

El pavimento de hormigón con microfresado superficial. Una carretera diferente



A new road with a micromilled concrete pavement

Jesús Díaz Minguela
Director
IECA Tecnología

Juan F. Escanciano González
Servicio Territorial de Fomento de León
Junta de Castilla y León

Resumen

La Junta de Castilla y León ha construido una nueva carretera salvando el río Esla que conecta las localidades de Castrofuerte de Campos y Toral de los Guzmanes al sur de la provincia de León. La novedad radica en la obtención de la textura de rodadura mediante la ejecución de un microfresado de la superficie de hormigón. Con ello, se ha conseguido una buena regularidad superficial, a la vez que una textura de baja sonoridad y alta calidad, obtenida sin depender de las temperaturas o condiciones climáticas, además de una elevada resistencia al deslizamiento, que se traduce en elevados parámetros de confort y seguridad.

En el artículo se plantean los problemas aparecidos durante la ejecución del pavimento rígido, al no disponer de central de fabricación a una distancia próxima y la dificultad de lograr la textura inicialmente prevista de árido visto. Además se dan ciertas recomendaciones y cuidados a tener durante la construcción del pavimento y durante la realización del microfresado.

PALABRAS CLAVES: pavimento, hormigón, microfresado, textura, juntas.

Abstract

The Castilla & Leon Regional Government has built a new road between the towns of Castrofuerte de Campos and Toral de los Guzmanes located in the South of León's Province. It includes a bridge allowing local traffic to avoid a long detour around the Esla river.

The pavement is composed of 20cm of concrete on 15cm of crushed granular material. Aiming to reduce noise levels, the texture was obtained by micromilling the surface. This was the first Spanish experience on the use of this technique in new pavements. In addition, evenness problems caused by stops of the paver were also corrected. Last but not least, speed of construction was increased with respect to that achieved when an exposed aggregate texture was selected at the beginning of the work, since winter conditions prevailing at the jobsite hindered the removal of unset surface mortar and therefore the cutting of joints. As a result, a silent, high skid-resistant texture was achieved. All things considered, micromilling increases both comfort and safety of drivers.

KEY WORDS: concrete pavement, micromilling, texture, joints

1. Introducción

Con el objetivo de responder a la reivindicación histórica de aproximar a las poblaciones ribereñas de ambas márgenes, salvando la barrera que constituía el río Esla, y unir transversalmente las carreteras N-630, Ruta de la Plata, y LE-510, la Junta de Castilla y León ha construido durante 2011 y 2012 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. Esta nueva vía sirve además como salida a la A-66, Autovía de la Plata para todas la poblaciones ubicadas en la margen izquierda del río.

Hasta la puesta en servicio de esta nueva infraestructura, sólo existía conexión entre ambas márgenes aguas arriba, en la CL-621 (en Valencia de Don Juan), o aguas abajo, en la LE-524 (a la altura de Villafer), con una estructura con problemas de limitación de peso y

galíbo y distante unos 30 Km. de la anterior.

En el proyecto de esta nueva vía, la Dirección General de Carreteras e Infraestructuras de la Consejería de Fomento y Medio Ambiente ha apostado una vez más por la innovación, considerando las nuevas experiencias que se están desarrollando en las técnicas de construcción de pavimentos. Aprovechando las características singulares de esta carretera, a saber, carretera de nuevo trazado, próxima a ejes viarios de gran capacidad, con un potencial de crecimiento importante, y tráfico fundamentalmente ligero, se han considerado diferentes alternativas de construcción y se ha introducido, en lugar de la tradicional solución en base a rodadura de mezcla bituminosa, la propuesta de pavimento de hormigón vibrado con una terminación no convencional. Con esta alternativa, y con las conclusiones derivadas de su proyecto, construcción y explotación, se pretende obtener experiencia

e incorporar criterios adicionales a los que, normalmente se vienen utilizando para la concepción de vías de las características indicadas, frecuentes en las redes de carreteras de la comunidades autónomas.

2. Características generales del proyecto

En el año 2005 se encargó un Estudio Informativo de nueva carretera, que analizara posibles corredores y eligiera la alternativa óptima, atendiendo a los diferentes factores que la condicionaban: comienzo en la LE-510 y final en la N-630 en dirección Este-Oeste, trazado recto y pegado a un terreno llano y aprovechamiento de los caminos existentes para minimizar la afección a los terrenos de regadío que se atravesaran. Posteriormente, en 2009 se aprobó el Proyecto de Construcción de la alternativa seleccionada; la obra se licitó por la empresa pública PROVILSA, se adjudicó por 5,6 millones de euros a la UTE formada por las empresas Ferrovial-Agromán y Construcciones Arranz Acinas, y se inició en Abril de 2010 con un plazo de ejecución de 24 meses.

