

EXPERIENCIAS EN OTRAS REDES DE CARRETERAS: PREFISURACIÓN CON JUNTAS ACTIVAS EN BIZKAIA

José Luis Ruiz Ojeda

Subdirector General de Obras Públicas. Diputación Foral de Bizkaia

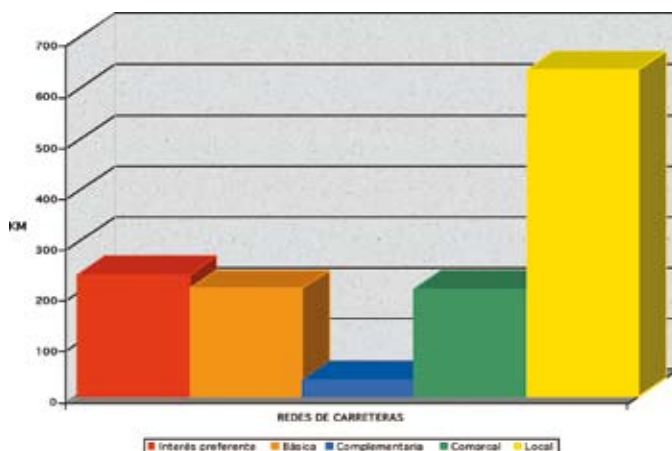
La gestión de las carreteras en Bizkaia

En 1984 la Diputación Foral de Bizkaia asumió la competencia exclusiva en materia de carreteras, dentro de su límite territorial: planeamiento, proyección, construcción, conservación y explotación.

Fue la consecuencia de la aplicación de la Ley 27/1983 de Territorios Históricos, tras la transferencia anterior al Gobierno Vasco, derivada de la aprobación del Estatuto de Autonomía de 1979.

En la actualidad la Diputación Foral gestiona la siguiente Red:

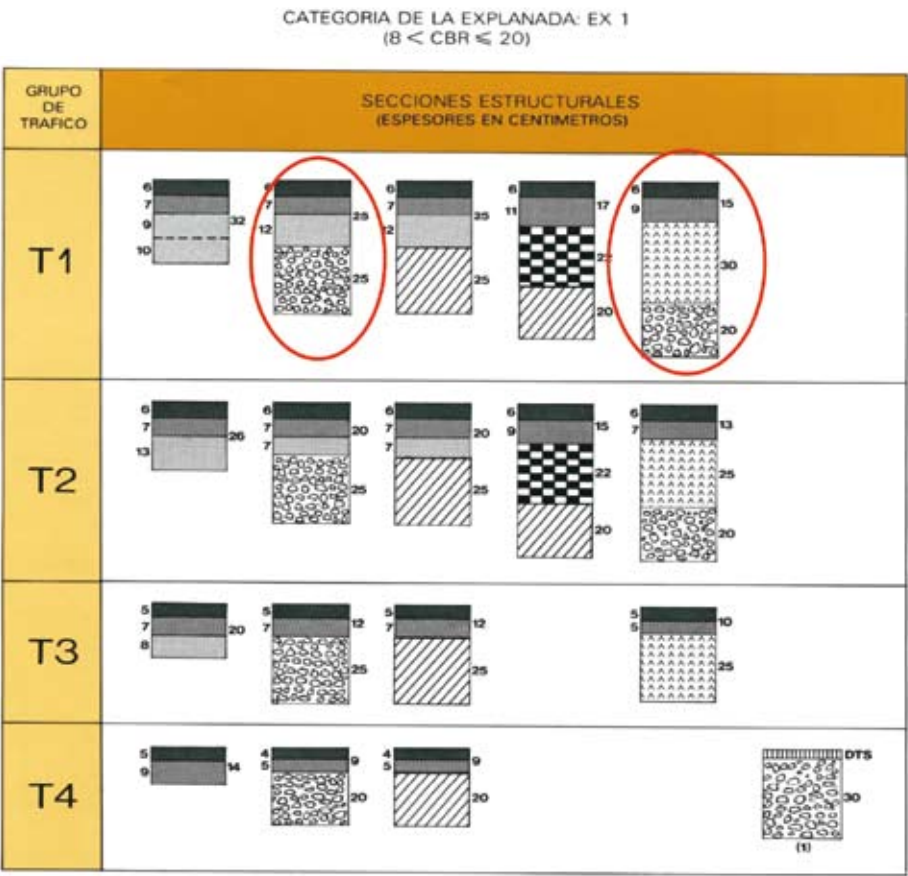
red interés preferente	239 Km
red básica	212 Km
red complementaria	33 Km
red comarcal	210 Km
red local	642 Km
Total	1.336 Km



Los firmes de las carreteras en Bizkaia: pasado y presente

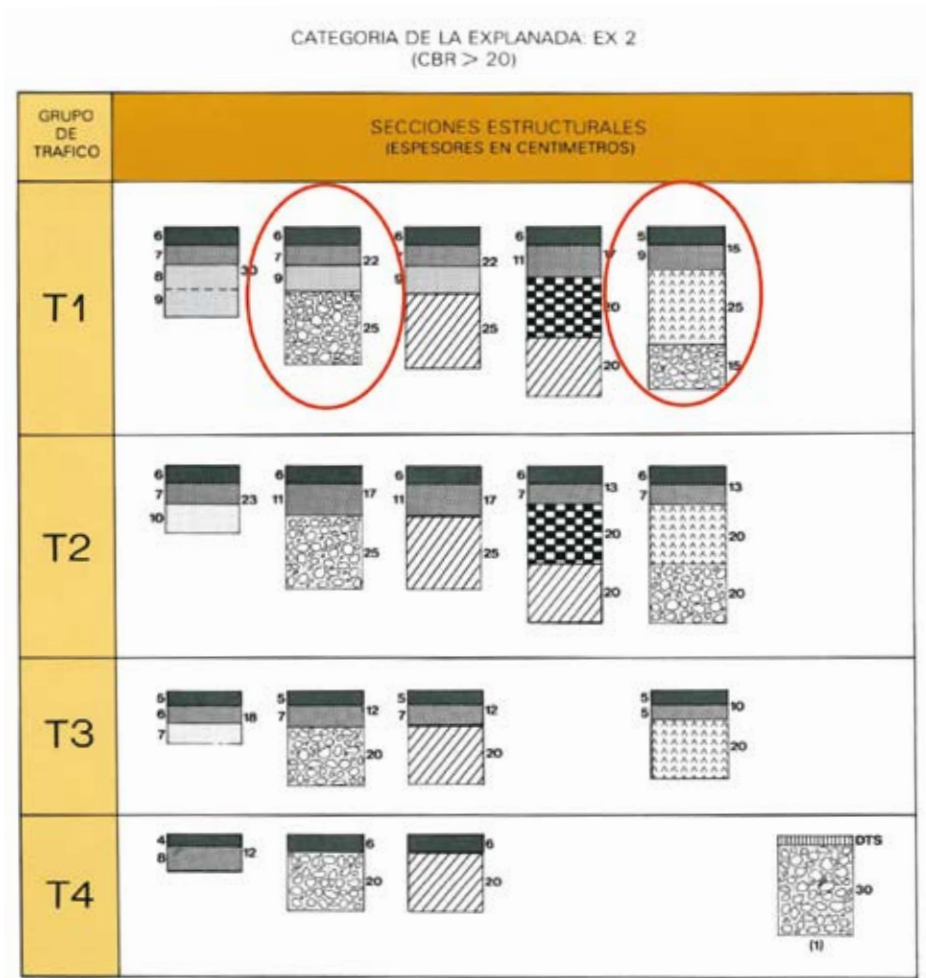
El abordaje de los firmes de dichas carreteras se basó, en un principio, en las Normas Técnicas (Normas BAT) que a mediados de los 80 elaboró la Diputación Foral.

El catálogo de las secciones de firmes indicadas en función de la explanada y la categoría del tráfico era el siguiente:



NOTA: En caso de tráfico T4 y cuando el firme a proyectar sea solicitado fundamentalmente por turismos o vehículos comerciales ligeros, se admitirá la solución (1)
La tipología de las mezclas bituminosas se definirán en el Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.





Para una categoría de tráfico T1 y T2 se imponían las soluciones basadas en bases tratadas con un conglomerante de escoria granulada de horno alto (grava-escoria definida en su momento en el artículo 515 del PG-3).

En los inicios de los años 80 el Laboratorio de ensayos del CEAT del MOPU había puesto a punto la dosificación y fórmula de trabajo para la grava-escoria cuya composición constaba de un 82% de áridos calizos, 17% de escoria granulada de alto horno y un 1% de cal como catalizador del fraguado de la mezcla.

