RECICLADO DE FIRMES

Anna París Madrona
Parma Ingeniería

Introducción

Las capas bituminosas de los firmes de carreteras llegan al final de su vida útil como consecuencia de fisuras, grietas o deformaciones que les hacen perder las propiedades para las que fueron diseñadas.

Una de las ventajas de las mezclas bituminosas es que después de muchos años de puestas en servicio, los materiales que las constituyen, áridos y betún, conservan sus propiedades originales. Aunque el betún envejece, su máximo envejecimiento se produce en la fase de fabricación de la mezcla y en la de puesta en obra y no durante su vida útil. [1]

Otra propiedad de las mezclas bituminosas es que con la incorporación de betún rejuvenecedor, o de betún aditivado con agentes rejuvenecedores, se puede lograr, una vez mezclado con el betún del fresado, la mezcla de ambos ligantes se corresponda con un betún de nueva aplicación. [2]

Finalmente queremos destacar que la regeneración es tan efectiva en una mezcla bituminosa reciclada que en la práctica no es posible distinguir, mediante ensayos convencionales, sobre la mezcla bituminosa terminada, si contiene o no materiales fresados, y en su caso, cual ha sido la proporción en la que estos últimos han participado en la composición de la mezcla final.

Antecedentes

El reciclado de las mezclas bituminosas de los firmes de carreteras se remonta a principios de los años 70 cuando estas técnicas fueron impulsadas por el brusco encarecimiento de los productos asfálticos que se produjo como consecuencia de la crisis petrolera que se inició en 1973. Desde los Estados Unidos distintas técnicas de reciclado de firmes alcanzaron Europa, introduciéndose en España unos diez años más tarde, cuando comenzó a disponerse de plantas continuas de tambor secador mezclador y de fresadoras de gran capacidad. En concreto, las primeras obras de reciclado en caliente en planta se realizaron por cuenta de ACESA (Autopistas

Concesionaria Española, S. A.) en 1984, alcanzándose tasas de reciclado (proporción en que los materiales fresados intervienen en la composición de la mezcla final) de hasta el 40%.

La posterior contención de precios del betún asfáltico, la relativa abundancia y el bajo coste de los áridos, y una escasa preocupación medioambiental, entre otras causas, propiciaron, sin embargo, un prematuro abandono de la técnica, antes de superar el terreno puramente experimental.

La práctica desaparición de las plantas continuas, que pasaron de constituir la tipología dominante en el periodo 1984-1988 a casi desaparecer a partir de 1993 ha sido mencionada como una causa más del relativo retraso que la técnica de reciclado en central ha sufrido en España en comparación con los países de su entorno socio-económico más próximo.

En el periodo 1999-2001, gracias al interés mostrado por algunas empresas y administraciones públicas, las técnicas de reciclado en central adquirieron, de nuevo, una presencia notable. En Cataluña, PABASA en primer lugar y RUBAU a continuación, equiparon dos de sus plantas discontinuas con instalaciones especiales para producir mezclas con elevadas tasas de reciclado. En Andalucía, la administración autonómica promovió una actuación de gran envergadura en la Autovía A-92 [3].

1. Instalación asfáltica equipada para fabricar reciclado en altas tasas.

Entre septiembre de 2002 y enero de 2003, se desarrolló el proyecto de investigación PARAMIX (*Road pavement rehabilitation techniques using enhanced asphalt mixtures*), financiado por la Comunidad Europea, en el marco de su programa *Competitive and Sustainable Growth*. Su objetivo fundamental fue el de mejorar los materiales, el diseño y las técnicas de construcción para la rehabilitación de firmes utilizando mezclas recicladas. Tuvieron lugar diferentes actuaciones de rehabilitación sobre la carretera C-58, próxima a Barcelona, utilizándose distintos tipos de mezclas recicladas, hasta construirse un total de 11 tramos experimentales, con una extensión de entre 300 y 400 metros cada uno. Supusieron la fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas en caliente con tasas de reciclado del 30 y el 50% fabricadas en una planta discontinua propiedad de PABASA [4].

