

Estrategias de rehabilitación y mejora de firmes en redes locales

Miguel Ángel del Val, miguel.delval@upm.es

Universidad Politécnica de Madrid

Las carreteras locales tienen algunas particularidades en cuanto a sus características físicas, los volúmenes de tráfico que soportan y los presupuestos disponibles para su conservación. Por otro lado, en ellas no suelen estar implantados sistemas de gestión de firmes. Partiendo de estas premisas se propone en este artículo una metodología simplificada para la elaboración de estrategias de rehabilitación. Estas estrategias se basan en las técnicas más habituales y mejor adaptadas a este tipo de vías. La metodología que se presenta requiere clasificar las carreteras de una red local en función del estado del firme y de la importancia de la carretera. El estado del firme se valora mediante el Pavement Condition Index (PCI); la importancia de la carretera depende, por su parte, de su conectividad con otras redes, del tamaño de los núcleos de población a los que sirve, de la intensidad media diaria (IMD) y de la anchura de la plataforma. Se concluye que entre las técnicas consideradas se debe dar preferencia a las basadas en el empleo de las emulsiones bituminosas: únicamente así se puede conseguir la consecución de los objetivos técnicos planteados con unos costes globales compatibles con las limitaciones presupuestarias, así como sacar provecho de sus innegables ventajas ambientales.

Palabras clave: carretera local, firme, rehabilitación, sistema de gestión, estrategia de conservación, indicador de estado, deterioro, emulsión bituminosa

Local roads display specific features in terms of their physical characteristics, traffic volume, as well as the budget available for their maintenance and rehabilitation. On the other hand, they do not usually have pavement management systems. Given these basic premises, this article proposes a simplified methodology for the elaboration of rehabilitation strategies. These strategies are based on the most common and better-adapted techniques for this kind of roads. The methodology presented requires the classification of the local road network depending on the condition of the pavement and the importance of the road. The condition of the pavement is assessed through the Pavement Condition Index (PCI); the importance of the road depends on various factors, such as its connectivity with other roads, the size of the population centers it connects, the average daily traffic (ADT) and the carriageway width. The article concludes that among the considered techniques one must give preference to the ones based on the use of asphalt emulsions: only thus will it be possible to achieve the planned technical objectives with global costs compatible with the budget restrictions, as well as to benefit from its undeniable environmental advantages.

Keywords: local road, pavement, rehabilitation, management system, maintenance strategy, condition index, distress, asphalt emulsion

1. Introducción

El 23º Simposio de Vías y Obras de la Administración Local (Vyodeal), que se celebró en el Puerto de la Cruz (Tenerife) en marzo de 2016, se estructuró bajo el título genérico de "Gestión viaria y actividad turística en zonas de alto valor natural". Una de las sesiones del simposio estaba centrada en la rehabilitación y mejora de los firmes de las redes locales y a ella corresponde este texto. Después de que en esa sesión se hablase del reciclado, del empleo de subproductos, de las mezclas templadas con emulsión bituminosa y de diferentes propuestas y soluciones más o menos innovadoras se pretendía abordar la manera de establecer las estrategias de rehabilitación de firmes más adecuadas en las denominadas redes viarias de tercer nivel, es decir, las dependientes de las diputaciones provinciales, de los cabildos insulares canarios y de los consejos insulares de Baleares.

El contexto es perfectamente conocido. Salvo excepciones se trata de carreteras que soportan intensidades de tráfico relativamente bajas, pero que desempeñan un papel esencial en la ordenación del territorio, sobre todo en lo que se refiere a la accesibilidad que proporcionan a los núcleos de población más pequeños y a la conectividad entre las carreteras de los dos niveles superiores. Son carreteras que mayoritariamente arrastran, desde hace años, un déficit de conservación, por lo que el estado general de sus pavimentos dista de ser satisfactorio. A esa situación se ha llegado sobre todo porque los presupuestos disponibles han sido tradicionalmente insuficientes y porque, en ocasiones, su gestión no ha sido quizás la más apropiada (De Val, 2010).

