

Proyectos de **I+D+i**
2011-2013



Reutilización de residuos plásticos agrícolas en la fabricación de mezcla bituminosa para uso en carretera siguiendo la tecnología de vía seca (PLASTIC-ROAD)

Memoria divulgativa de resultados

Universidad de Huelva | Rus-Eiffage Infraestructuras



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional



Reutilización de residuos plásticos agrícolas en la fabricación de mezcla bituminosa para uso en carretera siguiendo la tecnología de vía seca (PLASTIC-ROAD)

© Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería Fomento y
Vivienda. Junta de Andalucía. 2014

Universidad de Huelva, Eiffage

Huelva. (24-07-2014)

1. Introducción y antecedentes

Una gran mayoría de las carreteras se construyen utilizando una mezcla de betún (5-8 % p/p) y agregados minerales. No obstante, el rendimiento del pavimento está controlado por las propiedades del betún, ya que constituye la matriz continua y es el único componente deformable de la mezcla bituminosa (Figura 1).



Fig. 1: Mezcla bituminosa

Los betunes, provenientes de los procesos de destilación del crudo de petróleo, son líquidos de alta viscosidad o sólidos a temperatura ambiente, de color negro o pardo oscuro. Características del betún tales como impermeabilidad, resistencia y elasticidad hacen de él un material apto para ser usado en innumerables aplicaciones. Dentro de los usos en ingeniería, en la construcción es donde el betún encuentra su mayor aplicación y, dentro de ésta, su mayor uso se da en pavimentación de carreteras.



a)



b)

Fig. 2: Diferentes tipos problemas que sufren las carreteras: a) deformación permanente", b) fractura térmica

Los defectos más comunes observados en los pavimentos bituminosos son la deformación permanente, en la zona de alta temperatura, y la iniciación y propagación de rotura a baja temperatura, procesos debidos no sólo a las cargas del tráfico sino también a la alta susceptibilidad térmica del betún (Figura 2).

Para mejorar el comportamiento de los betunes y cumplir con las nuevas necesidades actuales es necesario modificar el betún. Con este objeto, muchos tipos de polímeros se han usado para cambiar las propiedades de estos ligantes bituminosos y hacerles alcanzar mejores propiedades como material de pavimentación.

Entre los polímeros más usados pueden citarse: polietilenos de alta y baja densidad, estireno-butadieno, etileno-acetato de vinilo, etileno-propileno-dieno, estireno-butadieno-estireno, etc.. El alto coste de estos polímeros, comparado con el del betún, hace que el uso comercial del betún modificado sea sólo atractivo cuando la cantidad de polímero necesaria para mejorar significativamente el rendimiento del pavimento es muy pequeña. Este problema puede ser parcialmente resuelto mediante el uso de polímeros de desecho, como por ejemplo los plásticos de origen agrícola.

