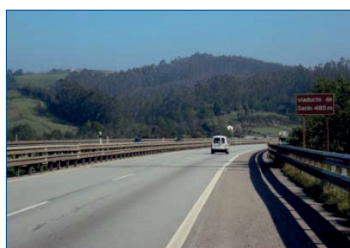


Más de 40 años del pavimento de hormigón armado continuo de la Y de Asturias



More Than 40 Years of Continuous Reinforced Concrete Pavement of the Asturias Y

Jesús Díaz Minguela
Director IECA Tecnología

Resumen

Con un elevado tráfico de vehículos que supera los 800 millones (más de 63 millones son pesados) circulando por el pavimento de hormigón armado continuo diseñado en los años setenta, la autopista Oviedo - Gijón - Avilés, más conocida como la Y de Asturias, cumple 40 años de vida útil en perfecto estado de uso.

El mayor coste de construcción frente a otras soluciones de rodadura bituminosa ha quedado absorbido por los mínimos costes de mantenimiento que han hecho que este pavimento de hormigón armado sin juntas transversales haya sido la solución óptima desde el punto de vista económico (con ahorros de hasta 22 millones de euros), social (por la menos afección al tráfico en las mínimas operaciones de mantenimiento) y ambientales (véase las ventajas en el Análisis del Ciclo de Vida).

Abstract

Oviedo-Gijón-Avilés motorway, better known as the Asturias Y, has a high intensity traffic exceeding 800 million vehicles (about 63 million are heavy vehicles). In spite of it was designed in the 1970s, its pavement made of continuous reinforced concrete, is in perfect conditions after 40 year.

The high cost of construction compared to other bituminous solutions has been compensated for the low maintenance costs. By this way, this reinforced concrete pavement has proven to have the best price-quality ratio, in addition to being the best solution from an economic (saving up to 22 million Euros), social (very low number of required maintenance operations) and environmental (higher advantages in the life-cycle analysis) point of view.

1. Introducción

Ya se ha cumplido el 40 aniversario desde la apertura al tráfico del pavimento de hormigón armado de la autopista Oviedo - Gijón - Avilés, más conocida como la Y de Asturias, cuando en los años setenta un intrépido grupo de ingenieros proyectó y construyó la primera autopista de hormigón armado continuo de España, y casi de Europa, pues sólo en Bélgica se había construido alguna.

Este innovador proyecto ha resultado un éxito pues, a pesar de su mayor coste inicial (valorable entre un 10 y un 25 % superior a las actuales secciones bituminosas), su reducido coste de mantenimiento y conservación hace que esta alternativa sea la más adecuada de las soluciones posibles, suponiendo un ahorro total a los 40 años del 30 al 45 % (es decir, entre 15 y 22 millones de euros) como se ha demostrado. La vía se ha mantenido en perfectas condiciones de uso durante estos 40 años, requiriendo únicamente inversiones y reparaciones locales muy reducidas, con una mínima afección al voluminoso tráfico que circula por ella (casi 55 000 vehículos de IMD con un 8 % de pesados).

Con el fin de celebrar este 40 aniversario de la Y de Asturias, el Ministerio de Fomento y el Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) han organizado una Jornada técnica en Oviedo el pasado 14 de junio. En dicha Jornada, además de participar destacados ingenieros que intervinieron en su construcción y conservación, como Ignacio García-Arango, Javier Uriarte, Gustavo Soto o Rufino Cano y otros, como el Jefe de la Demarcación o el Director General de Carreteras, se presentaron las diferentes innovaciones que han ido surgiendo en este tipo de pavimentos.

2. Características de la autopista Y de Asturias

Con una longitud de 43 km y una sección transversal formada por dos calzadas de 12 m de plataforma (dos carriles de 3,75 m y arcenes de 1,50 y 3,00 m), la autopista soporta un intenso tráfico pesado que la sitúa en la categoría T0 de la normativa española (según tramos). Para aliviar en parte esta intensidad de tráfico, se construyeron 5136 m

de un tercer carril entre Serin y el Alto de Robledo en 1990. En los pavimentos de ambas calzadas se suprimen las juntas transversales (típicas de los pavimentos de hormigón en masa).