El nuevo vial tiene una longitud total de 3.787 m con un trazado en planta formado por tres alineaciones rectas con reducido ángulo entre sí, unidas por curvas en S de radio 3.000 m y escaso desarrollo, aprovechando un camino existente. En alzado, al atravesar un terreno sensiblemente llano con una meseta elevada en la margen izquierda del río Esla, se mantuvo la rasante siempre por encima del terreno natural, consiguiendo una pendiente transversal suficiente para el drenaje y discurriendo todo en terraplén. El movimiento de tierras tiene poca entidad y se debe a la necesidad de conseguir la pendiente longitudinal y transversal suficiente. El terraplén máximo, excepto en los acompañamientos al viaducto, tiene en torno a 2,0 metros de altura máxima.

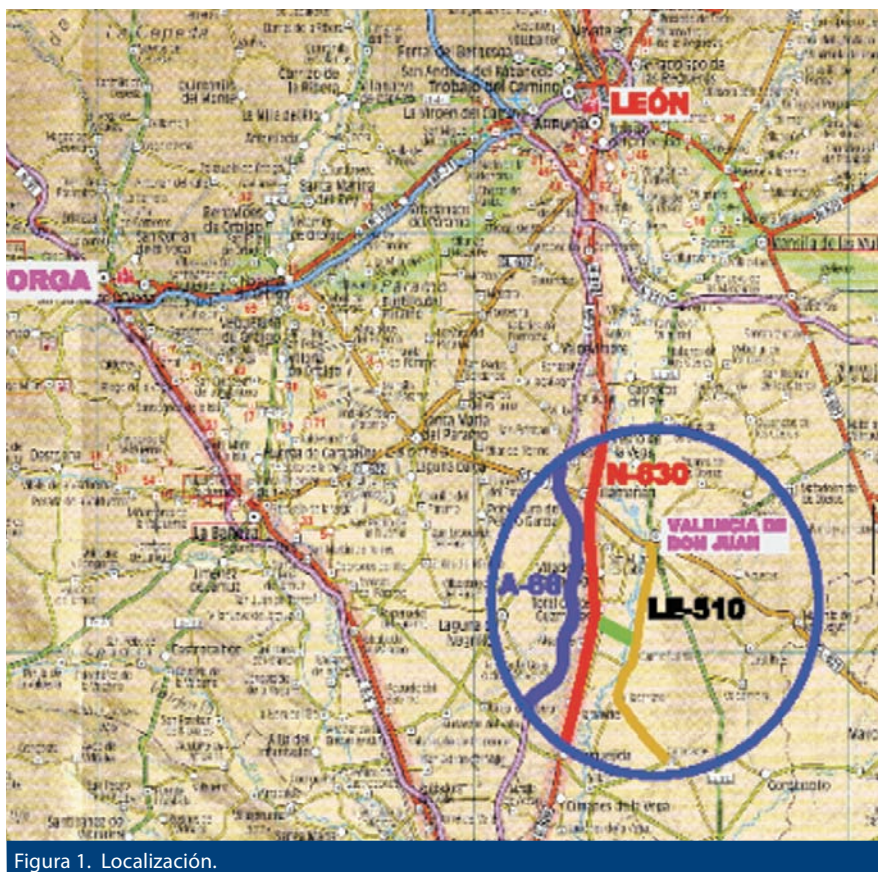


Figura 1. Localización.



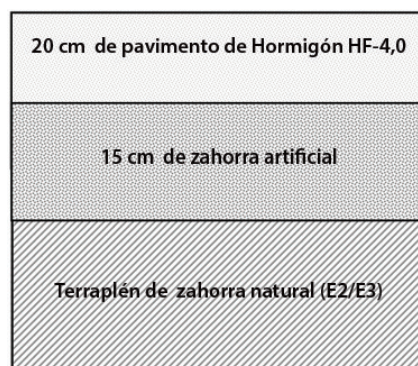
Figura 2. Perspectiva.

La anchura de la calzada pavimentada es de 8 m y está formada por dos carriles de 3,0 m cada uno, arcenes de 1,0 m y bermas laterales en tierra de 0,5 m.

Al tratarse de una carretera de nuevo trazado y no disponer de aforos, se ha estimado que el tráfico será fundamentalmente local, aprovechando la conexión de las dos márgenes del río y todas las localidades situadas a lo largo de las carreteras LE-510 y N-630 a través de cuya carretera tienen acceso a la autovía A-66, León-Benavente. Aunque el tráfico de vehículos ligeros pueda resultar intenso, se ha estimado que la IMD de vehículos pesados no superará los 50 camiones/carril/día, por lo que la categoría de tráfico pesado considerada ha sido T41 de acuerdo con la clasificación de la Norma 6.1-IC del Ministerio de Fomento y con las Recomendaciones de Proyecto y Construcción de Firmes y Pavimentos de la Junta de Castilla y León.

La sección de firme diseñada se correspondía con la 411.4 de las citadas Recomendaciones y estaba formada por 20 cm. de hormigón HF-4,0 sobre 20 cm. de zahorra

artificial que se apoyaban en una explanada E1. Posteriormente se consideró mejorar la explanada mediante una estabilización S-EST 2, sobre un suelo tolerable. Y ya durante la ejecución de las obras, a la vista de que se consiguió suelo de calidad para la formación del terraplén al disponer de unas zahorras naturales con las que se aseguraba una explanada de calidad E2, que resultaba E3 en algunos tramos, se decidió suprimir la estabilización (muy complicada de realizar con este material dada su granulometría de bolos y carencia de finos) y se redujo el espesor de la capa de zahorra artificial a un mínimo de 15cm para servir como capa de regularización del firme.



