



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible



## COMUNICACIÓN TÉCNICA

# Reciclado de firmes y otros materiales

Autor: Pilar Segura Pérez

Institución: Dragados SA  
E-mail: [psegura@dragados.com](mailto:psegura@dragados.com)



## **RESUMEN:**

La construcción sostenible de carreteras es en la actualidad, no sólo una necesidad, sino también un deber inexcusable, y más cuando dicha construcción ofrece numerosas oportunidades para la reutilización de materiales, tanto generados por la propia obra como aportados desde el exterior. Sobre este tema existe normativa, equipos de maquinaria y cierta experiencia, pero, en mi opinión, todavía no hay una firme resolución para reutilizar/reciclar los materiales y hacer frente al reto que se presenta. En los apartados que siguen voy a tratar de hacer un breve resumen de la situación actual a este respecto, y, en particular, al estado de la técnica para la reutilización de los materiales que constituyen las secciones de afirmado de nuestras infraestructuras de transporte.



## **1. INTRODUCCIÓN**

La construcción sostenible de carreteras es en la actualidad, no sólo una necesidad, sino también un deber inexcusable, y más cuando dicha construcción ofrece numerosas oportunidades para la reutilización de materiales, tanto generados por la propia obra como aportados desde el exterior.

Sobre este tema existe normativa, equipos de maquinaria y cierta experiencia, pero, en mi opinión, todavía no hay una firme resolución para reutilizar/reciclar los materiales y hacer frente al reto que se presenta.

En los apartados que siguen voy a tratar de hacer un breve resumen de la situación actual a este respecto, y, en particular, al estado de la técnica para la reutilización de los materiales que constituyen las secciones de afirmado de nuestras infraestructuras de transporte.

## **2. MARCO LEGAL**

Las propuestas y resoluciones legislativas en torno al tema de los residuos son muy numerosas, tanto a nivel nacional como autonómico o europeo, porque el tema, además de preocupante, es muy amplio.

Como marco legal básico a nivel nacional, se puede considerar el del Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006, aprobado en Consejo de Ministros el 1 de junio de 2001, en el que se establecían unos principios de gestión de estos residuos y sus posibilidades de reutilización.

Posteriormente, el Ministerio de Medio Ambiente ha elaborado el nuevo Plan Nacional Integrado de Residuos (PNRI), 2007-2015, que contiene en el Anexo 6, el II Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (IIPNRCD).

## **3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

En 1985, la Unión Europea decidió establecer un mercado único, sustentado en unas especificaciones técnicas comunes a todos los países miembros, que afectan también a los materiales reutilizados.

Dentro del marco legal apuntado y teniendo en cuenta las Directivas del Parlamento Europeo, el Ministerio de Fomento, con fecha 27 de diciembre de 2001, aprobó la Orden Circular 8/2001 sobre reciclado de firmes, que incluye en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras (PG-4), los siguientes artículos :

- Artículo 20. Reciclado in situ con emulsión de capas bituminosas.
- Artículo 21. Reciclado in situ con cemento de capas de firme.
- Artículo 22. Reciclado en central en caliente de capas bituminosas.



Por otra parte, en diferentes fechas, alguna muy reciente, se han ido actualizando una serie de artículos del PG-3, haciendo mención expresa a la utilización en las capas de firme de materiales granulares reciclados y en el caso de las mezclas bituminosas, haciendo referencia a la posible incorporación a las mezclas de caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU).

En el campo de los firmes, los artículos actualizados, que contemplan la posibilidad de uso de estos materiales reciclados, son los siguientes:

- Artículo 510. Zahorras. (OM FOM 891/2004)
- Artículo 513 Materiales tratados con cemento (suelocemento y gravacemento). (OM FOM 891/2004)
- Artículo 540. Lechadas bituminosas. (OM FOM 891/2004)
- Artículo 542. Mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso. (OC 24/2008)
- Artículo 543. Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas. (OC 24/2008)
- Artículo 550. Pavimentos de hormigón. (OM FOM 891/2004)
- Artículo 551. Hormigón magro vibrado. (OM FOM 891/2004)

Con relación a la incorporación a las mezclas bituminosas de caucho procedente de neumáticos, el CEDEX, en colaboración con los Ministerios de Fomento y de Medio Ambiente, ha publicado en mayo de 2007, el “Manual de Empleo de Caucho de NFU en Mezclas Bituminosas”. En la misma línea, la Dirección General de Carreteras, aprobó en julio del mismo año la OC 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).

#### **4. APLICACIONES Y LIMITACIONES**

Al margen de los condicionantes de tipo económico y de los derivados del coste energético que conlleva el tratamiento de determinados productos, las aplicaciones y limitaciones para la reutilización de firmes y de otros materiales, están recogidas en las especificaciones de los artículos correspondientes.

A modo de resumen reseñamos las siguientes:

##### **4.1. Reciclado de firmes**

Esta técnica sólo es aplicable a obras de rehabilitación o de conservación de carreteras con las siguientes restricciones:



Tráfico T00. No se pueden utilizar materiales reciclados.

