

Comportamiento de los sistemas de drenaje de pavimentos de hormigón en España

Por M.D. CANCELA REY
Dr. Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos

J.R. GRACIANI LUCINI
Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos

J.J. VAQUERO GARCÍA
Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos

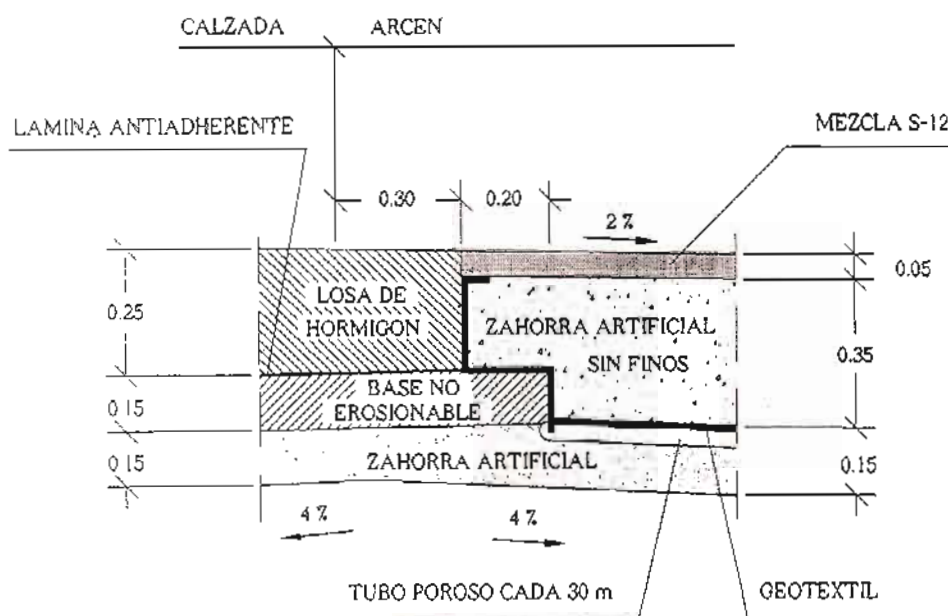


FIGURA 1. DETALLE DE UNA SOLUCIÓN CON ARCENES DRENANTES.

ESPAÑA cuenta en la actualidad con 1 600 km de calzada de dos carriles construidos en hormigón. Las especiales circunstancias de la climatología española y el tráfico pesado hacen necesario el empleo de diferentes medidas para evitar el escalonamiento y descalce de las losas, entre las que destacan la utilización de juntas con pasadores y el empleo de bases no erosionables; medidas que, en ocasiones, se complementan con el sellado de juntas o la utilización de arcenes atados de hormigón.

Una de las medidas que se ha mostrado eficaz para evitar estos deterioros es la instalación de un sistema de drenaje del firme, bien desde la fase de construcción o como técnica de rehabilitación posterior. Aproximadamente la mitad de los pavimentos de hormigón es-

pañoles (650 km) cuentan con estos sistemas de drenaje del firme.

Se han utilizado tres sistemas de drenaje del firme: arcenes drenantes, tubos ranurados y bases drenantes. En este artículo se realiza una descripción de los sistemas utilizados en España entre 1978 y 1991, así como un análisis de su comportamiento.

1. Introducción

Aunque el primer pavimento de hormigón en España se remonta al año 1915, hasta los años 60 no comienzan a construirse este tipo de pavimentos de forma mecanizada. En el año 1971 empiezan a utilizarse pavimentadoras de encofrados deslizantes, siguiéndose en el diseño de este tipo de pavimentos la tecnología californiana, que

pronto tuvo que ser adaptada a las especiales circunstancias de tráfico y clima existentes en nuestro país (instalación de sistemas de drenaje del pavimento, utilización de bases no erosionables, etc.), habiéndose observado la necesidad de disponer pasadores en las juntas para evitar el escalonamiento de las losas producido por el tráfico pesado, por lo que algunos contratistas adaptaron sus pavimentadoras, dotándolas de dispositivos automáticos de inserción de pasadores.

Hasta el momento se han construido más de 800 km de autovías y autopistas, con un comportamiento que puede calificarse como muy satisfactorio.

Los primeros tramos que se construyeron no disponían de sistemas de drenaje del firme. En 1977 surgieron los primeros pro-

blemas en pavimentos de hormigón a causa de la falta de drenaje (fisuración transversal de losas, fenómenos de escalonamiento, degradación de los arcenes, etc.): momento a partir del cual comienzan a incorporarse estos sistemas en algunos tramos durante la construcción, y en otros como medida preventiva o técnica de rehabilitación para corregir problemas asociados a la falta de drenaje del firme. A pesar del bajo nivel de precipitaciones medias en España, inferior a 800 mm en algunas zonas, estos problemas surgen como consecuencia de la concentración de las lluvias en períodos de tiempo muy cortos, y de la agresividad del tráfico pesado (ejes de 130 kN).

En la actualidad se dispone de aproximadamente 650 km de calzada de dos carriles, repartidos en 14 tramos de autovías y autopistas, con pavimentos de hormigón provistos de sistemas de drenaje del firme, medida que se ha mostrado muy eficaz en el proceso de control de fenómenos de escalonamiento.