En 2004, y para la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña, en la carretera CN-230, tramo Viella-Frontera francesa (Lleida), SORIGUÉ, S. A, puso en obra aproximadamente 30.000 Tm de mezcla bituminosa en caliente con una tasa de reciclado del 50% empleando para ello una central continua tipo *double barrel* de ASTEC. Con esa misma central, en 2005 PAVASAL produjo cerca de 20.000 Tm de mezcla bituminosa con idénticas proporciones de materiales fresados, que se utilizaron en la rehabilitación de la autovía A-7, entre los puntos kilométricos 566 y 572, en la calzada dirección Almería, por cuenta de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia [5].

En 2007, se alcanzó una tasa de reciclado del 60% en la rehabilitación del firme de la carretera A-140, entre las poblaciones de Tamarite y Binéfar (Huesca) por cuenta de la Diputación General de Aragón, en la que, hasta el momento, constituye la máxima tasa de reciclado en central utilizada en España, también con una planta *double barrel* de ASTEC [6].

Finalmente en 2008, para la Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura en la autovía A-5. Autovía del Suroeste tramo Límite de provincia con Toledo enlace Almaraz se han fabricado 20.000 Tm de mezcla reciclada con una tasa del 40 % de fresado que se han extendido como capa de base en el tronco y en los enlaces de la autovía. La particularidad de la obra es que se ha realizado con una instalación asfáltica de tipo discontinuo, móvil, con una capacidad de 200 Tm/ hora fabricada por Intrame. [7]

Normalización de la técnica

En el periodo 1999-2001 las técnicas de reciclado sufren un impulso en su normalización. En 2001 la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento presentó los primeros artículos de su Pliego General para Obras de Conservación PG4, con la Orden Circular

2. Orden Circular 8/2001 Reciclado de Firmes e Instrucción de Carreteras Norma 6.3 IC.

8/2001 Reciclado de Firmes que incluye el artículo 22. “Reciclado en Central en Caliente de Mezclas Bituminosas”.

Por otra parte, también en 2001 se publicó la Orden Circular 5/2001 que permite el empleo de material fresado, en la fabricación de mezclas bituminosas, en proporciones del 10 % de la masa total de la mezcla.

Técnicas de reciclado

El reciclado en central puede abordarse mediante diferentes tipologías de plantas asfálticas, cada una con sus respectivas ventajas y/o limitaciones.

Distinguiremos las instalaciones según si su configuración permite reciclar en tasas inferiores o iguales al 25 % (proporción de material fresado sobre el total de la mezcla reciclada), que corresponderá con un reciclado con bajas tasas o bien si la configuración de la planta asfáltica permite reciclar con tasas superiores al 25 %.

Reciclado con bajas tasas

En una central asfáltica de tipo discontinuo existen tres configuraciones posibles para incorporar fresado a la mezcla bituminosa en una tasa inferior al 25 %. Las tres configuraciones obligan a sobrecalentar los áridos vírgenes en función de la tasa de reciclado, de la fórmula de trabajo y de la humedad del material fresado.

1. Incorporación del material fresado en el elevador de cangilones o en la caída del tambor secador. Aquí el fresado se une a los áridos vírgenes, previamente calentados en el tambor secador, y se pueden dirigir a la mezcladora clasificados en caliente, es decir, pasando por la clasificación de áridos en caliente, o bien sin clasificar, esto es, introducidos por el conducto del by-pass. Las tasas de reciclado, en esta configuración de planta, no superan el 15 %.