El pavimento inicialmente se diseñó para una vida útil de 30 años, aunque en la actualidad haya cumplido los 40 en perfecto estado de uso. El firme está formado por un pavimento de 22 cm de hormigón armado continuo sobre 16 cm de gravacemento y una sub-base de 20 cm de material granular. La armadura longitudinal son barras Φ 18 colocadas cada 14 cm, cosidas por barras transversales Φ 12 dispuestas cada 70 cm oblicuas a 60°. Para la construcción del carril adicional se dispuso la misma sección de hormigón, pero se cambió el armado para adaptarse a los diámetros comerciales, disponiéndose redondos Φ 16 cada 11 cm longitudinalmente y Φ 10 cada 80 cm transversalmente. El armado se coloca 7 cm por debajo de la rasante para coser las finas fisuras que aparecen en este tipo de pavimento, fruto de la retracción hidráulica y térmica del hormigón. Si bien surgieron inicialmente a una distancia media de 2,03 m (variable entre 1,19 y 2,60 m) con una abertura media de 0,311 mm, no se ha observado un deterioro significativo posterior (ni correlacionable con las diferentes cuantías de refuerzo utilizadas: 0,847 % - 0,73 %).

El hormigón con el que se construyó el pavimento se fabricó con 350 kg/m³ de cemento portland con escorias y una relación agua-cemento de 0,47. En el carril adicional se dosificaron 380 kg/m³ de un cemento especial para carreteras tipo V (con 50 % de cenizas de central térmica) con una relación agua-cemento de 0,44. El empleo de un magnífico árido silíceo de la cantera de El Estrellín en Avilés ha evitado pérdida de textura, por lo que la autovía resulta ruidosa; pero sin embargo resulta muy segura al permitir reducir la distancia de frenado y lograr una rápida evacuación del agua de lluvia tan abundante en Asturias (como demuestran los valores posteriormente indicados).

Para las escasas reparaciones realizadas durante el mantenimiento (ninguna operación en los 11 primeros años hasta que se selló la junta longitudinal entre la calzada de hormigón y el arcén exterior bituminoso) se facilitó el suministro de 3 tipos diferentes de hormigones de rápida apertura al tráfico: a las 3-4 horas (suministrado en sacos y fabricado in situ), a 6-12 horas y a las 24 horas (estos suministrados por la central de Gedhosa). En todos ellos se mantienen las siguientes características:

- Empleo de las materias primas disponibles en la zona.
- Mantenimiento de la trabajabilidad adecuada durante más de 60 minutos.
- Reducción de la fisuración y disminución de la retracción (baja relación agua/cemento y cuidado muy especial del curado)
- Obtención de la textura final del resto de la autopista.
- Resistencia a compresión superior a 15 MPa para permitir la apertura al tráfico.



Figura 1. Tríptico de la Jornada Técnica que celebró el 40 aniversario de la Y de Asturias



Figura 2. Perspectiva de la Y de Asturias en el nudo de Serín

Las características de estos hormigones y el sistema constructivo de las reparaciones pueden verse en un artículo ya publicado en esta revista RUTAS de mayo-junio 2010.

Por la autopista han circulado unos 800 millones de vehículos en estos 40 años, de los que más de 63 millones han sido vehículos pesados. Los resultados hasta la fecha pueden considerarse excepcionales, sin apenas operaciones de conservación y, en consecuencia, sin afecciones al intenso tráfico y con un mínimo coste. Actualmente se está planificando el ensanche de cada calzada por sendos carriles que discurrirán por la mediana. Estos carriles serían de uso alternativo y selectivo, según el horario, para tráfico comercial o de alta ocupación.

3. ¿Por qué decidieron construir en los años setenta un pavimento de hormigón armado?

Las múltiples ventajas que este tipo de pavimentos tiene podrían haber inclinado la balanza a su favor. ¿Quien conoce realmente todas las ideas que pasaron por la cabeza de los ingenieros que entonces tomaron la decisión de construirlo!, como Enrique Lafuente o Javier Goizueta, así como las de los técnicos que se encargaron de su construcción o han realizado el mantenimiento, como Luis Galguera, Ramón Álvarez-Maqueda, Aniceto García, Miguel Jiménez, Ignacio Trapiella, Francisco García-Mata, Agustín Falcón, Ángel Castro, Javier Uriarte o el mismísimo Ignacio García-Arango o muchos otros que lamentablemente habré omitido (y a los que pido mis disculpas).