Tráfico T0. Las técnicas de reciclado en frío están prohibidas; no así las mezclas bituminosas en caliente fabricadas en planta, que podrán utilizarse en recrecido de arcenes, excepto como capa de rodadura. La mezcla reciclada también es de aplicación en capas de reposición de calzada, con la condición de que vayan cubiertas por mezclas convencionales con un espesor mínimo total de 10 cm.

Tráfico T1. En este caso, las restricciones para las mezclas bituminosas en caliente fabricadas en planta, son análogas a las de T0, pero con una cubrición mínima de 6 cm. Con este tráfico, también están autorizadas las mezclas bituminosas recicladas in situ con emulsión bituminosa, tanto en arcenes como en calzada, siempre que vayan cubiertas por mezcla bituminosa en caliente con un espesor mínimo de 6 y de 8 cm, respectivamente.

Tráfico T2 a T4. Se pueden emplear todas las técnicas de reciclado, siempre que sobre la última capa reciclada, se coloque otra capa de mezcla bituminosa en caliente densa o semidensa.

Las limitaciones que implica el cumplimiento de las especificaciones técnicas, están recogidas en los artículos 20, 21 y 22 del vigente pliego PG-4.

#### **4.2. Ahorros**

Sólo pueden utilizarse materiales granulares reciclados, áridos siderúrgicos y otros subproductos, en las categorías de tráfico T2 e inferiores. En cualquier caso, se exigirá que se declare el origen de los materiales y que cumplan las prescripciones técnicas del artículo 510 del vigente PG-3.

#### **4.3. Suelocemento y gravacemento**

El componente granular de estas unidades de obra, puede estar constituido por materiales reciclados procedentes de capas bituminosas, de pavimentos de hormigón, de materiales tratados con cemento y de demoliciones de hormigón siempre que la resistencia a compresión del mismo sea superior a 35 MPa. Además, es necesario que sus características y condiciones de empleo estén fijadas en el PPTP y que, por supuesto, cumplan los requisitos del artículo 513 del vigente PG-3.

Para el tratamiento de los materiales el pliego permite la utilización de cemento con adición de cenizas volantes, con la condición de que la mezcla haya sido realizada en la propia fábrica de cemento y que el producto resultante se ajuste a todas las especificaciones.

#### **4.4. Lechadas bituminosas**

Las lechadas bituminosas no son de aplicación para tráficos T00, aun sin utilizar ningún material reciclado.



Para el resto de categorías de tráfico es viable la incorporación de polvo de caucho a la emulsión y la reutilización de áridos, siempre que estos hayan sido tratados debidamente para que cumplan las especificaciones técnicas recogidas en el artículo 540 del vigente PG-3, las cuales, varían en función del tráfico a soportar.

#### **4.5. Mezclas bituminosas en caliente**

Los áridos a emplear en la fabricación de mezclas bituminosas en caliente podrán ser naturales o artificiales siempre que cumplan las especificaciones recogidas en los artículos 542 y 543 del vigente Pliego PG-3.

Cuando los áridos empleados sean de naturaleza o procedencia no habitual, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto el Director de las Obras, podrá exigir especificaciones adicionales a las recogidas en el PG-3.

En el caso de utilizar como árido material procedente de fresado de mezclas bituminosas en caliente, estas no deberán presentar deformaciones plásticas y el tamaño máximo obtenido será inferior a 40 mm; por otra parte, la angulosidad y forma de las partículas se ajustará a las especificaciones del PG-3 como si se tratase de un árido convencional.

El árido procedente de fresado sólo es de aplicación en la fabricación de mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso, es decir que quedan excluidas las mezclas para capas de rodadura drenantes y discontinuas, y su proporción no excederá al 10 % de la masa total de la mezcla.

En cuanto al ligante hidrocarbonato, se pueden utilizar betunes con polvo de caucho incorporado, siempre que se ajusten a las especificaciones del artículo 215 sobre betunes asfálticos modificados con polímeros.

#### **4.6. Hormigones de firme**

En este grupo incluyo los pavimentos de hormigón y el hormigón magro vibrado, cuyas especificaciones técnicas figuran en los artículos 550 y 551, respectivamente, del Pliego General.

En ambos casos el pliego permite adiciones al cemento, tal como la incorporación de cenizas volantes, con la condición que la mezcla haya sido realizada en fábrica y que el producto resultante se ajuste a las especificaciones generales y particulares relativas al cemento.

En cuanto a los áridos, sólo está permitido el empleo de áridos procedentes de residuos de construcción y de demolición, en las bases de hormigón magro, siempre y cuando hayan sido tratados adecuadamente para satisfacer las especificaciones técnicas recogidas en el vigente artículo 551 del PG-3.