Así pues la sección de firme construido finalmente ha sido:

El pavimento diseñado es de hormigón en masa de 4,0 MPa de resistencia a flexotracción a los 28 días, con juntas transversales esviadas 6:1 cada 3,4/3,6/3,8 m para evitar el efecto resonancia y junta longitudinal en mitad de la calzada. Ambas juntas, van selladas para evitar deterioros por la helada y al encontrarse la mayor parte del pavimento dentro de la zona inundable del río con un periodo de retorno de 100 años.

Como novedad, se proyectó la obtención de la textura vista del pavimento mediante la técnica del denudado o "árido visto", realizada por la aplicación de un retardador de fraguado y posterior barrido del mortero no adherido, que permite obtener una textura en la que una parte de la superficie del árido grueso queda en la superficie. Así se reducía la sonoridad provocada por la rodadura de los vehículos y, con ello, la afección a las aves que habitan el entorno de acuerdo con la Declaración de Impacto Ambiental (el río Esla está incluido dentro del LIC Riberas del Esla y afluentes).

Por otra parte ante la necesidad de conectar en los extremos con rodadura de mezcla bituminosa, en la LE-510 con una intersección en T con carril central de espera y en la carretera N-630 mediante una glorieta cerrada de 40 m de diámetro, se diseñaron los entronques con la sección 411.1 de las citadas Recomendaciones formada por 40 cm. de zahorra artificial y 10 cm. de mezcla bituminosa en caliente. Y dado que el viaducto sobre el río Esla llevaba una capa de rodadura bituminosa de 6 cm, y que los equipos de extendido del hormigón no podían atravesar la estructura hasta su finalización, se mantuvo esta sección de firme flexible desde el comienzo de la obra, en la intersección con la LE-510, hasta el mismo puente (unos 580 m.).

El drenaje transversal de la carretera se definió respetando los desagües existentes y los naturales del terreno. El drenaje longitudinal se resolvió mediante cunetas revestidas de hormigón en los entronques con la LE-510 y en la glorieta de la N-630 y cunetas perfiladas en tierras en el resto de la carretera. Además, se ha actuado en la red de acequias de riego existente que se demolió y se construyó nueva en la margen izquierda de la carretera, así como todas las conexiones secundarias de reparto a las fincas.

3. Construcción del pavimento de hormigón

El hormigón necesario para el pavimento requiere unas características de uniformidad que solo se pueden garantizar en una central con amasadora. No obstante, dado el escaso volumen de hormigón requerido para el pavimento (unos 4.500 m³), las empresas constructoras propusieron no instalar planta propia y adquirir el material en una central de hormigón preparado existente en León, propiedad de General de Hormigones S.A. (GED-HOSA).

La distancia a salvar, unos 45 km, se traducían en una hora y media, aproximadamente, desde que se fabricaba la amasada hasta que

se extendía y remataba en obra. Así, la necesidad de incorporar aditivos que mantuvieran las características del hormigón durante al menos este plazo obligó, tras varias pruebas de transporte en camiones bañera, a transportar el hormigón en cubas hormigonera que permitían facilitar energía de envuelta durante el traslado del mismo.

El empleo de camiones cuba de 6 y 8 m³ de capacidad se traduce en la ventaja de poder amasar el hormigón durante el tiempo necesario e incluso incorporar aditivo si se requiere pero, al tener que asegurar un volumen de alimentación mínimo en la extendidora, cuyas paradas suelen traducirse en problemas de regularidad superficial, tiene una serie de inconvenientes entre los que destacan:

- Se obtiene un rendimiento inferior que con el camión bañera.
- Las cubas son mucho más lentas de descargar (tardan unos 15 min.).
- Ocupan cierto espacio durante las operaciones de colocación y descarga y limitan la acción de la pala de pre-extendido, por lo que debe organizarse el tajo muy bien para que descarguen dos cubas a la vez.
- Aunque la consistencia del hormigón sea la misma, las características del material pueden

cambiar entre una cuba y otra, por la distinta energía aplicada y la elevada cantidad de aditivo incorporado.

Al tratarse de un pavimento monocapa se exigía, para todo el árido, condiciones de rodadura y todos los tamaños eran síliceos de machaqueo. Si bien el árido grueso, con un tamaño máximo de 12 mm, debía tener un desgaste Los Ángeles inferior a 20 y un coeficiente de pulido acelerado superior a 0,50 para asegurar las condiciones de adherencia con la textura de árido visto y asegurar su persistencia en el tiempo, estas características fueron imposibles de cumplir con áridos de la zona, con los que sólo se puede obtener un desgaste de 26-27 y un CPA de 0,55. No obstante hay que tener en cuenta que el tráfico para el que se ha diseñado la carretera es de categoría T41 (menos de 50 vehículos pesados/carril/día) y fundamentalmente ligero.