Entre las ventajas de estos pavimentos, cabe destacar:

3.1. Ventajas técnicas

- Los pavimentos de hormigón tienen una excelente capacidad estructural para soportar las acciones del tráfico pesado, tanto temporales (caso de los caminos rurales sometidos a acciones locales como la saca de la madera o de un producto agrícola), como continuas, que es el caso de muchas otras vías.

- Reducen la distancia de frenado frente a otras soluciones, lo que se traduce en mayor seguridad para el usuario.
- Permiten fácil y económicamente una gran variedad de texturas. Según la textura elegida, es posible obtener niveles de resistencia al deslizamiento adaptados a cualquier tráfico y condición meteorológica.
- Evitan la aparición de roderas.
- Son capaces de resistir los ataques de carburantes y agentes químicos, por lo que se emplean mayoritariamente en gasolineras y áreas de peaje.
- Es posible reforzar cualquier carretera, incluso de rodadura bituminosa (técnica conocida como whitetopping). El refuerzo se realiza con una capa delgada de 8-12 cm que suele ser de hormigón en masa, armado o con fibras.
- La durabilidad es más elevada que la del resto de soluciones sin apenas mantenimiento, como ha quedado demostrado en esta autopista y en muchas otras. En cualquier caso, conviene recordar que requieren unas condiciones de mantenimiento mínimas y muy reducidas, pero no existe el "mantenimiento cero" tan empleado en nuestro País.

3.2. Ventajas medioambientales

- Se reduce el empleo de áridos de características más exigentes, permitiendo su empleo en otra parte. Las técnicas actuales de pavimento de hormigón extendido en dos capas (con una capa de rodadura muy delgada) o el pavimento funcional compuesto (base de hormigón con una capa delgada de rodadura bituminosa) permiten el empleo de áridos de menor calidad o reciclados en la capa inferior, al no estar sometidos directamente a las acciones del tráfico rodado.
- Permiten capturar CO₂ e incluso otros elementos contaminantes (razón por la que se emplean cementos fotocatalíticos capaces de precipitar en forma de sal lavable los NO_x y SO_x presentes en el aire), contribuyendo así a mejorar el balance de emisiones a lo largo de su vida útil.
- No emiten lixiviados, ni volátiles.
- Reducen el efecto invernadero y contribuyen al enfriamiento global, al disminuir la cantidad de radiación solar absorbida por la superficie de la Tierra. Es evidente las ventajas que tendría para la sociedad si las grandes ciudades dispusieran de calles y plazas con pavimentos claros.
- Es una técnica que permite el empleo de cementos con alto contenido de adiciones. Así se pueden incorporar subproductos industriales como escorias o cenizas volantes, a la vez que se reduce la cantidad de clínker, y se pueden reducir las emisiones durante su fabricación, lo que favorece el cumplimiento de los compromisos de desarrollo sostenible.

- Su elevada durabilidad hace que se evite el consumo de nuevos recursos en los refuerzos, a la vez que se reducen las emisiones de CO₂ debidas a las operaciones de mantenimiento o refuerzo.
- En su puesta en obra se evita la exposición de los operarios a altas temperaturas, gases nocivos y partículas en suspensión.
- El pavimento es reciclable en su totalidad al final de su vida útil, permitiendo una actuación mucho más ecológica y posibilitando el ahorro de áridos naturales al permitir que se empleen de nuevo.
- En conjunto tiene un menor Coste del Análisis del Ciclo de Vida (CACV).

3.3. Ventajas económicas

- Con un coste de construcción del mismo orden de magnitud que el de otras soluciones, la vida útil es mayor, y menores las necesidades de mantenimiento. Por ello, los costes totales (inversión inicial más mantenimiento y conservación) son siempre inferiores a los de cualquier otra solución, como después se expone.
- Debido a que las operaciones de mantenimiento son muy escasas, la afección que producen sobre los usuarios es mínima. Por ello son muy bajos los costes derivados de dichas operaciones, así como los debidos a retenciones, accidentes u otros.