2. Descripción general de los sistemas de drenaje empleados

La disposición de un sistema de drenaje de pavimentos de hormigón es una técnica contrastada y recomendada para evitar fenómenos de escalonamiento de losas producidos por diversas causas, entre las que cabe citar la erosión de la base y arcenes, debida a la entrada de agua y finos a través de las juntas transversales y longitudinales del pavimento, cuando éstas no están selladas o se ha producido un deterioro del producto de sellado.

En los pavimentos españoles, sometidos a la acción de un tráfico muy pesado y de un clima severo, se utilizan losas cortas con pasadores, bases no erosionables y, en algunos casos, arcenes de hormigón o bien sistemas de drenaje del firme, que permiten eliminar el agua existente entre la base y la losa de hormigón, evitando así fenómenos de escalonamiento.

Entre los principales sistemas de drenaje utilizados se distinguen tres tipos:

TABLA 1 HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS ZAHORRAS DRENANTES

Tamices UNE	Cernido acumulado (% s/masa) ⁽¹⁾		
	ZD1	ZD2	ZD3
25 mm	70-100	100	100
20 mm	50-85	65-100	85-100
10 mm	30-55	35-65	35-65
5 mm	10-35	20-45	15-35
2 mm	0-15	0-15	0-5
400 µm	0-5	0-5	0-2
80 µm	0-2	0-2	0-2

(1) Después de la compactación.

- Arcenes drenantes
- Tubos ranurados
- Bases drenantes.

2.1. Arcenes drenantes

Se han utilizado arcenes drenantes, constituidos por zahorra artificial sin finos, a la que se le exige no solamente una permeabilidad alta, sino también una capacidad de soporte adecuada (porcentaje de caras de fractura > 90%), que impida que se produzca cualquier tipo de deterioro o deformación bajo la acción del tráfico, y una elevada dureza (Los Angeles > 30) para evitar la alteración de su granulometría durante la compactación. La *tabla 1* muestra los husos granulométricos de estos materiales.

Este tipo de capas se compacta hasta el 100% de la densidad máxima correspondiente al ensayo Proctor modificado, y con ellas se

alcanzan permeabilidades superiores a $5 \cdot 10^{-2}$ cm/s. En general, su espesor debe ser superior a 35 cm, con la finalidad de garantizar el drenaje de la base y la losa. Es necesario rodear el material drenante con un geotextil para el desarrollo de la función filtro, a fin de evitar fenómenos de succión de finos que puedan producirse bajo la acción del tráfico pesado cuando existe agua debajo de las losas. Para facilitar la salida del agua puede darse, siempre que sea posible, una pendiente del 4% hacia el exterior del arcén, o bien disponer transversalmente un tubo poroso de 100 a 120 mm de diámetro cada 30 m. En la *figura 1* se observa un esquema de esta solución.

2.2. Tubos ranurados

La solución de drenaje a través de tubos ranurados consiste en la disposición en el arcén de un tubo

