

■ Perspectiva de la carretera de concreto microfresado.

# Uso de concreto microfresado

**Jesús Díaz Minguela/Juan F. Escanciano González**  
(Director IECA Tecnología Servicio Territorial de Fomento en León/Junta de Castilla y León, España)\*.

La Junta de Castilla y León ha construido una nueva carretera de conexión entre las localidades de Castrofuerte de Campos y Toral de los Guzmanes, en el sur de la provincia de León, con el objetivo de unir transversalmente las carreteras N-630, Ruta de la Plata, y LE-510, respondiendo a una reivindicación histórica en la zona que era la de evitar, al tráfico local, tener que realizar un largo rodeo para salvar el río Esla. Ade-

más se ha facilitado una salida a la autovía A-66, Autovía de la Plata, a todas las poblaciones ribereñas de la margen izquierda del río. Las obras iniciaron en abril de 2010, y finalizaron en el verano de 2012.

## La carretera

Con una longitud total de 3,787 m y un trazado en planta prácticamente rectilíneo que aprovecha un camino agrícola existente, el movimiento de tierras resulta muy reducido; en alzado se ajustó al

terreno, con una cota de rasante ligeramente elevada y discurriendo todo en terraplén para lograr la evacuación de las aguas superficiales. La sección transversal es 6/8 y está formada por una calzada de 8.0 m con dos carriles de 3.0 m, arcenes pavimentados de 1.0 m y bermas en tierra de 0.5 m respectivamente.

El firme proyectado corresponde con el tipo 411.4 de las *Recomendaciones de Proyecto y Construcción de Firmes y Pavimentos de la Junta de Castilla y León*, formado por un pavimento de 20 cm de concreto HF-4.0 (de 4.0 MPa de resistencia característica a flexotracción a 28 días) sobre 20 cm de zahorra artificial, apoyadas en una explanada tipo E1 (de acuerdo con las citadas

\* Resumen tomado de: Revista técnica CEMENTO HORMIGÓN, nº 955, marzo-abril 2013. ([www.cemento-hormigon.com](http://www.cemento-hormigon.com)).

recomendaciones, coincidentes con la Norma 6.1-IC del Ministerio de Fomento). Posteriormente la explanada se modificó a una capa estabilizada S-EST 2, que se apoyaría en un suelo tolerable pero, al disponerse suelos de elevada calidad para la formación de todo el terraplén, con los que se aseguraba una explanada de calidad E2 (incluso E3 en muchos tramos), se decidió suprimir la estabilización y se mantuvo la capa de zahorra con un espesor mínimo de 15 cm, para que funcionara como capa de regularización del concreto.

### La estructura sobre el río Esla

Sobre río Esla se construyó un viaducto de 324 m de longitud de planta recta, con tablero de 10 m de ancho en el que, para minimizar el impacto visual en el entorno, se definió una rasante pegada al terreno. La construcción de la estructura tenía como condicionante principal que debían evitarse los cimbrados sobre el río de acuerdo con la Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Como solución constructiva, buscando una imagen de continuidad, se decidió proyectar el tablero manteniendo el canto en toda su longitud empleando vigas prefabricadas del mismo canto y ménsulas metálicas de 30 m sobre esas pilas a modo de capiteles.

### El pavimento de concreto

La carretera de conexión de Castrofuerte de Campos a Toral de los Guzmanes fue construida con un pavimento de concreto en masa con juntas transversales esviadas 6:1 y junta longitudinal en mitad de la calzada. Con el objetivo de evitar el efecto



■ Extendido del concreto en la obra.

resonancia, las juntas transversales se han dispuesto cada 3.4-3.6-3.8 m en lugar de a una distancia fija. Aunque sólo una parte de la carretera se encuentra dentro de la zona inundable con periodo de retorno de 100 años, se decidió sellar todas las juntas para evitar deterioros por la helada.

Para construir un pavimento de concreto cumpliendo los parámetros de calidad requeridos es imprescindible fabricar el concreto en una central con amasadora. No obstante, dado el escaso volumen de concreto que se utilizaba en el pavimento (unos 4,500 m<sup>3</sup>), que no hacía rentable instalar una planta, el material se fabricó en una central de concreto preparado próxima a León. El concreto fue diseñado para mantener sus características durante más de hora y media, aumentando considerablemente el

plazo de trabajabilidad. Tras varias pruebas, se comprobó que era necesario transportar el concreto en "cubas hormigoneras", en lugar de camiones bañera como es usual, con el fin de poder suministrar energía de envuelta durante todo el tiempo de transporte.

