

Reparaciones de firmes drenantes en carreteras de alta capacidad.

Experiencia en la autovía de las Rías Bajas, Ourense



Autovía de las Rías Bajas A-52 en Ourense.

POR ADOLFO GÓMEZ CANCELA,
UNIDAD DE CARRETERAS DEL
ESTADO EN OURENSE,
JOSE MANUEL PRIS RUESGA,
DEMARCAÇÃO DE CARRETERAS
DEL ESTADO EN GALICIA,
MIGUEL A. MARTÍN ATIENZA, U.T.E.
FERROVIAL - EXTRAÑO,
BRAULIO LÓPEZ GÓMEZ, S.A.
FIRMES Y BETÚNES,
JESÚS NÚÑEZ RODRÍGUEZ, SOLUCIO-
NA, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE

1. Antecedentes

Ante la proliferación en la última década de carreteras con capa de rodadura drenante, cada vez es mayor la

preocupación de las distintas Administraciones en los procedimientos que se deben seguir para los trabajos de reparación y conservación.

Así, durante septiembre de 2001 por parte de la Unidad de Carreteras del Estado en Ourense se efectuaron una serie de reparaciones puntuales del firme en la Autovía de las Rías Bajas A-52, en la provincia de Ourense, con reposición de mezcla drenante del tipo PA-12.

El trabajo que se desarrolla a continuación pretende recoger las características de los materiales empleados, así como los ensayos

realizados y los resultados obtenidos, y esbozar una serie de conclusiones sobre el procedimiento.

2. Reparaciones efectuadas

Las reparaciones efectuadas fueron las que se muestran en la *tabla 1*.

3. Características de los materiales empleados

Para las reparaciones efectuadas se ha utilizado una mezcla dre-

nante del tipo PA-12, fabricada en la planta asfáltica de áridos de Astariz, de acuerdo con los datos que se adjuntan en la tabla 2.

3.1. Áridos

Los áridos empleados en la fabricación de dicha mezcla son de naturaleza silicea. Su fórmula de trabajo se muestra en la tabla 3 y la figura 1.

3.2. Betón

El betón utilizado ha sido un BM-38, cuyas especificaciones son las mostradas en la tabla 4.

3.3. Emulsión asfáltica.

La emulsión asfáltica utilizada como riego de adherencia ha sido una ECR-2, cuyas características ensayadas en el laboratorio han sido las reflejadas en la tabla 5.

3.4. Control de fabricación.

Durante la ejecución de la obra se han realizado una serie de probetas para comprobación de la fórmula de trabajo, que han dado los resultados mostrados en la tabla 6.

4. Procedimiento seguido para las reparaciones

Durante los trabajos se siguió la siguiente secuencia:

- Corte del pavimento con fresadora, evitando así la formación de finos que provoca el corte con radial, para evitar tupidar los huecos de la mezcla drenante. Se verificó que dicha fresadora tenía sus picas en buen estado, lo que dio lugar a cortes finos.
- Limpieza exhaustiva de la caja abierta, lo que garantiza la eliminación de cualquier fragmento o fino que pudiera saturar los huecos, al mismo tiempo que se aumenta la adherencia. Incluso se empleó un compresor de aire para la limpieza de los huecos que aseguraba que no se tupieran con pequeñas partículas de mezcla.

P.K. aprox.	VOLUMEN	Superficie reparada longitud x anchura
239+650	17,0 t	14 m x 8,3 m (*)
240+020	36,0 t	30 m x 11,5 m
227+775	18,0 t	20 m x 10,5 m
195+735	8,3 t	14,7 m x 3,7 m (*)
228+750	23,5 t	16,0 m x 11,6 m
229+450	21,4 t	20,0 m x 10,5 m

(*) La reparación no cubre todo el ancho de la calzada

Tabla 1.