Como soluciones alternativas se eligieron firmes con base bituminosa sobre subbases de zahorra artificial.

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO

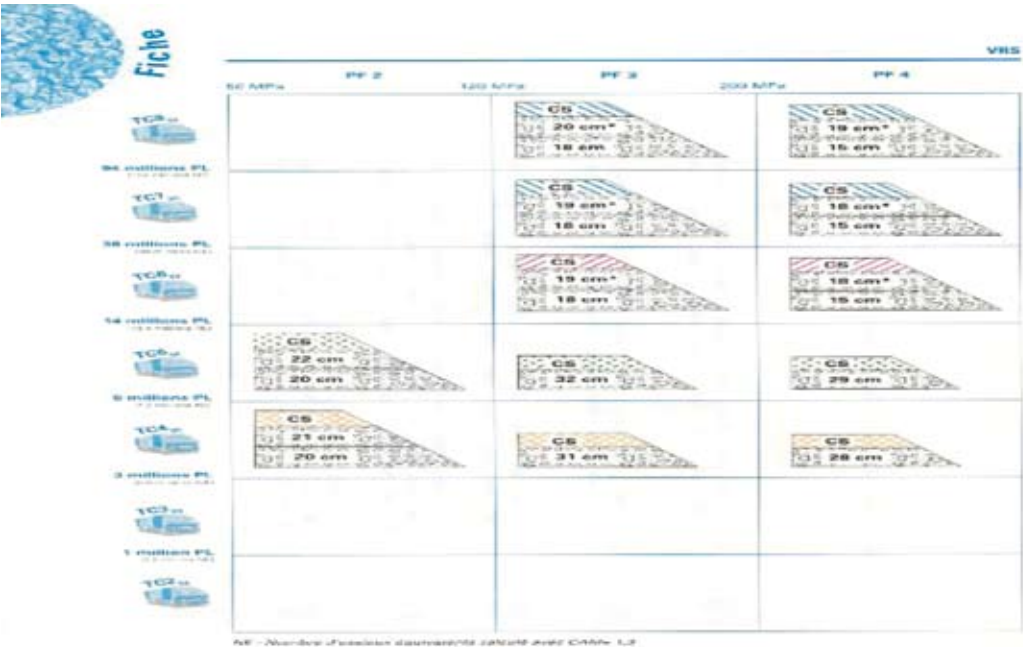
No se utilizaban secciones con base de gravacemento debido a las malas experiencias obtenidas en las escasas realizaciones llevadas a cabo.

En 1995 desapareció la actividad de la siderurgia integral en Bizkaia prolongándose el uso de la grava-escoria mediante adquisiciones de escoria granulada de Avilés.

Por otro lado aparecieron estudios basados en cálculos analíticos que demostraban la fragilidad de los firmes de base bituminosa sobre subbase granular frente a los de base hidráulica de cemento.

Como consecuencia se inició un proceso de reflexión sobre el futuro de los firmes en las carreteras vizcaínas, teniendo en cuenta las peculiaridades de la red, las novedosas categorías de tráfico y las tendencias que se vislumbraban en las nuevas versiones de la instrucción 6.1 IC de secciones de firme.

A partir de 2001, con el apoyo técnico del IECA, el proceso, de dimensionamiento de los firmes en Bizkaia, se decantó hacia soluciones basadas en la normativa francesa (Ministerio del Equipamiento de Francia, “Guide Technique, Conception et Dimensionnement des Structures de Chaussées”), con arreglo a la cual se ha elaborado el Catálogo de Secciones de Firmes de dicho país. El procedimiento de cálculo es homologable al caso español al utilizarse cargas por eje de 13 t. y clasificaciones de explanadas similares, en función de su capacidad portante.



EXPERIENCIAS EN OTRAS REDES DE CARRETERAS: PREFISURACIÓN CON JUNTAS ACTIVAS EN BIZKAIA

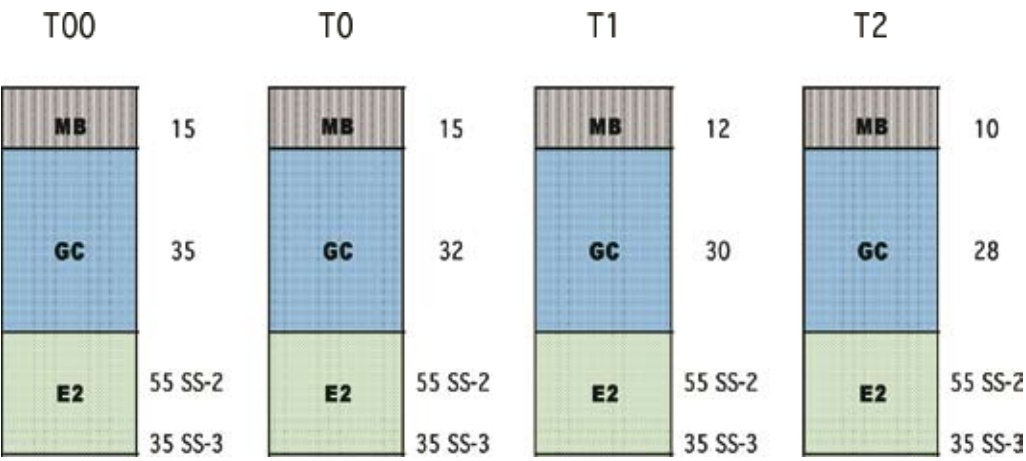
	PF ₂ (50 MPa)	PF ₂ (80 MPa)	PF ₃ (120 MPa)	PF ₄ (200 MPa)
TC8 ₃₀ (NE = 171.10°)			2.5 cm BBTM 6 cm BBSG 6 cm BBSG 29 cm Grave Hydraulique G3	2.5 cm BBTM 6 cm BBSG 6 cm BBSG 27 cm Grave Hydraulique G3
TC7 ₃₀ (NE = 73.10°)			2.5 cm BBTM 6 cm BBSG 6 cm BBSG 28 cm Grave Hydraulique G3	2.5 cm BBTM 6 cm BBSG 6 cm BBSG 26 cm Grave Hydraulique G3
TC6 ₃₀ (NE = 29.10°)			2.5 cm BBTM 8 cm BBSG 28 cm Grave Hydraulique G3	2.5 cm BBTM 8 cm BBSG 26 cm Grave Hydraulique G3
TC5 ₃₀ (NE = 12.10°)	2.5 cm BBTM 6 cm BBSG 32 cm Grave Hydraulique G3	2.5 cm BBTM 6 cm BBSG 29 cm Grave Hydraulique G3	2.5 cm BBTM 6 cm BBSG 27 cm Grave Hydraulique G3	2.5 cm BBTM 6 cm BBSG 25 cm Grave Hydraulique G3
TC4 ₃₀ (NE = 5.10°)	2.5 cm BBTM 4 cm BBM 32 cm Grave Hydraulique G3	2.5 cm BBTM 4 cm BBM 29 cm Grave Hydraulique G3	2.5 cm BBTM 4 cm BBM 26 cm Grave Hydraulique G3	2.5 cm BBTM 4 cm BBM 24 cm Grave Hydraulique G3

Structures types calculées en G3 pour VRS

Se optó por soluciones de firmes con base de gravacemiento de altas prestaciones, de gran espesor, sobre explanadas equivalentes a la E2 española (módulo Ev2>120 MPa).

Desde 2001 hasta la actualidad, al margen de la implicación que pueda tener la entrada en vigor de la Norma de Dimensionamiento de Firmes del País Vasco, las secciones de firme de uso más común en las carreteras de nueva construcción en Bizkaia, para categorías de tráfico comprendidas entre T00 y T2, están constituidas por una explanada tipo E2 con una capa de gravacemiento, de altas prestaciones, de espesor variable entre 28 y 35 cm y unas capas de mezclas bituminosas en caliente de espesor total entre 10 y 15 cm.

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO



Por analogía con la instrucción de firmes francesa la explanada E2 se correspondería con la PF3 ($E_{v2} > 120$ MPa) y las categorías de tráfico T00-T0-T1-T2 con las homólogas francesas TC7/8-TC6-TC5-TC4.



Extendido con motoniveladora. Variante de Larrabetzu (2004).