La dosificación del hormigón llevaba 375 kg/m³ de cemento CEM II/A-V 42,5R, gravilla 6/12 y arena 0/4 síliceas, 145 l de agua (relación agua/cemento = 0,39) y un volumen elevado de aditivos (0,7% vspc de Polyheed 777N y 0,2% de Glenium SKY 597). Los aditivos de la casa BASF introducían un 4% de aire ocluido. El hormigón se fabricaba con un cono de 2-3 cm. para



Figura 3. Transporte del hormigón.



Figura 4. Pre-extendido del hormigón.



Figura 5. Extendido del hormigón.



Figura 6. Parte trasera de la extendidora tras la arpillera y la bailarina.

que se llegara al tajo de extendido en obra con 1-2 cm. Evidentemente, el parámetro más difícil y que exigía un mayor control era la humedad de la arena, que se medía constantemente para reducir en la misma cantidad el agua aportado al amasado.

Como tramo de prueba, además de varias realizaciones en planta, se procedió a hormigonar las dos losas que después se dejarían como base de apoyo para la transición entre el pavimento de hormigón y el de rodadura bituminosa. De estos tramos se concluyeron diferentes e interesantes aspectos como:

- La necesidad de cuidar la dosificación del hormigón con celo.

- La exigencia de hormigonar con temperaturas superiores a 5° C.
- La diferencia de penetración del retardador de fraguado en función de la diferente cantidad aportada, en contra de la opinión defendida de los técnicos de la empresa suministradora.
- La existencia o previsión de lluvia para el día siguiente imposibilitaba la realización del tratamiento de textura del árido visto.

El extendido se llevó a cabo con una maquina CMI 100 del parque de Ferrovial Agromán, iniciándose los trabajos a finales de octubre del año 2011 dadas las buenas temperaturas del momento. Tras el vertido

desde los camiones cuba y un pre-extendido realizado con una pala con ruedas de goma (se comprobó que una retro es poco operativa), los tornillos sin fin de la extendidora distribuían el hormigón en todo el ancho.

La extendidora estaba, además, dotada de una plancha vibradora y una terminadora oscilante conocida como bailarina. Para el curado, se empezó utilizando el carro de la misma empresa pero, ante los continuos problemas con los inyectores, se terminó curando a mano.

El ancho de la plataforma existente era de 9 m. y requería habilitar, para las orugas de la extendidora, un espacio no previsto en



Figura 7. Barras de atado con el arcén.



Figura 8. Carro de curado.

Tabla 1. Resistencia del hormigón obtenido

	Probeta Tipo / tamaño	Resistencia a 7 días		Resistencia a 28 días	
		Media	σ	Media	σ
Planta	Prisma 10 x 10 x 40	4,68	0,54	5,49	0,62
Obra	Prisma 15 x 15 x 60	5,32	0,25	6,03	0,47
	Cilíndrica 15 x 30	46,2	5,3	51,6	8,1

ambas márgenes de la calzada a pavimentar; así pues con la CMI se extendieron 6,50 m. de anchura y se construyó, en una segunda fase con una extendidora lateral, los arcones de 0,75 m. de hormigón. Para asegurar la adherencia entre ambos hormigones, se dispusieron barras de atado de Ø12 mm. y 80 cm. de longitud, hincadas a mano cada metro tras el paso de la extendidora CMI.

Para el control de resistencia del hormigón se realizaron probetas prismáticas de 15 x 15 x 60 cm para obtener la resistencia a flexotracción. Como dichas probetas requieren ser manejadas por dos operarios debido a su peso (unos 34kg), en la planta de hormigón se fabricaron también otras de 10 x 10 x 40 cm mucho más operativas (unos 10 kg de peso). Además se realizaron probetas cilíndricas de Ø15 cm y longitud 30 cm para romper a

compresión, dada su mayor flexibilidad al poder ser ensayadas en laboratorios convencionales y permitir obtener correlaciones de resistencias con suficiente aproximación.

La resistencia característica a flexotracción exigida a 28 días era de 4,0 MPa por lo que se ajustó, tal como se indicó anteriormente, la dosificación inicialmente prevista de cemento pasando de 360 Kg/m³ a 375 Kg/m³, considerando las bajas temperaturas a las que estaría sometido el pavimento durante el periodo de endurecimiento. Como se puede comprobar la resistencia media del hormigón obtenida fue elevada, resultando 6,0 MPa. Las resistencias medias obtenidas a lo largo de la obra fueron: (tabla 1)

La temperatura del hormigón durante la fabricación (máximas de 23° C) se veía reducida rápidamente en el extendido, a pesar de encontrarnos en una zona con un

microclima francamente benigno, donde sorprendentemente apenas llovía (aunque sí hacía mucho viento).

