

# Mezcla reciclada semicaliente de tasa media

Durante los últimos años se está experimentando un creciente interés en el desarrollo de técnicas de pavimentación que permitan una reducción de emisiones durante su fabricación y aplicación. Fruto de este interés por parte de los agentes que intervienen en la construcción y conservación de carreteras, se están llevando a cabo experiencias que tienen como objetivo la reducción de las temperaturas habituales de fabricación y extendido, y significando a su vez una reducción importante del consumo energético.

Como valor añadido a la reducción de emisiones y la reducción del consumo de energía, nuestro sector también muestra soluciones para la reutilización de material procedente de la demolición ó fresado de capas de mezcla bituminosa, obtenido en actuaciones de rehabilitación.

A lo largo del artículo se hace una descripción de la experiencia llevada a cabo para la fabricación de una mezcla semicaliente formada por árido virgen y una tasa media de material fresado procedente de mezcla bituminosa, en una planta de fabricación de MBC típica y sin efectuar modificaciones mecánicas en la misma.

Con el desarrollo de esta técnica se consigue una reducción de la temperatura de fabricación en torno a los 25-35 °C respecto a una mezcla fabricada en caliente tradicional, reduciendo el consumo energético y obteniendo como consecuencia inmediata su aplicación a menor temperatura, lo que conlleva un menor impacto ambiental y en la seguridad de los trabajadores.

**Palabras clave:** mezcla bituminosa; mezcla semicaliente; reciclado; temperatura; emisiones; medioambiente

In the past few years, there has been an increasing interest in developing pavement techniques with lower emissions while being produced and applied. As a result of the dedication by those who work in roads construction and maintenance, experiments are being carried out in order to reduce normal temperatures of production and spreading, at the same time implying an important reduction of energy consumption.

As an added value to reduction of emissions and of energy consumption, our industry also offers solutions to reuse materials resulting from demolition or milling of layers of bituminous mixes, because of rehabilitation projects.

This paper describes the process of producing a warm mix composed of virgin aggregate and an average rate of milling material from bituminous mix, in a typical HMA manufacturing plant that has not undergone any mechanical modification whatsoever.

This technique offers the possibility to reduce manufacturing temperature in about 25-35 °C regarding traditional hot mix, with a reduction of energy and consumption. The immediate consequence is the possibility of applying it at lower temperatures, which implies less impact both on the environment and on workers' safety.

**Keywords:** bituminous mix; warm mix; recycling; temperature; emissions; environment

**Roberto Orozco Martín**, [rorozco@tecnofirmes.es](mailto:rorozco@tecnofirmes.es)  
Tecnofirmes

**José Luis Pradas Díaz**, [jose Luis.pradas@repsol.com](mailto:jose Luis.pradas@repsol.com)  
Repsol Lubricantes y Especialidades, S.A.

### 1. Introducción

Fruto de la colaboración entre las empresas Tecnofirmes y Repsol, se está llevando a cabo el desarrollo de ligantes especiales para la fabricación de mezclas semicalientes que contienen material procedente del material recuperado de mezclas bituminosas envejecidas, en plantas convencionales de MBC.

En el proyecto denominado "Mezcla Reciclada Semicaliente de Tasa Media" se recoge el desarrollo de una mezcla bituminosa compuesta por áridos vírgenes y una proporción de material fresado (RAP), con objeto de fabricarla a menor temperatura que una mezcla bituminosa en caliente. En definitiva, el objeto del estudio es desarrollar mezclas técnicamente viables que contengan al menos una tasa media de material fresado almacenado en planta –temperatura ambiente y humedad natural propia- y que sea fabricada empleando la técnica semicaliente y sin necesidad de llevar a cabo modificaciones mecánicas importantes en la planta de fabricación.

En la actualidad se lleva a cabo la fabricación de mezclas bituminosas en caliente con aportación de una proporción determinada de material fresado. El Artículo 542 del PG-3 determina el máximo permitido de esta fracción en 10 %, aunque dependiendo de otros factores se conocen experiencias de hasta un 50-60% contando con plantas de fabricación modificadas y adaptadas para la dosificación, calentamiento y tratamiento de este material. El ligante empleado para la fabricación de estas mezclas en caliente que contienen un % de RAP es un betún que permite la fabricación de la mezcla a una temperatura menor respecto a una convencional, y que por su composición, interactúa con el ligante envejecido, ofreciendo un ligante final con composición similar al original y una mezcla con las prestaciones de una mezcla en caliente convencional.