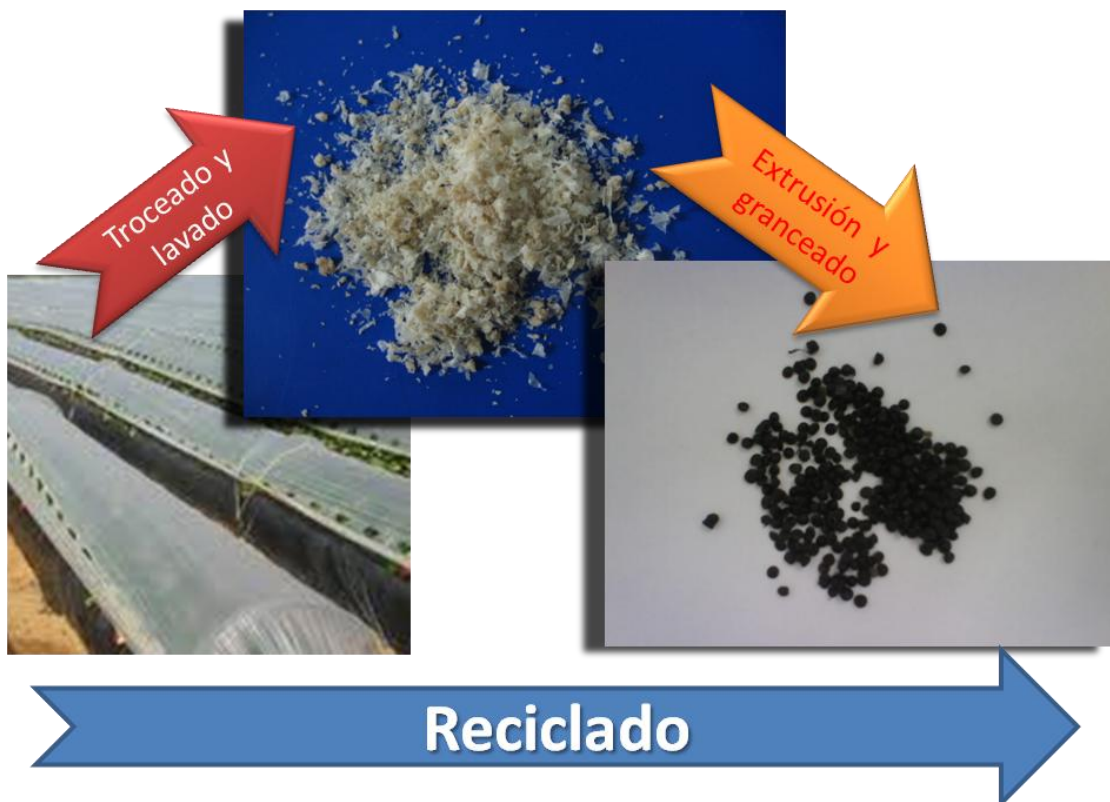


Fig. 3: Polímeros reciclados a partir de residuos plásticos de la agricultura intensiva en invernaderos

En este sentido, el uso intensivo de los invernaderos ha supuesto la aparición de diversos problemas medioambientales, fundamentalmente relacionados con los residuos que generan. Entre estos, son sin duda los residuos plásticos, provenientes de la construcción del invernadero y de los envases utilizados, los que presentan mayor impacto en el medioambiente y requieren de un tratamiento adecuado.

La mayor parte de invernaderos se construyen con polietileno de baja densidad lineal (LLDPE) y no lineal (LDPE), si bien también se utilizan mezclas de LLDPE con copolímeros de etileno vinil acetato (EVA) y LDPE. Otra aplicación fundamental son los túneles, que permiten un control ante las inclemencias meteorológicas y agentes externos, mejora en los consumos de agua, adelanto de las cosechas e incrementos en las calidades y cantidades de las cosechas. El acolchado de suelos es la tercera técnica de protección de cultivos, y la más extendida en nuestro país (Figura 3). Aparte de las técnicas

mencionadas hasta el momento, los plásticos también son utilizados en recubrimientos de embalses, tuberías de canalización, sistemas de riego por aspersión y sistemas de gravedad.

Desde el punto de vista técnico, dos son los principales problemas con que se encuentra el reciclador de plásticos a la hora de abordar la gestión del plástico agrícola (Figura 3):

- Elevado grado de contaminación con otros elementos distintos al plástico que, en ocasiones, se convierte en un obstáculo insalvable.
- Nivel excesivo de degradación, fundamentalmente en el caso de los plásticos de invernaderos, al estar sometidos al sol durante largos periodos de tiempo.

Todo ello, exige que se adopten las máximas precauciones en la recogida y disposición de los plásticos, definiendo unas especificaciones a cumplir por esa “segunda materia prima”, una vez hayan ultimado su primera vida útil.

La valorización de estos residuos plásticos de la agricultura intensiva en invernaderos como agentes modificantes en mezclas asfálticas es una de las opciones posibles que se derivan de un planteamiento integral de la gestión de los residuos plásticos procedentes de la agricultura.