Los arcones, de 0,75 m de ancho, se extendieron a posteriori con un hormigón de resistencia característica similar pero fabricado con tamaño máximo de árido de 40 mm en lugar de 12 mm utilizado en la calzada. La construcción se realizó con un equipo de extendido lateral dotado de una tolva y un vibrador y adaptado a esta peculiar situación. Se dotó al arcén de una textura diferente a la de la calzada, realizada transversalmente mediante un cepillo fabricado con redondos metálicos curvados, con el objetivo de obtener un efecto sonoro que haga de despertador si algún vehículo, por distracción, se sale de la trayectoria de los carriles.

Las juntas de final de día se realizaban perpendiculares al eje provistas de pasadores (21 barras lisas Ø 25 mm de acero de 50 cm de longitud) colocados cada 30 cm a media altura de la losa para asegurar la transmisión de cargas a la vez y permitir el movimiento horizontal de apertura de la junta. Para ello se encofraba y se remataba a mano los últimos decímetros de pavimento, y al día siguiente se retiraba el encofrado, perforando con un martillo



Figura 9. Extendido del arcén de 0,75 m de ancho.



Figura 10. Rayado del arcén de 0,75 m de ancho.



Figura 11. Serrado de juntas.



Figura 12. Cambio de sección rígida a flexible en el acceso al puente.

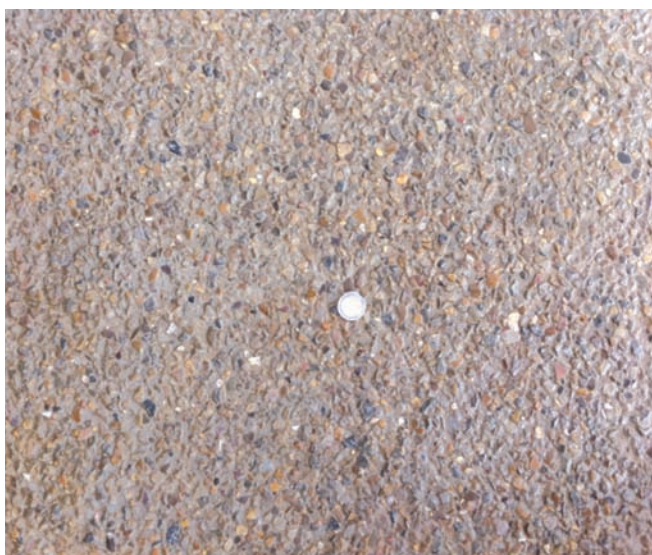


Figura 13. Detalle de tramo con textura de árido visto bien terminada.



Figura 14. Detalle de tramo con textura de árido visto con terminación irregular.



Figura 15. Fresadora empleada en el microfresado.



Figura 16. Detalle de diferentes picas utilizadas en el microfresado.

los agujeros para colocar los pasadores que se recubrían con un producto para evitar su adherencia.

Las juntas del pavimento se serraban, al día siguiente del extendido, esviadas 6:1 hacia la derecha para que las ruedas interiores de los vehículos pisen en la losa primero; se cortaban en 7 cm de profundidad cada 3,4 – 3,6 y 3,8 m y se colocaba un cordón obturador de fondo y todas iban cajeadas y selladas con un producto de sellado en frío (UNE EN 14188-2). Por su parte en los arcones, debido a su reducida anchura y para evitar losas muy largas y estrechas que se romperían, se prolongaron las juntas de los carriles y se serraron juntas intermedias; así quedaban losas de 0,75 x 1,80 m aproximadamente.

Las transiciones entre el pavimento rígido y el flexible, al final del viaducto sobre el río Esla y en la conexión con la N-630, se realizaron con una losa de hormigón de base de 6 m de longitud, de los cuales 2 m quedaban debajo del pavimento de hormigón y los otros 4 m debajo del firme flexible de mezcla bituminosa; para mantener la rasante de la carretera se construyeron con un espesor de 20 cm de mezclas bituminosas hasta donde se iniciaba la sección flexible (10 cm de mezcla bituminosa sobre 40 cm de zahorra artificial).

4. Microtextura. Novedad del pavimento

De acuerdo con el Proyecto, la textura de árido visto por denudado se obtendría mediante la aplicación de un retardador de fraguado en superficie y el posterior barrido a las 6-10 horas del mortero no adherido. Aunque se realizaron diversos tramos de prueba no se logró obtener una textura homogénea, ni con el retardante más curado Rehoface 468 de BASF, ni con Tal WB-OFKE 4% de la casa austriaca Tal Betonchemie Handel GmbH del que

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes de cada tipo de textura.

DENUDADO o ÁRIDO VISTO	
PROS	CONTRAS
• Calidad de textura • Baja sonoridad • Buena homogeneidad • Buena resistencia deslizamiento	• Exige buena regularidad • Dificultad para definir el plazo de barrido para el retirar mortero • Dependencia calidad retardador – temperatura y hormigón
	
MICROFRESADO	
PROS	CONTRAS
• Resuelve problemas regularidad superficial (mejora del IRI) • Baja sonoridad • Buena resistencia a deslizamiento • Independencia entre los equipos de extendido y los de textura (mayor rendimiento)	• Coste • Reducidas islas sin textura (no deben afectar a la seguridad)
	

ya se tenía experiencia.