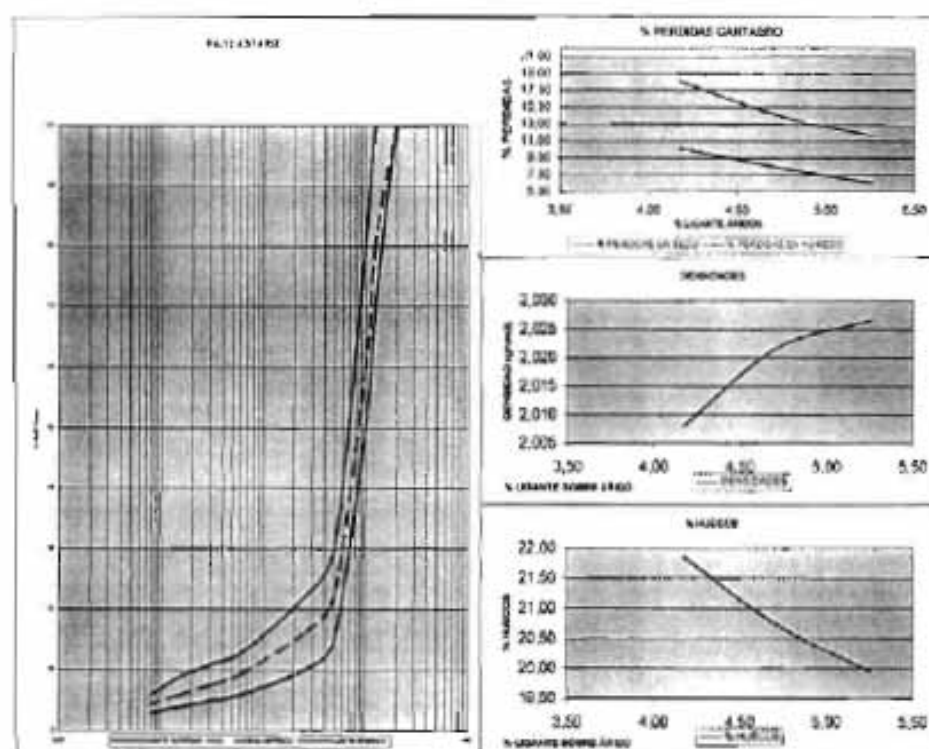


Figura 1.

- Empleo de emulsión modificada del tipo ECR-11m.
- Organización de los tajos para conseguir que el aglomerado llegara a obra a la temperatura adecuada.
- Extensión y compactación de la mezcla drenante.

5. Ensayos realizados

Tras la actuación realizada, la Unidad de Carreteras del Estado en Ourense pidió la colaboración de Norcontrol, S.A. para la realización de una serie de ensayos en dichos tramos. El objeto de este estudio era el de comparar la drenabilidad de los pavimentos nue-

vos y antiguos en las reparaciones que se realizaron en dicha Autovía A-52.

Para ello, y tras la inspección visual, se realizó una campaña de ensayos, consistente en lo siguiente:

- Medida de permeabilidad *in situ* con permeámetro LCS según la NLT 327/88.
- Cálculo de huecos totales e interconectados.
- Extracción de testigos en las juntas entre el pavimento nuevo y el antiguo.

Por huecos interconectados se entiende la parte de los huecos totales que se encuentran comunicados entre sí, permitiendo que el agua circule a través de ellos.

ÁRIDOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS

[illegible]

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

[illegible]

CURVA GRANULOMÉTRICA OBTENIDA Y MUÑO GRANULOMÉTRICO

	40	25	20	12.5	10	5	2.5	0.63	0.32	0.16	0.08
LINE SURFCE	1.00	1.00	1.00	1.00	50	30	22	13	11	9	8
DURLO SURFCE	1.00	1.00	1.00	80.326	69.864	22.419	16.173	8.528	7.724	6.042	4.40
LINE SURFCE	1.00	1.00	1.00	70	50	30	22	13	11	9	8

