

CARRETERAS CON POLVO DE NEUMÁTICO FABRICADAS A MENOR TEMPERATURA

¿SE PUEDEN HACER CARRETERAS CON POLVO DE NEUMÁTICO A TEMPERATURAS MÁS BAJAS DE LAS HABITUALES? ES FACTIBLE, PERO LA EXPERIENCIA QUE HAY DE ESTA TECNOLOGÍA A NIVEL DE CAMPO ES TODAVÍA INSUFICIENTE. POR ESO EL PASADO MES DE MAYO SIGNUS PUBLICÓ UN NUEVO DOCUMENTO TÉCNICO QUE NACE CON EL OBJETIVO DE PONER A DISPOSICIÓN DEL SECTOR, INFORMACIÓN TÉCNICA QUE ANIME A FABRICAR MEZCLAS BITUMINOSAS CON POLVO DE NEUMÁTICO MEDIANTE LAS TECNOLOGÍAS DENOMINADAS “MEZCLAS SEMICALIENTES”.

Las mezclas bituminosas son el material más utilizado en todo el mundo para la construcción de pavimentos. Durante su fabricación y puesta en obra es necesario calentar los áridos y el ligante hasta temperaturas que rondan los 160-170 °C, de manera que se garantice una trabajabilidad adecuada. Debido a ello, en los últimos años desde el sector se está apostando por el uso de mezclas denominadas semicalientes que son capaces de ser fabricadas a una temperatura en torno a 20-40 °C menos de las habituales, de manera que puedan minimizarse los efectos negativos asociados a su producción y puesta en obra, pero manteniendo sus prestaciones mecánicas

Hasta ahora, se dispone de muy poca información sobre el uso de polvo de caucho de NFVU en mezclas semicalientes. Por ello, hace unos años SIGNUS puso en marcha un proyecto con el objetivo de estudiar su comportamiento y viabilidad, dando como resultado el documento “Mezclas semicalientes con polvo de caucho procedente del neumático al final de su vida útil” publicado el pasado mes de mayo. Los trabajos se realizaron con la colaboración del Laboratorio de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid y el Laboratorio de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Granada. En el presente artículo se presenta un extracto de dicho estudio donde se revisa el estado del conocimiento sobre mezclas semicalientes en general, las tecnologías más adecuadas en el caso de las mezclas con caucho, los protocolos de trabajo en laboratorio y estudios de casos concretos a nivel laboratorio.

- Mezclas bituminosas con caucho de NFVU

El mercado de valorización del polvo de NFVU en mezclas bituminosas en caliente es un mercado consolidado en España, que cuenta con más de 1.600 km de tramos de carreteras asfaltadas utilizando el polvo de caucho como un recurso.

El polvo de caucho puede incorporarse a las mezclas bituminosas por vía húmeda o por vía seca. En el primer caso, se fabrica un ligante betún-caucho que garantiza que la digestión del caucho en el betún ha alcanzado un grado suficiente. Posteriormente, en el momento de la fabricación de la mezcla bituminosa el betún-caucho se incorpora en el mezclador de la central junto con los áridos.

En la vía seca, sin embargo, el caucho se incorpora a la mezcla bituminosa en el momento de su fabricación, junto con los áridos y el betún. En este caso, debe observarse un tiempo de digestión mínimo que depende de varios factores, antes del cual no puede extenderse la mezcla ni permitir que se enfríe, puesto que la insuficiente digestión del caucho puede limitar su comportamiento en servicio.

Aunque no se ha incluido en este estudio por su reciente aparición, cabe destacar que se ha

ROADS MADE AT LOWER TEMPERATURES WITH CRUMB RUBBER FROM TYRES

CAN ROADS BE MADE WITH CRUMB RUBBER FROM TYRES AT LOWER TEMPERATURES THAN NORMAL? IT IS FEASIBLE BUT THERE IS STILL INSUFFICIENT EXPERIENCE IN THE FIELD OF THIS TECHNOLOGY. FOR THIS REASON, SIGNUS PUBLISHED A NEW TECHNICAL DOCUMENT IN MAY OF THIS YEAR. THE OBJECTIVE WAS TO PROVIDE THE SECTOR WITH TECHNICAL INFORMATION IN ORDER TO ENCOURAGE THE MANUFACTURE OF ASPHALT MIXTURES WITH TYRE RUBBER USING WHAT ARE KNOWN AS WARM MIX ASPHALT TECHNOLOGIES.