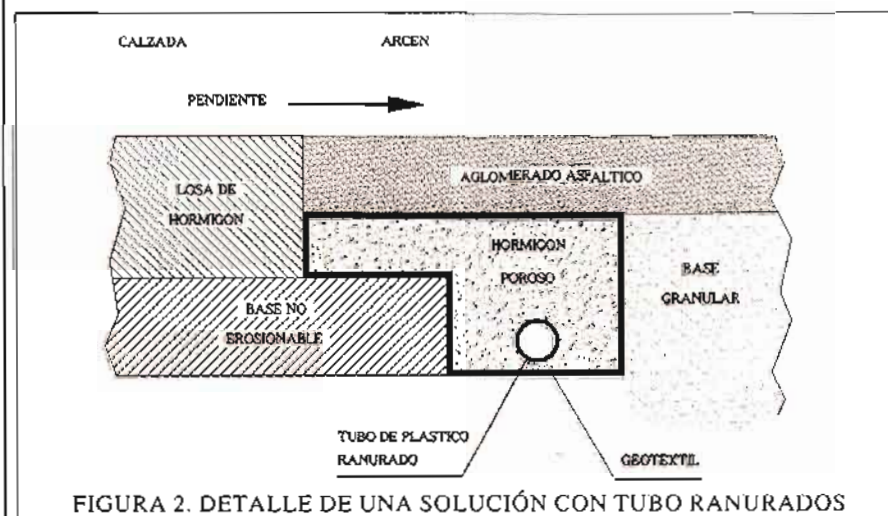


FIGURA 2. DETALLE DE UNA SOLUCIÓN CON TUBO RANURADOS

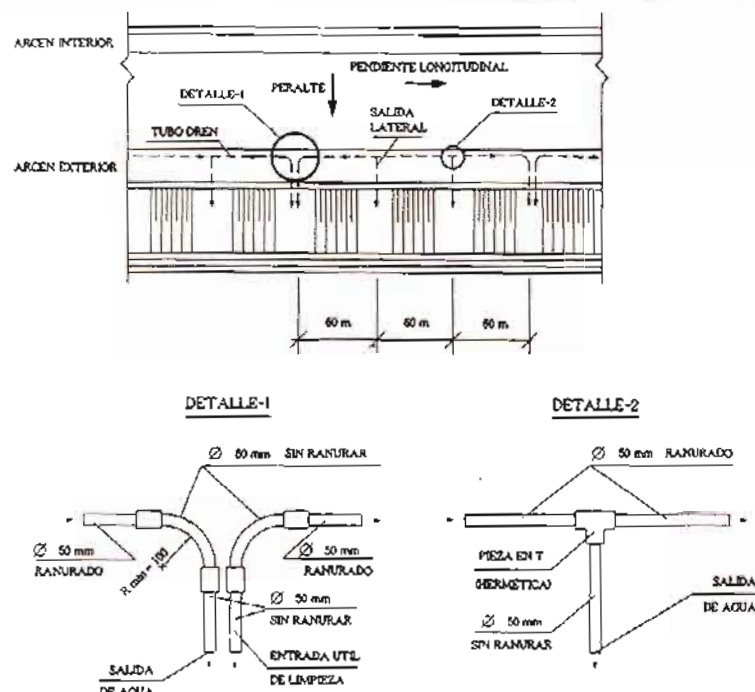
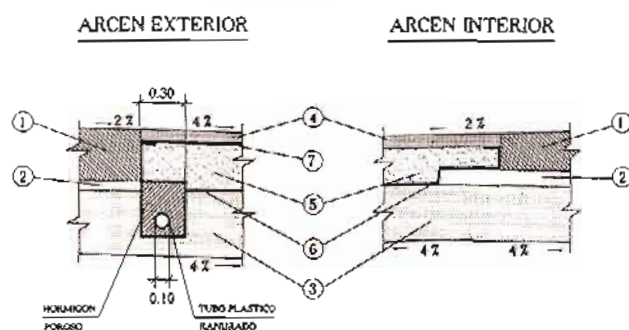


FIGURA 3. ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE TUBOS RANURADOS



LEYENDA

- ① PAVIMENTO HORMIGÓN HP-45
- ② MEZCLA BITUMINOSA DRENANTE
- ③ SUELO SELECCIONADO CON C.B.R. > 20
- ④ MEZCLA BITUMINOSA TIPO S-12
- ⑤ ZAHORRA NATURAL
- ⑥ GEOTEXTIL
- ⑦ MEZCLA BITUMINOSA TIPO G-25

FIGURA 4. SOLUCIÓN DE BASES DRENANTES EN N-330 ZUERA-VILLANUEVA DE GÁLLEGO

longitudinal de 50 mm de diámetro (con ranuras a 120°) recubierto de hormigón poroso (Figura 2), con salidas laterales cada 60 m, y con doble salida lateral cada 180 m para facilitar las operaciones de limpieza (Figura 3). El espaciamiento entre salidas laterales debe modificarse en función de la pendiente longitudinal del firme, y el espaciamiento entre la doble salida ha de fijarse en función de los equipos disponibles para la realización de la limpieza de los tubos.

Es conveniente proteger este material con un geotextil, para evitar su contaminación y colmatación

“El hormigón poroso tiene la ventaja, sobre la zahorra artificial sin finos, de una mayor facilidad de colocación, y la ausencia de riesgo de que se produzcan posteriores deformaciones o asentamientos bajo la acción del tráfico pesado.”

por los finos procedentes del arcén, que, normalmente, suele estar constituido por una zahorra artificial. La dosificación de este hormigón poroso es la indicada en la tabla 2. La fotografía 1 muestra el detalle de la construcción de la doble salida lateral.

Este material es fácil de colocar en obra, su compactación es sencilla y proporciona una alta permeabilidad. Tiene la ventaja, sobre la zahorra artificial sin finos, de una mayor facilidad de colocación, y la ausencia de riesgo de que se produzcan posteriores deformaciones o asentamientos bajo la acción del tráfico pesado. Como contrapartida, al compactar este tipo de hormigones porosos, debe tenerse la precaución de no aplicar una excesiva vibración al material, para evitar que se produzca un reflujo de lechada hacia la parte inferior, que pueda reducir la permeabilidad de la capa, o incluso colmatar el dren.

Este tipo de solución se ha utilizado en obras de nueva construcción; pero, sobre todo, como medida preventiva y como técnica de rehabilitación de pavimentos de

TABLA 2 DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN POROSO

Material	Cantidad
Gravilla 5/20 mm	1820 kg
Arena 0/5 mm	310 kg
Cemento	100 kg
Agua	175 l

hormigón con problemas derivados de falta de drenaje.

2.3. Bases drenantes

La aplicación de esta técnica en España es bastante reciente (1991), y el comportamiento observado hasta la fecha es muy satisfactorio.

Las aguas infiltradas a través de las juntas de las losas sin sellar, así como por los contactos entre los arcenes y la calzada, son recogidas por la base drenante y evacuadas hacia el exterior a través de un dren longitudinal, con una salida transversal cada 50 ó 60 metros. La figura 4 muestra el esquema de la solución empleada en España, en la variante de Zaragoza a Villanueva de Gállego.



Foto 2. Salida de agua a través de los tubos ranurados en un día de lluvia, en N-301, La Roda-Albacete. (Cortesía de D. Isidoro Picazo).