CÁLCULO DE LAS DENSIDADES DE LAS PROPIETAS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MASA DRY MIX	1032.7	1033.1	1032.9	1034.2	1032.5	1033.8	1040.7	1043.3	1042.2
VOLUMEN	513.3	511	518.3	511	511.6	511	513.3	511	518.3
COLESIIDAD	2.081	2.022	1.982	2.024	2.019	2.023	2.037	2.042	2.011

VALOR MEDIO

2.008

2.022

2.027

Table 2

CÁLCULO DE HUECOS									
% PESO BETÓN		4		4.5		5			
% PESO ARENOS		96		96.5		96			
DENSIDAD APARENTE		2.009		2.002		2.007			
PESO BETÓN		9.032		9.40		10.13			
PESO ARENOS		192.779		193.09		190.83			
VOLUMEN BETÓN		7.650		8.07		8.95			
VOLUMEN ARENOS		70.498		70.60		70.43			
VOLUMEN MATERIAL		78.136		78.66		82.38			
VOL. LLEN. HUECOS		21.864		20.74		19.95			
HUECOS ARENOS		25.514		25.402		29.004			
HUECOS RELLENOS		25.520		25.421		32.509			
HUECOS MEZCLA		21.864		20.737		19.954			
ENSAYO CANTARERO PERDIDAS EN SECO Y HÚMEDO									
1		2		3		4		5	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	
10.5		10.3		10.2		10.1		10.0	

Table 3

Para su determinación se han extraído unas probetas cilíndricas, que se han parafinado en su contorno, aplicándoles a continua-

ción, una carga de agua. Ello ha permitido evaluar los huecos interconectados por medio del tiempo transcurrido en pasar dicha

carga de agua a través de las probetas. Este ensayo, realizado en el laboratorio, permite calcular la densidad del diseño de la mezcla.

Dichos ensayos se realizaron a partir de testigos extraídos en la campaña realizada entre los meses de enero y febrero de 2002.

5.1. Puntos de ensayos

La nomenclatura y situación de los puntos de ensayo escogidos se indican en la *tabla 7*.

Se adjunta un croquis (figura 2) con la situación de los puntos de ensayo donde se extrajeron los testigos.

- Punto "M1" en el pavimento nuevo (reparado)

- Punto "M2" en el pavimento antiguo.

- Punto "M3" en la junta.

La situación de los puntos de ensayo en el tramo F es diferente de los demás. El punto "M2" es anterior al "M1"; pues, tras la reparación, existe una estructura sin pavimento drenante.

Por último, conviene señalar que todos los puntos de ensayo se han realizado en el arcén, excepto en el tramo "A", ya que en es-

te tramo la reparación sólo afectaba a la calzada y no al arcén.

5.2. Ensayos

Como se ha comentado en el apartado anterior, se realizaron los siguientes ensayos dentro de cada tramo:

- En los puntos M1 y M2, medidas de permeabilidad *in situ* del pavimento drenante con el permeámetro LCS.

- En los puntos M1, M2 y M3, extracciones de testigos para realizar los siguientes ensayos: huecos totales e interconectados en M1 y M2 e inspección visual en M3.

Los resultados de los ensayos fueron los mostrados en las tablas 8, 9, 10, y figuras 3, 4 y 5.

5.3. Primeras campañas de ensayos. Conclusiones.

A partir de los datos obtenidos, se ha apreciado que el coeficiente de permeabilidad del pavimento nuevo es siempre mayor que el del antiguo, con una buena separación en la mayoría de los casos.

En cuanto al ensayo de los huecos totales e interconectados, no se ha podido sacar una conclusión fiable de los resultados obtenidos. Existían resultados poco representativos, lo que aconsejó realizar series de varios testigos por cada punto para poder desechar los valores anómalos y calcular valores medios.

En los testigos M3 extraídos se ha apreciado una buena continuidad en las juntas, ya que no existe una diferencia apreciable a simple vista entre el pavimento nuevo y el antiguo.

