

28  
AÑOS DE  
TRAYECTORIA  
1987 - 2015

# RETEMA

## Revista Técnica de Medio Ambiente

www.retema.es

N° 182 | ESPECIAL **RECICLAJE** 2015



1945-2015 *Aniversario 70 años*

Maquinas para tratamiento de  
residuos, reciclaje y biomasa.

Desde 1945.



Foto archivo Franssons año 1956

Tomamos el pulso al sector:  
**Las principales entidades analizan la situación  
y perspectivas del sector en España**

**Informe sobre la  
producción y gestión  
de RCD en España**

**Proyectos de  
valorización y reciclaje  
de residuos**

**Tecnologías y equipos  
para el tratamiento de  
todo tipo de residuos**



# Guía de Empresas

## ONLINE



Registra tu  
empresa  
gratis en:

<http://www.retema.es/guia>

[www.retema.es](http://www.retema.es)

# RETEMA

Revista Técnica de Medio Ambiente

#### EDITA

C & M PUBLICACIONES, S.L.

#### DIRECTOR

Agustín Casillas González  
agustincasillas@retema.es

#### PUBLICIDAD

David Casillas Paz  
davidcasillas@retema.es

**REDACCIÓN, ADMINISTRACIÓN,  
PUBLICIDAD Y SUSCRIPCIONES**  
C/ Jacinto Verdaguer, 25 - 2º B - Esc. A  
28019 MADRID  
Tels. 91 471 34 05  
Fax 91 471 38 98  
info@retema.es

#### REDACCIÓN

Luis Cordero  
luiscordero@retema.es

#### ADMINISTRACION Y SUSCRIPCIONES

Silvia Lorenzo  
suscripciones@retema.es

#### EDICIÓN Y MAQUETACIÓN

Departamento propio

#### IMPRIME

PENTACROM

Suscripción 1 año (6 + 2 núm.): 96 €  
Suscripción 1 año resto de europa: 172 €  
Suscripción 1 año resto de países (Air mail): 194 €  
Suscripción Digital 1 año: 58 €

Depósito Legal M.38.309-1987  
ISSN 1130 - 9881

La dirección de RETEMA no se hace responsable de las opiniones contenidas en los artículos firmados que aparecen en la publicación.

La aparición de la revista RETEMA se realiza a meses vencidos.

© Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin autorización previa y escrita del autor.



**TOMAMOS EL PULSO AL SECTOR**

**FERCD**



**ECOEMBES**



**ECOVIDRIO**



**FER**



**SIGRAUTO**



**ASPLARSEM**



**ECOLUM**



**RECYCLIA**



**AMBILAMP**



# SUMARIO

## ESPECIAL **RECICLAJE** 2015

AÑO XXVIII - N° 182

**NUEVOS TIEMPOS PARA EL SECTOR DEL RECICLADO DE RCD**  
JOSÉ IGNACIO TERTRE, FERCD  
Página 2

**HACIA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE CON EL USO DE NUEVOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES**  
Página 6

**LOS ESPAÑOLES, CADA VEZ MÁS CONCIENCIADOS CON EL RECICLAJE DE ENVASES**  
ANTONIO BARRÓN, ECOEMBES  
Página 10

**GREENROAD, REVALORIZANDO RESIDUOS INDUSTRIALES PARA MEJORAR LA SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR DE LA CARRETERA**  
Página 16