## **5. SITUACIÓN ACTUAL DE LA REUTILIZACIÓN DE MATERIALES**

El reciclado de firmes y la reutilización de materiales para la ejecución de nuevas capas no es una técnica novedosa, pero la aparición de maquinaria específica y la evolución de los sistemas constructivos a lo largo de la última década, junto a una mayor preocupación por todos los temas relacionados con el medio, han contribuido a un gran crecimiento y desarrollo del reciclado de firmes.

También ha contribuido a dicho desarrollo la existencia de una normativa oficial, como son las prescripciones recogidas en la Orden Circular 8/2001 sobre reciclado de firmes, de obligado cumplimiento en obras de rehabilitación y conservación, a partir del 18 de enero del año 2002.

En la actualidad, el reciclado se puede aplicar a todos los materiales que constituyen las secciones de afirmado, empleando métodos muy diversos, que podrían resumirse en los siguientes puntos:

- Reciclado in situ y reciclado en central
- Reciclado en frío o en caliente
- Con aportación o sin aportación de nuevo material granular
- Adicionando betún, emulsión o conglomerante hidráulico

Para la aplicación de todas estas técnicas existe en el mercado gran variedad de maquinaria y plantas asfálticas provistas de los elementos necesarios para procesar debidamente el material a reciclar. Además de estos equipos específicos, en el reciclado de materiales también son de utilidad las máquinas fresadoras y los equipos móviles de machaqueo y clasificación.

Como se puede entrever, el tema de reciclaje es muy amplio y puesto que el objeto de esta ponencia no es profundizar en ningún aspecto concreto del mismo, sino presentar una panorámica general del tema, voy a finalizar insistiendo en que para la reutilización de los firmes y de otros materiales, se dispone de una normativa oficial, de equipos de maquinaria específicos y de la experiencia suficiente para llevar a cabo cualquier actuación de reciclado que se presente.

## **6. CONSIDERACIONES FINALES**

Como se ha indicado en los puntos anteriores, disponemos de todos los elementos necesarios para que la reutilización de los firmes y de otros materiales sea una práctica habitual en la construcción, rehabilitación y conservación de carreteras, pero para ello hay que mentalizarse de la necesidad del reciclaje y apostar de una forma más decidida por esta solución.

Frente a esto, hay que señalar que la reutilización/reciclado de materiales también tiene sus limitaciones y sus inconvenientes.

Sobre este particular, cabe hacer las siguientes consideraciones:

- ✓ El aprovechamiento de materiales utilizados con anterioridad puede producir un sobrecoste económico notable.
- ✓ La preparación de los materiales para su reciclado conlleva un coste energético que hay que considerar.
- ✓ Hay una inevitable merma de calidad en la unidad terminada.

## 7. OBRAS REALIZADAS POR DRAGADOS

Y como cierre de esta ponencia, presento el reportaje fotográfico que sigue, que solo es una muestra de las innumerables actividades relacionadas con la reutilización de firmes y otros materiales, llevadas a cabo por DRAGADOS en los últimos meses.



**Estabilización con cal de suelos margosos en la Variante de San Miguel del Arroyo (Valladolid)**





**Máquina recicladora-estabilizadora por vía seca**



**Subbase de escoria cristalizada en Autopista A-8, tramo: Gijón-Villaviciosa (Asturias)**



**Aspecto de la escoria cristalizada de alto horno**



**Fresado de pavimento en la autovía EX-A1, tramo: Navalmoral-Río Tietar**



**Primer plano del material procedente de fresado de mezcla bituminosa**



**Equipo de mezclado de betún y caucho**



Vista del polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU)



Etiqueta identificativa del polvo de caucho

IMP-0905 REV. 0 04/06

**Renecal** Caucho Reciclado SBR

Polvo

**RECICLADO DE NEUMATICOS DE CASTILLA Y LEON, S.A.**

Oficina Comercial:  
 C/ Sevilla, 6 - 2ª  
 28014 Madrid  
 Tel: +34 91 791 87 13  
 Fax: +34 91 791 87 40  
 Web: www.renecal.com  
 E-mail: cgc@grupo-cgc.com

Oficina y Fábrica:  
 Pol. Ind. Erkimia - Avda. Explosivos s/n  
 34880 Guardo - Palencia  
 Tel: +34 97 985 33 09  
 Fax: +34 97 985 22 18  
 Web: www.renecal.com  
 E-mail: guardo@renecal.com

DESCRIPCION ARTICULO : Caucho SBR Sacas 0.0 - 0.6  
 PRODUCTO : PA0006  
 TAMAÑO : 0.0 - 0.6 mm  
 TECNOLOGIA : M/A  
 FUENTE MATERIAL : MT - Neumáticos fuera de uso

FECHA DE FABRICACION : 11 / 2007  
 LOTE : #MGRMAB  
 PESO : 10 Kg

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO :  
 > Mantener en lugar seco  
 > Temperatura de almacenamiento entre 15 - 40 °C  
 > Mantener fuera de la luz solar o luz artificial intensa

Para mayor información consultar con el productor

CGC



**Aspecto de la capa de rodadura con mezcla de betún caucho en la autovía M-503**