La razón de esta heterogeneidad, en el acabado para obtener la textura de “árido visto”, se achacó a la suma de los siguientes aspectos:

- La necesidad de utilizar un volumen tan elevado de aditivos en el hormigón para mantener las características durante al menos 90 minutos que hacía que la masa de hormigón tuviera un comportamiento ciertamente gelatinoso que dificultaba la obtención de textura.
- El transporte en camión hormigonera en lugar de bañeras, necesario para transmitir al hormigón energía suficiente para que se mantuviera trabajable durante ese tiempo, hacía que las

características de algunas cubas variaran respecto a otras, aunque tuvieran similar consistencia.

- A la interacción de los diferentes aditivos empleados se sumaba la dependencia de la climatología (aire, sol y frío de noviembre en León). Aunque las temperaturas se encontraban entre 5 y 15 °C, el fuerte y frío viento que dominaba la zona provocaba el secado superficial del pavimento, mientras que el interior de la masa tardaba en endurecer.
- Por último, la necesidad de dejar el tiempo requerido para la actuación del retardante (entre 6-12 horas antes de barrer, aunque es difícil precisar el plazo) obligaba a trabajar de noche con



Figura 17. Detalle de junta con tramo deteriorado por el fresado y tramo con mortero sin deteriorar.



Figura 18. Detalle de junta fresada con mortero previo de protección.

poca visión y mucho frío, pues a partir de las 17:00 h oscurecía.

Así, aunque el retardador se repartía en una película uniforme, se podía apreciar que actuaba de forma diferente en unas y otras superficies o amasadas. La barredora, una Bocat modificada con cepillo de alambres, no podía acceder a algunas zonas por ser demasiado temprano y dejaba huella (en las extendidas a primera hora de la mañana con las bajas temperaturas), mientras que en otras accedía ya tarde (extendidas a mediodía). Por tanto, mientras en algunas áreas se obtenía perfectamente la textura requerida, en otras zonas con exceso de lechada apenas se obtenía textura o, al barrer, se profundizaba

demasiado provocándose desprendimiento de áridos.

Por todo ello, a mediados de noviembre ante la llegada de las heladas leonesas, se paralizó el hormigonado que se reanudaría en abril. Entonces, las empresas constructoras, dada la dificultad para obtener una terminación uniforme y homogénea con unos rendimientos en equipos y material muy bajos, propusieron a la propiedad una alternativa novedosa en España y prácticamente en Europa: la obtención de la textura superficial mediante microfresado (procedimiento utilizado hasta ahora para recuperar la regularidad superficial y sobre hormigón en algunos estados americanos). Las ventajas e inconvenientes

de una y otra técnica para obtener la textura de árido visto y por microfresado se resumen en la tabla 2 adjunta.

Las ventajas del microfresado permitieron que finalmente se aceptara esta solución completamente novedosa en el campo de construcción de los firmes rígidos. Entre ellas destaca que resuelve los problemas de regularidad superficial ocasionados por las múltiples paradas de la extendidora, mejora considerablemente el valor del IRI, logra una textura de buena calidad sin depender de las temperaturas o condiciones climáticas y se obtiene una elevada resistencia al deslizamiento (CRT), un elevado confort y una baja sonoridad. Además, la



Figura 19. Junta rota tras el fresado por no volverse a serrar a tiempo y reparación.



Figura 20. Reparación de junta rota tras el fresado con resina epoxídica.



Figura 21. Reparación de una grieta aparecida en el pavimento antes de microfresar (1).



Figura 22. Reparación de una grieta aparecida en el pavimento antes de microfresar (2).

ejecución del microfresado superficial permite que los equipos de extendido avancen de manera independiente del carro o del equipo que realiza la textura, lográndose un mayor rendimiento al permitir jornadas más largas de extendido, aunque el rendimiento real depende de la producción de la central de fabricación de hormigón y de la capacidad de su transporte al tajo de obra.

El microfresado se realizó con una fresadora Wirtgen 2000 de última generación propiedad de IBER SAMOP S.A., probándose diferentes tipos de picas.

No obstante, al inconveniente de un mayor coste debido al desgaste de picas de la fresadora,

se sumaron otros problemas que se fueron resolviendo en la obra.

A saber:

- Si una microfresadora que no sea de discos actúa sobre el pavimento serrado, los bordes de las juntas se deterioran. Dado que el pavimento, si no está armado, tiene que serrarse tras el extendido, al actuar la microfresadora sobre el pavimento serrado los bordes de las juntas se rompían de manera irregular. Para solucionar este problema, se aplicó un mortero en las juntas antes de que pasase la fresadora, y una vez microfresado el pavimento, se volvía a serrar y cajea lo antes posible, para que el pavimento de hormigón, que

vuelve a ser continuo, no se fisurara aleatoriamente.