Además, la reutilización de estos residuos resulta de particular interés para la Comunidad Autónoma Andaluza donde se produce una gran cantidad de estos, tanto por su interés medioambiental como tecnológico. Así, numerosos estudios y publicaciones, la mayoría desarrolladas por los investigadores de la Universidad de Huelva, han puesto de manifiesto los beneficios de la modificación de betunes con polímeros termoplásticos como las poliolefinas obtenidas de los plásticos agrícolas. Estos beneficios se resumen en una menor susceptibilidad térmica del ligante bituminoso, lo que se traduce en una mayor resistencia del asfalto a la fluencia (o deformación permanente), en condiciones de altas temperaturas de servicio, así como mayor resistencia a la fractura a bajas temperatura. Sin embargo, de acuerdo con los resultados previos obtenidos y publicados por los investigadores de la Universidad de Huelva, para que la adición del polímero reciclado al betún dé lugar a una modificación óptima se requiere llevar a cabo un procesado denominado “vía húmeda” donde el polímero y el betún se mezclan durante largo tiempo bajo condiciones de alta cizalla y temperatura. Por otra parte, el procesado por vía húmeda requiere, antes de su mezcla con el árido, el almacenamiento del betún modificado en tanques a temperaturas entre 160 y 180°C, donde se han detectado procesos de desestabilización de la dispersión con la rápida separación de la fase dispersa. Este problema de inestabilidad al almacenamiento no ha sido resuelto hasta la fecha de forma sencilla, lo que condiciona seriamente el uso de estos plásticos reciclados.

Frente la modificación del betún por vía húmeda, en este proyecto se propone el uso de la denominada “vía seca”, es decir la adición del polímero durante la mezcla del árido y el betún para obtener la mezcla asfáltica. Para ello es necesario desarrollar nuevas tecnologías que permitan una adecuada incorporación de los plásticos agrícolas mediante la vía seca en mezclas asfálticas para uso en carreteras.

2. Objetivos perseguidos y estudio de laboratorio

El objetivo fundamental de este proyecto es el de desarrollar los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios y suficientes que permitan la utilización industrial de polímeros reciclados, procedentes de residuos plásticos de origen agrícola, como modificadores del betún usado para pavimentación de carreteras. Para ello, en este proyecto se propone el uso de la denominada “vía seca”, es decir la adición del polímero durante la mezcla del árido y el betún para obtener una mezcla asfáltica o bituminosa con propiedades mejoradas (Figura 4).



Fig. 4: Esquema de obtención de asfalto modificado por vía seca.

Para la consecución de este objetivo se han abordado las siguientes tareas:

- Caracterización y selección de los plásticos agrícolas y betunes: Se han estudiado diversos betunes con diferente penetración. Por su parte, se han seleccionado dos residuos plásticos de origen agrícola, polietilenos de baja densidad (Figura 5), provenientes de la zona occidental de Andalucía (provincias de Huelva y Sevilla) y de la zona oriental (provincia de Almería).

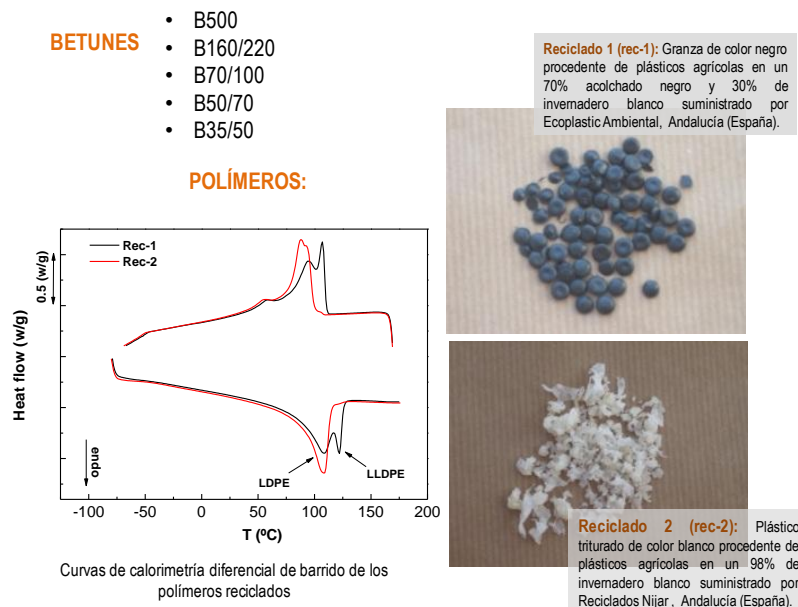


Fig. 5: Selección de los materiales de partida.