EXPERIENCIAS EN OTRAS REDES DE CARRETERAS: PREFISURACIÓN CON JUNTAS ACTIVAS EN BIZKAIA

En todos los casos, las capas tratadas con cemento se prefisuran con uno de los siguientes sistemas:

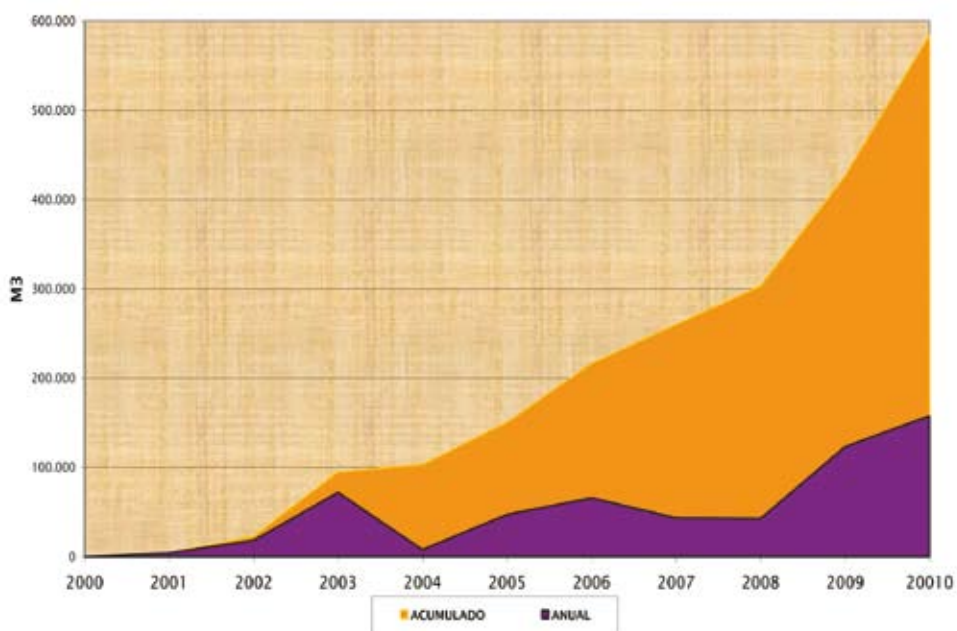
- CRAFT (creación automática de fisuras transversales) consistente en el corte de la capa tratada con cemento con un ripper a través del cual se inyecta emulsión bituminosa.
- Joint Actif® consistente en la formación de una entalladura, en forma de cuña, en la capa tratada con cemento. En dicha entalladura se coloca un perfil de PVC de forma ondulada (3 o 4 ondas senoidales) que formaliza la junta.



Sistema Joint Actif®. Variante de Larrabetzu (2004).



Sistema CRAFT. Desdoblamiento de Enekuri (2008).



PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO

Después de unos tímidos inicios en el empleo de bases tratadas con cemento en 2001, con la obra de Accesos desde la N-240 a la cantera de Apario, su empleo se ha generalizado, constituyendo hoy en día una solución imprescindible en los proyectos de carreteras de Bizkaia.

A finales de 2008 se superaban los 300.000 m³ de gravacemento ejecutados en las bases de las carreteras vizcaínas, con una previsión de alcanzar los 580.000 m³ en 2010.

La prefisuración de las bases tratadas con cemento

Una de las características inherentes al proceso de fraguado de las bases tratadas con cemento es la deformación por retracción.

A su vez, el fenómeno de la retracción tiene dos componentes: una de índole autógena que se desarrolla durante el proceso de fraguado y otra derivada del proceso de secado que se desarrolla más lentamente en el tiempo.

En el proceso de endurecimiento del cemento se produce una reacción química exotérmica que deriva en el posterior enfriamiento de un sólido rígido. Ello produce unas tensiones de tracción sobre la base que, a su vez, está coaccionada por su rozamiento contra el terreno y deriva en la rotura de la capa continua en losas de una forma sistemática en distancias más o menos regulares que oscilan entre 4 y 10 metros.

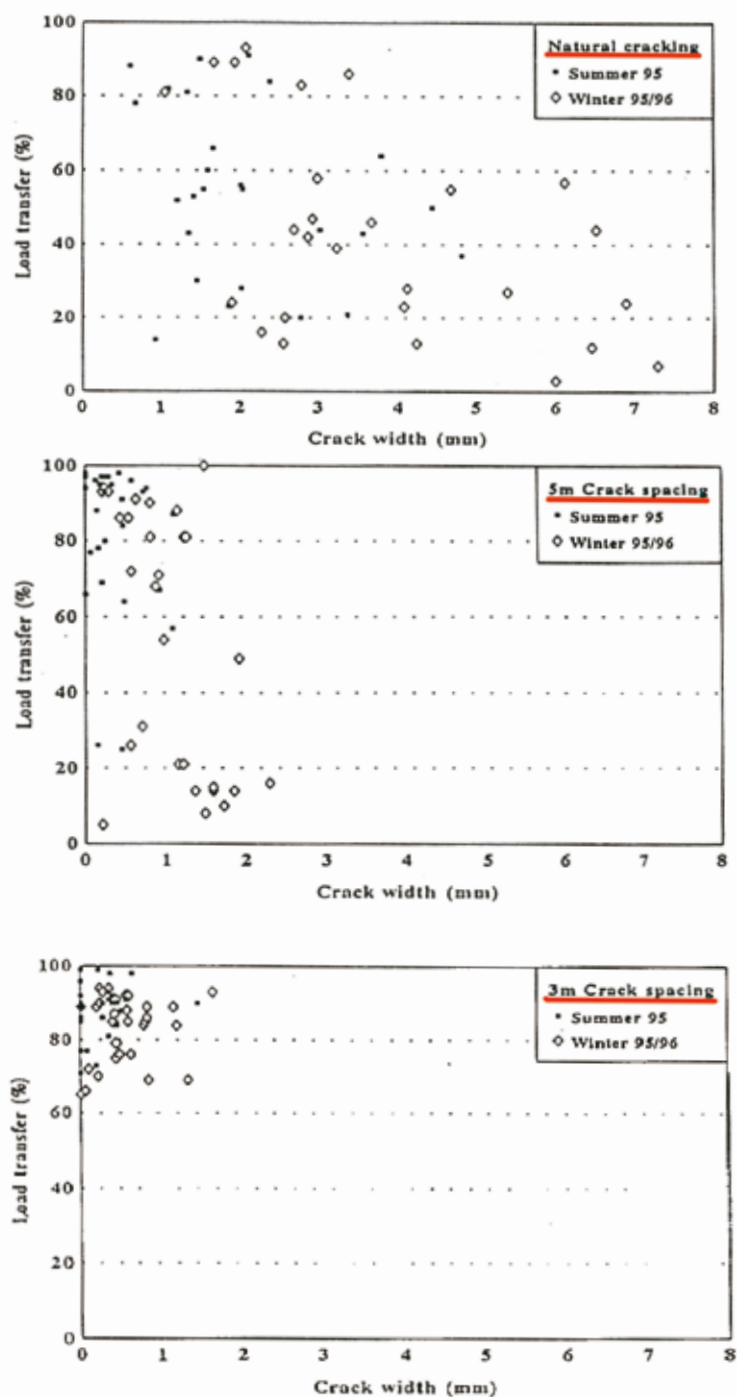
A este fenómeno lo denominamos fisuración de las bases tratadas con cemento. Las fisuras así generadas van evolucionando con el tiempo al actuar las deformaciones de retracción por secado y térmicas (dilatación, contracción y de incurvación por gradiente).

Ello unido a los esfuerzos generados por el tráfico conducirá a una propagación de la fisura hacia las capas superiores de mezclas asfálticas, que al ver superada su capacidad de deformación o resistencia a fatiga, reflejarán en superficie la fisura de la base hidráulica.

A partir de este momento aparecen vías de fácil penetración para el agua hacia la explanada de la carretera. En función de la susceptibilidad de las capas subyacentes al agua el proceso de deterioro se agravará a lo cual contribuirá de manera decisiva las cargas del tráfico pesado que actúan a ambos lados de la fisura del pavimento.

La pérdida de la capacidad soporte de la explanada, por aumento de la humedad y la falta de apoyo por migración de finos, generará la formación de nuevas fisuras paralelas y al final la ruina del firme.

Los resultados obtenidos con el Proyecto Brite en los años 1995 y 1996 fueron reveladores al descubrir la relación entre la prefisuración, los anchos de las fisuras y su capacidad mecánica de transferencia de carga.



PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO

Como conclusión de dicho ensayo se demostró la conveniencia de prefisurar las capas tratadas con cemento a intervalos cortos para generar fisuras de pequeña anchura, con gran capacidad mecánica. Por el contrario la fisuración natural de la base o la prefisuración a longitudes grandes (4-5 metros) conducía a fisuras reflejadas de gran anchura con baja capacidad de transferencia de carga entre losas.