Este mortero (Mapegrout SV de Mapei), que se colocaba sobre el cordón de fondo introducido en la junta previamente, no requiere ser de elevada resistencia y debe tener poca adherencia. En nuestro caso, debido a que se tardó varios días en volver a serrar las juntas después de unir las con el mortero y a la elevada adherencia del mismo, algunas de las juntas se rompieron, deteriorándose los bordes que hubo que reparar con una resina epoxídica bicomponente de muy baja viscosidad (Epojet LV de Mapei). Para evitar que se fueran deteriorando más juntas



Figura 23. Perspectiva del pavimento de hormigón microfresado.



Figura 24. Detalle del pavimento de hormigón microfresado.



Figura 25. Pilas del segundo tramo del viaducto.



Figura 26. Montaje de dinteles en el tramo sobre el río Esla.

se decidió serrar alternativa-mente una de cada tres y volver, posteriormente, a serrar las jun-
tas intermedias.

- Debido a que, en la ejecución del pavimento, aparecieron puntos bajos a los que no accedía la mi-
crofresadora que va nivelando la rasante, quedaron algunas islas sin textura. Por suerte estas islas eran de reducido tamaño pero, para evitar que pudieran afectar a la seguridad del tráfico, se fre-
saron a posteriori con un equipo de pequeño rendimiento de los que se usan, habitualmente, en señalización urbana.

Sobre ambas texturas, árido vis-
to y microfresado, se midió la pro-
fundidad mediante el método del círculo de arena obteniéndose va-
lores similares comprendidos entre 1,1 y 1,4 mm.

Antes de realizar el microfresa-
do aparecieron 3 grietas transver-
sales, en dos casos próximas a dos
juntas transversales. Esto pudo ser
debido probablemente a que éstas
no trabajaron adecuadamente y
al gradiente térmico al que estaba
sometido el pavimento, con sol y
calor intenso durante el día aunque
con mucho viento (que obligaba a
cuidar en exceso el curado) y frío
próximo a la helada de la noche.

Para la reparación de ambas
grietas se siguió el mismo procedi-
miento: se serró una nueva junta al
otro lado de la fisura, demoliendo

y retirando el hormigón y sustitui-
yendolo por otro nuevo; en la junta
existente se dispusieron pasadores
Ø 25 de 50 cm de largo como los
empleados en las juntas de trabajo
permitiendo el movimiento hori-
zontal, y en la serrada se dispusie-
ron barras de atado Ø 12 mm de 80
cm de largo, buscando la adheren-
cia mediante la aplicación en las pa-
redes de una resina epoxi.

5. Resultados de la

auscultacion del
pavimento

Una vez finalizada la obra, se
realizó una campaña de auscultas-
ciones completa de la carretera,
diferenciándose el tramo realizado
con pavimento de hormigón del
realizado con mezcla bituminosa.
En ambos casos se han obtenido
muy buenos resultados con valores
del CRT del orden de 74 y 78, cum-
plimiento de los valores exigidos

Tabla 3. Resistencia al deslizamiento		
CRT	HORMIGON	MBC
CARRIL PK CRECIENTE	74,8	76,6
CARRIL PK DECRECIENTE	72,8	79,4
% MENOR 65 (PG-3)	0%	0%

Tabla 4. Índice de Regularidad superficial			
IRI	% <1,5	% <2,0	% <2,5
% TOTAL CARRETERA	56,1 %	97,9 %	100 %
% PAVIMENTO HORMIGÓN	54,0 %	97,4 %	100 %
% PAVIMENTO MBC	74,2 %	99,5 %	100 %
PG-3 MÍNIMO	50,0 %	80,0 %	100 %

Tabla 5. Deflexiones				
D _k (x10 ² mm)	HORMIGON		MBC	
	Media	σ	Media	σ
CARRIL PK CRECIENTE	21,2	5,6	55,8	11,0
CARRIL PK DECRECIENTE	21,2	5,5	57,5	14,0



Figura 27. Montaje de vigas.



Figura 28. Construcción y curado de la losa de compresión.

de IRI y resultados medidos de deflexiones muy bajos (del orden de 21 y 56 x 10⁻² mm). Se adjunta, en las tablas 3 a 5, un resumen de los resultados medidos.

6. Estructura sobre el río Esla

Para salvar el río Esla se ha construido una estructura sobre el cauce que, dado que la rasante de la carretera va pegada al terreno para evitar el impacto visual en el entorno, tiene poca altura. Además, las diferentes luces que tienen los tramos estaban condicionadas para que la construcción de la estructura fuera posible sin tener que cimbrar sobre el río. Con el fin de lograr una imagen de continuidad de todo el tablero, se impuso la condición de que se mantuviera el canto del mismo en toda la longitud independientemente de las luces de los vanos lo que obligó, para atravesar el río donde los vanos tenían mayor longitud, a proyectar unas ménsulas metálicas sobre las pilas para reducir las luces de los mismos: con esta solución se consiguió resolver el tablero de la estructura con vigas de igual longitud e igual canto.