6. Campaña de ensayos complementarios

Debido a la existencia de resultados anómalos en el cálculo de los huecos totales e interconectados, se realizó en el mes de mayo de 2002 una campaña adicional para complementar los ensayos realizados en la campaña anterior.

Los puntos de ensayo escogi-

	BETÚN UTILIZADO	ESPECIFICACIÓN BM-3b
ANILLO Y BOLA	72	> 60
RECUPERACIÓN ELÁSTICA	71	>40

Tabla 4.

CARACTERÍSTICA	RESULTADO
CONTENIDO DE LIGANTE	63,2 %
CONTENIDO DE FLUXANTES	1,3 %
CARGA DE LAS PARTÍCULAS	POSITIVA
pH	2,8
VISCOSIDAD A 50 °C	26 s
SEDIMENTACIÓN A 7 DÍAS	3,5

Tabla 5.

dos para esta campaña complementaria fueron los que correspondían con los puntos donde se habían obtenido valores anóma-

los, que se detallan en la tabla 11.

En cada uno de los puntos se extrajeron 3 testigos respetando la nomenclatura de la campaña



Equipo de fresado.



DENSIDAD	% HUECOS	CÁNTABRO SECO	CÁNTABRO HÚMEDO
2,00	20,9	8,2	14,8
2,03	20,1	7,2	—
2,02	20,6	7,9	13,6
2,01	21	8,8	—

Tabla 6.

ID. PUNTO	P.K.	MARGEN (sentido de la calzada)
A	195+735	Derecha (Benavente-Vigo)
B	227+775	Izquierda (Vigo-Benavente)
C	240+020	Izquierda (Vigo-Benavente)
D	239+650	Derecha (Benavente-Vigo)
E	229+450	Derecha (Benavente-Vigo)
F	228+750	Derecha (Benavente-Vigo)

Tabla 7.

anterior. Se extrajeron un total de 24 testigos (tabla 12).

Los resultados de los huecos totales e interconectados fueron los detallados en las tablas 13 y 14, y figuras 6 y 7.

7. Conclusiones de las campañas de ensayos

- Con las reparaciones efectuadas se consigue una mejor per-



Equipo de extendido



Testigo extraído en junta entre pavimento nuevo y antiguo.

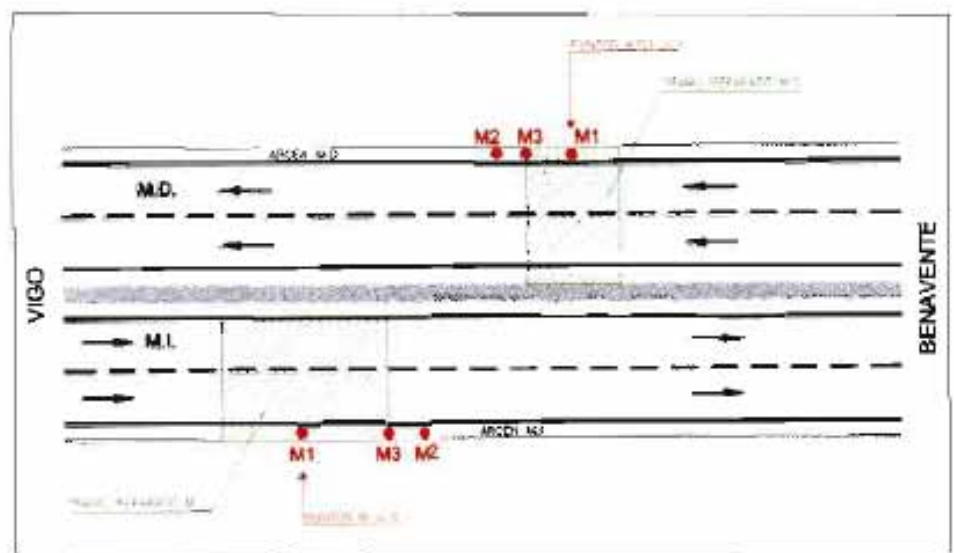


Figura 2.