Como base drenante se ha utilizado una mezcla bituminosa drenante en caliente, con un elevado coeficiente de permeabilidad (> 1 cm/s determinado con permeámetro LCS) y un elevado contenido de huecos (23,4%), de 80 mm de espesor y con un contenido de ligante (B60/70) del 3% sobre el peso de los áridos. El huso granulométrico de esta mezcla drenante es el indicado en la tabla 3.



Foto 1. Detalle de la doble salida para la limpieza de los tubos ranurados.

3. Análisis del comportamiento de los sistemas de drenaje del firme

Para el análisis del comportamiento de los sistemas de drenaje utilizados, se envió una encuesta a los responsables de la conservación de los diferentes tramos, pidiendo información sobre la localización del tramo, sistema de drenaje empleado, su conservación, y observaciones relativas al funcionamiento del sistema.

Las tablas 4 y 5 (ver páginas siguientes) resumen los tramos de carretera y el sistema de drenaje del firme empleado, así como observaciones sobre su comportamiento y la estrategia de conservación utilizada.

En principio, se pueden clasificar estos tramos en dos grandes

grupos: los que cuentan con un sistema de drenaje previsto ya desde la fase de proyecto (Tabla 4), y aquéllos en los que se ha instalado un sistema de drenaje para resolver problemas existentes en el pavimento (Tabla 5).

Entre los primeros, el comportamiento del firme y del sistema de drenaje es plenamente satisfactorio, sin que existan deterioros en el pavimento achacables a un mal funcionamiento del drenaje, salvo en el caso de la variante de Despeñaperros y la variante de Villatobas.

La variante de Despeñaperros se halla situada en una zona poco lluviosa (pluviometría media anual entre 500 y 800 mm), con un tráfico diario del orden de 1 800 a 2 000 vehículos pesados en cada dirección. La sección del pavimento está formada por una losa de 25 cm de espesor medio, apo-

TABLA 3 HUSO GRANULOMÉTRICO DE LA BASE DRENANTE

Tamices UNE	Cernido acumulado (% s/masa)
25 mm	100
20 mm	90-100
12,5 mm	35-60
10 mm	20-40
5 mm	5-10
2,5 mm	0-8
80 µm	0-2

yada sobre una gravacemiento con un contenido de cemento comprendido entre el 4 y el 4,5%. Como elemento de drenaje del firme se dispuso una gravacemiento porosa en el arcén interior, coronada por una capa de 5 cm de aglomerado; mientras que en el arcén exterior se dispuso un tubo ranurado de 40 mm de diámetro, con salidas cada 30 metros. Este tubo se colocó apoyado sobre la explanada, rodeándose posteriormente con una base de hormigón poroso. En el resto del arcén exterior, hasta completar la anchura de proyecto, se dispuso una capa de zahorra artificial de 35 cm de espesor, termi-

nándose la estructura del arcén con un pavimento de 5 cm de mezcla bituminosa.

Las cualidades drenantes del material eran inicialmente muy buenas; pero, al no estar protegido el hormigón poroso por un geotextil adecuado, ni haberse dispuesto salidas transversales dobles que permitiesen la limpieza periódica del sistema de drenaje, se produjo una rápida colmatación de los tubos y del hormigón poroso. La falta de drenaje, unida a una explanada arcillosa y a un elevado tráfico pesado, provocó un bombeo de finos en varios tramos, acompañado de la rotura de losas, que tuvieron

que ser demolidas y sustituidas, en algunos casos, por mezclas bituminosas de espesor completo. Las fotografías 3 a 6 muestran el estado del dren longitudinal, al ser descubierto durante las reparaciones del año 1991. Se observa que aparece, en algunos tramos, totalmente colmatado por los finos de la explanada. Asimismo, que los tubos colectores de las aguas aparecen totalmente rellenos por el material de la explanada. Se aprecia, además, el intenso proceso de bombeo de finos al que se sometieron las losas de hormigón.

La variante de Villatobas se encuentra situada también en una re-

TABLA 4. TRAMOS CON SISTEMA DE DRENAJE INSTALADO DESDE LA FASE DE PROYECTO.