En el anterior Vyodeal, celebrado en Zaragoza en 2014, el autor (Del Val, 2014) había hecho además expresa referencia a que los presupuestos se han manejado a menudo sin la debida transparencia y se han aplicado sin suficiente rigor; es más, en ocasiones únicamente en base a criterios de clientelismo político. Por otro lado, también abordó el autor en esa presentación las consecuencias negativas de una aplicación indiscriminada de las mezclas asfálticas en caliente en la rehabilitación de las redes locales, con repercusiones indeseables tanto en el comportamiento estructural de los firmes como incluso en las prestaciones funcionales de los pavimentos de cara a la seguridad de la circulación.

Los problemas señalados se paliarían en gran medida si las correspondientes administraciones tuvieran implantados

verdaderos sistemas de gestión de pavimentos, es decir, esas herramientas que según la OCDE constituyen el "procedimiento para coordinar y controlar las actividades de conservación, optimizando los recursos disponibles, es decir, maximizando el beneficio de los ciudadanos". Como es sabido, un sistema de gestión de pavimentos consta de cinco subsistemas: bases de datos, modelos de evolución o de comportamiento, estrategias de actuación, análisis económico y criterios de priorización. Desafortunadamente la implantación de un sistema de gestión de pavimentos realmente adaptado a la red que se pretende gestionar requiere de un cierto número de años, siendo quizás esta una de las razones, aunque no la única, por la cual la supuesta gestión no se basa en su empleo. Se debe, por tanto, asumir que una primera fase en la mejora de la gestión debería abordarse sin contar aún con una implantación completa de un verdadero sistema de gestión.

De todas formas, es preciso reconocer también que muchos de los problemas aparecidos en los últimos años en los firmes de las carreteras locales hubieran sido sensiblemente menores si en las asignaciones presupuestarias para estas redes se hubieran atendido los criterios de los ingenieros más experimentados que trabajan en las correspondientes administraciones.

2. Elaboración de las estrategias de conservación

Para desarrollar un programa de rehabilitación y mejora de firmes, incluyendo lógicamente las correspondientes previsiones presupuestarias, se requiere definir para cada posible situación la estrategia de conservación más adecuada, es decir, hay que seleccionar los tratamientos que serían aplicados y el momento de su aplicación. En un sistema de gestión las estrategias se elaboran a partir de matrices de deterioros, de matrices de rehabilitación o mediante árboles de decisión.

Las estrategias basadas en matrices de deterioros parten de la confección de una tabla con los tratamientos más comunes en función del tipo de red o del tipo firme; a continuación la administración decide a qué nivel de deterioro se aplica cada tratamiento. Por su parte, en las matrices de rehabilitación se enfrentan el tipo de carretera o el tipo de tráfico con el estado del pavimento, asociándose los tratamientos requeridos con cada cuadro de la matriz. Finalmente, los procesos basados en un árbol de decisiones pueden

manejar una variedad de criterios; un típico árbol de decisiones está formado por tres elementos: clase funcional de la carretera, tipo de superficie e indicador de estado del pavimento; para cada rama del árbol de decisión habrá una estrategia que incluirá las prácticas que emplee la administración normalmente.

Durante el proceso de elaboración de las estrategias de conservación serían posibles, en principio, varias combinaciones de tratamientos. Para elegir finalmente la estrategia se han de analizar económicamente todas las posibilidades técnicamente viables con las que se satisfagan los objetivos fijados. Los costes de las distintas estrategias se han de evaluar mediante la técnica del VAN (Valor actualizado neto), de manera que la estrategia seleccionada finalmente será la que resulte globalmente más económica.

3. Indicador de estado de los pavimentos

Las necesidades de mejora de un firme de carretera se deberían precisar a partir de un análisis en el que se hiciesen intervenir factores tales como su composición, las características de sus materiales, el historial de actuaciones a las que se ha sometido el firme, el tráfico pesado acumulado desde la puesta en servicio, las previsiones de tráfico futuro, las características climáticas de la zona, la situación en la que se encuentran los sistemas de desagüe y drenaje y el estado actual del firme. Este habría de ser valorado mediante una adecuada combinación de los resultados de una inspección visual y de auscultaciones, tanto de las características estructurales del firme como de las características superficiales del pavimento.

En las redes locales no es habitual contar con los resultados de campañas periódicas de auscultación; en el mejor de los casos las mediciones se llevan a cabo solamente cuando se va a proyectar una rehabilitación concreta. Sin embargo, resulta perfectamente factible llevar a cabo inspecciones visuales periódicas que permitan establecer un indicador global de deterioro, así como, incluso, su evolución en el tiempo.