Sistemas de Prefisuración

En la actualidad se dispone esencialmente de dos procedimientos homologados por el SETRA/LCPC para la prefisuración de capas de materiales tratados con cemento: el sistema CRAFT (Creación Automática de Fisuras Transversales) y el método Joint Actif® (Juntas Activas).

Ambos métodos consisten en la creación artificial de discontinuidades en la capa hidráulica, previo a su fraguado, a pequeños intervalos regulares que sean las líneas precursoras de la fisuración por retracción y térmica, dando lugar a fisuras de anchura muy reducida, con débil probabilidad de reflejo en la superficie del pavimento y buena transmisión de cargas.

Las primeras realizaciones de firmes de carretera en Bizkaia, con bases de gravacemento prefisuradas, se producen en el año 2001 con la construcción del Enlace de Apario en la N-240. El método de prefisuración utilizado fue el CRAFT.

La prefisuración con el sistema de juntas activas (Joint Actif®) se inicia en Bizkaia con la ejecución de la Variante de Larrabetzu, en el año 2004.

El sistema de Juntas Activas

La Junta Activa (Joint Actif®) es un procedimiento de prefisuración de las capas tratadas con cemento que se desarrolló en Francia en 1983 y se utilizó a partir de 1989.

El procedimiento se aplica en el momento de la puesta en obra de los materiales tratados con cemento antes de su compactación.

Consiste en la creación de una discontinuidad transversal en la capa hidráulica por la inserción de un perfil de plástico de forma sinusoidal a intervalos regulares, en torno a los 2 metros.

Para la inserción de la junta se crea un hueco en la capa mediante la vibrohinca de una cuña metálica. Tras la colocación del perfil plástico se cierra el hueco con la aproximación hacia la junta del material desplazado y posteriormente se procede a la compactación de la capa.

EXPERIENCIAS EN OTRAS REDES DE CARRETERAS: PREFISURACIÓN CON JUNTAS ACTIVAS EN BIZKAIA



Fase 1: Creación del hueco de la junta.



Fase 2: Inserción de la junta en el hueco.



Fase 3: Cierre del hueco.



Junta terminada preparada para compactación.

Las fisuras de retracción y térmicas se generan a través de las secciones de las juntas y en sus prolongaciones transversales a todo el ancho de la capa tratada. El ancho de la fisura es muy reducido al limitar a 2 metros la longitud de las placas. La geometría del perfil de plástico garantiza un buen engranaje mecánico de la junta entre losas con una buena transferencia de cargas.



Extracción de testigo y serrado en zona de junta Craft.

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO



Extracción de testigo y serrado en zona de junta Craft.

En general, se retrasa el remontado y progresión de las fisuras y su reflejo en el pavimento. Dan lugar a fisuras muy finas, casi imperceptibles y rectilíneas que no se degradan y no precisan mantenimiento específico.

Según la metodología de cálculo y dimensionamiento de estructuras de calzada francés (SETRA-LCPC) la utilización de prefisuración con juntas activas permite la reducción de los espesores de las capas tratadas con cemento.

En resumen, el sistema de prefisuración mediante juntas activas aporta las siguientes ventajas:

- Eficacia mecánica
- Rapidez de ejecución, con rendimientos normales del orden de 1 junta transversal completa cada 4 minutos en calzada de 10 metros de anchura (1 metro de avance cada 2 minutos).
- Retraso en la reflexión de la fisuración al pavimento.
- Fisuras muy finas, casi imperceptibles y rectilíneas.
- Bajo mantenimiento de la fisuración del pavimento por ausencia de degradación de los bordes de las fisuras.
- Posibilidad de reducción de los espesores de la capa tratada con cemento del orden del 10-20%.

Como inconvenientes se aprecian los siguientes:

- Baja disponibilidad por la escasez de equipos para la ejecución de las juntas.
- Mayor coste económico que otros sistemas de prefisuración (2,5-3,0 €/m²)

Realizaciones de prefisuración con juntas activas en Bizkaia

A continuación se exponen los tramos de carretera que se han ejecutado en Bizkaia, en cuya base de gravacemento se ha utilizado el sistema de prefisuración de juntas activas:

Variante de Larrabetzu (BI-2713)	
• Presupuesto	8.914.180 €
• Año de ejecución	2004 – 2005
• Categoría de tráfico	T-1
• Longitud	2.500 metros
• Sección transversal	2 carriles de 3,50 metros y arcenes de 1,50 metros
• Sección del firme:	– 3 cm. mezcla bituminosa tipo F-10 – 12 cm mezcla bituminosa tipo S-20 – 30 cm. gravacemento de altas prestaciones – explanada tipo E2
• Prefisuración cada 2 metros con perfil de 24 cm. (4 ondas de 4 cm. de altura)	
• Extendido de la gravacemento con motoniveladora	
• Volumen de gravacemento:	8.031 m³
• Superficie de gravacemento:	26.000 m²



PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO

Eje del Ballonti. Tramo: Nocedal – Balparda (fase 2) (BI-628)	
• Presupuesto	8.264.870 €
• Año de ejecución	2004 – 2005
• Categoría de tráfico	T-1
• Longitud	1.015 metros
• Sección transversal	2 calzadas de 2 carriles de 3,30 metros y arcenes de 1,50 metros
• Sección del firme:	– 6 cm. mezcla bituminosa tipo S-20 – 9 cm. mezcla bituminosa tipo G-20 – 30 cm. gravacemento de altas prestaciones – explanada tipo E2
• Prefisuración cada 2 metros con perfil de 20 cm. (3 ondas de 4 cm. de altura)	
• Extendido de la gravacemento con extendedora en dos capas (24 +6)	
• Volumen de gravacemento:	8.626 m ³
• Superficie de gravacemento:	29.000 m ²



EXPERIENCIAS EN OTRAS REDES DE CARRETERAS: PREFISURACIÓN CON JUNTAS ACTIVAS EN BIZKAIA

Corredor de Uribe-Kosta. Tramo: Mimenaga-Sopelana (BI-637)		
• Presupuesto	30.837.809 €	
• Año de ejecución	2004 – 2006	
• Categoría de tráfico	T-1 y T-2	
• Longitud	1.600 metros tronco	
	2.000 metros viales	
• Sección transversal	Tronco	2 calzadas de 2 carriles de 3,50 m y arcenes de 2,50 metros
	Vías y ramales:	2 carriles de 3,50 metros y arcenes de 1,50 metros
• Sección del firme:	T-1	– 4 cm. mezcla bituminosa tipo PA-12 – 8 cm. mezcla bituminosa tipo D-20 – 29 cm. gravacemento de altas prestaciones – explanada tipo E2.
	T-2	– 4 cm. mezcla bituminosa tipo S-12 – 6 cm mezcla bituminosa tipo S-20 – 27 cm. gravacemento de altas prestaciones – explanada tipo E2
• Prefisuración cada 2 metros con perfil de 18 cm. (3 ondas de 4 cm.)		
• Extendido de gravacemento con extendedora en dos capas		
• Volumen de gravacemento:	21.049 m ³	
• Superficie de gravacemento:	73.000 m ²	

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO



Eje de Ballonti. Tramo: Carmen-Galindo (BI-628)	
• Presupuesto	22.274.807 €
• Año de ejecución	2005 – 2007
• Categoría de tráfico	T-1
• Longitud	730 metros
• Sección transversal	2 calzadas de 2 carriles de 3,50 metros y arcenes exteriores de 1,50 metros
• Sección del firme:	– 3 cm. mezcla bituminosa tipo F-10 – 12 cm. mezcla bituminosa tipo S-20 – 32 cm. gravacemento de altas prestaciones – explanada tipo E2
• Prefisuración cada 2 metros con perfil de 20 cm. (3 ondas de 4 cm. de altura)	
• Extendido de la gravacemento con extendedora en dos capas (25+7)	
• Volumen de gravacemento:	8.403 m ³
• Superficie de gravacemento:	25.000 m ²

EXPERIENCIAS EN OTRAS REDES DE CARRETERAS: PREFISURACIÓN CON JUNTAS ACTIVAS EN BIZKAIA



Eje del Ballonti. Tramo: Portugalete-Markonzaga-Kueto (BI-628)	
• Presupuesto	52.344.413 €
• Año de ejecución	2005 – 2007
• Categoría de tráfico	T-1
• Longitud	Tronco: 2.500 metros / Desdoblamiento BI-644: 800 metros
• Sección transversal	2 calzadas de 2 carriles de 3,5 metros y arcenes exteriores de 2,50 metros
• Sección del firme:	– 3 cm. mezcla bituminosa tipo F-10 – 12 cm. mezcla bituminosa tipo S-20 – 33 cm. gravacemento de altas prestaciones – explanada tipo E2
• Prefisuración cada 2 metros con perfil de 20 cm. (3 ondas de 4 cm. de altura)	
• Extendido de la gravacemento con extendedora en dos capas (26+7)	
• Volumen de gravacemento:	34.860 m³
• Superficie de gravacemento:	106.000 m²