**EL RECICLADO DE VIDRIO EN ESPAÑA, UN MODELO EFICAZ Y EFICIENTE**  
JOSÉ MANUEL NÚÑEZ-LAGOS, ECOVIDRIO  
Página 22

**RESULTADOS DE UN PROCESO DE REUTILIZACIÓN DE RAEE**  
Página 26

**EL FUTURO DE LOS RAEE PASA POR EL NUEVO REAL DECRETO**  
ALICIA GARCÍA-FRANCO, FER  
Página 34

**SOLUCIONES HOLÍSTICAS PARA LA RECUPERACIÓN EFICIENTE DE MATERIAS PRIMAS DE RCD**  
Página 40

**AVANZANDO HACIA LOS RETOS DE 2015**  
MANUEL KINDELAN, SIGRAUTO  
Página 44

**LA RECUPERACIÓN DE PIEZAS DE VEHÍCULOS FUERA DE USO EN CATALUÑA**  
Página 50

**LA ECONOMÍA CIRCULAR: UN RETO PARA EL RECICLADO Y VALORIZACIÓN DE LOS RSU**  
JOAN GRINÓ, ASPLARSEM  
Página 56

**VALORIZACIÓN DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO PARA LA INDUSTRIA FERROVIARIA**  
Página 64

**10 AÑOS AL SERVICIO DEL MEDIO AMBIENTE**  
TERESA MEJÍA, ECOLUM  
Página 68

**PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RCD EN ESPAÑA ENTRE 2009 Y 2013**  
Página 72

**LA COMPRA PÚBLICA INNOVADORA PARA PROMOVER LA GESTIÓN EFICIENTE DE RESIDUOS**  
Página 80

**UN MODELO EFICAZ DE RECICLAJE ELECTRÓNICO, ESENCIAL PARA LA ECONOMÍA CIRCULAR**  
JOSÉ PÉREZ, RECYCLIA  
Página 84

**UN AÑO MÁS, SUPERAMOS EL VOLUMEN DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS RECOGIDAS**  
DAVID HORCAJADA, AMBILAMP  
Página 90

**UN RECICLADO DE AVIONES AÚN MÁS EFICIENTE, VERIFICADO Y LISTO PARA DESPEGAR**  
Página 92

**NUEVOS ECOMATERIALES A PARTIR DE RESIDUOS DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS**  
Página 98



# GREENROAD, revalorizando residuos industriales para mejorar la sostenibilidad en el sector de la carretera

Pedro Lastra González e Irune Indacoechea Vega  
Grupo de Investigación GITECO  
Universidad de Cantabria | [www.unican.es](http://www.unican.es)

**E**l proyecto GREENROAD tiene como objetivo mejorar la sostenibilidad del sector de las infraestructuras viarias y apoyar la puesta en práctica de iniciativas sostenibles que desarrollen este sec-

tor. Para ello, el proyecto se basa en la revalorización de residuos industriales generados en Cantabria, región donde se desarrolla el proyecto, y que actualmente suponen altos costes ambientales y económicos. El proyecto

plantea el desarrollo y validación de los tres tipos de mezclas bituminosas que recoge actualmente el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) producidas a partir de escoria





de acero y material fresado de las propias carreteras, utilizando un betún modificado con caucho procedente de neumáticos fuera de uso a temperatura reducida.

Las carreteras son parte esencial de la infraestructura del transporte de cualquier país, y tienen un gran impacto sobre el crecimiento económico y la creación de riqueza gracias a la mejora del comercio, la accesibilidad geográfica y la movilidad de las personas. Sin embargo, cada kilómetro de carretera consume importantes canti-

dades de recursos materiales (especialmente áridos y recursos energéticos), no solo durante su construcción sino también durante las fases de mantenimiento y rehabilitación.

Así, los áridos son el principal recurso natural que se consume durante la construcción de una carretera ya que se necesitan en torno a 10.000m<sup>3</sup> de áridos para la construcción de un kilómetro de carretera de dos vías (Organisation for Economic Co-operation and Development. Road Transport Research Programme; 1997). Por otra parte,

el uso de combustibles fósiles es otro claro ejemplo del consumo intensivo de recursos por parte del sector de la carretera que se prolonga durante toda la vida del pavimento, desde su construcción hasta su rehabilitación. Atendiendo a los datos de Alberto Bardesi y José A. Soto (Mezclas bituminosas a baja temperatura: mezclas en frío, templadas y semicalientes; 2010), cuando se trabaja a temperatura convencional de un betún modificado con caucho el consumo de combustible es de aproximadamente 7,5 kg por cada tonelada de mezcla.