Asphalt mixtures are the most commonly used material for the construction of paved surfaces worldwide. During the manufacture and onsite laying of these mixes, it is necessary to heat aggregates and binders to temperatures of around 160-170 °C, in order to ensure adequate workability. Because of this, in recent years, the sector has been leaning towards the use of what are known as Warm Mix Asphalt (WMA) which can be manufactured at temperatures of around 20-40 °C less, thereby enabling minimisation of the negative effects associated with their production and laying, whilst maintaining mechanical properties.

To date, little information has been available on the use of crumb rubber from end-of-life tyres (ELT) in warm mix asphalts. For this reason, a few years ago, SIGNUS began a project to study the behaviour and feasibility of these mixtures, which gave rise to the document entitled “Warm mix asphalt with crumb rubber from end-of-life tyres”, published last May. The work was carried out in collaboration with the Roads Laboratory of the Madrid Polytechnic University (UPM), and the Laboratory of Engineering and Construction of the University of Granada. This article presents an extract from the study reviewing the state of knowledge of warm mix asphalt in general, the most appropriate technologies in the case of mixes with rubber, laboratory working protocols and specific case studies at laboratory level.

- Asphalt mixes with ELT rubber

The market for the recovery of ELT rubber in warm mix asphalt is a consolidated market in Spain, with over 1,600 km of road built using crumb rubber as a resource.

Crumb rubber can be incorporated into asphalt mixes using wet or dry processes. In wet processes, a bitumen/rubber binder is made which ensures that the rubber has been digested into the bitumen to a sufficient degree. Subsequently, when the asphalt mixture is being manufactured, the bitumen/rubber binder is incorporated into the terminal blending process along with the aggregates.

In dry processes however, the rubber is incorporated into the asphalt mixture when it is being manufactured, along with the aggregates and the bitumen. In this case, a minimum digestion time, depending on a number of factors, should be allowed. Until this time has elapsed, the mixture cannot be laid or allowed to cool, because insufficient digestion of the rubber can adversely affect its behaviour when in service.

Although it was not included in this study due to its recent emergence, it should be emphasised that another technique called the semi-wet process has also been developed. In this process,



desarrollado otra técnica denominada vía semihúmeda, en la que el polvo de caucho tiene algún tratamiento previo que facilita su digestión e integración en el betún, de modo que puede añadirse directamente en el momento de fabricar la mezcla bituminosa como si se tratase de vía seca, pero precisa poco o ningún tiempo de digestión previamente a su extendido como en la vía húmeda.

En general, la incorporación de caucho a los betunes supone una modificación de sus características reológicas y que se caracteriza frente a los betunes base por una menor susceptibilidad térmica, una mayor flexibilidad y elasticidad, y una mejor resistencia al envejecimiento.

Por su parte, las mezclas bituminosas con caucho incorporado en cualquiera de las tres vías anteriormente descritas, presentan mejor comportamiento a las deformaciones plásticas, a la fatiga y a la fisuración que sus materiales homólogos sin caucho, lo que se traduce en una mayor durabilidad de la carretera.

Por tanto, se trata de unos materiales excelentes para la pavimentación desde el punto de vista de la mejora de propiedades de la carretera.

- Mezclas bituminosas semicalientes con caucho de NFVU

Se denominan mezclas bituminosas semicalientes aquéllas que se fabrican a temperaturas que vienen a estar entre 20 y 40°C por debajo de las habituales. Dicha reducción de temperatura pretende reducir el consumo energético durante la fabricación, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar las condiciones de salud en el trabajo, generar menor impacto en el entorno y reducir los costes de producción.