Pero no cabe duda que una de las ventajas que inclinó a su favor la decisión de construir un pavimento de hormigón en 1976, y que actualmente se mantiene, reside en el empleo de recursos naturales locales prácticamente inagotables evitando derivados del petróleo que habría que importar como indicaba Javier Goizueta (ingeniero proyectista que en 1980 pasó a registrador de la propiedad).

Hay otras ventajas importantes que en los años setenta no habían sido todavía demostradas, como el menor consumo de combustible de los vehículos que circulan por el pavimento de hormigón (por resultar menos deformable), según demuestran algunos estudios realizados en Suecia, Canadá o Japón, con mediciones del 1,1% inferiores en el consumo en vehículos ligeros y del 6,7% en vehículos pesados.

En el caso particular de los túneles, cabe destacar la ventaja de los pavimentos de hormigón al resultar incombustibles y resistentes al fuego. La mayor contribución del pavimento de hormigón para proporcionar un elevado nivel de confort y seguridad en el túnel es ampliamente conocida, al ofrecer una superficie más clara y luminosa (que permite reducir el gasto en iluminación), su facilidad para lograr una textura poco ruidosa y durable, el citado ahorro de combustible que conlleva o las mínimas operaciones requeridas de conservación, que reducen las afecciones al usuario y las posibilidades de cualquier accidente.

Pero aún es más importante el mayor nivel de seguridad que proporciona en el caso de un incendio provocado



Figura 3. Imagen de la situación actual un día cualquiera

por un accidente, al reducir la emisión de humos y gases tóxicos, no aumentar la carga de fuego, no resultar inflamable (por lo que no contribuyen a la rápida extensión del fuego) y mantenerse integro a las temperaturas usualmente alcanzadas, lo que permite el acceso de los equipos profesionales de extinción y salvamento y la evacuación de los afectados.

IECA tiene publicado un estudio al respecto con la Asociación Profesional de Técnicos de Bomberos APTB, que se encuentra en su web (www.ieca.es) denominado "Contribución de los pavimentos de hormigón a la seguridad en los incendios en túneles de carretera. Simulación y criterios de intervención".

Los inconvenientes de la Y asturiana, como un mayor ruido o menor confort, están corregidos en la actualidad con terminaciones y acabados diferentes, como el de microfresado o el de árido visto; aunque la ruidosa textura transversal diseñada en su día, resulta totalmente lógica al priorizar aspectos de seguridad, como el urgente desagüe transversal del agua de lluvia de la calzada o la reducción de la distancia de frenado.

4. Análisis de la reducida siniestralidad de la Y asturiana

La evolución de la siniestralidad de la Y de Asturias en el último periodo estudiado (2008 - 2015) ha sido muy positiva, pues aunque la intensidad de tráfico se ha ido reduciendo ligeramente (de 66 000 vehículos/día a 54 500 en el tramo más intenso, Serín-Oviedo), también han disminuido el número de accidentes (de 62 a 35 accidentes/año) y de heridos (de 33 a 17 al año), sin que haya habido víctimas mortales (hubo solo una en 2009 en el tramo Gijón-Serín, y otra en 2010 en Serín-Avilés).

Los índices de peligrosidad se han ido moderando, encontrándose muy por debajo de los valores medios de las autovías y carreteras del Estado. En el año 2015, por ejem-

plo, tomando como referencia el tramo Serín - Oviedo, los índices de peligrosidad de las autovías y carreteras del Estado fueron 8,1 y 9,7 respectivamente, mientras que en la citada Y de Asturias se mantuvo en 5,69. Por supuesto, no existe ningún tramo de concentración de accidentes.

La mayor parte de los accidentes se deben a colisiones, bien con un obstáculo situado en la calzada (21 %), bien por alcance (20 %) o bien de los vehículos en marcha, frontal o lateral (12 %); de aquí la importancia de mantener la distancia de seguridad. Sólo el 12 % y 11 % corresponden a salidas de la vía por la derecha e izquierda, y el 11 % a atropellos de animales.

La mayoría de los accidentes (68 %) corresponden a buen tiempo y sólo el 23 % se han producido con lluvia, dando así la razón a los que en su día proyectaron este pavimento con textura transversal para hacerlo más seguro en estos casos a pesar de que pueda resultar más ruidoso.