- Conocer en profundidad las interacciones betún-polímero para conseguir una mejora significativa de las propiedades de la mezcla bituminosa y promover la rápida incorporación del polímero en la mezcla bituminosa durante su procesado por vía seca. Lo que se ha realizado a través de la modificación física del plástico, mediante la adición de aditivos que faciliten su incorporación en la mezcla bituminosa (Figura 6).

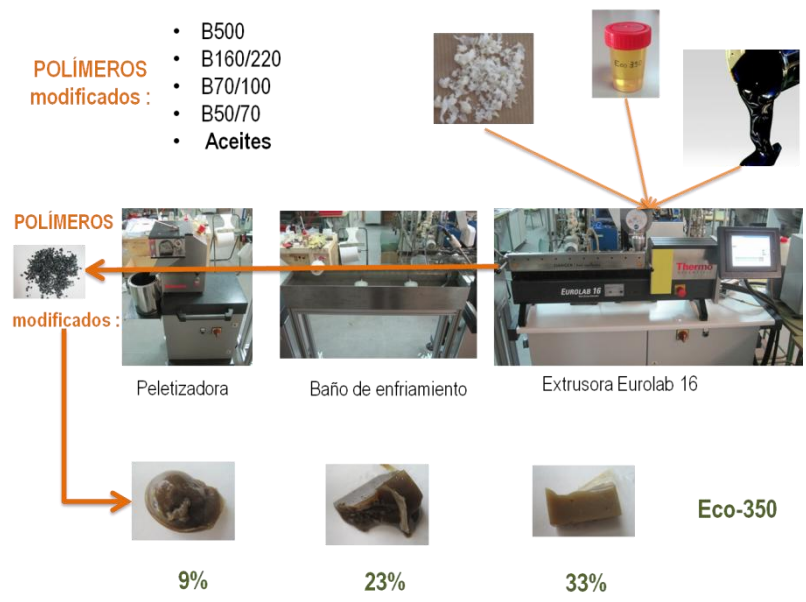


Fig. 6: Esquema de obtención de plásticos modificados a partir de Rec-2 y diversos aditivos compatibilizantes.

- Diseño y evaluación del comportamiento de las mezclas bituminosas que incorporan por vía seca el plástico con y sin modificación, según esquema mostrado en Figura 7. Así tanto los plásticos reciclados como los modificados se han incorporado para formar parte de las diferentes mezclas bituminosas que son utilizadas en la mayor parte de las carreteras de Andalucía.

Como resultado de este estudio se ha seleccionado una mezcla (AC16 Surf, que incorpora plástico) para formar parte de un tramo de pruebas, y que se ha utilizado para evaluar su aplicabilidad real y comportamiento esperable en servicio.

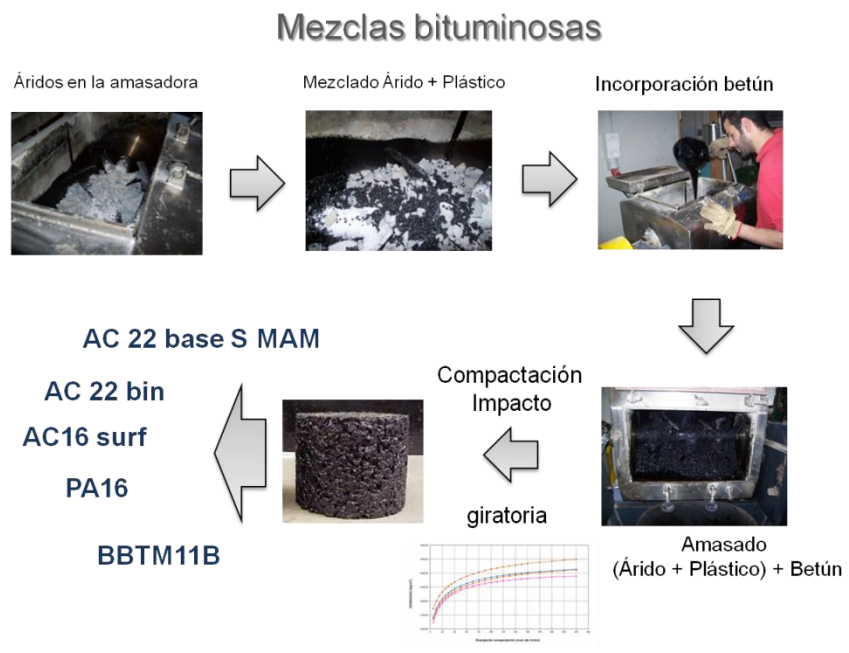


Fig. 7: Esquema de preparación de las mezclas bituminosas.

3. Aplicación de los resultados: tramo de prueba

Con el fin de validar a escala real las características y prestaciones de las mezclas diseñadas y estudiadas a nivel de laboratorio, se ha realizado un tramo de prueba de investigación tecnológica. Para ello, el tramo de prueba se ha acometido en dos fases: en 500 m se ha extendido una mezcla convencional (AC16S surf 35/50 S) y en el otro medio kilómetro la mezcla con plásticos (AC16S Rec-2). El tramo experimental tuvo lugar entre los kilómetros 1 y 2 de la carretera A-2005, situada en Jerez de la Frontera, Cádiz. Este tramo presenta una importante intensidad media diaria de tráfico, registrando unos 9.500 vehículos/día (Figura 8).

La mezcla AC16S Rec-2 se trata de una mezcla AC16S surf con la incorporación de un 0,3% de plásticos de origen agrícolas y con un contenido en betún convencional 50/70 del 4,2% sobre mezcla.



Fig. 8: Tramos AC16 surf convencional (línea roja) y AC16 surf aditiva con plásticos (línea azul)

the \mathbb{R}^n is a linear space over \mathbb{R} with the usual addition and scalar multiplication. The inner product is defined by

$$(x, y) = \sum_{i=1}^n x_i y_i \quad (1)$$

where $x = (x_1, \dots, x_n)$ and $y = (y_1, \dots, y_n)$ are vectors in \mathbb{R}^n .

The norm of a vector x is defined by $\|x\| = \sqrt{(x, x)}$. The distance between two vectors x and y is defined by $\|x - y\|$.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ is called the unit sphere. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ is called the unit ball.

The set of all vectors x such that $\|x\| = r$ is called the sphere of radius r . The set of all vectors x such that $\|x\| \leq r$ is called the ball of radius r .

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 \geq 0$ is called the positive unit sphere. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 \geq 0$ is called the positive unit ball.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 \leq 0$ is called the negative unit sphere. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 \leq 0$ is called the negative unit ball.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 = 0$ is called the equator. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 = 0$ is called the equatorial disk.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 > 0$ is called the positive cap. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 > 0$ is called the positive cap with base.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 < 0$ is called the negative cap. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 < 0$ is called the negative cap with base.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 \geq 0$ is called the positive equator. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 \geq 0$ is called the positive equatorial disk.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 \leq 0$ is called the negative equator. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 \leq 0$ is called the negative equatorial disk.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 > 0$ is called the positive equatorial cap. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 > 0$ is called the positive equatorial cap with base.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 < 0$ is called the negative equatorial cap. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 < 0$ is called the negative equatorial cap with base.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 = 0$ is called the north pole. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 = 0$ is called the north pole with base.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 = 0$ is called the south pole. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 = 0$ is called the south pole with base.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 = 0$ and $x_3 \geq 0$ is called the positive north pole. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 = 0$ and $x_3 \geq 0$ is called the positive north pole with base.

The set of all vectors x such that $\|x\| = 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 = 0$ and $x_3 \leq 0$ is called the negative south pole. The set of all vectors x such that $\|x\| \leq 1$ and $x_1 = 0$ and $x_2 = 0$ and $x_3 \leq 0$ is called the negative south pole with base.