En este sentido puede ser recomendable recurrir a la determinación del PCI (Pavement Condition Index), cuya definición y los criterios generales para su determinación están recogidos en la norma ASTM D 6433 – 07 (Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys) (ASTM, 2007). La aplicación práctica de lo establecido

Tabla 1. Correlación aproximada entre el valor del PCI y el estado del pavimento.

Valor del PCI	Estado del pavimento
0 - 10	Ruina
10 - 25	Muy malo
25 - 40	Malo
40 - 55	Regular
55 - 70	Aceptable
70 - 85	Satisfactorio
85 - 100	Muy bueno

en esta norma puede realizarse de diversas maneras. Incluso, diferentes administraciones de Estados Unidos han desarrollado sus propios procedimientos prácticos para la determinación del PCI. Por ejemplo, el New York State Department of Transportation elaboró en 2007 un documento titulado "The NYSDOT Pavement Condition Index (PCI)" (NYSDOT, 2010) en el que se contienen las directrices a seguir en ese estado; el documento forma parte de uno más amplio, titulado "Pavement Condition Assessment".

En definitiva, se utiliza una escala de valoración que va de 0 a 100, con la siguiente correlación aproximada entre el PCI y lo que sería una valoración meramente cualitativa (Tabla 1).

Según la citada norma ASTM la determinación del PCI debe llevarse a cabo en base a la valoración de 19 deterioros en el caso de firmes con pavimento asfáltico y de otros tantos en el caso de los pavimentos de hormigón; sin embargo, el procedimiento puede simplificarse notablemente siguiendo recomendaciones como la indicada del New York State Department of Transportation. Los deterioros considerados para los firmes con pavimento asfáltico son: piel de cocodrilo, exudación de ligante, agrietamiento en bloques, resaltos, depresiones, irregularidades de pequeña longitud de onda, grietas de borde, escalonamientos entre carriles o entre calzada y arcén, grietas reflejadas (longitudinales y transversales), baches, parcheos, áridos pulimentados, roderas, hundimiento en las rodadas, grietas de fluencia, peladuras, superficie erosionada y hundimientos en pasos ferroviarios a nivel.

El PCI constituye una buena valoración global del estado de un pavimento desde el punto de vista estructural y de la

regularidad superficial. Sin embargo, aunque se tienen en cuenta dos tipos de deterioros que pueden influir en la resistencia al deslizamiento (exudaciones y áridos pulimentados), no puede decirse que esta importantísima característica superficial quede adecuadamente reflejada mediante el PCI. De todas formas, es preciso reconocer que, desafortunadamente, en las redes locales no se suelen llevar a cabo mediciones periódicas de la resistencia al deslizamiento, a pesar de que una campaña resulta relativamente barata (unos 30 euros por kilómetro); en ese caso, por desgracia, no sería posible considerar de manera separada y precisa esta característica a la hora de definir estrategias de renovación superficial.

De todos modos, a los efectos de lo que aquí se plantea, los tramos de una red local podrían clasificarse simplemente en tres grupos por el estado de sus pavimentos: bueno ($PCI \geq 60$), regular ($60 > PCI > 35$) y malo ($PCI \leq 35$). Si fuese factible, debería además considerarse en tramos cuyos pavimentos tuviesen $PCI > 35$ (en los que, según su importancia, podría no actuarse prioritariamente o, incluso, no haber necesidad de ello si $PCI \geq 60$) la distinción entre los que tuvieran suficiente resistencia al deslizamiento y los que no. El umbral podría fijarse, por ejemplo, en un valor característico del coeficiente de rozamiento transversal (CRT) de 0,45.

4. Clasificación de las carreteras de una red local

La aplicación de una u otra estrategia y la prioridad para llevarla a cabo en un ejercicio presupuestario determinado van a depender por un lado del grado de deterioro del pavimento, pero por otro, lógicamente, de la jerarquía de la carretera en el ámbito de la red considerada. En el caso de las administraciones locales es posible encontrar distintas jerarquizaciones de sus respectivas redes, pero lo más habitual es una clasificación sencilla en la que se distingue una red primaria y una red secundaria, normalmente en función de la conexión con las redes viarias de mayor categoría y del tamaño de los núcleos de población a los que se da acceso.