2. Incorporación del material fresado en la tolva de pesaje de la torre dosificadora. Esta configuración permite incorporar el fresado en la báscula de áridos en caliente e intercalarlos con el árido virgen calentado en el secadero. Generalmente conviene disponer de una amasadora de una capacidad superior a la correspondiente a la producción real de la planta, se deben prolongar los tiempos de amasado, para que la envuelta sea correcta, y se debe disponer de un sistema de extracción de vapor, superior al de una configuración convencional, para evacuar los caudales de vapor que genera la incorporación del fresado en este punto del proceso. Las tasas de reciclado en esta configuración no superan el 25 %.

3. Incorporación del material fresado en una tolva de pesaje independiente. Una vez pesado el fresado este va hacia un tolvín de regulación que lo incorpora en la mezcladora, aumentando el intervalo de la amasada, retrasando el ciclo de la mezcla. De este modo, se consigue disponer de más tiempo, para evacuar el caudal de vapor, lo que permite reciclar hasta tasas del 25 %. Igual que en el sistema anterior, se debe disponer de una amasadora, con un rendimiento superior al del tambor secador, y de un sistema de extracción de vapor de agua superior al de una planta convencional.

3. Incorporación del fresado en el conducto de descarga del tambor secador.

Existen al menos dos configuraciones frecuentes de plantas continuas que permiten fabricar mezclas bituminosas en caliente con la incorporación del reciclado en bajas tasas garantizando la calidad del producto fabricado y el control efectivo de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. [8]

1. Plantas continuas de tambor secador-mezclador de flujo paralelo: esta configuración de planta incorpora el material fresado en un anillo central desde dónde se conduce a la zona de mezclado evitando, de este modo, cualquier contacto con la llama del quemador. Esta configuración de planta no permite tasas superiores al 25 %, por no poder controlar las emisiones a la atmósfera.

2. Plantas continuas de flujo paralelo con mezclador independiente al secadero. Este sistema evita que el fresado y el betún estén en contacto con la llama del quemador, pero limita el reciclado, a tasas inferiores al 25 %, para poder controlar las emisiones a la atmósfera.

Reciclado con medias y altas tasas

Ya se ha mencionado, en el punto anterior, que la tasa de reciclado que es posible alcanzar, en cualquier central discontinua, se halla limitada por dos factores: La necesidad de evacuar convenientemente y sin que se produzcan condensaciones, las grandes cantidades de vapor de agua que se generan cuando la temperatura del material fresado se eleva considerablemente en un corto periodo de tiempo[9], y por los tiempos de mezclado precisos para obtener una mezcla homogénea en composición y temperatura.

Por ello para reciclar con altas tasas, en una instalación asfáltica de tipo discontinuo, se debe disponer de un segundo tambor cuya misión es la de calentar el fresado, a una temperatura superior a la ambiente, pero limitada, para evitar los posibles deterioros del betún contenido en el fresado.

Una vez calentado el material fresado se eleva, mediante un elevador de tablillas, hacia una tolva de regulación, que lo dirigirá a una tolva de pesado para que, una vez dosificado, sea

4. Instalación asfáltica de tipo discontinuo con tambor secador independiente para el material fresado.

introducido en la mezcladora de la planta. Esta configuración permite alcanzar tasas de reciclado de hasta el 50 %.

En este tipo de instalaciones es aconsejable que la mezcladora sea de mayor rendimiento que el secadero, ya que absorberá las producciones de los dos tambores. También es preciso que el filtro de mangas tenga mayor rendimiento, que en una instalación convencional, ya que tiene que filtrar los gases y partículas generadas en los dos tambores.

Existen dos tipos de plantas continuas con posibilidad del reciclado con altas tasas:

1. Las plantas continuas de tambor secador en contracorriente, que permiten un mayor control de emisiones, que en las plantas continuas descritas anteriormente, y las plantas de tambor secador mezclador en contracorriente con quemador avanzado (retroflux). Ambos diseños permiten reciclar con tasas superiores al 40 % cuando no existen limitaciones derivadas de humedades excesivas que requieren temperaturas de sobrecalentamiento muy elevadas.