Entre los factores que contribuyen a la seguridad vial en la Y, Javier Uriarte apuntó con buen criterio el buen trazado que tiene, con radios de curva en planta superiores a los 600 m; la limitación de los accesos; y el buen rozamiento entre el pavimento y el neumático que la textura de la Y mantiene (según las mediciones del CRT realizadas). Además se han realizado varias actuaciones de seguridad vial que contribuyen a su mejora, como han sido la construcción del carril adicional para vehículos lentos en el tramo Serín – Alto de Robledo (p.k. 12,630 a 18,245), la instalación de barrera de seguridad en márgenes y mediana, y la mejora del nudo de Serín.

5. Estudio de costes del pavimento de hormigón armado

Con los precios actuales publicados por el Ministerio de Fomento (O.C. 37/2016 Base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras de enero de 2016), el coste de la sección de los diferentes firmes de la normativa española costarían hoy en día los valores incluidos en la tabla 1 adjunta.

El cálculo del coste de mantenimiento incluido en el cuadro se ha realizado de acuerdo al siguiente criterio:

- Pavimento de hormigón armado continuo (Y de Asturias): 137 292,88 € reales gastados únicamente en el



Figura 4. Circulación de vehículos pesados (tráfico T0)

mantenimiento del firme repartido entre los m² pavimentados en hormigón.

- Sección granular: refuerzo con 2 capas de mezcla bituminosa con una rodadura discontinua (3 cm BBTM 11B + 6 cm AC32baseS) cada 12 años, con los correspondientes riegos de adherencia entre capas. No se consideran los gastos debidos a blandones, fisuras, etc.
- Sección con base de suelocemento: refuerzo con las 2 capas citadas a los 12 y 36 años, más 1 capa de tratamiento antifisuras recubierta con mezcla bituminosa y discontinua a los 24 años, incluyendo los riegos de adherencia.

En los costes totales se incluyen los costes de conservación que, según la Bibliografía consultada, suele tomarse el 0,25% del coste de construcción en los firmes rígidos y el 0,5% para el resto de firmes, con el fin de incluir los costes debidos a otros deterioros normales como blandones, bacheos, ponteo de fisuras, etc.. Así pues, aunque el coste inicial del pavimento de hormigón armado continuo resulta entre un 10 y un 25 % más caro durante la construcción que la alternativa granular, a lo largo de los 40 años de vida que tiene reales la Y de Asturias, su inferior coste de mantenimiento ha supuesto un ahorro de unos 22 millones de euros, sin considerar otros costes añadidos que se producen como los costes sociales debidos a mayores molestias a los usuarios al tener que plantear actuaciones de conservación. Se evita además la dependencia de productos no locales y de su valor en el mercado internacional.

Tabla 1. Costes totales del firme de la Y de Asturias comparados con los de la Norma 6.1-IC

Sección (6.1-IC)	Capas	cm espesor	coste €/m ³	Costes de construcción €/m ²	Costes de mantenimiento 40 años (€/m ²)	Costes de conservación 40 años(€/m ²)	Costes totales 40 años (€/m ²)	% más caro
Y de Asturias	PCHA	22	205,93	50,23	1,60	12,55	64,38	
	GC	16	29,94					
S-0031	MB	35	109,97	45,04	26,12	22,52	93,68	45,5%
	ZA	25	18,19					
S-0032	MB	25	109,97	37,73	27,53	18,87	84,13	30,7%
	SC	30	28,07					

PCHA = Pavimento Continuo de Hormigón Armado

GC = Gravacemento

MB = Mezcla Bituminosa

ZA= Zahorra Artificial

SC = Suelocemento



Figura 5. Imagen desde una estructura del pavimento de hormigón

6. La sana competencia entre pavimentos

En muchos países de nuestro entorno, ante dicho ahorro de coste a medio - largo plazo y la no dependencia del valor internacional del betún, se construyen pavimentos de hormigón en un número considerable, como por ejemplo en Austria, Alemania, Bélgica, Francia o Inglaterra. Pero además hay otra razón fundamental para que se construyan, que en la citada jornada sobre el 40 aniversario de la Y de Asturias expuso Karl Downey, Secretario General de Eupave: la sana competencia.