La experiencia que nos ocupa significa algo innovador, pues se trata de fabricar una mezcla con una tasa media de

material recuperado de mezclas bituminosas empleando temperaturas de mezcla semicaliente, esto es, entre 20 y 35 °C menos en la operación de mezclado, obteniendo una mezcla con prestaciones similares a la mezcla en caliente original.

El desarrollo de esta técnica incluye la adecuación de fórmulas de trabajo con los materiales disponibles en la planta de fabricación de mezcla, el control continuo del material fresado tratado en planta, el desarrollo de betunes adaptados a las necesidades de la mezcla semicaliente, la adecuación de la sistemática de fabricación y pruebas a escala real para toma de datos finales.

Las ventajas, tanto económicas como medioambientales que ofrece esta técnica son las siguientes:

- Disminución de empleo de áridos vírgenes.
- Aprovechamiento del material fresado de vertedero.
- Ahorro en costes de transporte, tanto para árido virgen como para la eliminación de fresado.
- Menor cantidad de betún a aportar a la mezcla.
- Menor consumo energético en planta al disminuir temperaturas de tratamiento.
- Menores emisiones al medioambiente.
- Mayor calidad y seguridad en las condiciones de trabajo del personal de planta de fabricación y obra.

### 2. Metodología del estudio

#### Diseño de la mezcla

Se lleva a cabo el diseño de la mezcla semicaliente, fundamentada en la Fórmula de Trabajo óptima, que toma como referencia la Fórmula de Trabajo determinada para la técnica de mezcla bituminosa en caliente. Para el desarrollo del estudio en laboratorio se ha tomado como referencia una mezcla convencional tipo AC22 bin 35/50 S. Contando con las variables y puntos a tener en cuenta para el estudio de la mezcla y su posterior fabricación en laboratorio y planta, se han estudiado varios ligantes con el objetivo de obtener finalmente una mezcla semicaliente con una tasa de RAP de 25 %. Los factores clave a tener en cuenta para obtener una mezcla óptima son:

- Tasa de material fresado en mezcla.
- Humedad del material fresado.

- Temperatura de árido virgen en mezclador.
- Tiempos de preamasado y amasado (mezcla en blanco y en negro).
- Tipo de ligante a emplear según estas variables.

El material fresado acopiado en planta de fabricación y los áridos vírgenes empleados para la fabricación de las mezclas son analizados. Los áridos vírgenes se presentan en fracciones que van desde tamaños 0/4 de la arena caliza hasta grava 18/25 y arena porfídica 0/6.

### Material fresado

El material fresado procedente de mezclas bituminosas se encuentra acopiado en planta. Para su empleo se procede a cortarlo mediante una tolva primaria, que ofrece en fabricación material inferior a 22 mm. El material fresado que se emplea en la fase de diseño de la mezcla presenta las siguientes características y granulometría:

<b>Humedad</b>	1%
<b>Contenido en ligante</b>	4,18% s/m

<b>Tamiz UNE</b>	<b>% pasa de los áridos extraídos</b>
22	100
16	98
8	80
4	59
2	41
0,5	20
0,25	14
0,125	10
0,063	6,9

El ligante del fresado extraído arroja los siguientes resultados tras su análisis:

<b>Penetración</b>	5·10 <sup>-1</sup> mm
<b>T° reblandecimiento</b>	85,2° C

### Árido virgen

Los áridos vírgenes acopiados en planta presentan granulometrías típicas de los cortes correspondientes a fracciones de grava 18 mm / 25 mm; 12 mm / 18 mm; gravilla 6 mm / 12 mm y arenas 0/4 y 0/6 mm.

### Criterio de temperatura de mezcla y compactación

Las temperaturas de mezcla y compactación las define el ligante en función de su viscosidad. Para trabajar con mezcla semicaliente se determina fijar las temperaturas adecuadas a las siguientes viscosidades:

- 185 cP para el mezclado
- 300 cP para la compactación de la mezcla

Que tienen en cuenta los valores habituales de una temperatura del ligante correspondiente a 150-190 cSt de viscosidad en mezcla y una temperatura del ligante correspondiente a 250-310 cSt de viscosidad en compactación.