Como consecuencia de la alta temperatura de fabricación y del uso intensivo de energía durante el proceso de producción de las mezclas asfálticas se emiten elevadas cantidades de contaminantes, incluyendo: materiales particulados (MP), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COVs), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Todas estas cifras ponen de manifiesto la necesidad de aumentar la eficiencia en el uso de los recursos. Es evidente que el empleo de prácticas





Probetas de compactibilidad



Muestra de material fresado



Fracciones de escoria

más ecológicas tendrá una gran repercusión sobre el medio ambiente. En este marco se ha desarrollado el proyecto GREENROAD (Fomento de la contratación pública ecológica en la construcción de carreteras a través de la validación de mezclas asfálticas ecológicas de alto rendimiento).

El objetivo principal del proyecto es la mejora de la sostenibilidad del sector vial mediante la validación de iniciativas amigables con el medio ambiente. En concreto, el proyecto busca demostrar la viabilidad técnica, económica y medioambiental de mezclas asfálticas que utilicen altos porcentajes de subproductos (escorias de acero) y residuos (reciclado de pavimento asfáltico) como sustitutos de los áridos naturales, y que además incorporen ceras que permitan disminuir su temperatura de fabricación (desde 170°C del betún con caucho procedente de neumáticos fuera de uso a 150°C del betún convencional 50/70).

El uso de materiales reciclados en la construcción de carreteras permitirá disminuir, por una parte, el impacto debido a la extracción de áridos naturales procedentes de canteras y por otra el derivado de la acumulación de residuos en vertederos. En este proyecto se ha sustituido más de un 80% de los áridos naturales por escorias de acero y/o reciclado de asfalto. Además, la reducción de la temperatura de fabricación reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a minimizar la huella del carbono del proceso de producción de estas mezclas asfálticas.

Se han diseñado en laboratorio tres tipos de mezclas asfálticas: hormigón bituminoso (AC), mezcla porosa (PA) y mezcla discontinua (BBTM), todas ellas para su aplicación en capa de rodadura. El comportamiento de las nuevas mezclas asfálticas ha sido analizado en laboratorio con el fin de seleccionar la dosificación más ade-

cuada. En este sentido, los materiales y productos finales cumplen las especificaciones del PG-3 para una categoría de tráfico T00.

En primer lugar se ha llevado a cabo la caracterización de las materias primas disponibles para el diseño de las mezclas. Es especialmente importante caracterizar adecuadamente el material fresado, ya que sus características varían significativamente en función del firme de procedencia. El diseño de las mezclas se ha adaptado a sus propiedades normalizando el procedimiento de dosificación de las mezclas GREENROAD, de forma que la variabilidad de este material



no suponga un problema para la reciclabilidad del proceso. Aunque en los tres casos se diseñaron mezclas con fresado que cumplieran las especificaciones del PG-3, en el diseño final se decidió limitar el uso del fresado al hormigón bituminoso, ya que la pequeña proporción de finos que utilizan la mezcla porosa y la discontinua y el buen rendimiento mostrado por la escoria, no justificaban la incorporación del fresado en su diseño final, obteniendo un rendimiento netamente mejor cuando únicamente se incorporaba escoria en estos dos tipos de mezclas.

Así mismo, se estudió el efecto sobre la viscosidad del betún con caucho de varios tipos de ceras: Fischer-tropsch, amida de ácido graso y polie-

Tabla 1. Características de las mezclas GREENROAD					
			AC16S	PA16	BBTM11B
	Escoria & Material fresado	%	83	91	83
Temperatura de fabricación	Mezcla GREENROAD	Áridos	160	170	170
		Betún con caucho	150	160	160
	Mezcla convencional con caucho	Áridos	190	190	190
		Betún con caucho	170	170	170
	Mezcla convencional	Áridos	170	170	170
		Betún 50/70	150	150	150

tileno. De acuerdo a los resultados se seleccionó como más adecuada la cera amida de ácido graso, ya que logra reducir la viscosidad del betún por encima de su punto de fusión y la incrementa por debajo de este punto. Este

comportamiento implica un descenso en la temperatura de fabricación de la mezcla asfáltica sin comprometer su resistencia frente a las deformaciones plásticas a temperatura ambiente.