La construcción del pavimento se inició a finales de octubre de 2011, con una extendidora CMI 100. La anchura existente de plataforma y la necesidad de disponer de espacio para las orugas de la extendidora hizo que el ancho de extendido fuera de 6.50 m, construyéndose a *posteriori*, con una extendidora lateral, los arcenes de 0.75 m de concreto para completar la calzada de 8.0 m. Aunque inicialmente se empezó utilizando un carro de curado, los problemas que surgieron con las boquillas de inyección obligaron a realizar el curado a mano.

Las juntas se realizaron serrando 7 cm el concreto. En el caso de las transversales, se serraron esviadas 6:1 para que entraran primero en la losa las cargas debidas a las ruedas interiores de los vehículos (cargas más alejadas del borde). Todas se cajearon y sellaron con un producto de sellado en frío

#### Dosificación del concreto HF-4.0.

CEM II/A-V 42.5R	375 K
Gravilla silícea 6.12	1.214 K
Arena silícea 0-4	630 K
Agua	145 l
Polyheed 777N	0.7% vspc
Glenium SKY 597	0.2% vspc
Relación a/c =	0.39

(UNE EN 14188-2) denominado Polifix K-10 SL.

Aunque inicialmente estaba previsto la obtención de una textura de árido visto y se realizaron diversas pruebas en el laboratorio, en varias losas y en un tramo de la carretera, resultó complejo obtener una textura homogénea. La razón de esta heterogeneidad en el acabado pudo deberse a la necesidad de utilizar un volumen elevado de aditivos en el concreto para mantener las características durante, al menos, 90 minutos, al transporte en camión hormigonera que hace que las características de algunas cubas varíe respecto a otras por la energía suministrada, aunque tengan similar consistencia y a la dependencia de la climatología.

A mediados de noviembre se suspendió la ejecución de la obra, cuando empezaron las heladas, y se continuó en abril, con mejores temperaturas y días más largos. Con el fin de mejorar los bajos rendimientos obtenidos para lograr, en esas condiciones, una textura de árido visto suficientemente homogénea, las empresas constructoras propusieron la obtención de la textura mediante microfresado, alternativa totalmente novedosa en el campo de los pavimentos de concreto en cuanto a obtención de textura se refiere (hasta la fecha sólo utilizada para mejorar problemas de regularidad superficial). El microfresado se realizó con una fresadora Wirtgen 2000 propiedad de Iber Samop S.A.

## Ventajas del microfresado

El mayor costo, debido al desgaste de picas de la fresadora, se compensa con las ventajas del microfresado que pueden concretarse en las siguientes:

- Resuelve los problemas de regularidad superficial ocasiona-

dos por las múltiples paradas de la entendedora.

- Logra una textura de buena calidad.
- Permite independizar los equipos de extendido de los que realizan la textura, obteniendo mayores rendimientos al permitir avanzar con menor dependencia de las temperaturas o condiciones climáticas y permitir jornadas largas de extendido.
- Obtiene una elevada resistencia al deslizamiento (CRT) y una baja sonoridad.

No obstante, para el fresado se debe utilizar una fresadora de concreto cuyo tambor está formado por discos de diamante o, si se emplea una fresadora con un tambor con picas, como fue este caso, los bordes de las juntas se deteriorarán debido al impacto de las picas de la fresa sobre las mismas. La forma de evitar este daño consiste en aplicar un mortero en las juntas antes de que pase la fresadora. Cabe decir que una vez microfresado el pavimento se vuelven a serrar las juntas lo antes posible, realizando el cajeo y sellado de éstas para que el pavimento de hormigón, que vuelve a ser continuo, no exista fisuración de manera aleatoria.

La construcción de los arcnos se realizó a *posteriori*, con una extendedora lateral dotada de una tolva de 0.75 m y un vibrador, adaptado a esta peculiar situación. La textura del arcén se realizó transversalmente con un cepillo fabricado con redondos metálicos curvados con el objetivo de obtener un efecto sonoro que haga de despertador si algún vehículo se sale de los carriles por distracción. En los arcnos, debido a su reducida anchura, se serraron las mismas juntas que en los carriles más otras intermedias cada 1.80 m

aproximadamente, para evitar losas muy largas y estrechas que pudieran romperse.

Las cifras y rendimientos obtenidos en la obra fueron los siguientes:

- Volumen de concreto: 4,424 m<sup>3</sup>.
- Duración del extendido: 15 días de trabajo.
- Rendimiento medio: 294 m<sup>3</sup>/día incluyendo las pruebas.
- Rendimiento máximo: 447 m<sup>3</sup>/día.
- Microfresado: 17,900 m<sup>2</sup>.
- Duración del microfresado: 5 días.

En el pavimento se llevó a cabo una campaña de auscultación midiendo los valores del coeficiente de rozamiento transversal (CRT del orden de 74), deflexiones (del orden de 21x10<sup>-2</sup> mm), y comprobándose el cumplimiento de los valores exigidos de IRI. Además se realizaron ensayos *in situ* para comprobar la correcta evacuación del agua de lluvia, fresándose los puntos donde podía quedar retenida.

