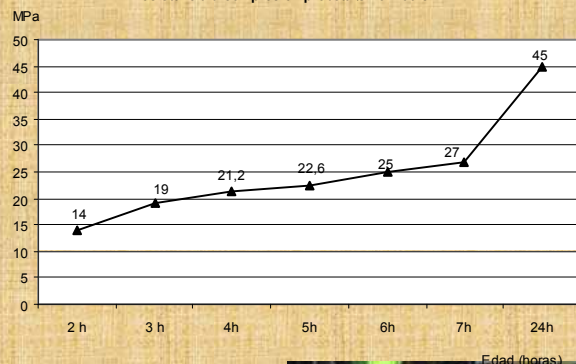


### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. **Balance**
4. Conclusiones

## Reparaciones III

Resistencia a compresión probeta Ø 15 x 30 cm



**3 hormigones s/ T  
apertura al tráfico  
(15 MPA):**

- 24 h
- 6 h
- 3 h ensacado



### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. **Balance**
4. Conclusiones

## Balance AUTOPISTA Y ASTURIAS



**APERTURA: 13-febr.-1976**

**REPARACIONES en 34 años:**

| Núm | fecha   | roturas | m³ |
|-----|---------|---------|----|
| 1   | 08/1986 | 6       | 36 |
| 2   | 09/2008 | 2 mbc   | 75 |
| 3   | 06/2009 | 5       | 63 |
| 4   | 11/2009 | 7       | 29 |

**Hormigón = 203 m³ x 150 € = 30.000**

**Acero = 21 t x 1,20 € = 25.000**

**Demolición = 30.000**

**suma = 75.000 € / 50€/t = 1.500 t mbc**

**= refuerzo de 430 m con 12 cm mbc**

### Ejecución y desarrollos

1. Ejecución
2. Últimos desarrollos
3. Balance
4. **Conclusiones**

## conclusiones



- Características estructurales:
  - Comportamiento muy satisfactorio
  - Sin roderas, resistencia carburantes,
  - Mínima transmisión cargas a explanada
- Características funcionales:
  - Muy buena resistencia a deslizamiento
  - Poco ruidosos
  - Luminosidad
- **DURABILIDAD:** Gastos de conservación inexistentes





**Gracias por su atención**



**Manuel Vera Serrano**

**Jesús Díaz Minguela**