La estructura construida ha sido un viaducto de 324 m de longitud de planta recta, con 10 m de ancho de tablero, con dos partes diferenciadas: La primera, que atraviesa el

cauce del río, se ha resuelto con una estructura hiperestática de tres vanos, de 44,50-65,00-45,00 m de luz, con tablero de tres vigas de sección doble T de 2,05 m de canto, con losa superior de hormigón armado construida "in situ", de 25 cm de espesor. Los extremos de este tablero se apoyan sobre el estribo y sobre la tercera pila, que es compartida con el extremo del tablero isostático que se desarrolla en los cinco vanos restantes.

La segunda parte del viaducto consta de dos tableros isostáticos de tres y dos vanos separados por una junta de dilatación. Las luces entre pilas son de 34,00 m y el tablero está formado, igualmente, por tres vigas doble T y losa superior de similares dimensiones a las del tablero hiperestático. Los apoyos de las vigas en los dinteles se realizan sobre perfiles de neopreno zunchado.

Las pilas son tipo pórtico con doble fuste circular de 1,50 m de diámetro con el dintel superior de 1,70 x 1,00 m de hormigón armado prefabricado. Las dos primeras pilas se cimentan sobre cuatro pilotes de 1.50 metros de diámetro a través de un encepado común paralelepípedo, mientras que las pilas restantes están cimentadas con un pilote del mismo diámetro bajo cada fuste, trabajando como pila-pilote.

Los estribos se proyectan como

cargaderos sobre dos pilotes de 1,50 m de diámetro. Tienen una sección transversal de 2,15 x 1,00 m y sobre ellos se disponen el espaldón y las aletas voladas.

Al estar el río Esla incluido dentro del LIC Riberas del Esla y afluentes y según las prescripciones incluidas en la Declaración de Impacto Ambiental, además de las habituales medidas de revegetación, hidrosiembra y restitución de las zonas de cauce afectadas por las obras del viaducto, se han incluido dos medidas singulares:

- La construcción de un sistema de recogida de las aguas vertidas sobre el tablero del viaducto, y su conducción a una balsa de decantación adosada al terraplén de acompañamiento de la estructura desde la que vierten a un desagüe existente
- La colocación, adosada al tablero del viaducto, de una pantalla de 2,50 m de altura elevadora del vuelo para pájaros.

7. Conclusiones

La nueva carretera que une transversalmente las carreteras LE-510 y N-630, Ruta de la Plata, y conecta las localidades de Castrofuerte de Campos y Toral de los Guzmanes, en el Sur de la provincia de León, cumple un cometido especial de unión de las poblaciones



Figura 29. Perspectivas de la estructura sobre el río Esla (1).



Figura 30. Perspectivas de la estructura sobre el río Esla (2).

situadas en ambas márgenes del río Esla, facilitándoles una salida a la A-66, Autovía de la Plata.

Un análisis multicriterio que tomó en consideración no sólo el coste inicial de construcción sino que también contempló otros, no menos importantes, como los de conservación y mantenimiento durante la vida útil de la obra, la mayor durabilidad, la mejor luminosidad del hormigón o la posibilidad de lograr bajas sonoridades de rodadura, llevó a la decisión de construir un pavimento de hormigón, mucho más económico a medio-largo plazo.

Las limitaciones resueltas que aparecieron para la ejecución del pavimento rígido, proyectado con una terminación de árido visto, fueron:

- La necesidad de disponer de una central de hormigón con amasadora para la fabricación del hormigón (para hacer rentable su instalación, requiere un volumen mínimo de obra a ejecutar).
- Si no se instala una central, se requiere la existencia de una próxima. A mayor distancia, mayores posibilidades de afectar a la continuidad del extendido y

obliga a incluir en el hormigón un mayor volumen de aditivos que retrasen el tiempo de fraguado y mantengan las características requeridas para el extendido durante un tiempo mayor (con efectos secundarios, a veces, difíciles de prever).

- La necesaria disponibilidad de áridos de calidad para la rodadura.
- El requerimiento de un transporte rápido y continuo al tajo de extendido: las paradas afectan a la regularidad superficial, con dificultad para conseguir el IRI demandado.

La novedad de esta obra radicó, finalmente, en la obtención de la textura de rodadura mediante la ejecución de un microfresado de la superficie. Con ello, se consiguió una buena regularidad superficial, a la vez que una textura de buena calidad con una menor dependencia de las temperaturas o condiciones climáticas, además de una elevada resistencia al deslizamiento y lo que es finalmente más importante para el usuario, un elevado confort y reducida sonoridad.

8. Bibliografía

- [1] Norma 6.1-IC, Secciones de Firme y Capas Estructurales de Firmes. Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento, Orden FOM/3460/2003 de 28 de noviembre. Madrid, 2003.
- [2] Recomendaciones de proyecto y construcción de firmes y pavimentos. Dirección General de Carreteras e Infraestructuras, Consejería de Fomento, Junta de Castilla y León. Valladolid, 2004.
- [3] Pliego de Prescripciones Técnicas Generales PG-3, Capítulo 550: Pavimentos de Hormigón. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. Orden FOM/891/2004 de 1 de marzo. Madrid, 2004. ❖