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO



Aumento de capacidad de la A-8. Tamo: Bengoetxe - Galdakao)	
• Presupuesto	13.634.329 €
• Año de ejecución	2005 – 2007
• Categoría de tráfico	T-00
• Longitud	2.282 metros
• Sección transversal	ampliación 1-2 carriles de 3,50 metros con arcenes de 2,50 metros
• Sección del firme:	– 4 cm. mezcla bituminosa tipo PA-12 – 11 cm. mezcla bituminosa tipo S-12 – 34 cm. gravacemento de altas prestaciones – explanada tipo E2
• Prefisuración cada 2 metros con perfil de 24 cm (4 ondas de 4 cm. de altura)	
• Extendido de la gravacemento con extendedora en dos capas (27+7)	
• Volumen de gravacemento:	13.740 m ³
• Superficie de gravacemento:	40.500 m ²

EXPERIENCIAS EN OTRAS REDES DE CARRETERAS: PREFISURACIÓN CON JUNTAS ACTIVAS EN BIZKAIA

Aumento de Capacidad de la A-8. Tramo: Galdakao-El Gallo	
• Presupuesto	8.171.651 €
• Año de ejecución	2006 – 2007
• Categoría de tráfico	T-00
• Longitud	
• Sección transversal	ampliación 1 carril de 3,50 metros con arcenes de 2,50 metros
• Sección del firme:	– 4 cm. mezcla bituminosa tipo PA-12 – 11 cm. mezcla bituminosa tipo S-12 – 34 cm. gravacemento de altas prestaciones – explanada Tipo E2
• Prefisuración cada 2 metros con perfil de 24 cm. (4 ondas de 4 cm. de altura)	
• Extendido de la gravacemento con extendedora en dos capas (27+7)	
• Volumen de gravacemento:	5.576 m ³
• Superficie de gravacemento:	16.000 m ²

Variante de Lekeitio	
• Presupuesto	22.295.797 €
• Año de ejecución	2007 – 2009
• Categoría de tráfico	T-2
• Longitud	3.000 metros
• Sección transversal	2 carriles de 3,50 metros con arcenes de 1,50 metros
• Sección del firme:	– 5 cm. mezcla bituminosa tipo S-12 – 8 cm. mezcla bituminosa tipo S-20 – 30 cm. gravacemento de altas prestaciones – explanada tipo E2
• Prefisuración cada 2 metros con perfil de 24 cm. (4 ondas de 4 cm. de altura)	
• Extendido de la gravacemento con extendedora en 1 capa. Refino con motoniveladora	
• Volumen de gravacemento:	15.880 m ³
• Superficie de gravacemento:	53.000 m ²

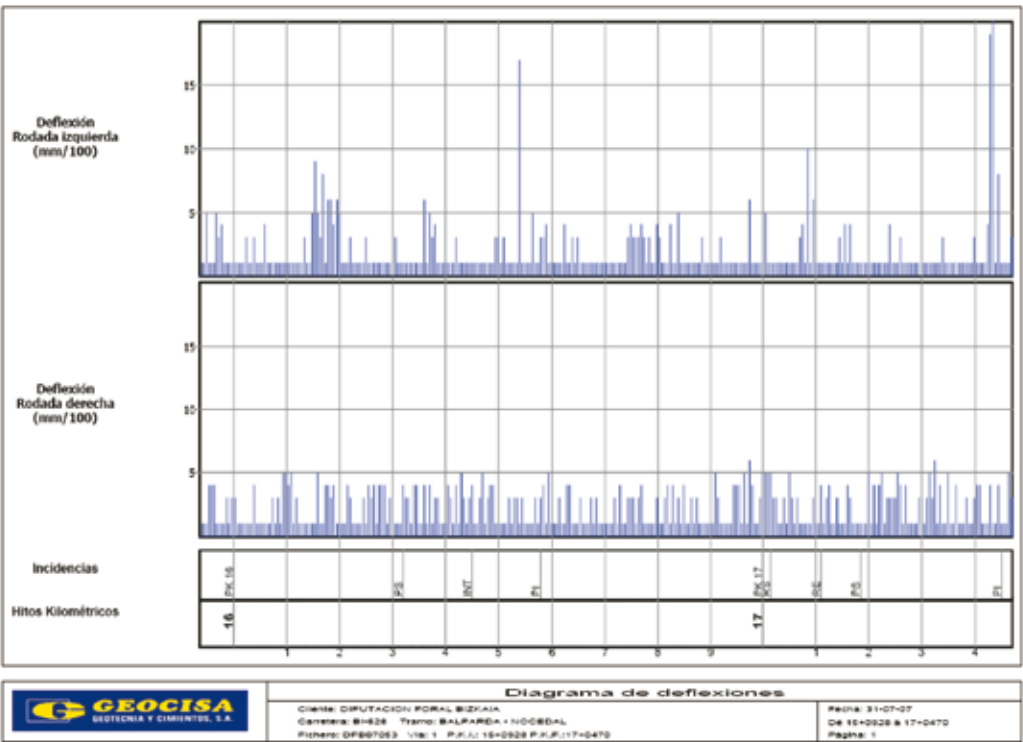
Auscultación de los tramos realizados con juntas activas

En el año 2007 se ha llevado a cabo una campaña general de auscultación de la capacidad portante de la red de carreteras de Bizkaia con el deflectógrafo Lacroix.

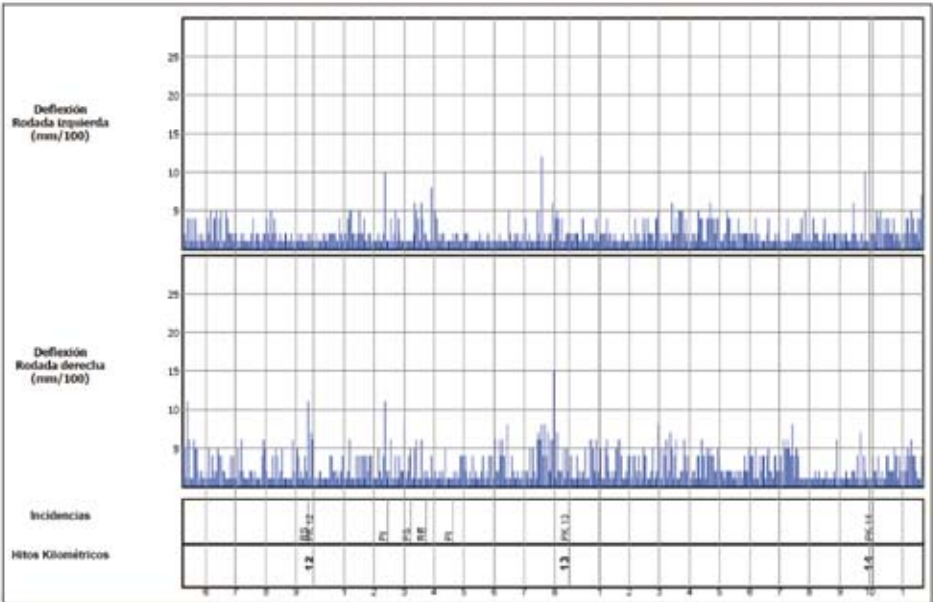
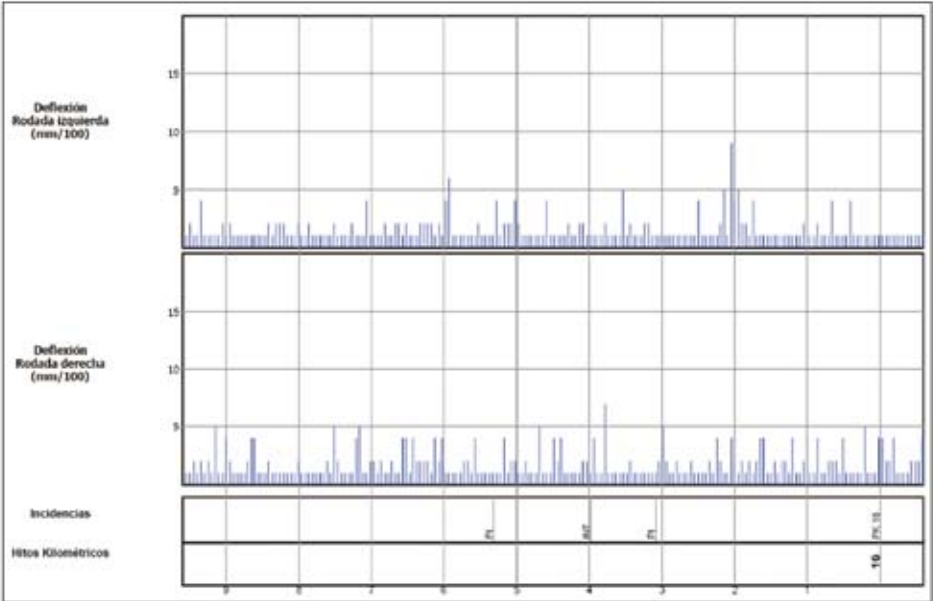
Dicha campaña ha incluido los tramos recientemente ejecutados con bases de grava – cemento prefisurados con juntas activas.