Tramo	Longitud (*) (m)	Puesta en servicio	Sección tipo (cm)		Sistema de drenaje	Conservación del sistema de drenaje	Comportamiento
			Firme	Arcén			
1	120 000	1978	22-28 HP 15 GC	5 MB 20 GC	Tubo dren	Limpieza con agua a presión	Satisfactorio
2	3 700	1981	23 HP 15 GC	DTS 15 GC 8 ZAsF 15 SG	Capa de ZAsF de 8 cm de espesor a la altura del contacto losa-base.	Ninguna	Escalonamiento de losas. Instalación de un tubo dren longitudinal
3	30 810	1983-1984	23-27 HP 15 GC	5 MB 37 ZA	Tubo ranurado ø 40 mm recubierto de PC.	Ninguna	Escalonamiento y rotura de losas. Demolición y sustitución de losas.
4	70 200	1985	29-24 HP 15 HM	5 MB 20 PC	Tubo dren	Limpieza con agua a presión	Satisfactorio
5	18 800	1986	25 HP 15 HM 15 SG	4 MB 36 ZAsF 15 SG	ZAsF protegida por un geotextil	Ninguna	Satisfactorio
6	15 800	1986	25 HP 15 HM 15 SG	5 MB 35 ZAsF 15 SG	Arcén drenante continuo de ZAsF protegido por un geotextil, con tubo transversal poroso ø 100 mm cada 30 m.	Ninguna	Satisfactorio
7	21 800	1987	25 HP 15 GC 15 SG	6 MB 49 ZA	Tubo ranurado ø 50 mm recubierto de PC, y geotextil, con salidas transversales cada 60 m y salidas dobles cada 240 m.	Limpieza anual con equipo de agua a presión	Satisfactorio
8	8 400	1988	25 HP 15 HM 15 SG	5 MB 50 ZAsF			Satisfactorio
9	27 700	1990	25 HP 15 HM 20 SG	6 MB 21 ZA 33 SG			Satisfactorio
10	21 100	1990	25-27 HP 16 HM 20 SG	27 HP 16 HM 20 SG	ZAsF con tubo poroso ø 150 mm con salidas transversales cada 60 m, cubierta con PC y protegida con geotextil.	Vigilancia y limpieza con agua a presión cuando sea necesario	Satisfactorio
11	12 300	1991	25-29 HP 8 MBd	12 MB 25 ZAsF	Base bituminosa drenante y dren longitudinal con tubo ranurado ø 100 mm rodeado de PC con salidas dobles cada 60 m.	Ninguna	Satisfactorio

1. A-7 Peñíscola-Castellón
2. N-301 Variante Villatobas
3. N-IV Despeñaperros
4. A-7 Xeresa-Ondara

5. N-330 Zuera-Almudévar
6. N-332 Variante de Benidorm
7. N-301 Variante de Albacete
8. N-301 Variante de La Roda

9. N-301 La Roda-Albacete
10. A-7 Variante de Alicante
11. N-330 Zaragoza-Villanueva

- (*) Calzada de dos carriles
HP Hormigón de pavimento
HM Hormigón negro
GR Gravacemiento
GCd Gravacemiento drenante
PC Hormigón poroso

- SG Subbase granular
MB Mezcla bituminosa
MBd Mezcla bituminosa drenante
DTS Doble tratamiento superficial
ZA Zahorra artificial
ZAsF Zahorra artificial sin finos

TABLA 5. TRAMOS CON SISTEMA DE DRENAJE INSTALADO COMO MEDIDA DE REHABILITACIÓN.

Tramo	Longitud (*) (m)	Puesta en servicio	Sección tipo (cm)		Sistema de drenaje instalado	Conservación del sistema de drenaje	Comportamiento
			Firme	Arcén			
12	155.000	1974	25 HP 15 GC	5 MB 20 SG	Tubo dren	Limpieza del dren con agua a presión	Aparición de escalonamiento (1977). Después de la instalación del drenaje se ha reproducido la erosión en las zonas más deterioradas.
13	63.000	1976	25 HP 15 GC	5 MB 20 SGC			Satisfactorio. La instalación del drenaje se hizo con carácter preventivo.
14	83.400	1977	25 HP 15 GC	5MB 20 SGC			

12. A-7 Puzol-Castellón y Amposta-Salou
13. A-7 Altea-San Juan
14. A-7 Amposta-Peñíscola

(*) Calzada de dos carriles
HP Hormigón de pavimento
GC Gravacemento

MB Mezcla bituminosa
SG Subbase granular
SGC Subbase granular drenante

gión seca, con una pluviometría total anual del orden de 500 mm. La sección estructural del firme está formada por un pavimento de hormigón de 23 cm de espesor con juntas sin pasadores, apoyado sobre una base de gravacemento de 15 cm de espesor y un contenido de cemento del 3,7 %. Los arcenes de proyecto estaban constituidos por una subbase granular de 15 cm de espesor, enrasada con la base de gravacemento del firme. Sobre esta capa se dispuso otra de 8 cm de espesor de zahorra artificial sin finos, a la que se confió la función drenante, tal como se indica en la figura 5 de la página siguiente. Los arcenes se completaban con



Foto 4. Detalle de la zahorra drenante del arcén, en la variante de Despeñaperros. El material drenante aparece totalmente colmatado por los finos de la explanada. (1991).

una capa de 15 cm de gravacemento y un doble tratamiento superficial.

Esta solución presentaba la ventaja de su economía, pero su funcionamiento en la práctica no fue correcto. La zahorra presentaba unas buenas cualidades drenantes, pero las operaciones de limpieza de las cunetas y arcenes, realizadas con motoniveladora, cegaron la salida de la zahorra drenante hacia el exterior, con lo cual el agua quedó retenida bajo el firme. Esta agua bajo el firme, y la naturaleza arcillosa de la explanada, provocaron en determinados tramos un intenso bombeo de finos, que dio lugar

a los primeros síntomas de escalonamiento de losas. Como medidas de rehabilitación se tomaron las siguientes: instalación de tubos de drenaje en los arcenes, reconstrucción de algunas losas, serrado de losas largas aún no fisuradas, y sellado de juntas y grietas.