El porcentaje final de áridos recicla-



TRITURADORAS  
Y PLANTAS  
PARA  
EL RECICLAJE  
DE RESIDUOS



SOLUCIONES  
LLAVE EN MANO  
SOLUCIONES  
PERSONALIZADAS  
CONSULTORÍA  
PROFESIONAL



**afau**  
Molinos AFAU, s. l.  
Distribuidor Forrec  
para España  
afau.net

**FOR REC**  
RECYCLING SYSTEMS  
forrec.eu



SERVICIO  
Y ASISTENCIA  
POST-VENTA  
SUMINISTRO  
DE REPUESTOS



Compactación de mezcla porosa



Tramo de hormigón bituminoso

dos así como la temperatura final de fabricación varían en función del tipo de mezcla diseñado: para el hormigón bituminoso se ha utilizado un porcentaje final de áridos reciclados del 83% en peso, con una temperatura de fabricación de 150°C para el betún y 160°C para los áridos, lo que en la práctica supone una reducción aproximada de 30°C respecto a las temperaturas habituales con este tipo de betún modificado con caucho, es decir, estaríamos trabajando a temperaturas similares o ligeramente mejores a las de un hormigón bituminoso con un ligante convencional. En el caso de la mezcla porosa y discontinua los porcentajes finales de áridos reciclados han sido de un 91% en el caso de la primera y de un 83% para la segunda. Ambas mezclas se diseñaron utilizando una temperatura de fabricación de 160°C para el betún con caucho y 170°C para los áridos.

En función del tipo de mezcla se ha evaluado la resistencia a la deformación plástica, la pérdida de cohesión causada por la acción del agua, la resistencia frente a la abrasión, la compactabilidad, el módulo dinámico y la

resistencia a fatiga. Los resultados obtenidos demuestran que, a escala de laboratorio, las mezclas bituminosas diseñadas en este proyecto cumplen satisfactoriamente con la normativa vigente para la máxima categoría de tráfico T00 en cualquier zona climática (PG-3). Además la adición de la cera disminuye la energía de compactación de la mezcla y aumenta su módulo dinámico; este incremento en la rigidez produce también que su resistencia a fatiga se vea ligeramente reducida, aunque sigue manteniendo un buen comportamiento.

Cada una de las tres mezclas diseñadas y validadas en el laboratorio (AC, PA y BBTM) se ha implementado en un tramo experimental de 900m en la ciudad de Santander. La ejecución de la obra se ha llevado a cabo en la avenida del Faro, donde las mezclas GREENROAD se han extendido sobre 5400 m<sup>2</sup> de carretera.

El rendimiento de las mezclas en condiciones reales está siendo monitorizado actualmente para obtener unos resultados representativos del rendimiento del firme. Se están realizando ensayos in situ de permeabili-

dad, resistencia frente al deslizamiento, capacidad estructural del firme y se están controlando las posibles deformaciones plásticas que pudieran surgir, además de extraer testigos para calcular la densidad, la rigidez y la sensibilidad al agua de las diferentes mezclas experimentales y de referencia. Se comprobará también mediante un análisis de ciclo de vida el impacto ambiental del uso de materiales reciclados y de la reducción de temperatura de las mezclas GREENROAD.

El proyecto está cofinanciado por la Comisión Europea a través del programa Life+. El objetivo general del programa es contribuir a la aplicación, actualización y desarrollo de la política y legislación medioambiental mediante la cofinanciación de proyectos piloto o de demostración con valor añadido europeo. El proyecto GREENROAD, iniciado en septiembre de 2012 y con una duración de 36 meses, está siendo desarrollado por COPSESA (coordinador del proyecto), el grupo GITECO (Universidad de Cantabria), y el Ayuntamiento de Santander.