Los resultados que se muestran en los gráficos adjuntos indican una buena capacidad portante del firme con una adecuada homogeneidad de los resultados.

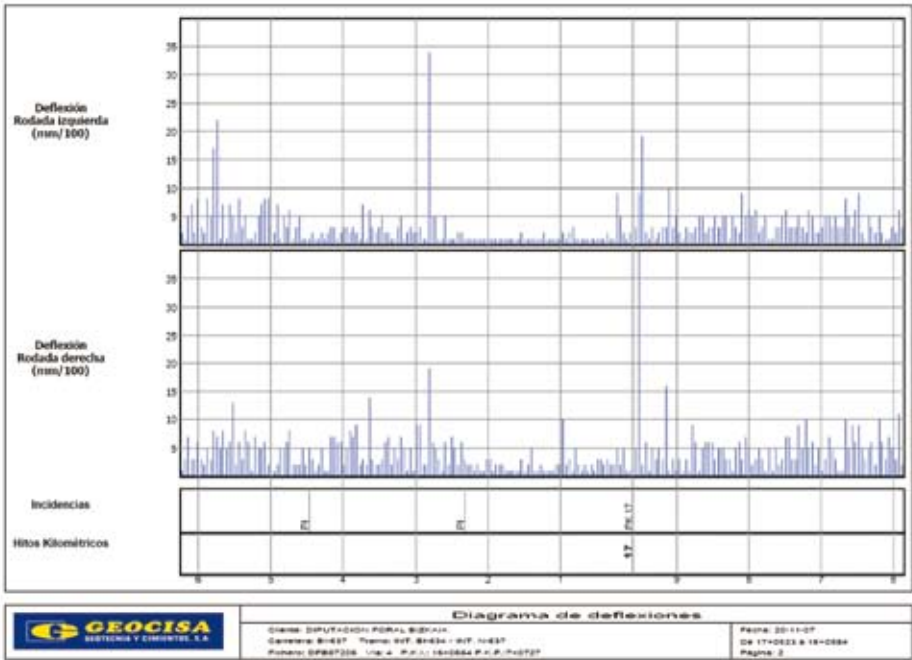
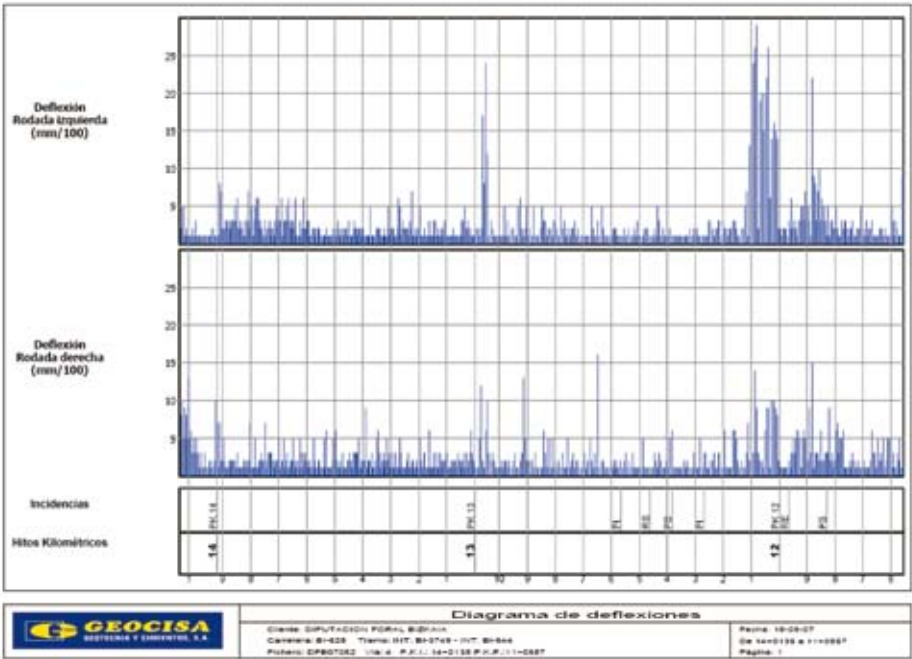
Dicha situación se corresponde con un buen dimensionamiento del firme, una buena ejecución y un período de servicio aún pequeño.



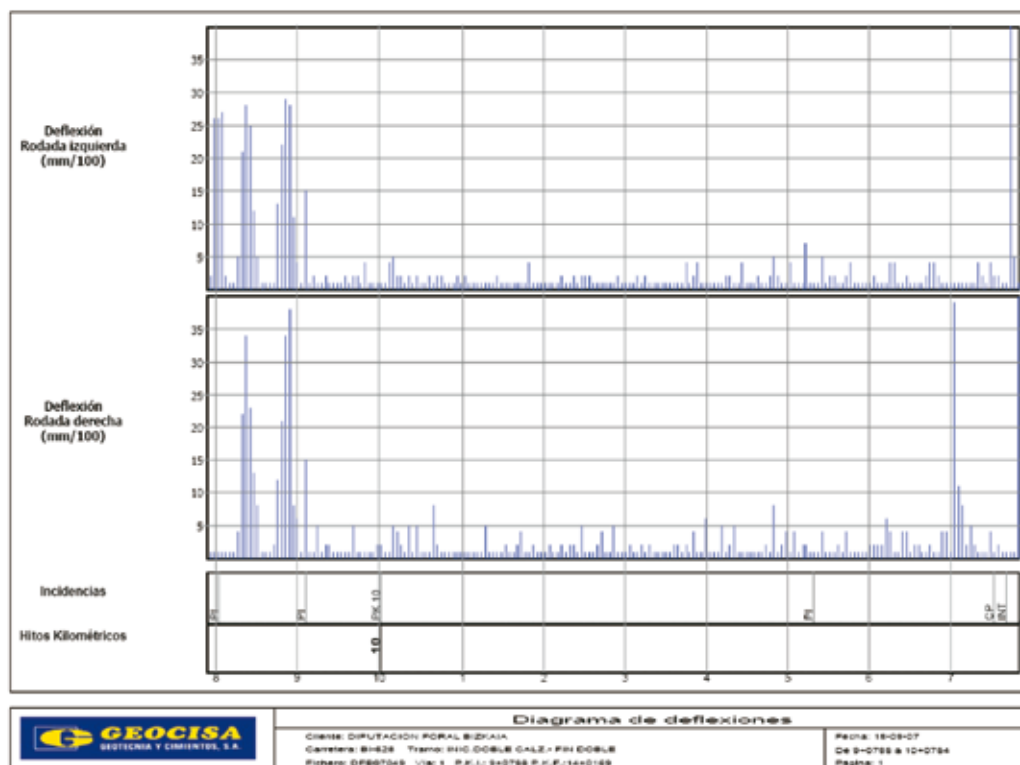
EXPERIENCIAS EN OTRAS REDES DE CARRETERAS: PREFISURACIÓN CON JUNTAS ACTIVAS EN BIZKAIA



PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO



EXPERIENCIAS EN OTRAS REDES DE CARRETERAS: PREFISURACIÓN CON JUNTAS ACTIVAS EN BIZKAIA



En la superficie del pavimento no se aprecian fisuras reflejadas de las juntas de la base habiendo transcurrido, en algunos casos, casi cinco años de servicio de la carretera.

En Agosto de 2009 se ha llevado a cabo una campaña de auscultación de las juntas mediante el empleo del deflectómetro de impacto Dynatest. Los tramos ensayados han sido:

BI-628 Eje del Ballonti: Nocedal-Balparda P.K. 16,640 – 17,090

BI-628 Eje del Ballonti: Carmen – Galindo P.K. 9,948 – 10,413

BI-2713 Variante de Larrabetzu P.K. 12,925 – 13,650

El objetivo de esta campaña ha sido el análisis del comportamiento del punto débil del firme: sus discontinuidades o juntas.

Para ello, en primer lugar, se ha procedido a la identificación de las losas de 2 metros longitud generadas por la prefisuración.



Deflectómetro de impacto DYNATEST HWD 8081.

A continuación, mediante el empleo del deflectómetro de impacto se ha medido la deflexión del firme en el centro de cada losa y a cada lado de línea de prefisuración. Colocando los geófonos del deflectómetro a ambos lados de la junta se puede evaluar la transferencia de carga a través de las discontinuidades de la base tratada con cemento.

Si el firme fuese continuo la transferencia de carga entre ambos lados sería del cien por cien y sin embargo, en el caso de losas totalmente separadas la transferencia sería nula.

Trasladado a la medida de las deflexiones, si el valor de los geófonos a ambos lados de la junta fuera el mismo la transferencia sería total y si no, se correspondería con el porcentaje entre los valores de deflexión a ambos lados.

Como valores de referencia se considera que una transferencia de carga es buena en el entorno del 80% - 100%. Entre el 60% y el 80% la transferencia es deficiente y por debajo del 60% la transferencia es muy mala.



Placa de carga y geófonos del deflectómetro Dynatest.

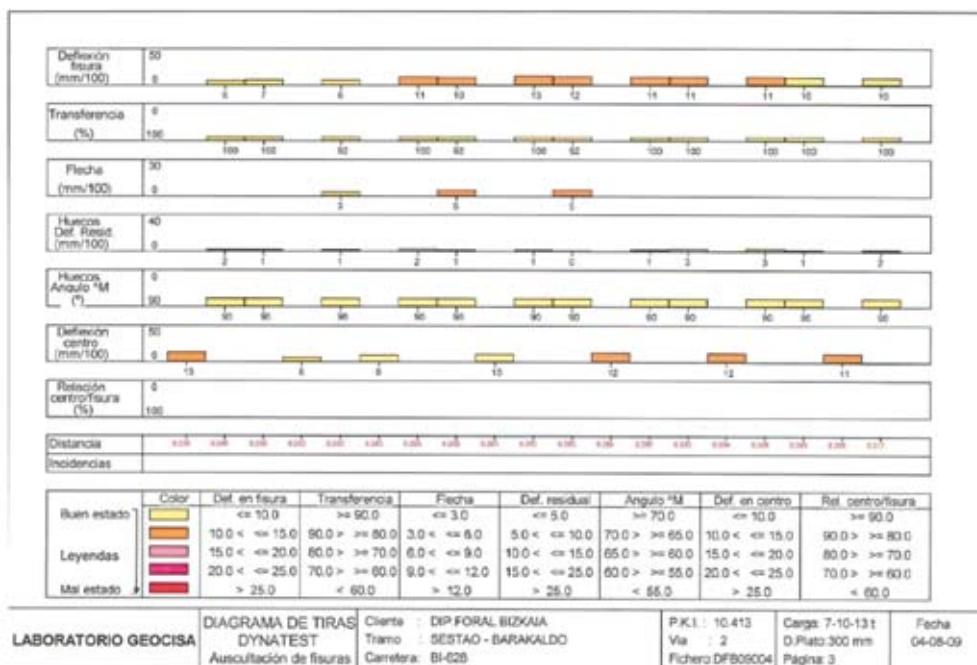
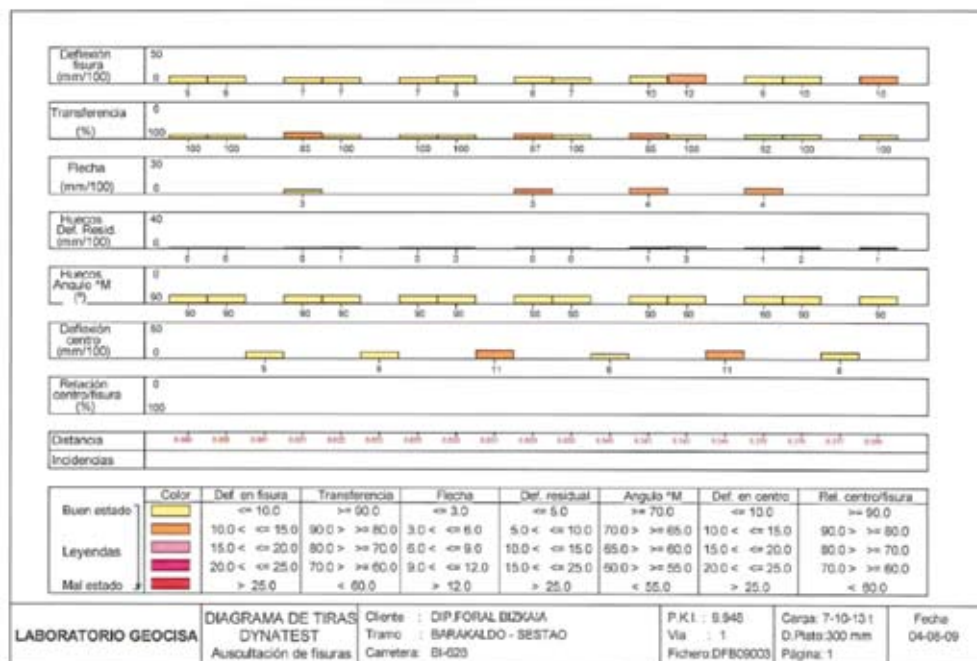
Otro parámetro que se ha evaluado en la campaña de auscultación ha sido los huecos bajo las discontinuidades del firme.

Se han empleado los métodos de la AASHTO para detección de huecos que se basa en la proporcionalidad entre cargas y deflexiones (tres golpes con diferentes estados de carga) y el método de la Universidad de Texas, basado en el análisis de los ángulos entre las rectas que unen las deflexiones medidas por los diferentes geófonos.

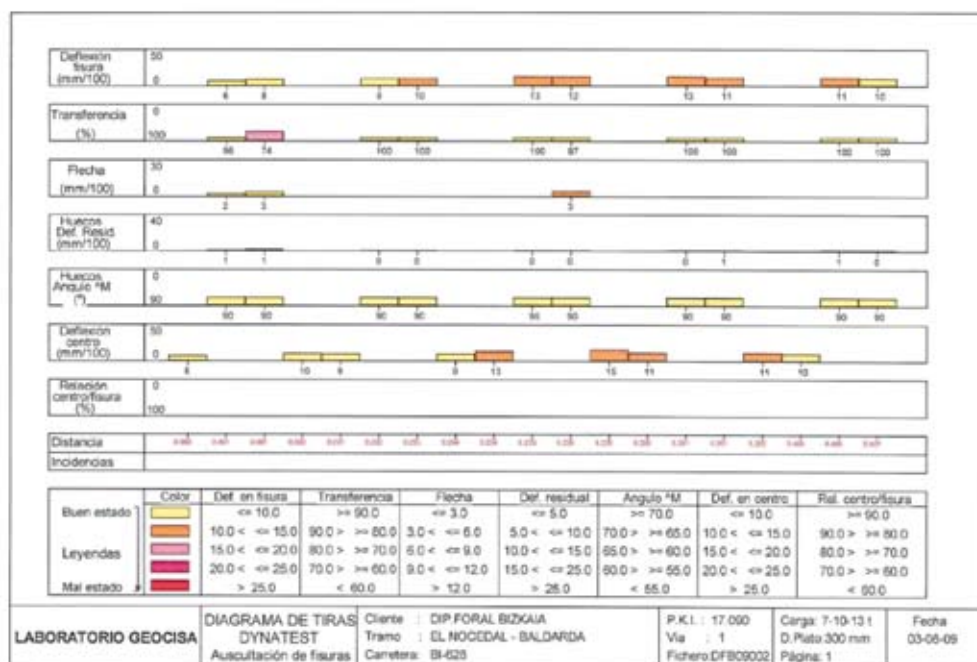
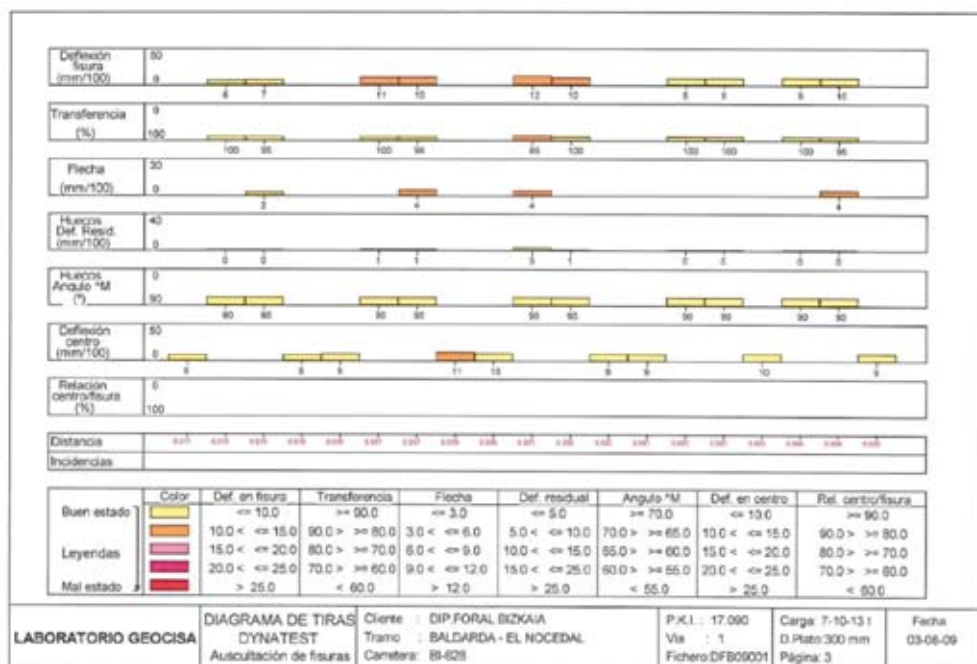
Además se ha medido la flecha originada en la discontinuidad del firme cuando se impacta en una losa y la contigua está descargada. Este parámetro permitiría evaluar la viabilidad de tratamientos sobre el pavimento fisurado. Se admite que valores de flecha por encima de 15 – 20 centésimas de milímetro serían incompatibles con futuros tratamientos al no soportar los esfuerzos cortantes en los bordes de la junta.