Para lograrlo se emplean varias técnicas que pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- Aditivos orgánicos
Se trata de productos que reducen la viscosidad del ligante a temperaturas altas, mejorando así la trabajabilidad y la compactabilidad de la mezcla bituminosa.
- Aditivos químicos
En este caso los productos y los mecanismos con que actúan son más variados. Pueden encontrarse surfactantes que reducen la tensión superficial o aditivos que mejoran la afinidad electroquímica árido-ligante favoreciendo, en ambos casos, su mezclado a temperaturas más bajas de lo habitual.
- Espumación de betunes
Consiste en la inyección de pequeñas cantidades de agua (en torno al 3%) en el betún a elevada temperatura, de tal modo que el agua pasa a estado vapor dando lugar a una especie de espuma que facilita la envuelta de los áridos.

- Metodología de estudio en laboratorio

Los factores críticos que deben tenerse en cuenta a la hora del diseño de las mezclas semicalientes en laboratorio son: (i) la adecuada envuelta del betún con los áridos, (ii) las características volumétricas de la mezcla (especialmente los huecos de aire), (iii) la sensibilidad al agua y (iv) la resistencia a la deformación plástica.

Para considerar estos factores se propone un protocolo de trabajo en laboratorio en el que, a partir de la mezcla bituminosa con caucho sin aditivos de semicalientes, se realizan una serie de ensayos y comprobaciones para determinar la eficacia de un aditivo y la temperatura mínima a la que puede trabajarse sin afectar negati-



the crumb rubber undergoes preliminary treatment to facilitate its digestion and integration with the bitumen, in such a way that it can be added directly at the time of manufacturing the asphalt mix, in the same way as with the dry process. However, like the wet process, it requires little or no digestion time prior to being laid.

In general, adding rubber to binders results in a modification of their rheological characteristics. This modification is characterised by lower thermal susceptibility, greater flexibility and elasticity, and greater resistance to aging compared to base binders without rubber. Asphalt mixtures with rubber added through any of the previously described processes have better behaviour with respect to plastic deformation, fatigue and cracking than mixes without rubber, which results in greater road durability.

They are, therefore, excellent paving materials from the perspective of enhancing road properties.

- Warm mix asphalts with ELT rubber

Warm mix asphalts are those produced at temperatures of between 20 and 40°C lower than normal. This temperature reduction seeks: to reduce energy consumption during production, to reduce greenhouse gas emissions, to improve occupational health and safety conditions, to reduce environmental impact and to reduce production costs.

In order to achieve this, a number of techniques are used and these can be classified into the following groups:

- Organic additives
These are products which reduce the viscosity of the binder at high temperatures, thereby improving its workability and the compactability of the asphalt mixture.
- Chemical additives
In this case, the products and the mechanisms with which they act are more varied. They can include surfactants that reduce surface tension or additives that improve the bitumen/aggregate electrochemical affinity, in both cases facilitating mixing at lower-than-normal temperatures.
- Bitumen foaming
This consists of the injection of small quantities of water (around 3%) into the bitumen at high temperatures, in such a way that the water passes to a vapour state, giving rise to a kind of foam that facilitates the wrapping of the aggregates.

- Methodology of the laboratory study

The critical factors that must be taken into account when designing warm mix asphalts in the laboratory are: (i) adequate

vamente a las propiedades de la mezcla bituminosa. Con carácter general, se recomienda que el protocolo de trabajo se ordene según las siguientes etapas:

1. Obtención del contenido óptimo de ligante en la mezcla sin aditivos de semicalientes, como si se tratase de una mezcla en caliente.
2. Comprobación de las propiedades de la mezcla con aditivo de semicalientes (se puede utilizar el porcentaje recomendado por el fabricante) con varios escalones de temperatura más bajos, por ejemplo con descensos sucesivos de 10°C.
3. Comparación de los resultados para cada escalón de temperatura con las propiedades que se exigen en especificaciones de las mezclas en caliente (propiedades volumétricas, sensibilidad al agua, resistencia a las roderas, etc.) para establecer la bajada de temperatura aceptable con el contenido de aditivo utilizado.
4. Análisis de los resultados y decisión sobre la idoneidad del aditivo y del porcentaje del mismo que se ha incorporado en el ligante.

Más allá del diseño, se puede hacer una caracterización avanzada de la mezcla incluyendo módulo de rigidez, fatiga, resistencia a la fisuración, etc., de modo que puedan optimizarse materiales a partir de opciones semicalientes que ya cumplen las especificaciones.