## El concreto del pavimento

La dosificación del concreto se estudió para mantener las características del concreto con un plazo de trabajabilidad de 90 minutos, como mínimo, que era lo que se tardaba en la fabricación, transporte y extendido en obra (tiempo para la carga 10 minutos + transporte 50 minutos + descarga 20 minutos + reparto y extendido 10 minutos), incrementando considerablemente el volumen de aditivos dosificado.

El árido empleado fue todo silíceo de machaqueo, diferenciándose una gravilla 6/12 y una arena 0/4 mm. Aunque el árido grueso a emplear en una textura de árido visto debe

tener un desgaste inferior a 20 y un coeficiente de pulimento acelerado superior a 0.50 para asegurar en el tiempo las condiciones de adherencia, estos valores son prácticamente imposibles de cumplir con los áridos disponibles en la zona, utilizándose una gravilla un desgaste de 26-27 y un CPA de 0.55 (suficientes para las características de tráfico que circula por esta carretera). Así, cada metro cúbico de concreto diseñado para el pavimento, tras varias pruebas y ajustes, estaba compuesto por 375 k/m<sup>3</sup> de cemento CEM II/A-V 42.5R pues, aunque inicialmente la propuesta de dosificación era de 350 k/m<sup>3</sup> de cemento, la empresa constructora prefirió incrementar la cantidad de conglomerante para asegurar las resistencias en la época de heladas (el pavimento se empezaría a construir a finales de octubre).

Tras varias pruebas con diferentes porcentajes de plastificantes, superplastificantes y aireantes, los aditivos empleados, de BASF, fueron los siguientes: Polyheed 777N, que es un aditivo polifuncional que incrementa las resistencias manteniendo la consistencia, la docilidad y la cohesión del concreto, y Glenium SKY597, que es un superplastificante reductor de agua de alta actividad. No se incorporó ningún aireante para que el concreto pueda soportar bien las heladas de la zona porque el aire ocluido que introducían los aditivos, ajustados para mantener las características del concreto durante 90 minutos, era de un 4% según mediciones realizadas en la central.

El concreto se fabricaba con un cono de 2-3 cm para que se extendiera en obra con 1-2 cm de consistencia. Por ello resultaba importante controlar bien el agua de amasado y reducir la añadida con el dosificador en la misma



Losas de tramo de prueba.

medida que la aportada por los áridos, principalmente por la arena. Por otro lado, el control de resistencia del concreto se realizó con probetas cilíndricas de Ø15 cm y longitud 30 cm, para romper a compresión según la *Instrucción de Hormigón EHE*; pero al tratarse de un pavimento, de acuerdo con el *Pliego General de Carreteras PG-3*, se realizaron también probetas prismáticas de 15 x 15 x 60 cm para romper a flexotracción. Estas probetas pesan unos 34 kg y tienen que ser manejadas por dos operarios, por lo que en la misma central se fabricaron probetas prismáticas de 10 x 10 x 40 cm mucho más operativas (unos 10 kg de peso). Cabe decir que se estudió la correlación entre todas estas resistencias y diferentes tamaños de probeta.

La resistencia característica a flexotracción exigida a 28 días era de 4.0 Mpa. Sin embargo, la resistencia media del concreto obtenida fue muy superior obteniéndose 6.0 MPa (en probetas curadas en cámara normalizada). La desviación obtenida quedó reducida lo que da muestra de la homogeneidad obtenida en la calidad del concreto, característica imprescindible para lograr un buen pavimento.

Para los arcenes se utilizó un concreto de similares características pero fabricado con árido de

tamaño máximo 40 mm en lugar de 12 mm.

## Conclusiones

Entre las localidades de Castrofuerte de Campos y Toral de los Guzmanes, en el sur de la provincia de León, la Junta de Castilla y León construyó esta carretera de conexión, con el objetivo de unir transversalmente las carreteras N-630, Ruta de la Plata, y LE-510 que ha incluido la ejecución de un viaducto de 324 m de longitud para salvar el río Esla.

El pavimento, salvo en las conexiones con las carreteras existentes, es de concreto en masa con juntas selladas. Este pavimento, tipo HF-4.0 (concreto de 4.0 MPa de resistencia característica a flexotracción) tiene como singularidad que la textura se ha obtenido por microfresado de la superficie. Además de resolver problemas de regularidad ocasionados por las múltiples paradas de la extendidora, al independizar el extendido del concreto de la ejecución de las características superficiales, logra una textura de última generación de buena calidad, con elevada resistencia al deslizamiento y una baja sonoridad, dando por resultado una rodadura cómoda para el usuario, que incrementa los parámetros usuales de seguridad. ©