Sin embargo, esta clasificación debería ser matizada considerando también con precisión la intensidad media diaria del tráfico (IMD), la anchura de la plataforma y, dependiendo de las redes, algunos otros aspectos. Obviamente los umbrales de cada criterio pueden variar apreciablemente dependiendo de la red local de la que se trate. Así, por ejemplo, el criterio de la IMD en una red provincial como la de Alicante

podría manejarse con umbrales en los 500 y en los 2.000 veh/día, mientras que, por el contrario, en una red provincial como la de Salamanca sería más adecuado que esos umbrales se fijasen en los 300 y en los 800 veh/día. En cuanto a las anchuras de las plataformas parece que pueden utilizarse con generalidad los umbrales utilizados en las estadísticas de longitudes de las redes viarias publicadas por el Ministerio de Fomento y el Instituto Nacional de Estadística: 5,0 y 7,0 m.

Aunque puede haber una marcada diferencia entre las distintas redes locales, se propone en definitiva que, utilizando los criterios indicados, se llegue en una determinada red local a establecer tres tipos de tramos de cara a la elaboración de estrategias: de importancia alta, de importancia media y de importancia baja (Pérez Cembranos, 2014).

5. Técnicas de rehabilitación y mejora

Teniendo en cuenta las características que en general tienen las distintas redes locales españolas y las tecnologías habitualmente disponibles, se consideran las técnicas de rehabilitación y mejora de firmes (para renovación superficial o rehabilitación estructural, según corresponda) que se incluyen en la Tabla 2.

En lo que se refiere a los riegos con gravilla es cierto que también podrían considerarse los monocapa (simple tratamiento superficial) y los tricapa (triple tratamiento superfi-

Tabla 2. Técnicas de rehabilitación y mejora de firmes para las redes locales.

• Riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial)
• Lechada bituminosa (microaglomerado en frío)
• Mezcla bituminosa abierta en frío (espesor de capa de 4-5 cm)
• Mezcla bituminosa en caliente tipo asphalt concrete (espesor de capa de 5-7 cm)
• Zahorra artificial (espesor de 20-30 cm)
• Gravaemulsión (espesor de 6-10 cm)
• Reciclado in situ con emulsión bituminosa (espesor de 6-10 cm)
• Reciclado in situ con cemento (espesor de 20-30 cm)
• Reciclado in situ mixto (espesor de 12-18 cm)
• Fresado (espesor de 4-8 cm)

cial). El argumento para esa consideración sería que los primeros serían una opción especialmente económica, mientras que los últimos constituirían una solución más duradera. La experiencia muestra que la durabilidad de los bicapa es notablemente superior a la de los monocapa con solamente un pequeño incremento de los costes, mientras que, por otra parte, si los bicapa se aplican utilizando materiales de suficiente calidad y con una ejecución cuidadosa es innecesario recurrir a los tricapa.

A veces se señala como inconveniente para la utilización de los riegos con gravilla su eliminación del PG-3 desde 2004. Sin embargo, no debe olvidarse que existen unas prescripciones técnicas generales elaboradas en 2005 por la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB) (Del Val, 2005, 3). Su empleo en un proyecto solamente necesitaría el cambio de las denominaciones de las emulsiones por las actualmente recogidas en la normativa europea y el cambio de las especificaciones de los áridos para adaptarlas a las exigencias derivadas de su mercado CE (en línea con los llevados a cabo en los distintos artículos del PG-3).

En cuanto a los tratamientos superficiales mediante lechadas son los recogidos en el artículo 540 del PG-3 bajo la denominación de microaglomerados en frío. Estas prescripciones requieren determinadas particularizaciones para su aplicación en las redes locales. Cabe señalar, por ejemplo, la no necesidad en general de recurrir a emulsiones de betún modificado, la no necesidad del apisonado, salvo que se emplease la granulometría MICROF 11, y la posibilidad de emplear la granulometría MICROF 5 en capa única (especialmente en el caso de ser aplicadas para sellar las mezclas abiertas en frío).

En relación con las mezclas abiertas en frío hay que volver a hacer referencia a la inexistencia de prescripciones en el PG-3 desde 2004, como en el caso de los riegos con gravilla. Pero también en este caso están disponibles las prescripciones técnicas generales elaboradas en 2005 por ATEB (Del Val, 2005, 2), cuya particularización requiere en primer lugar, como en el caso de los riegos, el cambio de las denominaciones de las emulsiones bituminosas y, por otro lado, la adaptación de las especificaciones de los áridos a lo que impone su mercado CE. En otro orden de cosas, en el hipotético caso en que se quisiesen colocar las mezclas abiertas en frío en espesores relativamente importantes (8-10 cm), habría que extenderlas en dos capas, reservando, lógicamente, el sellado a la capa superior.