En cuanto a los tramos que cuentan con un sistema de drenaje longitudinal instalado con posterioridad a su construcción, hay que destacar los tramos Puzol-Castellón y Amposta-Salou, comprendidos en el número 12 de la tabla 2, pertenecientes a la Autopista Tarragona-Valencia, por ser los primeros en los que pudieron observarse síntomas de erosión de la



Foto 3. Detalle de la zahorra drenante del arcén en Despeñaperros, al ser descubierta en 1991. (Obsérvese el buen estado del material).



Foto 5. Detalle del dren y el tubo colector, colmatado por los finos de la explanada. (1991).

“**E**n el caso de los arcenes drenantes, el diseño ha ido evolucionando de manera que cada vez se ha ido disponiendo un material granular más drenante, con el espesor necesario para garantizar el drenaje de la base y la losa de hormigón.”

base (rotura de losas, escalonamientos, bombeo de finos, degradación de los arcenes), lo que impulsó a la adopción de distintas medidas en tramos sucesivos, entre ellas la utilización de sistemas de drenaje.

Así, en la propia Autopista Tarragona-Valencia-Alicante, construida por tramos entre los años 1974 y 1985, hubo modificaciones de proyecto y construcción según las tendencias de cada momento y el comportamiento observado en tramos anteriores. Las variaciones más importantes fueron, por orden cronológico: la estabilización con cemento de los arcenes, hasta llegar a gravacemento drenante; la utilización de bases de gravacemento menos erosionables; la adopción de una sección trapezoidal para las losas; la instalación del dren longitudinal; y una menor longitud de las losas. En los dos primeros tramos, contruidos según el diseño más primitivo, es donde aparece la ya mencionada erosión de la base.

La solución empleada en ellos consistió en la instalación de una zanja drenante en el pavimento, dotada de un dren de 50 mm de diámetro, ranurado a 120°, y un relleno de hormigón, que, a su vez, estaba envuelto en un geotextil, para evitar contaminaciones. Se dispusieron salidas curvas laterales dobles cada 150 m, para permitir la limpieza del drenaje. Esta solución se extendió con carácter preventivo al resto de los tramos en servicio, presentaron o no di-



Foto 6. Detalle del tubo colector, con toda la sección rellena de los finos procedentes de la explanada.

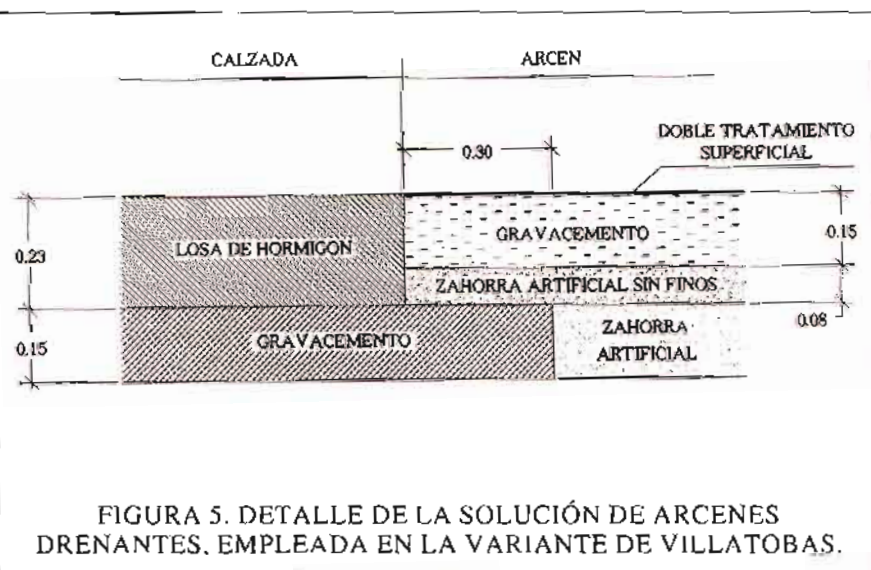


FIGURA 5. DETALLE DE LA SOLUCIÓN DE ARCENES DRENANTES, EMPLEADA EN LA VARIANTE DE VILLATOBAS.

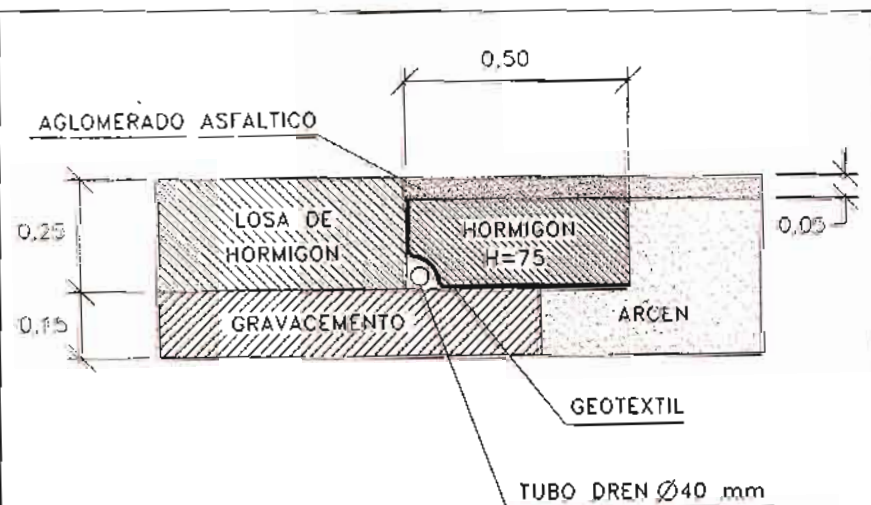


FIGURA 6. SISTEMA DE DRENAJE LONGITUDINAL DEL FIRME EN AUTOPISTA A-7, PARA TRAMOS EN SERVICIO.