2. Plantas de doble tambor o triple tambor que permiten reciclar con altas tasas tasas gracias a disponer de un segundo tambor concéntrico al de secado de los áridos. Esta configuración proporciona tasas de reciclado de hasta el 50 %.

5. Instalación asfáltica de tipo continuo con tambor secador mezclador de tipo Double Barrel.

Diseño, fabricación y control de una mezcla reciclada

Clasificación del material fresado

Es muy importante, para el éxito de un proyecto de mezcla reciclada, el estudio de los materiales disponibles para ser fresados.

En primer lugar se debe estudiar, a lo largo de la obra, las características del firme existente, su homogeneidad o heterogeneidad, la posibilidad de ser fresado, en toda su profundidad, y la conveniencia, o no, de aprovechar la totalidad del material fresado de la propia obra.

Una vez obtenidas tantas muestras, como se precise para subdividir la obra en tramos de homogeneidad suficiente (es decir, compatible con los objetivos de regeneración perseguidos), se deben ensayar sus granulometrías y contenidos de betún. También es preciso analizar el betún recuperado, de las muestras de material fresado, para su caracterización.

Una vez caracterizados los materiales disponibles se debe definir, en función de la fórmula de trabajo, la composición granulométrica final y el contenido de betún final, el tratamiento que debemos realizar al fresado.

Entre los posibles tratamientos al material fresado destacamos los siguientes:

- Establecer el tipo de máquina fresadora y su velocidad de avance. La velocidad de avance se recomienda que sea constante para obtener un material fresado más homogéneo.

- Si la composición de las capas recuperadas por fresado no es suficientemente homogénea, a lo largo de la obra o en los tramos que haya sido subdividida, se debe separar el fresado en distintas fracciones (usualmente al menos dos, cada una de las cuales debe ser adecuadamente caracterizada en cuanto a su granulometría y contenido de betún) para poder controlar mejor su eventual variabilidad. [9]

- Además, de por cuestiones relacionadas con la homogeneidad en granulometrías y contenidos de betún, es conveniente separar por fracciones el fresado por los fenómenos de transmisión de calor en función del tamaño de partícula. Una partícula de pequeño tamaño presenta una mayor tasa de humedad superficial y permite una tasa de transmisión de energía superior a la de una partícula de mayor tamaño.[7]

- Si la composición o propiedades de las fracciones del material fresado es variable el contenido de betún es variable, a lo largo de la obra, el material fresado se debe almacenar en acopios separados, correctamente identificados y con la trazabilidad de dónde proceden.

- En la clasificación de los materiales fresados, los fragmentos de tamaño superior al tamaño máximo de la mezcla, deben se retirados o apartados para su trituración.

6. Acopios de fresado cubiertos. Obra: Reparación y refuerzo del firme. Carretera A-5. Autovía del Suroeste. LP con Toledo – Almaraz.

- Independientemente, de granulometría y contenido de betún, el material fresado se debe almacenar en acopios separados para evitar contaminaciones, correctamente identificados y cubiertos debido a que se trata de un material muy higroscópico.

Tasa de reciclado

El primer aspecto a tener en cuenta en la fase de diseño de una mezcla reciclada es la tasa de reciclado prevista: por una parte, la tasa de reciclado va a influir en el tipo de instalación asfáltica a emplear; por otra, dicha tasa puede influir decisivamente en las necesidades de control de producción; por último el cumplimiento de los objetivos perseguidos con las técnicas de reciclado pueden depender de la magnitud de la proporción en que los materiales fresados intervienen en la fabricación de la nueva mezcla.

La tasa de reciclado se determinará en función de muchos condicionantes. Las tasas más elevadas tienden a ser cada vez más necesarias, entre otras, por las siguientes razones:

- El aumento de obras de conservación, frente a las de nueva construcción, que conlleva a emplear el material obtenido por el fresado de las capas envejecidas del firme que se está rehabilitando.