- Casos prácticos en laboratorio.

El Laboratorio de Caminos de la UPM y el Laboratorio de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Granada han llevado a cabo tres casos de estudios diferentes en laboratorio correspondientes a distintas mezclas bituminosas que componen la carretera (SMA, AC y BBTM 11A). Los resultados indicaron que, con los aditivos estudiados en cada uno de los casos, era posible reducir la temperatura en 30, 25 y 45°C, respectivamente.

Por tanto, a partir de los casos prácticos estudiados a nivel de laboratorio, se puede concluir que es factible la fabricación de mezclas bituminosas semicalientes con polvo de caucho procedente del neumático al final de su vida útil. Sin embargo, la experiencia que hay de esta tecnología a nivel de campo es todavía insuficiente.

Conclusiones

Los resultados del estudio así como otros reportados en la bibliografía animan a la aplicación de estas técnicas semicalientes con caucho en proyectos a escala real, para poner en juego todas las potencialidades de las mezclas bituminosas con caucho de neumáticos al final de su vida útil (NFVU).

Este estudio forma parte de la colección de publicaciones de SIGNUS en materia de mezclas bituminosas con caucho cuyo objetivo es promocionar y dar a conocer esta vía de reciclaje del neumático y de esta forma cumplir con los requisitos adicionales establecidos a través del Plan Estratégico Marco de Residuos 2016-2022 del MAPAMA, y las políticas de fomento de la sostenibilidad de la actividad económica impulsado por el denominado paquete de Economía Circular de la Comisión Europea. Todas estas publicaciones están disponibles de manera gratuita en www.signus.es.



wrapping of the bitumen with the aggregates (ii) the volumetric characteristics of the mixture (especially air voids), (iii) sensitivity to water (iv) resistance to plastic deformation.

In order to take these factors into account, a laboratory working protocol is proposed in which, based on the rubberised asphalt mixture without warm asphalt additives, a series of tests and controls are carried out to determine the effectiveness of an additive and the minimum temperature at which work can be undertaken without adversely affecting the properties of the asphalt mixture. In general, it is recommended that the working protocol be organised in accordance with the following stages:

1. Obtaining the optimum binder content in the mixture with warm asphalt additives, as if it were a warm mix asphalt.
2. Control of the properties of the mixture with the warm asphalt additive (the percentage recommended by the manufacturer can be used) with a number of lower temperature ranges, for example, with successive decreases of 10°C.
3. Comparison of the results for each temperature range with the properties demanded in warm mix asphalt specifications (volumetric properties, water sensitivity, rutting resistance, etc.) to establish the temperature reduction acceptable with the content of the additive used.
4. Analysis of the results and decision on the suitability of the additive and the proportion of the additive added to the binder.

Going beyond the design process, an advanced characterisation of the mixture can be undertaken, including shear modulus, fatigue, cracking resistance, etc., in such a way that materials can be optimised for warm asphalt options that already meet the specifications.

- Practical case studies in the laboratory

The Roads Laboratory at the UPM, and the Laboratory of Engineering and Construction at the University of Granada carried out three different laboratory case studies corresponding to the three different asphalt mixtures of which the road is composed (SMA, AC and BBTM 11A). The results indicate that, with the additives studied in each of the cases, the temperature can be reduced by 30, 25 and 45°C, respectively.

Therefore, from the practical case studies carried out at laboratory level, it can be concluded that the production of warm mix asphalt with crumb rubber from end-of-life tyres is feasible. However, experience in the field with this technology is still insufficient.

Conclusions

The results of the study and others described in the literature encourage the application of these warm mix asphalt on a real scale to put all the potential of asphalt mixes with rubber from ELT into play.

This study forms part of a collection of SIGNUS publications on rubberized asphalt mixtures. The aim of these publications is to promote and provide information on this tyre recycling option in order to facilitate compliance with the Spanish Environment Ministry's Strategic Waste Framework Plan 2016-2022 and policies to foster economic sustainability underpinned by the European Commission's Circular Economy Package. All these publications are available free of charge at www.signus.es.