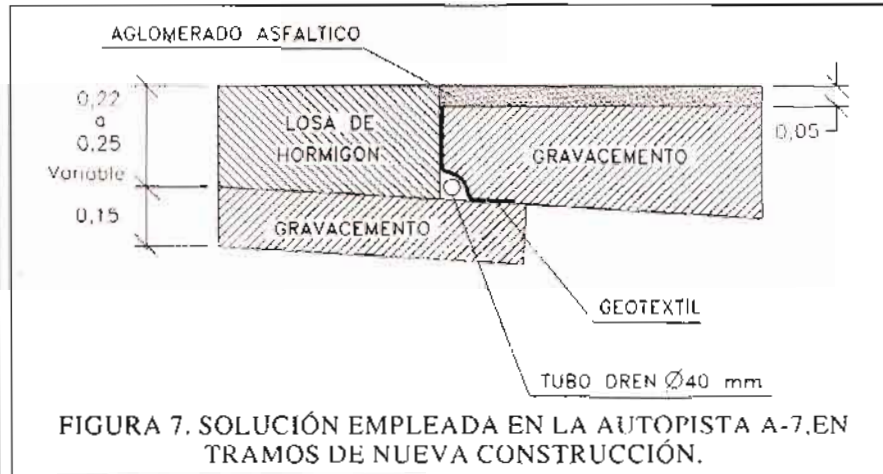
chos síntomas. La figura 6 muestra un detalle de la solución empleada. Las figuras 7 y 8 presentan soluciones adoptadas para los tramos de nueva construcción.

El resultado obtenido, tras la instalación del dren longitudinal en los tramos en servicio, es función de lo avanzado del proceso de entrada de finos del arcén a la interfase losa-base, y de la erosión de ésta última por el agua que penetra por las juntas, con producción a su vez de más finos. Así, en los citados tramos Puzol-Castellón y Amposta-Salou, en los que el dren se instaló con el deterioro ya iniciado, la solución fue positiva en un 70% de las zonas instaladas; mientras que, en el 30% restante, el proceso llegó a hacerse más lento, e incluso a detenerse en algunas zonas; pero volvió a reproducirse al cabo de unos años y, en algunos casos, con mayor intensidad. Sin embargo, en los demás tramos en los que no se había producido deterioro alguno, y en los que el dren se instaló como medida preventiva con la autopista en servicio, el resultado fue plenamente satisfactorio.

4. Estrategias de conservación de los sistemas de drenaje

La conservación y limpieza de los sistemas de drenaje del firme en pavimentos de hormigón es una labor muy importante para garantizar el adecuado funcionamiento de éstos; y así se ha puesto de manifiesto en algunas carreteras, en las que la ausencia de una adecuada conservación ha acelerado el deterioro del pavimento.

En el caso de los arcenes drenantes, el diseño ha ido evolucionando



nando de manera que cada vez se ha ido disponiendo un material granular más drenante, con el espesor necesario para garantizar el drenaje de la base y la losa de hormigón; se ha protegido con geotextiles capaces de impedir el

ya se prevé desde el proyecto la disposición de salidas dobles cada 160 m, con el fin de poder llevar a cabo limpiezas anuales que eviten la colmatación de los tubos. La limpieza se realiza mediante mangueras dotadas de cabezas de



Foto 7. Detalle del equipo para la limpieza de los tubos ranurados.

arrastre de finos; y se ha garantizado la salida de agua a través de tubos transversales porosos.

En cuanto a los tubos drenantes,

avance de forma adecuada, impulsadas por agua a presión. Las mangueras penetran por las salidas mencionadas, y recorren el tubo entre cada dos de ellas, limpiándolo mediante el agua a presión y el propio avance de la manguera. Las fotografías 7 y 8 ilustran el proceso de limpieza.

Esta operación requiere ser controlada, con objeto de evitar que se produzcan roturas en el dren.