De las mezclas bituminosas en caliente del tipo *asphalt concrete* hay que subrayar, por encima de cualquier otra consideración, que su uso en las redes locales debería reservarse, al contrario de lo que ha sido lo habitual en las últimas tres décadas, a unas aplicaciones muy precisas, como por ejemplo su disposición sobre un soporte suficientemente rígido, como el que se obtiene mediante un reciclado in situ con cemento. En el caso en que se quisiesen colocar las mezclas en caliente del tipo *asphalt concrete* en espesores relativamente importantes (> 8 cm) habría que extenderlas en dos capas, pero en ningún caso la granulometría en la capa inferior debería ser la G (que, por otro lado, tendría que haber sido eliminada ya hace tiempo del artículo 542 del PG-3).

En las mezclas en caliente del tipo *asphalt concrete* deben tenerse presentes dos opciones técnicas, que podrían incluso utilizarse conjuntamente (es lo deseable): la fabricación a temperatura inferior a la habitual (se hablaría entonces con más propiedad de mezclas semicalientes) y la incorporación en la central de fabricación de material de fresado (RAP, Reclaimed Asphalt Pavement) en tasas que se situarían en principio entre el 15 y el 25%.

En las vías locales debe seguir considerándose en ocasiones, cómo no, la opción tradicional de rehabilitar un firme formado por capas granulares y un tratamiento superficial (que puede ser incluso una capa de mezcla de espesor reducido) mediante un escarificado de los centímetros superiores (eliminando totalmente por consiguiente dicho tratamiento superficial), previo a la extensión de una nueva capa granular, posteriormente revestida con un riego con gravilla. El éxito de estas rehabilitaciones no está tanto en el espesor (que debe estar, casi sin excepciones, entre los 20 y los 30 cm) como en una granulometría cuidada y en unos áridos especialmente limpios. Ciertamente allí donde se siguiese utilizando la aún más tradicional técnica del macadam se podría emplear en los mismos espesores indicados, con la ventaja adicional, entre otras, de poderse garantizar más fácilmente el agarre del riego con gravilla a su soporte.

Hay que seguir insistiendo, como ya se ha hecho en el pasado en tantísimas ocasiones, en la idoneidad de recurrir en las vías locales a la gravaemulsión, tanto para construcción nueva como para determinadas actuaciones de rehabilitación estructural. Los inconvenientes de la técnica (entre los cuales uno no menor es el de su coste de construcción, en general poco competitivo) quedan ampliamente compensa-

dos por ventajas tales como la versatilidad de todo tipo en la aplicación, la protección de la infraestructura frente a la acción del agua, la capacidad de autorreparación, etc. Una vez más hay que volver a hacer referencia a la ausencia de un artículo en el PG-3, pero a la posibilidad de utilizar el pliego de ATEB (Del Val, 2005, 1), con las obligadas particularizaciones a las que ya se ha aludido en los casos de los riegos con grava y de las mezclas abiertas en frío.

El reciclado in situ en frío con emulsión será una opción a considerar siempre que, de entrada, haya una importante superficie para rehabilitar estructuralmente. La efectividad del resultado es comparable en todo al conseguido mediante la extensión de una gravaemulsión, pero en absoluto es concurrente ni con los reciclados in situ con cemento ni con las soluciones basadas en el empleo de mezclas en caliente del tipo asphalt concrete, dado que sus campos de aplicación son totalmente diferentes. El principal problema es que las especificaciones oficiales existentes (las contenidas en el artículo 20 del PG-4) están obsoletas en buena medida, si bien esto queda compensado con la gran experiencia que ya hay acumulada en España en la aplicación de esta tecnología. No hay que olvidar que, como en el caso de la gravaemulsión, el resultado dependerá siempre de las condiciones ambientales con las que se ejecute el reciclado (mejor cuanto más caluroso y seco sea el tiempo que hace durante la obra) y que ha de colocarse siempre encima (tanto del reciclado como de la gravemulsión) un tratamiento superficial con el que hacer frente a los esfuerzos horizontales que se puedan producir, pero una vez que se haya producido la maduración completa de la capa. Debe considerarse que la maduración se acelera notablemente si se recurre a una técnica de reciclado templado. Bajo esta denominación se hace referencia a reciclados con emulsión, pero no hechos in situ, sino en planta, con tasa de RAP del 100%; se recurre a un cierto calentamiento (70 - 80 °C), lo que sirve luego, tras la puesta en obra, para acelerar el proceso de maduración de la mezcla.