Un estudio de la ACPA de EE.UU. *"Pavement type selection: what is the ideal process?"*, presentado por Leif Wathne en el último Simposio Internacional de Pavimentos de Hormigón, analiza los procesos de licitación de 45 Estados de EE.UU. y concluye que "los Estados que mantienen un equilibrio en la licitación (entre pavimentos bituminosos y de hormigón) consiguen un mayor rendimiento de sus inversiones". Es decir, cuando se incrementa la partida presupuestaria destinada a pavi-

mentos de hormigón y se crea cierta sana competencia, el precio de los dos materiales (bituminoso y hormigón) se reduce: por lo que la administración y el usuario se ven beneficiados.

En las Directivas 2014/24/EU y 2014/25/EU de la Comisión Europea sobre contratación pública, que entraron en vigor el 18 de abril 2016, se marcan los principios de transparencia, igualdad de trato, competencia abierta y buena gestión, además de aspirar a un mercado de contratación competitivo, abierto y bien regulado. Para ello, se debe realizar un análisis del Coste del Ciclo de Vida (CCV) de cada solución, que debe tener en cuenta, además del coste inicial de construcción, el coste de rehabilitación y de mantenimiento (convertidos a valor presente por medio de una tasa de descuento) y descontar el valor residual. Similar situación se da en la publicación de la Comisión Europea *"EU Green Public Procurement Criteria for Road Design, Construction and Maintenance"* (10/06/2016), que incluye los impactos medioambientales relacionados con el diseño, la construcción, el uso, el mantenimiento y el fin de vida de una carretera.

Downey puso como ejemplos el empleo del CCV en las licitaciones del Ministerio de Transporte de Ontario, donde se incluyen ambas alternativas con diseños equivalentes (pavimento de hormigón y bituminoso), y la herramienta de toma de decisiones CROW utilizada en los Países Bajos, que ofrece una evaluación objetiva basada en un equilibrio ponderado entre los impactos medioambientales, el coste y otros como los riesgos, la duración del mantenimiento, la seguridad de los obreros, la uniformidad, el rozamiento, la molestia local o el ruido.

Además se habló de las colaboraciones público - privadas, en las que el concesionario realiza un análisis finan-

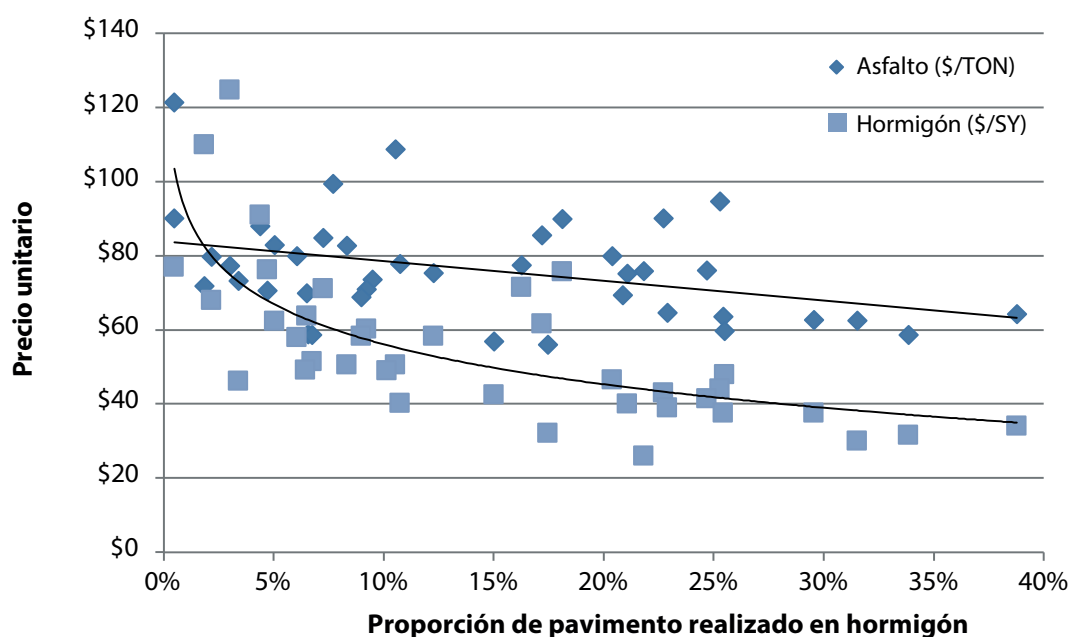


Figura 6. Selección del tipo de pavimento: ¿Cuál es el proceso ideal? Leif Wathne, ACPA