La observación del proceso de limpieza puede dar idea sobre algunos aspectos del estado de la capa de contacto entre losa y base: lo normal es que durante el avance de

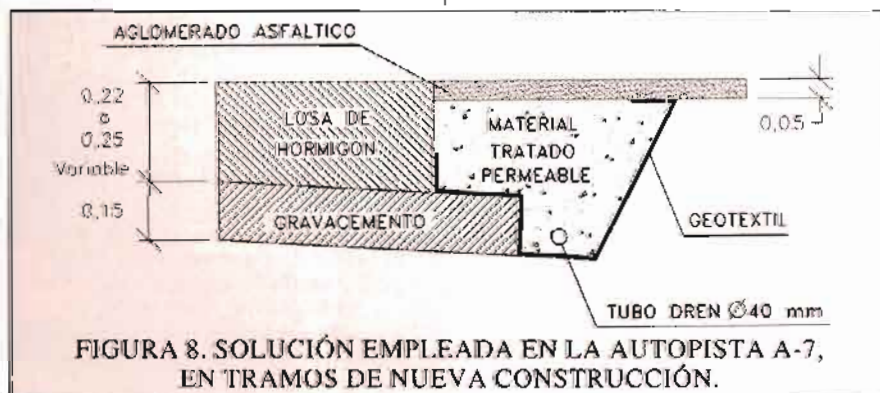


FIGURA 8. SOLUCIÓN EMPLEADA EN LA AUTOPISTA A-7, EN TRAMOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN.

la manguera no salga agua por las juntas del pavimento: la mayor o menor entidad de la salida de agua por ellas es un índice de una posible disfunción potencial o actual.

Por otra parte, el grado de limpieza del agua, al salir del dren después de la operación, nos informa sobre el grado de erosión de la base, así como del estado de consolidación de los finos.

La comparación de estas observaciones en campañas sucesivas puede dar una idea de la evolución del problema, si existe.

Al diseñar un sistema de drenaje de un firme, es necesario tener en cuenta el tipo de conservación que se va a realizar. Cuando se plantea la posibilidad de que el nivel de vigilancia y la frecuencia de las operaciones de limpieza del mismo puedan no ser adecuados, es conveniente recurrir a otras medidas, tales como la colocación de pasadores, o el empleo de bases no erosionables; en ocasiones, complementadas con el sellado de juntas o la utilización de arcenes atados de hormigón, medidas todas ellas encaminadas a reducir o evitar fenómenos indeseables de escalonamiento y descalce de losas.

5. Conclusiones

Cuando en un pavimento de hormigón se observan deterioros asociados con los efectos del agua sobre la base y la explanada, un sistema de drenaje del firme, al evacuar el agua de estas capas, soluciona una parte muy importante de estos problemas, siempre y cuando su funcionamiento sea efectivo y se apliquen a tiempo las técnicas de conservación ordinaria.

Cuando la explanada es arcillosa, es imprescindible disponer una capa de separación y filtro entre la base y la explanada, para reducir los riesgos de bombeo de finos hacia la losa de hormigón, por la acción del agua infiltrada.

La experiencia alcanzada con la utilización de gravas sin finos, como elemento drenante en arcenes de firmes de hormigón, permite extraer las siguientes conclusiones:

- Debe asegurarse en todo momento la salida de agua, dando ins-



Foto 8. Detalle de la operación de limpieza de los tubos ranurados.

trucciones a los equipos de conservación para evitar que se produzcan obstrucciones.

- La cota inferior de la zanja sin finos debe disponerse al nivel de la subbase o de la explanada.

- El empleo de geotextiles como elementos separadores y filtrantes es adecuado, siempre y cuando se proyecten para estas funciones.

La instalación de zanjas drenantes, una vez abiertas las vías al tráfico, para luchar contra el escalonamiento de las losas, es eficaz cuando el pavimento se encuentra todavía en buen estado; sobre todo, si la base es poco o nada erosionable. En caso contrario, esta técnica puede resultar contraproducente, ya que la presencia del dren acelera los fenómenos de bombeo, con una rápida eliminación de los finos de la base y del arcén a través del dren.

El diseño del hormigón poroso y su puesta en obra han de tener en cuenta la posibilidad de que se produzca una migración de la lechada hacia el fondo de la capa, con el riesgo de colmatación de los tubos drenantes.

6. Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a los Jefes de las Demarcaciones y Unidades de Carreteras que han contestado la encuesta que ha permitido la elaboración de este artículo.

7. Bibliografía

- ARENAS, M. (1987) "Utilización de firmes de hormigón en carreteras ordinarias: Variante de Benidorm". III Jornadas sobre pavimentos de hormigón. Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA).
- CANCELA, M.D., GRACIANI, J.R. y VAQUERO, J.J. "Performance of Concrete Pavement Draining Systems in Spain". Cembureau, Viena 1994. (En impresión).
- MOLINA, F. (1987) "Utilización de firmes de hormigón en carreteras ordinarias: Variantes de Zuera y Monrepós". III Jornadas sobre pavimentos de hormigón. Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA).
- RIVERA, I., JORGE M. y JOFRE, C. (1993) "Proyecto y construcción de un pavimento de hormigón hidráulico sobre base bituminosa drenante". XII Congreso Mundial IRF. Tomo II. Madrid.
- RIVERA, I. (1993) "Obras de carretera con firmes de hormigón en Aragón: la variante de Zuera-Almudévar, la cara norte del Monrepós, el desdoblamiento Zaragoza-Villanueva". IV Jornadas sobre pavimentos de hormigón IECA. Oviedo.
- PRIETO, T., PICAZO, I. y JOFRE, C. (1987) "La Autovía de Levante". Pavimentos de Hormigón para Autovías y Autopistas. Cemento y Hormigón, nº 664. IECA. ■

María Dolores Cancela Rey, Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX.
José Ramón Graciani Lucini, Autopistas del Mare Nostrum, AUMAR.
Julio José Vaquero García, Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, IECA.