### Mezcla en caliente AC22 bin S de referencia

Con objeto de obtener una Fórmula de Trabajo que fije los valores de referencia a obtener en la futura mezcla reciclada semicaliente, se elabora la composición granulométrica para huso AC 22 con los áridos vírgenes (arena 0/4 caliza, arena 0/6 porfídica, gravilla 6/12 y gravas 12/18 y 18/25 calizas). El 100% del filler es de recuperación de las dos arenas.

Se estudia esta mezcla con el 100% de los áridos vírgenes, sin adición de fresado, para conocer ciertas características de la mezcla en su óptimo de ligante: rigidez, estabilidad de proyecto, deformación de proyecto, huecos en mezcla, huecos en árido. Dosificación en frío para AC22 bin 35/50 S:

<b>Fracción del árido</b>	<b>% en masa</b>
18/25 calizo	18%
12/18 calizo	14%
6/12 calizo	23%
0/4 calizo	27%
0/6 pórfido	18%

## Mezcla reciclada semicaliente de tasa media

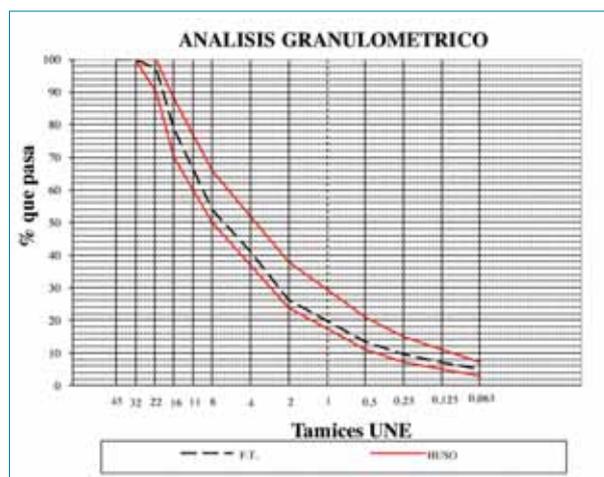


Figura 1.

### Mezcla AC22R25 bin S con betún BT 35/50 N° 1

Tomando como punto de inicio las características y datos extraídos del estudio de la Fórmula de Trabajo inicial fijada en caliente, pasamos a estudiar la mezcla de referencia con la técnica semicaliente. Siguiendo las indicaciones recogidas en el Artículo 22 de PG-4, a la denominación que hemos empleado hasta ahora de la mezcla en caliente, se añade la letra R seguida de dos cifras que indican la proporción de material bituminoso reciclado empleado en la mezcla.

Se ha redosificado la composición anterior, teniendo en cuenta el contenido de fresado y buscando una granulometría final de la mezcla lo más cercana posible a la mezcla sin fresado con el fin de establecer una buena comparación con la referencia inicial. Finalmente se dosifica la composición de árido para la mezcla AC22R25 bin BBT 35/50 N° 1 S (Figura 2).

Se determina el contenido óptimo de ligante en un 3,25% de betún BBT 35/50 N°1 s/a, y obteniendo la mezcla las características que refleja la Tabla 1.

### Secuencia de temperaturas de la mezcla

Las temperaturas empleadas para la elaboración de probetas en mezclado y posterior compactación se reflejan en la tabla siguiente:

Áridos vírgenes	150 °C
Fresado	Ambiente
Sonda mezcla blanco	135-140 °C
Betún	140 °C
Sonda mezcla negro	140 °C
Compactación	130 °C

Tabla 1.

Ensayos	AC22R25 bin BBT 35/50 N°1 S al 3,25% s/a
Densidad aparente UNE-EN 12697-6 (B)	2416 kg/m <sup>3</sup>
Huecos/áridos UNE-EN 12697-8	14,6%
Huecos/mezcla UNE-EN 12697-8	5,1%
Estabilidad Proyecto NLT-159	16,0
Deformación de Proyecto NLT-159	2,3
Relación Estabilidad/deformación	6,9 kN/mm
Rigidez UNE-EN 12697-26 (C), 20° C	5110 MPa
ITS húmedas	1357 kPa
ITS secas	1679 kPa
ITSR, UNE-En 12697-12	81%
RD	1,9 mm
WTS, UNE-EN 12697-22	0,042 mm/10 <sup>3</sup> ciclos



Figura 2: Detalle de la mezcla semicaliente reciclada preparada en laboratorio.

### Mezcla AC22R25 bin S con betún BBT 35/50 N°2

Se tomará como óptimo de la mezcla el contenido de ligante de la mezcla con el anterior BBT: 3,25 % s/a. La dosificación y granulometría de la mezcla es la misma del caso anterior.

### Secuencia de temperaturas de la mezcla

Las temperaturas empleadas para la elaboración de probetas en mezclado y posterior compactación se reflejan a continuación:

Áridos vírgenes	140° C
Fresado	Ambiente
Sonda mezcla blanco	125-130° C
Betún	160° C
Sonda mezcla negro	130-135° C
Compactación	120° C



Figura 3. Probetas de mezcla semicaliente reciclada.

Tabla 2.

Ensayos	AC22R25 bin BBT 35/50 N° 2 S al 3,25% s/a
Densidad aparente UNE-EN 12697-6 (B)	2422 kg/m <sup>3</sup>
Huecos/áridos UNE-EN 12697-8	14,4%
Huecos/mezcla UNE-EN 12697-8	4,8%
Estabilidad Proyecto NLT-159	10,7
Deformación de Proyecto NLT-159	3,7
Relación Estabilidad/deformación	2,9 kN/mm
Rigidez UNE-EN 12697-26 (C), 20°C	5887 MPa
ITS húmedas	1365 kPa
ITS secas	2049 kPa
ITSR, UNE-En 12697-12	67%
RD	2,0 mm
WTS, UNE-EN 12697-22	0,048 mm/10 <sup>3</sup> ciclos

## Mezcla reciclada semicaliente de tasa media



Figura 4. Instalaciones de la planta de fabricación.

### Trabajo en la planta de fabricación

Como siguiente hito a cumplir como parte de este proyecto, se procede a la realización de pruebas de fabricación a escala real en planta de fabricación, aplicando los parámetros y conclusiones extraídas del estudio realizado sobre los materiales y mezclas a aplicar.

Para la realización de las pruebas de fabricación es necesario tener en cuenta una serie de aspectos que van a marcar la posibilidad o no de llevar a cabo con éxito las etapas necesarias para obtener una mezcla semicaliente empleando material procedente del fresado de capas de mezcla bituminosa. Las operaciones que es necesario tener en cuenta se resumen en:

- Control de la humedad y temperatura del RAP que se está empleando.
- Control exhaustivo del porcentaje de RAP que estamos empleando en composición.

- Adaptación de los distintos tiempos de amasada a las temperaturas requeridas y envuelta completa del material tratado (áridos + RAP). Estos tiempos de amasada se refieren a amasada en blanco y con betún.
- Temperatura que es necesario conseguir en los áridos en tolvas en caliente y temperaturas que vamos a manejar para conseguir la homogeneidad en las distintas amasadas.
- Evaluación de la homogeneidad térmica en la masa final fabricada.

La central de fabricación de la mezcla la constituye una planta de MBC Sim Amman de 280 tn/h de producción nominal. Esta instalación está preparada para la fabricación de mezclas bituminosas convencionales en caliente ó semicalientes, esto es, cuenta con los medios de control que permiten adaptar las temperaturas de los materiales constituyentes en un rango de trabajo adecuado.

Formando parte de la instalación encontramos una unidad de selección de material fresado, que efectúa su trabajo cribando este material, de modo que se obtenga un componente con tamaño máximo de 22 mm, ideal para la posterior composición con áridos. La aportación del material fresado a la planta de fabricación se realiza mediante un equipo mecánico que se ocupa de llevar el material hasta la zona de descarga próxima al mezclador, pesar la cantidad programada de material por amasada y aportar a mezclador. Este equipo incluye un sistema de ventilación que asegura la extracción de la mayor parte de humedad que pueda producirse durante la operación de mezclado.