- El aprovechamiento de los materiales fresados, en la misma obra de la que proceden, es el método más eficaz hacia un desarrollo sostenible. Aprovechando el material fresado logramos dos objetivos medioambientales: no generar residuos en la obra y disminuir los consumos de materias primas (áridos y betún). [10]

- Las nuevas configuraciones en las instalaciones asfálticas, cada vez más móviles, compactas y diseñadas para reciclar en altas tasas nos permiten instalar las plantas capaces de reciclar con tasas elevadas en la propia obra de la que proceden los fresados.

Sin embargo, conviene no olvidar el reciclado en caliente con bajas tasas, ya que su uso es relativamente sencillo, si tenemos en cuenta los siguientes factores:

- El PG3 admite el empleo de material fresado como árido para capas de base e intermedias, incluidas las de alto módulo en proporciones inferiores al diez por ciento (10%) de la masa total de la mezcla.

7. Fotografía aérea de la Planta Asfáltica instalada en la obra para la reparación y el refuerzo del firme de la Carretera A-5. Autovía del Suroeste. LP con Toledo – Almaraz.

- Es posible, sencillo de realizar y económico, adaptar cualquier central de fabricación para reciclar con bajas tasas.

- Las mezclas con bajas tasas de reciclado no suelen precisar ni estudios especiales de diseños de mezcla, ni controles de calidad distintos a los prescritos en los pliegos para una mezcla convencional.

- No es necesario emplear betunes distintos de los que habrían sido seleccionados para la producción de las mezclas convencionales alternativas.

Diseño de la mezcla y control de calidad

Una vez determinada la tasa de reciclado, y estudiado el material fresado, se formula la mezcla reciclada del siguiente modo:

- Estudiando una composición granulométrica, a partir de las fracciones de material fresado, y de los nuevos áridos disponibles, capaz de satisfacer las tolerancias admitidas a una mezcla convencional.

- Eligiendo un betún nuevo o agente rejuvenecedor de modo que el ligante total resulte con las propiedades deseadas, es decir, próximas a las que se pretendería del betún con el que se diseñaría la mezcla convencional alternativa.

- Del mismo modo que con las mezclas convencionales, realizando un estudio de formulación completo del que se deduzca el contenido óptimo de betún y la proporción de huecos en mezcla (método Marshall, por ejemplo) y que permita satisfacer las exigencias a las deformaciones plásticas y a la acción del agua.

El siguiente paso, vinculado al diseño de la mezcla, consiste en establecer los parámetros de fabricación:

- Es necesario comprobar que el número de tolvas con que cuenta la instalación asfáltica permite dosificar la mezcla utilizando el número de fracciones (de nuevo árido y de material fresado) necesarias para satisfacer los requisitos de homogeneidad de la mezcla terminada.

- En las plantas que permiten calentar los materiales fresados de modo independiente, antes de su mezcla con el árido virgen, se determinará la temperatura de calentamiento de este material (incluso de sus diferentes fracciones cuando se disponga de esta posibilidad).

- El tipo y configuración concreta de la instalación disponible y la tasa de reciclado seleccionada conducirán también a determinar la temperatura de calentamiento del árido virgen. Esta temperatura deberá ser compatible con las posibilidades ofrecidas por la central de fabricación y con la obtención de una mezcla bituminosa reciclada a la temperatura seleccionada.

- Establecer una frecuencia de mezclado.

- Controlar la temperatura de salida de humos, por la chimenea del filtro de mangas, así como el tipo y las cantidades de los gases contaminantes emitidos.

Finalmente, se realizará el control de calidad sobre la mezcla fabricada. Los ensayos de control de producción no son distintos de los ensayos de control de una mezcla convencional. En todo caso, y de modo fundamental para las mezclas con las tasas de reciclado más elevadas, es conveniente comprobar que se han alcanzado los objetivos de regeneración perseguidos analizando las propiedades del ligante recuperado de la mezcla reciclada, al menos, Penetración y Temperatura del Punto de Reblandecimiento Anillo y Bola.