Figuras 7 y 8. Una de las escasas reparaciones del pavimento de hormigón armado

ciero, poniendo como ejemplo los 9 proyectos que de este tipo se acaban de adjudicar en Alemania, proyectos que todos llevan pavimento de hormigón (incluso los 3 adjudicados a EUROVÍA).

7. Innovaciones creadas en el campo de los pavimentos rígidos

Las innovaciones generadas en los pavimentos de hormigón son múltiples, tanto en la ejecución (extendido en doble capa, posicionamiento en 3D, etc.), como en los materiales. Así podemos distinguir los siguientes tipos de pavimentos de hormigón:

- Pavimentos drenantes de hormigón de alta resistencia, que permiten recuperar el agua de lluvia o capturar vertidos, utilizados en aparcamientos y carreteras por el incremento de seguridad.
- Pavimentos eléctricos de hormigón, que se están utilizando en varios aeropuertos americanos para eliminar la nieve y el hielo de la superficie con el fin de aumentar la seguridad del tráfico aéreo y reducir los retrasos causados por las bajas temperaturas (Universidad del Estado de Iowa), o que permiten transmitir la electricidad con el fin de recargar la batería de los coches eléctricos mediante acoplamiento inductivo (en estudio por la Universidad Politécnica de Toyohashi, Japón, entre otras).

- Pavimentos fotoluminiscentes, que permiten la guía nocturna al absorber la luz por el día y emitirla en la oscuridad, como el empleado en el acceso a Segura de la Sierra en Jaén (denominado pavimento de las estrellas), o en una rotonda de Lorca en Murcia.
- Pavimentos fotocatalíticos, que permiten fijar elementos contaminantes como el CO_2 , NO_x y SO_x que precipitan en forma de sal y luego son lavados o eliminados por el agua de lluvia, como el hormigón dispuesto en la estación de autobuses de Ávila.
- Pavimentos autorreparables, cuyos hormigones rellenan cualquier fisura que aparezca con la caliza sintetizada por las bacterias existentes (bio-hormigón de la Universidad de Delft, Holanda), o emplean la luz solar para cerrar sus propias grietas.

8. Conclusiones

Los avances tecnológicos en el campo de los pavimentos de hormigón están siendo muy notables. No es justo que, a pesar de disponer de pavimentos como el de la Y de Asturias, con más de 40 años de vida sobre el que han circulado más de 800 millones de vehículos, se sigan comparando soluciones clásicas en hormigón con nuevas aplicaciones bituminosas, sin considerar los avances introducidos en los pavimentos rígidos.

Aunque el coste inicial sea superior al de otras soluciones, los pavimentos de hormigón **resultan más económicos** a medio-largo plazo debido a su mayor durabilidad y menor mantenimiento. El ahorro se estima entre un 30 y un 45 % del coste de construcción (de 15 a 22 millones de euros), como demuestra el caso de esta autopista denominada Y de Asturias, pionera e innovadora hace 40 años.

9. Bibliografía

1. Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento. Norma 6.1-IC. "Secciones de Firmes". Orden FOM/3460/2003.
2. Wathne, Leif. Pavement type selection: what is the ideal process?. 12TH International Symposium On Concrete Roads. Praga, Republica Checa, Septiembre de 2014.
3. European Commission. Commission Staff Working Document. EU Green Public Procurement Criteria for Road Design, Construction and Maintenance. Brussels, 10.6.2016.
4. Díaz Minguela, J. Pavimentos eternos: actuaciones innovadoras de hace 35 años, "La Y de Asturias". Revista Rutas, mayo-junio de 2010.
5. Varios. Jornada Técnica Nuevas tecnologías del hormigón en la carretera "40 años de la Y de Asturias". Ministerio de Fomento e Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. Oviedo, junio de 2016.