En los gráficos adjuntos se muestran los resultados de la campaña realizada.

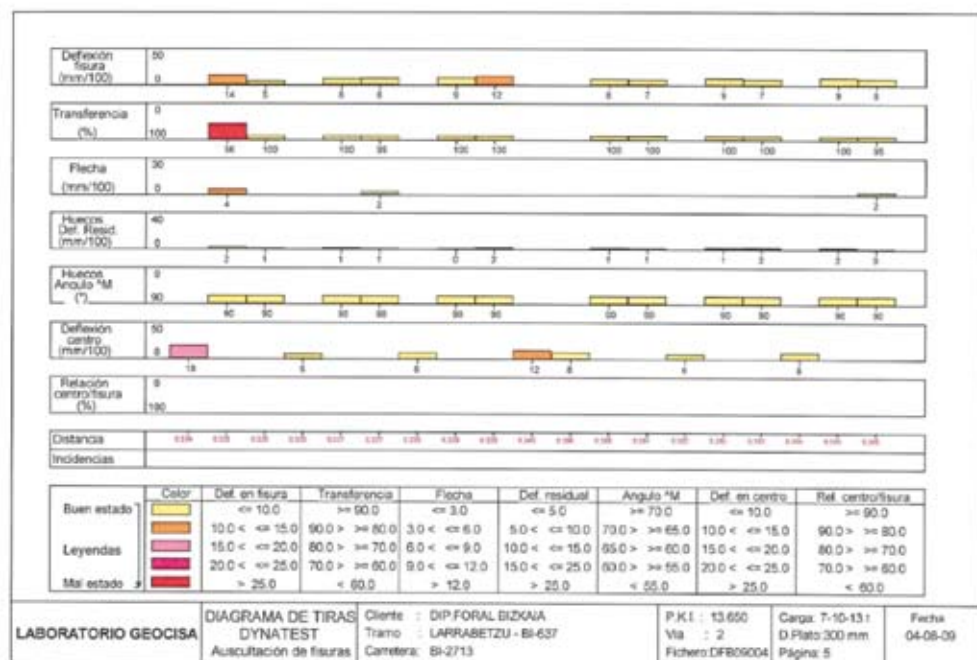
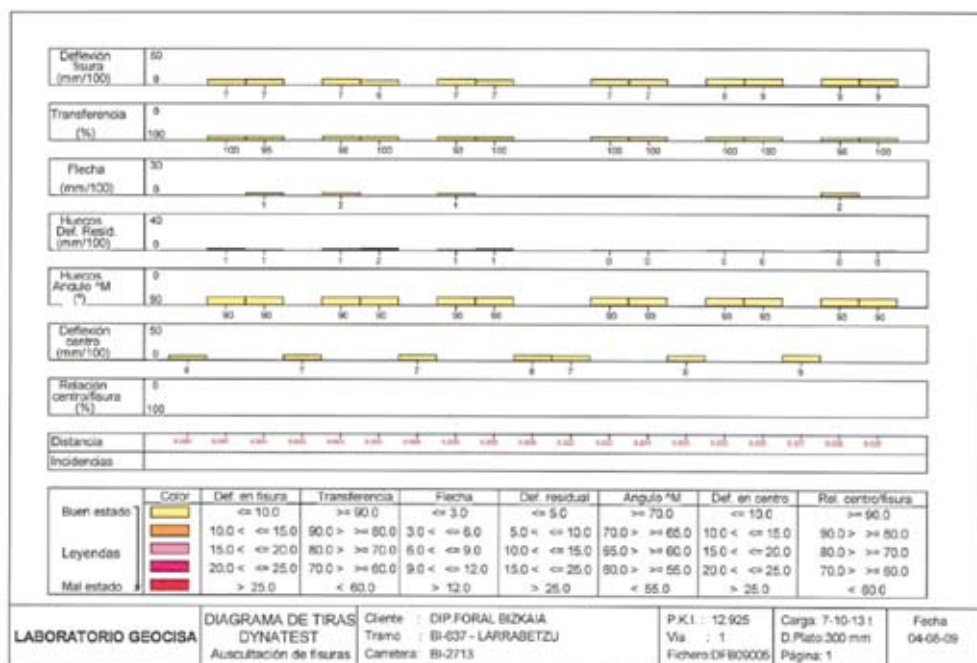
PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO



EXPERIENCIAS EN OTRAS REDES DE CARRETERAS: PREFISURACIÓN CON JUNTAS ACTIVAS EN BIZKAIA



PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO



Como resumen de la campaña de auscultación llevada a cabo pueden enunciarse los siguientes resultados:

- Los firmes auscultados poseen una alta capacidad portante con deflexiones por debajo de 15 centésimas de milímetro.
- Las deflexiones medidas en las zonas de discontinuidad del firme son semejantes a las correspondientes al centro de las losas.
- El porcentaje de transferencia de carga entre losas del firme está comprendido, en general, entre el 90 – 100%.
- La flecha entre borde de las juntas es muy pequeña, en general por debajo de 5 centésimas de milímetro.
- La detección de huecos bajo las discontinuidades de la base del firme, tanto por el método de deformaciones residuales (AASHTO), como por el método de la desviación angular (Universidad de Texas), es insignificante.

Conclusiones sobre la prefisuración de bases tratadas con emento con el método de juntas activas en Bizkaia

- En Bizkaia, desde 2004, se han prefisurado más de 400.000 m² de bases de gravacemento de altas prestaciones, de gran espesor, con el sistema de juntas activas.
- La prefisuración de bases tratadas con cemento con el sistema de Juntas Activas es un método eficaz.
- Genera juntas “reales” de alto rendimiento mecánico en la transferencia de cargas.
- La prefisuración en pequeñas longitudes de la base, del orden de 2 metros, da lugar a juntas con pequeños movimientos de retracción y térmicos, que combinados con capas de mezclas asfálticas, con una generosa dotación de betún y buena adherencia, evitan o retrasan el reflejo de las fisuras al pavimento. Este fenómeno en Bizkaia se acentúa por un clima templado con bajos gradientes térmicos verano – invierno y día – noche.
- Las carreteras construidas en Bizkaia con bases de gravacemento de altas prestaciones, desde el año 2001 y prefisuradas con los sistemas GRAFT y Juntas Activas no presentan fisuras perceptibles reflejadas en el pavimento.
- La auscultación realizada en los tramos de carretera prefisurados con el sistema de las Juntas Activas ha confirmado el buen comportamiento mecánico de la junta, con alta transferencia de carga y flechas muy bajas entre bordes de la fisura.