Campaña de extracción de testigos.



Ensayo de permeabilidad.

5.2.1. Cálculo de k promedio (cm/s) $\cdot 10^{-2}$

PUNTO/P.K.	K promedio (cm/s) $\cdot 10^{-2}$	
	Drenante nuevo	Drenante antiguo
A/ 195+735 MD	26,36	13,70
B/ 227+775 MI	44,83	8,01
C/ 240+020 MI	43,98	2,27
D/ 239+650 MD	31,47	4,07
E/ 229+450 MD	38,05	2,33
F/ 228+750 MD	25,71	3,62

Tabla 8.

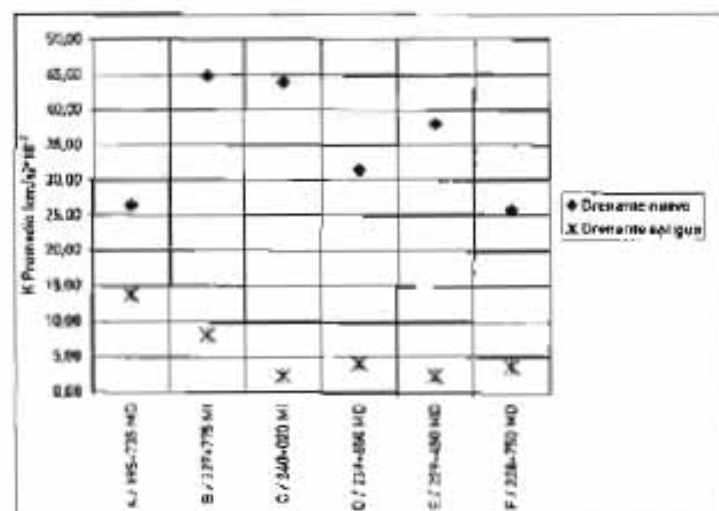


Figura 3.

meabilidad, apreciándose que el coeficiente de permeabilidad del pavimento nuevo es siempre mayor que el antiguo.

• Dado el tiempo transcurrido desde la realización de las reparaciones y las fuertes lluvias acaecidas, se ha comprobado durante las inspecciones visuales realizadas que las reparaciones funcionan, apreciándose un buen drenaje del agua en los puntos tratados (aun cuando no se puede sacar una conclusión clara de los huecos totales e interconectados). Esto se demostró con las inspecciones visuales desarrolladas, que confirman la importancia del cálculo de huecos interconectados, que son los que van a permitir el paso del agua y evitar la formación de barreras que impidan su drenaje.

• En las zonas por reparar que coincidan con fuertes pendientes,

tanto longitudinales como transversales, el procedimiento es análogo; pero debe cuidarse especialmente la limpieza de la caja para evitar formar una barrera al paso de agua. Se ha demostrado que se ha evitado la formación de dicha barrera, y la mejor demostración han sido las inspecciones visuales desarrolladas. Esto confirma el método previo seguido de cálculo de huecos interconectados que permiten el paso del agua a través, y, por tanto, evitan la formación de barreras al drenaje de la mezcla.

• Se aprecia una buena continuidad en las juntas, como se ha verificado en la inspección visual de todos los testigos extraídos.

• El procedimiento empleado en las reparaciones se considera correcto, y se ha sancionado pa-

5.2.2. Cálculo de huecos totales (%)

Punto / P.K.	HUECOS TOTALES (%)	
	Drenante nuevo (M1)	Drenante antiguo (M2)
A/ 197+735 MD	8,56	22,29
B/ 227+775 MI	4,70	5,98
C/ 240+020 MI	25,05	12,77
D/ 239+650 MD	22,17	23,60
E/ 229+450 MD	22,20	23,42
F/ 228+750 MD	22,70	15,37
Valores anómalos		

Tabla 9.