Por su parte, el reciclado in situ con cemento debe considerarse como una forma de llegar a tener una especie de suelocemento a partir de los materiales preexistentes; por tanto, el firme final debe diseñarse bajo los principios de diseño de los firmes semirrígidos. El espesor mínimo que se debe considerar es de 20-22 cm, pudiéndose así hacer ya frente a tráfico pesados relativamente intensos. Sin embargo, es aconsejable en general ir a espesores algo mayores (25-30

cm) porque con un pequeño sobrecoste se consiguen comportamientos muchísimo mejores a medio y a largo plazo. Análogamente a lo que ocurre con los reciclados con emulsión las especificaciones oficiales (las contenidas en este caso en el artículo 21 del PG-4) están obsoletas.

La solución de reciclado in situ mixto es una buena opción para aunar las ventajas de los reciclados con cemento y con emulsión y para minimizar sus respectivas desventajas. Se trata de un reciclado con un 3-4% de emulsión y un 3-4% de cemento.

Finalmente en ocasiones hay que considerar el fresado como técnica complementaria para la rehabilitación y mejora, especialmente cuando hay un claro deterioro en la parte superior del firme (más aún si se aprecia el despegue de la capa de rodadura) y no se aplica una técnica de reciclado in situ. En cuanto al material que se obtiene (RAP), debe valorarse su eventual reciclado en central.

6. Propuesta de estrategias de rehabilitación

Como aproximación razonable se han considerado las estrategias que se detallan a continuación, las cuales, como es obvio, deberían adaptarse a cada red local en concreto.

Las estrategias de rehabilitación estructural (EE) consideradas son las que se han incluido en la Tabla 3.

Por su parte, las estrategias de rehabilitación superficial (ES), para hacer frente a situaciones de deslizamiento cuando no hay insuficiencia estructural, serían las incluidas en la Tabla 4.

Considerando, según lo indicado más arriba, la importancia de la carretera y el nivel de deterioro del pavimento una razonable aplicación de las distintas estrategias enunciadas podría ser la que se resume en la Tabla 5.

En cada casilla de la Tabla 5 se ha incluido un número que indicaría un posible orden de importancia de la actuación entre las consideradas para el conjunto de la red. Es una mera propuesta que debe tomarse únicamente como una primera aproximación.

7. Conclusiones

Una gestión eficiente de la conservación de los firmes de las redes locales de carreteras requiere la implantación de un verdadero sistema de gestión. Sin embargo, aun no existiendo,

Tabla 3. Estrategias de rehabilitación estructural.

EE1	Fresado y reposición (en espesores de 4 a 8 cm) más recrecimiento con mezcla bituminosa en caliente (en espesores entre 5 y 12 cm). Se debe contemplar la posibilidad de que las capas de reposición y las inferiores del recrecimiento se fabriquen reciclando en central parte del material fresado (en tasas que estarían entre el 15 y el 25 %).
EE2	Recrecimiento con mezcla bituminosa en caliente (en espesores de 6 a 10 cm).
EE3	a) Reciclado in situ con cemento (en espesores de 20 a 30 cm) más recrecimiento con mezcla bituminosa en caliente (en espesores de 8 a 12 cm). b) Reciclado in situ con cemento (en espesores de 20 a 30 cm) más extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial).
EE4	Reciclado in situ con emulsión bituminosa (en espesores de 6 a 10 cm) más recrecimiento con mezcla bituminosa en frío (en un espesor de 4 cm).
EE5	Reciclado in situ con emulsión bituminosa (en espesores de 6 a 10 cm) más extensión de una lechada bituminosa (microaglomerado en frío).
EE6	Reciclado in situ con emulsión bituminosa (en espesores de 6 a 10 cm) más extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial).
EE7	Recrecimiento con mezcla bituminosa en frío (en espesores de 4 a 8 cm).
EE8	Recrecimiento con zahorra artificial (en espesores de 20 a 30 cm) más extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial).
EE9	Recrecimiento con gravaemulsión (en espesores de 6 a 10 cm) más extensión de una lechada bituminosa (microaglomerado en frío).
EE10	Recrecimiento con gravaemulsión (en espesores de 6 a 10 cm) más extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial).