Conclusiones

En España disponemos de instalaciones asfálticas modernas, de avanzada tecnología en el diseño de ligantes, de Normativa de aplicación y de la suficiente experiencia acumulada para que una obra de reciclado en central con altas tasas no suponga dificultades sensiblemente distintas de las de una obra de mezcla bituminosa en caliente convencional.

Las mezclas bituminosas recicladas en central en caliente se aproximan a las mezclas bituminosas convencionales en costes de fabricación y de control de calidad, sus costes de extendido son absolutamente comparables y son mucho más económicas en términos ambientales y de consumo de materias primas. [11]

Como sucede con cualquiera de las técnicas de fabricación alternativas, la disposición de unas materias primas de características bien conocidas y homogéneas es la mejor garantía para la producción de una mezcla reciclada de calidad. Los materiales fresados, que pueden ser considerados como una más de la materias primas con se elaboran este tipo de mezclas, deben ser, por tanto, adecuadamente controlados, de modo tanto más estricto cuanto mayor sea la tasa de reciclado utilizada. El diseño cuidadoso de las operaciones involucradas en el tratamiento previo de estos materiales (fresado, trituración, clasificación, etc,..) es, junto con un diseño preciso del ligante rejuvenecedor, es la mejor garantía para el éxito de una obra proyectada con mezclas bituminosas fabricadas en central con altas tasas de reciclado.

Referencias bibliográficas

1. HUNTER, R. “Asphalts in road construction”. Thomas Telford, London, 2000.

2. MC DANIEL, R. et al. “Recommended used of reclaimed asphalt pavement in the Superpave mix design method”. NCHRP Web document 30. (Project D9-12): Contractor’s final report. 2000.

3. RUIZ, A. Reciclado de mezclas bituminosas en planta en caliente: proceso, ventajas y limitaciones, empleo y perspectivas. Revista Carreteras. Núm 130. España, 2003.

4. PÉREZ JIMENEZ, F; MIRÓ, R.; MARTINEZ, C. Proyecto PARAMIX. Investigación sobre reciclado de pavimentos. Revista de Carreteras. Núm 119. Madrid (España), 2003.

5. ORTIZ, J. y FELIPO, J. Recomendaciones para la producción en central de mezclas con altas tasas de reciclado. Revista Carreteras, Núm 149, Noviembre – Diciembre de 2006.

6. ORTIZ, J. QUEROL, N y MAÑAS, P. Producción en central de mezclas bituminosas en caliente con muy altas tasas de reciclado. Rehabilitación del firme de la Carretera A-140, en el tramo: Tamarite – Binéfar (Huesca) empleando mezcla con un 60 % de tasa de reciclado. XIV CILA La Habana (Cuba), Noviembre de 2007.

7. PEINADO, D. y CEBRIÁN, M. Sistema móvil de reciclado en planta en caliente. Revista Carreteras. Número Extraordinario Mezclas Bituminosas. Octubre de 2007.

8. ROBERTS, F. KANDHAL et al. Hot mix asphalt materials mixtures design and construction. NCAT. 1996.

9. ORTIZ RIPOLL, J y PÉREZ JIMÉNEZ, F., *Reciclado en central de mezclas bituminosas en caliente*. Revista Carreteras. Número Extraordinario Mezclas Bituminosas. Octubre de 2007

10. DEL VAL, M.A. Consideraciones ambientales sobre las mezclas asfálticas. Revista Rutas, núm 112. Enero – Febrero de 2006.

11. PARÍS, A. MONCUNILL, C. y ORTIZ J. El análisis del ciclo de vida como herramienta para la valorización ambiental de la fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas en caliente. Especial Revista Carreteras. Núm 150. 2006.