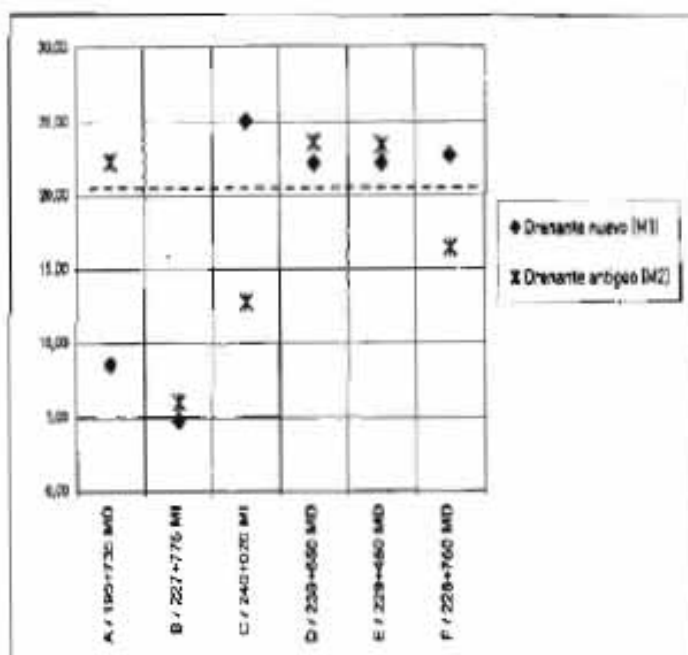


Figura 4.



Inspección de testigos.

ra ser utilizado en las reparaciones que se efectúan en la Autovía de las Rías Bajas en la provincia de Ourense.

5.2.3. Cálculo de huecos interconectados (%).

Punto / P.K	HUECOS TOTALES (%)	
	Drenante nuevo (M1)	Drenante antiguo (M2)
A/ 197+735 MD	1,70	21,40
B/ 227+775 MI	2,30	0,50
C/ 240+020 MI	19,20	7,80
D/ 239+650 MD	15,80	16,10
E/ 229+450 MD	15,60	16,00
F/ 228+750 MD	14,60	10,40
Valores anómalos		

Tabla 10.

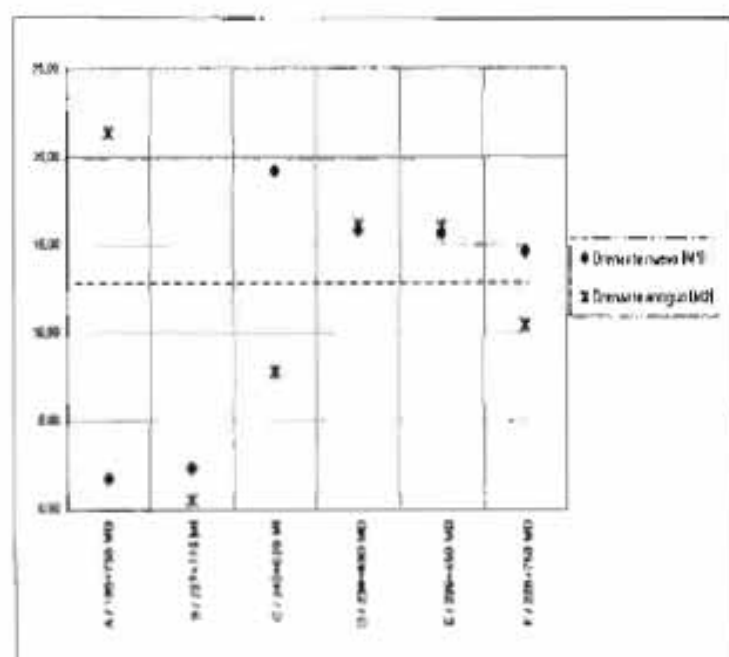


Figura 5.



Reparaciones efectuadas.

8. Consideraciones económicas del método empleado

En función de los resultados cuyas conclusiones se han analiza-



do en el apartado anterior, se considera que el sistema estudiado es un buen método de reparación de pavimentos drenantes.

Como consecuencia final, cabría preguntarse por la cuestión económica del método emplea-

ID. PUNTO	P.K.	MARGEN (sentido de la calzada)
A	195+735	Derecha (Benavente-Vigo)
B	227+775	Izquierda (Vigo-Benavente)
C	240+020	Izquierda (Vigo-Benavente)
F	228+750	Derecha (Benavente-Vigo)

Tabla 11.

A (195+735 MD)		B (227+775 MI)	
Nuevo M1	Antiguo M2	Nuevo M1	Antiguo M2
TA-M1 a	TA-M2 a	TB-M1 a	TB-M2 a
TA-M1 b	TA-M2 b	TB-M1 b	TB-M2 b
TA-M1 c	TA-M2 c	TB-M1 c	TB-M2 c
C (240+020 MI)		F (228+750 MD)	
Nuevo M1	Antiguo M2	Nuevo M1	Antiguo M2
TC-M1 a	TC-M2 a	TF-M1 a	TF-M2 a
TC-M1 b	TC-M2 b	TF-M1 b	TF-M2 b
TC-M1 c	TC-M2 c	TF-M1 c	TF-M2 c

Tabla 12.



Campaña de extracción de testigos.

do. Parece evidente que el empleo de mezclas drenantes tiene una repercusión económica en el precio, dado que se emplea betún modificado. Este incremento económico no es el mayor factor que se debe tener en cuenta, sino la posibilidad de que a las plantas de aglomerado les sea rentable fabricar las cantidades necesarias para realizar pequeñas reparaciones en la autovía. Este balance económico es un factor muy importante a la hora de decidir adoptar este método.

	HUECOS TOTALES			
	A (195+735 AD)		B (227+775 MI)	
	Nuevo	Antiguo	Nuevo	Antiguo
	TA-M1	TA-M2	TB-M1	TC-M1
Huecos Totales	22,37	21,52	27,93	22,49
	25,84	20,40	15,25	22,84
	26,29	23,41	18,22	22,93
Media (%)	24,83	21,78	20,47	22,75
Desv. est.	2,15	1,52	6,63	0,23

	HUECOS TOTALES			
	C(240+020 MI)		F(228+750 MD)	
	Nuevo	Antiguo	Nuevo	Antiguo
	TC-M1	TC-M2	TF-M1	TF-M2
Huecos Totales	27,66	23,95	18,99	19,06
	24,39	22,98	19,62	15,67
	25,85	23,96	18,86	21,01
Media (%)	25,97	23,63	18,50	18,58
Desv. est.	1,64	0,58	1,45	2,70

RESUMEN DE RESULTADOS: HUECOS TOTALES		
Punto / P.K.	HUECOS TOTALES (%)	
	Drenante nuevo (M1)	Drenante antiguo (M2)
A/195+735 MD	24,83	21,78
B/227+775 MI	20,47	22,75
C/240+020 MI	25,97	23,63
D/238+650 MD	22,17	23,60
E/229+450 MD	22,20	23,42
F/225+750 MD	18,50	18,58

: Valores primera campaña

Tabla 13.

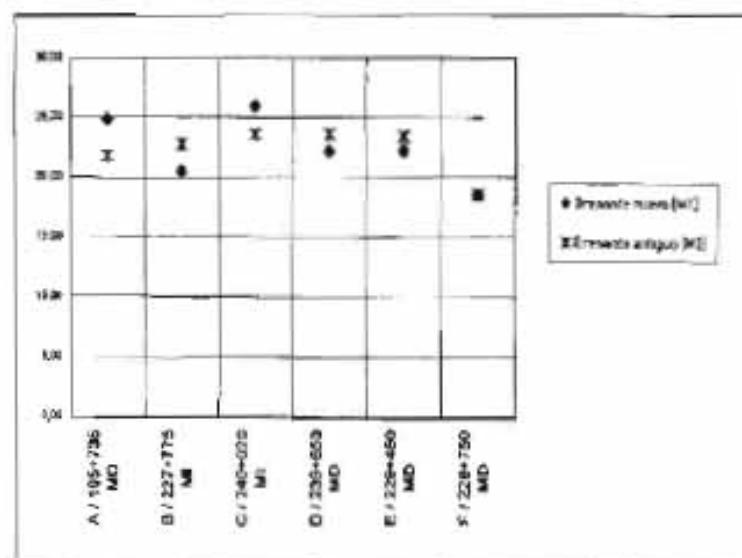


Figura 6.

Así las recomendaciones de los que suscriben este trabajo serían las siguientes:

1.- Tener en cuenta, en los proyectos de reparaciones que se va-

yan a realizar, el sobrecosto que produce el empleo de las mezclas drenantes.

2.- Siempre que la explotación de la vialidad lo permita, intentar

	HUECOS INTERCONECTADOS			
	A (195+735 AD)		B (227+775 MI)	
	Nuevo	Antiguo	Nuevo	Antiguo
	TA-M1	TA-M2	TA-M1	TA-M2
Huecos Totales	15,80	19,90	23,70	19,50
	19,70	18,10	9,30	19,10
	20,50	22,70	12,80	18,50
Media (%)	18,67	20,23	15,27	19,37
Desv. est.	2,51	2,32	7,51	0,23

	HUECOS INTERCONECTADOS			
	C(240+020 MI)		F(228+750 MD)	
	Nuevo	Antiguo	Nuevo	Antiguo
	TC-M1	TC-M2	TF-M1	TF-M2
Huecos Totales	23,80	20,60	14,30	15,80
	20,60	19,00	13,10	11,60
	22,30	19,20	10,70	17,10
Media (%)	22,23	19,60	12,70	14,00
Desv. est.	1,60	0,27	1,83	3,00

RESUMEN DE RESULTADOS: HUECOS INTERCONECTADOS		
Punto / P.K.	HUECOS INTERCONECTADOS (%)	
	Drenante nuevo (M1)	Drenante antiguo (M2)
A/195+735 MD	18,67	20,23
B/227+775 MI	15,27	19,37
C/240+020 MI	22,23	19,60
D/238+650 MD	15,80	16,10
E/229+450 MD	15,60	16,00
F/225+750 MD	12,70	14,00

: Valores primera campaña

Tabla 14.

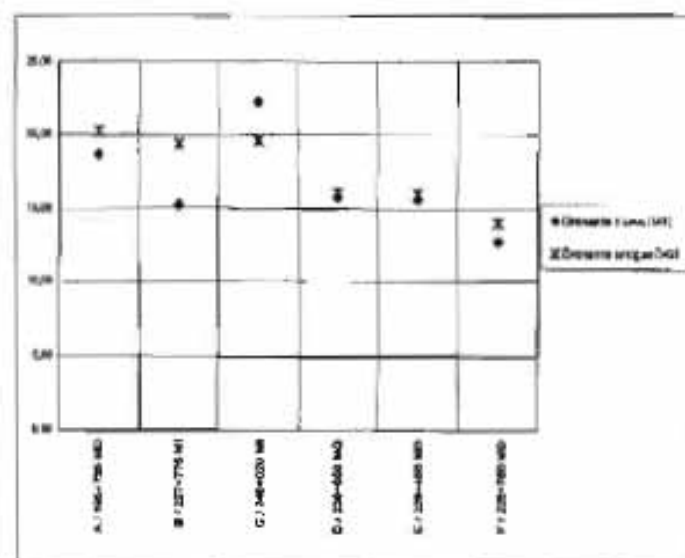


Figura 7.

agrupar varias actuaciones en una campaña de reparaciones, para posibilitar que las plantas de aglomerado puedan fabricar la mezcla drenante necesaria para las obras. ■