Tabla 4. Estrategias de rehabilitación superficial.

ES1	Extensión de una mezcla bituminosa en frío en un espesor de 4 cm
ES2	Extensión de una lechada bituminosa gruesa (microaglomerado en frío)
ES3	Extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial)

es posible una mejora de dicha gestión si se elaboran estrategias de rehabilitación y mejora que tengan en cuenta el empleo de técnicas acordes con las características de estas carreteras y en especial de sus firmes. Por otro lado, las estrategias se deben definir considerando la importancia concreta de cada vía y el estado del pavimento, tanto desde el punto de vista estructural como desde el de la resistencia al deslizamiento. Entre las técnicas consideradas se debe dar preferencia a las basadas en el empleo de las emulsiones bituminosas, puesto que únicamente de esta manera se puede conseguir la consecución de los objetivos técnicos planteados con unos costes globales compatibles con las limitaciones presupuestarias, así como aprovecharse de sus innegables ventajas ambientales.

8. Agradecimientos

El autor quiere dejar constancia de su agradecimiento a los ingenieros D. Miguel López-Bachiller, D. Jesús Díaz Minguela, D. Wouter van Bijsterveld y D. Jorge Antonio Moreno, por los enriquecedores comentarios al texto que le hicieron llegar en su momento.

9. Referencias

- ASTM International: Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys (ASTM D 6433 – 07), 48 pág., West Conshohocken, PA (USA), 2007

Estrategias de rehabilitación y mejora de firmes en redes locales

Tabla 5. Aplicación de las distintas estrategias según la importancia de la vía y el estado del firme.

Estado del firme	Estado estructural regular	Estado estructural malo	Insuficiente resistencia al deslizamiento (buen estado estructural)
Importancia de la vía			
Importancia alta	(5) EE2, EE3a, EE5	(4) EE1, EE3a, EE4	(1) ES1, ES2
Importancia media	(6) EE3b, EE5, EE6, EE7, EE9, EE10	(5) EE3b, EE4, EE5, EE6, EE9, EE10	(2) ES2, ES3
Importancia baja	(7) EE6, EE10	(6) EE6, EE8, EE10	(3) ES3

- Del Val, M. A.: Pliego de gravaemulsión, ATEB, 20 pág., Madrid, 2005. http://ateb.es/images/pdf/PLI_GRAVA.pdf
- Del Val, M. A.: Pliego de mezclas bituminosas abiertas en frío, ATEB, 19 pág., Madrid, 2005. http://ateb.es/images/pdf/PLI_MEZCLAS.pdf
- Del Val, M. A.: Pliego de tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla, ATEB, 17 pág., Madrid, 2005. http://ateb.es/images/pdf/PLI_TRATAMIENT.pdf
- Del Val, M. A.: Las necesidades de conservación de los firmes de las carreteras españolas, Asefma, 54 pág., Madrid, 2010. http://www.asefma.es/modules/mastop_publish/files/files_4ee5e7fb45d9f.pdf
- Del Val, M. A.: La conservación como prioridad de las políticas viarias en redes locales, 22º Symposium Nacional de Vías y Obras de la Administración Local, 9 pág., Zaragoza, 2014. <http://www.aecarretera.com/22vyodeal-presentaciones/presentaciones/Miguel%20angel%20del%20Val%20Politicaviarias.pdf>. <http://vimeo.com/user14893125/review/90413455/9ddca014a>
- New York State Department of Transportation: Pavement Condition Assessment, NYSDOT, 142 pág., Albany, NY (USA), 2010
- Pérez Cembranos, D.: Elaboración de estrategias de conservación de pavimentos en redes secundarias de carreteras. Aplicación al caso de la red provincial de Salamanca, 125 pág., Trabajo fin de Máster (Máster Universitario en Sistemas de Ingeniería Civil), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2014

#47

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Reciclar neumáticos usados en mezclas asfálticas permite diseños de pavimentos muy silenciosos” (Número 20)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE