



## ORDEN CIRCULAR 21/2007 SOBRE EL USO Y ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS LIGANTES Y MEZCLAS BITUMINOSAS QUE INCORPOREN CAUCHO PROCEDENTE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU)

El Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso aprobado el 5 de octubre de 2001, prioriza el reciclado de este residuo respecto a su valorización energética y prohíbe expresamente el vertido de neumáticos enteros o troceados a partir del 1 de enero de 2006. Además, el instrumento f) del mencionado Plan establece que: "En las obras públicas en que su utilización sea técnica y económicamente viable se dará prioridad a los materiales procedentes del reciclaje de NFU. En estos casos se exigirá la inclusión de este requisito en los correspondientes pliegos de prescripciones técnicas."

La Dirección General de Carreteras aprobó el 31 de octubre de 2002, la Orden Circular 5 bis/02 sobre las condiciones para la adición de polvo de neumáticos usados en las mezclas bituminosas, por la que se modificaban los artículos 540, 542 y 543 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), en tanto se aprobaba la Orden Ministerial correspondiente. La orden circular se acompañaba de una nota técnica sobre el uso del polvo de caucho procedente de NFU en las mezclas bituminosas. La Orden Ministerial 891/2004, de 1 de marzo, aprobó definitivamente las modificaciones de los artículos citados del PG-3, incorporando, por tanto, la prioridad de utilización del polvo procedente de neumáticos fuera de uso siempre que sea técnica y económicamente viable.

El objeto de esta Orden Circular es establecer las condiciones para que la utilización del producto resultante de la trituración de neumáticos fuera de uso se pueda considerar técnica y económicamente viable en las obras de pavimentación de la Red de Carreteras del Estado. Las condiciones que se establecen para ello complementan las que se especifican en los artículos del PG-3 mencionados en el párrafo anterior.

Actualmente son posibles dos métodos de incorporación del polvo de caucho procedente de NFU: la denominada vía húmeda y la vía seca. En la vía húmeda, el polvo de NFU se incorpora al betún asfáltico previamente a su introducción en la amasadora de la central de fabricación de la mezcla bituminosa en caliente, obteniéndose un betún modificado o mejorado por el caucho. La forma de fabricar este ligante puede ser mediante la utilización de una planta de fabricación de betunes modificados o bien mediante una instalación in situ ubicada en la planta de fabricación de la mezcla bituminosa, entre el depósito de betún y la amasadora de la mezcla bituminosa.



El grupo de nuevos ligantes con caucho que se especifican en esta Orden Circular se denominan, en función de las características resultantes y del contenido de caucho, betunes modificados con caucho (BMC), betunes mejorados con caucho (BC) y betunes modificados de alta viscosidad con caucho (BMAVC), diferenciándose también –como se indicará más adelante- por sus aplicaciones.

La vía seca consiste en introducir el polvo procedente de NFU directamente en la amasadora de la central de fabricación de la mezcla bituminosa, como si de un polvo mineral se tratara. En este caso el producto resultante se denomina en esta Orden Circular: mezcla bituminosa en caliente con adición de caucho.

Independientemente de lo que establece esta Orden Circular, la Dirección General de Carreteras tiene previsto continuar construyendo tramos experimentales tendentes a:

- Confirmar y ratificar todas las consideraciones técnicas, ambientales y económicas planteadas en esta Orden Circular.
- Mejorar el conocimiento científico y técnico sobre este residuo y sus aplicaciones, con objeto de propiciar la ampliación del empleo del caucho procedente de NFU, tanto en las tipologías de las aplicaciones, como de las categorías de tráfico pesado, tanto para la vía húmeda, como para la vía seca.

Teniendo en cuenta lo anterior, a propuesta de la Dirección Técnica y con la conformidad de las Subdirecciones Generales de Proyectos, Construcción y Conservación y Explotación, la Dirección General de Carreteras ha dispuesto lo siguiente:

1. A los efectos de aplicación de esta Orden Circular, en la tecnología de incorporación de caucho procedente de NFU en los ligantes o mezclas bituminosas, se deben tener en cuenta las siguientes definiciones:

- Polvo de caucho procedente de NFU: para su aplicación en obras de pavimentación, es el que resulta de triturar neumáticos fuera de uso hasta tamaños inferiores a 1 mm y cuyo contenido de partículas inferiores a 0,063 es inferior al 15%. Estará compuesto fundamentalmente por caucho natural y sintético y no contendrá materiales ferromagnéticos, textiles o contaminantes en proporciones superiores al 0,01%, 0,5 % y 0,25%, respectivamente. El polvo de caucho se suministrará a granel o en recipientes estancos. Cada partida se acompañará de un albarán de entrega y de una hoja de características en los que quede perfectamente identificado el material (origen y características técnicas).
- Vía húmeda: procedimiento que consiste en la mezcla a alta temperatura, de polvo de caucho procedente de NFU con un betún de penetración para obtener un ligante modificado o mejorado con caucho.

  
  
 m.  
  




- Vía seca: procedimiento que consiste en la incorporación del polvo de caucho procedente de NFU directamente en la amasadora de la central de fabricación de la mezcla bituminosa, como si de un árido mineral se tratara.
- Betún modificado con caucho fabricado en central (vía húmeda): es el ligante obtenido mediante la mezcla con polvo de caucho procedente de NFU en una central de alta cizalla, de las habitualmente utilizadas para la fabricación del betún modificado con polímeros. Presenta una estabilidad suficiente para fabricarse en una planta situada lejos del lugar de empleo y se incorpora a la amasadora como si se tratara de un betún modificado de los actualmente normalizados (artículo 215 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales - PG-3).
- Betún modificado con caucho fabricado in situ (vía húmeda): es el ligante fabricado mediante la mezcla del polvo de caucho procedente de NFU en una instalación especial situada en la propia central de fabricación de mezcla bituminosa al ser necesario que transcurra muy poco tiempo entre su fabricación y la de la mezcla bituminosa resultante. Las especificaciones que debe cumplir son las indicadas en el artículo 215 del PG-3.
- Betún mejorado con caucho (vía húmeda): es un betún al que se incorpora caucho procedente de NFU, bien mediante la fabricación en central o en la propia planta de fabricación de mezcla bituminosa. Este betún no cumple las especificaciones de los betunes modificados del artículo 215 del PG-3, pero sí las establecidas en la tabla 1 de esta Orden Circular.
- Betún modificado de alta viscosidad con caucho (vía húmeda): es el betún modificado que presenta una alta viscosidad y cumple las especificaciones establecidas en la tabla 2 de esta Orden Circular. La incorporación esencial para su obtención debe ser caucho procedente de neumáticos fuera de uso, pero se puede admitir la adición de otros productos elastoméricos, al objeto de mejorar y garantizar sus propiedades.
- Mezcla bituminosa en caliente con adición de caucho: es aquella mezcla bituminosa a la que se ha incorporado, por vía seca, polvo de caucho procedente de NFU.

2. Se considerará que la utilización del producto resultante de la trituración de neumáticos fuera de uso es técnicamente viable cuando, para las aplicaciones que se contemplan, se cumplan las especificaciones que se establecen a continuación:

- 2.1. Cualquier betún modificado con caucho procedente de NFU que cumpla las especificaciones establecidas en el artículo 215 del PG-3, se considerará a



todos los efectos como un betún modificado de los especificados en dicho artículo. Para su identificación, control y certificación a la denominación actual se añadirá la letra C (BMC), para indicar que el agente modificador es caucho procedente de NFU.

Los ligantes bituminosos obtenidos por vía húmeda que cumplan estas especificaciones podrán ser utilizados en los siguientes casos:

- En la fabricación de mezclas bituminosas en caliente en todas las opciones expresadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3) (tablas 542.1 y 543.1), en la Norma 6.1. IC Secciones de firme y en la Norma 6.3. IC Rehabilitación de firmes. En síntesis, serán de aplicación en las categorías de tráfico pesado T00 a T2, en el mismo tipo de aplicaciones que las especificadas para los ligantes del artículo 215 del PG-3.
- En la fabricación de emulsiones bituminosas de reología modificada (artículo 216 del PG-3) y con ellas su empleo en todo tipo de técnicas en frío (lechadas bituminosas -artículo 540 del PG-3-, riegos de adherencia, mezclas bituminosas abiertas en frío, etc.), con las mismas prescripciones sobre categorías de tráfico pesado incluidas en los reglamentos técnicos vigentes de la Dirección General de Carreteras mencionados anteriormente.

2.2. Cualquier betún mejorado con caucho procedente de NFU que cumpla las especificaciones que se indican en la tabla 1 de esta Orden Circular, pero no alcance las del artículo 215 del PG-3, tendrá la misma consideración que un betún de penetración que cumpla el artículo 211. Estos ligantes se denominarán añadiendo una C a la letra B actualmente utilizada para designar a los betunes asfálticos especificados en el artículo 211 del PG-3.

Los betunes mejorados con caucho que cumplan las especificaciones de la tabla 1 de esta Orden Circular se podrán emplear en los casos siguientes:

- En la fabricación de mezclas bituminosas en caliente, en las mismas condiciones y capas que las indicadas para los betunes de penetración en las tablas 542.1 y 543.1 del PG-3. Serán por tanto de aplicación en las capas inferiores (intermedia o base) de los firmes de las categorías de tráfico pesado T00 a T41 y en la capa superior (rodadura) en las categorías de tráfico pesado T1 a T4.
- En la fabricación de emulsiones bituminosas de reología modificada (artículo 216 del PG-3) y por tanto en todo tipo de técnicas en frío (lechadas bituminosas -artículo 540 del PG-3-, riegos de adherencia, mezclas bi-

Handwritten signatures and stamps on the left margin, including a large signature at the top, a circular stamp with the number '11', and another signature below it.



tuminosas abiertas en frío, etc.), con las mismas prescripciones sobre categorías de tráfico pesado incluidas en los reglamentos técnicos vigentes de la Dirección General de Carreteras mencionados en la prescripción anterior de esta Orden Circular.

- 2.3. Los betunes modificados de alta viscosidad con caucho procedente de NFU cumplirán las prescripciones de la tabla 2. Se podrán emplear en aplicaciones específicas en las que se requiera resistencia muy alta a la fisuración por reflexión de grietas de las capas inferiores, en firmes con bases tratadas con cemento y en pavimentos de hormigón que presenten esta tipología de deterioro, haciendo previamente los estudios técnicos que analicen y comparen las diferentes soluciones posibles.
- 2.4. En carreteras con categorías de tráfico pesado T3 a T4, se podrán emplear en todo tipo de capas las mezclas bituminosas en caliente con adición de caucho (vía seca).
- 2.5. La fabricación, transporte y control de calidad de los betunes modificados con caucho (BMC) y de los betunes mejorados con caucho (BC) fabricados en central, así como el de las mezclas bituminosas fabricadas con ellos, se realizará según lo dispuesto en los artículos correspondientes del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3). El fabricante del ligante garantizará la procedencia y calidad del polvo de NFU, que en los aspectos que no estén regulados en esta orden cumplirá lo establecido en el "Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas" del CEDEX.
- 2.6. La fabricación, transporte y control de los betunes modificados de alta viscosidad con caucho (BMAVC), y el diseño, fabricación, puesta en obra y control de calidad de las mezclas que contengan betún mejorado o modificado con caucho fabricado in situ, así como el de las mezclas con adición de caucho (vía seca), se realizará de acuerdo con lo establecido en los anejos del "Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas" del CEDEX en todo lo que no esté regulado en esta Orden Circular.



Tabla 1.- Especificaciones de betunes mejorados con caucho (BC)

Característica		Norma de referencia	Unidad	BC35/50	BC50/70
<b>Betún original</b>					
Penetración, 25°C		UNE EN 1426	0,1mm	35-50	50-70
Punto de reblandecimiento anillo y bola		UNE EN 1427	°C	≥ 58	≥ 53
Punto de fragilidad Fraass		UNE EN 12593	°C	≤ -5	≤ -8
Fuerza ductilidad (5cm/min)	5°C	UNE EN 13589 UNE EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	≥ 0,5	
Recuperación elástica a 25 °C		UNE EN 13398	%	≥ 10	
Estabilidad al almacenamiento(*)	Diferencia anillo y bola	UNE EN 13399	°C	≤ 10	
	Diferencia de penetración		0,1mm	≤ 8	≤ 10
Solubilidad		UNE EN 12592	%	≥ 92	
Punto de inflamación v/a		UNE EN ISO 2592	°C	≥ 235	
Residuo del ensayo de película fina y rotatoria		UNE EN 12607-1			
Variación de masa		UNE EN 12607-1	%	≤ 1,0	
Penetración retenida		UNE EN 1426	%p.o.	≥ 65	≥ 60
Variación del Punto de Reblandecimiento		UNE EN 1427	°C	min -4 máx +8	min -5 máx +10

(\*) Únicamente exigible a ligantes que no se fabriquen "in situ"

Tabla 2.- Especificaciones de betunes modificados de alta viscosidad con caucho (BMAVC)

Característica		Norma de referencia	Unidad	BMAVC-1	BMAVC-2	BMAVC-3
<b>Betún original</b>						
Penetración, 25°C		UNE EN 1426	0,1mm	15-30	35-50	55-70
Punto de Reblandecimiento		UNE EN 1427	°C	≥ 75	≥ 70	≥ 70
Punto de Fragilidad Fraass		UNE EN 12593	°C	≤ -4	≤ -8	≤ -15
Fuerza Ductilidad (5cm/min)	5°C	UNE EN 13589	J/cm <sup>2</sup>	--	≥ 2	≥ 3
	10 °C	UNE EN 13703		≥ 2	--	--
Consistencia (Flotador a 60°C)		NLT 183	s	≥ 3000		
Viscosidad dinámica	135 °C	UNE EN 13302	mPa.s	≥ 2000	≤ 7500	≤ 5000
	170°C			≥ 1200	≥ 800	
Recuperación elástica		UNE EN 13398	%	≥ 10	≥ 20	≥ 30
Estabilidad al almacenamiento (*)	Diferencia de anillo y bola	UNE EN 13399	°C	≤ 5		
	Diferencia de penetración		0,1mm	≤ 20		
Punto de inflamación v/a		UNE EN ISO 2592	°C	≥ 235		
Residuo del ensayo de película fina y rotatoria		UNE EN 12607-1				
Variación de masa		UNE EN 12607-1	%	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0
Penetración retenida		UNE EN 1426	%p.o.	≥ 60		
Variación del Punto de Reblandecimiento		UNE EN 1427	°C	min -4 máx +10	min -5 máx +12	

(\*) Únicamente exigible a ligantes que no se fabriquen "in situ"



3. En las obras de pavimentos asfálticos que se lleven a cabo en la red de Carreteras del Estado se utilizarán prioritariamente los ligantes bituminosos que se contemplan en esta Orden Circular.

A estos efectos, en las condiciones que se establecen en esta Orden, se incluirán estos ligantes:

- 1º En todos los proyectos de firmes de nueva construcción, de acondicionamiento, de rehabilitación, o de reconstrucción total de firmes, cuya Orden de Estudio se autorice con posterioridad a la fecha de entrada en vigor de esta Orden Circular.
- 2º En el caso de proyectos en redacción, siempre que su inclusión no suponga retrasos en los plazos de aprobación del proyecto.
- 3º En el caso de obras que estén en fase de licitación o adjudicadas, se elevará consulta a la Subdirección General de Construcción o a la de Conservación y Explotación de esta Dirección General, según corresponda, acerca de la conveniencia de proceder a modificar el tipo de ligante para adecuarlo a lo previsto en esta Orden Circular.

4. La utilización de estos ligantes, en cada caso, queda supeditada a su viabilidad económica, tal como se establece en la O.M. 891/2004, por lo que en cada proyecto u obra en los que según el punto anterior se prevea su utilización, se estudiará si las condiciones del mercado permiten su empleo sin sobrecostes no justificados sobre el uso del ligante alternativo.

En tanto no se generalice el uso de los ligantes contemplados en esta Orden Circular y se establezca la competencia en la fabricación y suministro del polvo de neumáticos y en los ligantes bituminosos que lo incorporen, las Subdirecciones Generales de Proyectos, de Construcción y de Conservación y Explotación, en su ámbito, autorizarán caso por caso los precios de estos ligantes a incluir en los proyectos, de forma que se garantice la viabilidad económica de su utilización.

5. El control de calidad de estos ligantes, y de las mezclas fabricadas con ellos se llevará a cabo de acuerdo con las especificaciones previstas en el "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes" (PG-3), si bien se tendrá en cuenta la necesidad de reforzar el número de ensayos de acuerdo con el punto 2.6 y se prestará especial atención a su fabricación y puesta en obra para garantizar que la utilización de estos nuevos ligantes se hace en las debidas condiciones.



A estos efectos y para asegurar el éxito de esta nueva tecnología se crea en el seno de esta Dirección General una Comisión para el seguimiento de la aplicación de esta Orden Circular con las siguientes misiones:

- Instruir a los diferentes servicios sobre la utilización de estos nuevos ligantes.
- Orientar sobre los planes específicos de control de calidad.
- Analizar el comportamiento de los firmes construidos con estos ligantes.
- Estudiar y proponer, en su caso, las modificaciones de esta Orden Circular, y de las especificaciones y procesos de ejecución normalizados actualmente, así como estudiar todos los aspectos inherentes a la calidad, consumo, precio del polvo de caucho procedente de NFU y de los ligantes y mezclas en que se utilice.

La citada comisión será presidida por el Subdirector General, o equivalente, responsable de Tecnología en esta Dirección General, el cual determinará su composición y funcionamiento.

6. La presente Orden Circular entrará en vigor el mismo día de su aprobación.

Madrid, 11 de julio de 2007

EL SUBDIRECTOR  
GENERAL DE  
PROYECTOS

Fdo. Fernando Hernández Alastuey

EL SUBDIRECTOR  
GENERAL DE  
CONSTRUCCIÓN

Fdo. Manuel Bruno Romero

EL SUBDIRECTOR GENERAL  
DE CONSERVACIÓN Y  
EXPLOTACIÓN

Fdo. Vicente Vilanova Martínez-Falero

EL DIRECTOR TECNICO

Fdo. José Luis Elvira Muñoz

EL DIRECTOR GENERAL DE  
CARRETERAS

Fdo: Francisco Javier Criado Ballesteros