La planta cuenta con los medios necesarios para el control de los tiempos de aportación de materiales, envuelta en blanco y con betún y con un control de temperaturas en los puntos clave, de modo que se pueda comprobar la secuencia de fabricación desde el inicio de la aportación de los áridos y del fresado hasta la salida de la mezcla por las compuertas del mezclador. La capacidad de este sistema de aportación de fresado nos indicará el rendimiento idóneo de la planta durante la fabricación de la mezcla semicaliente.

### Condiciones de partida y pruebas en planta

**Características del fresado empleado:** El material fresado procedente de mezclas bituminosas envejecidas es un material seleccionado, con tamaño máximo nominal de 25 mm y una humedad media de 3,5%. El acopio de material fresado seleccionado

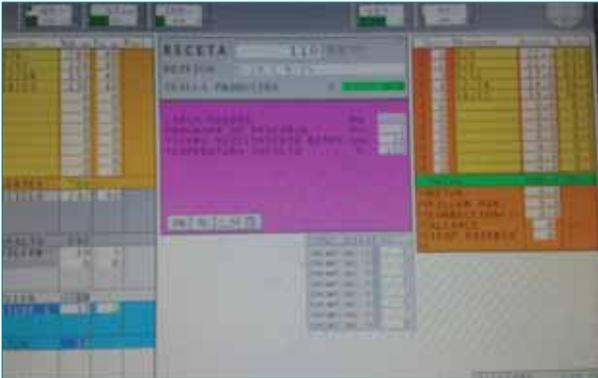


Figura 5. Instalaciones de la planta de fabricación.

se encuentra, en las fechas y horas de las pruebas preliminares, a una temperatura mínima de 2° C y máxima de 7° C.

**Condiciones de los betunes:** Los betunes empleados en pruebas se encuentran almacenados a una temperatura de 160° C en tanques de planta. Pruebas de amasadas en blanco: Se establece un contenido de 25% de fresado en composición. Con este porcentaje, se varían las condiciones de temperatura para lograr homogeneidad térmica y una temperatura final de mezcla en blanco adecuada a los propósitos perseguidos.

En la tabla siguiente se exponen, a modo de resumen, algunos ejemplos representativos de las pruebas realizadas en la planta de fabricación:

Amasadas en blanco (curva compuesta)			
Fresado; %	25	25	25
Tª áridos	200	200	170
Tª salida	127	135	110
Homogeneidad térmica	Media	Baja	Media
Tiempo amasada	11+ 30		

Se prueban y determinan los diferentes parámetros a aplicar para obtener la homogeneidad térmica deseada:

Fresado	25%
Áridos	170° C sonda tolva arenas
Tiempo amasada	12 s
Sonda patrón	110° C
Tª superficial	100° C



Figura 6. Pruebas de fabricación en blanco y control de temperatura.

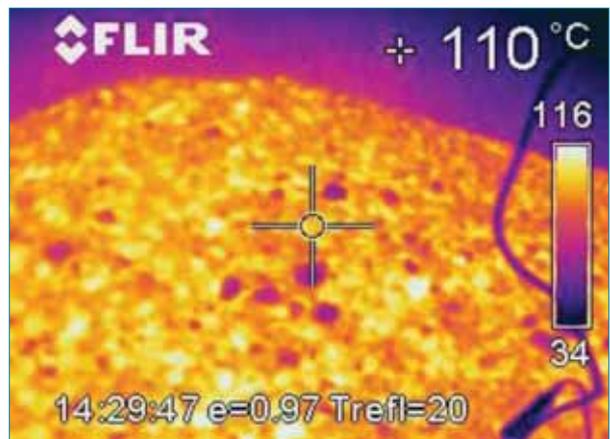


Figura 7. Termografía de pruebas de fabricación.

## Mezcla reciclada semicaliente de tasa media

Fabricación						
Fresado; %	25	25	25	25	25	25
LIGANTE	BBTT 35/50 N° 1			BBT 35/50 N° 2		
Tª áridos	170	170	170	170	175	200
Tª salida	118	120	115	120	120	132
Homogeneidad térmica	Media	Media	Alta	Media	Alta	Alta
Tiempo de amasada	25+30	5+20	25+30	25+30	25+30	25+30

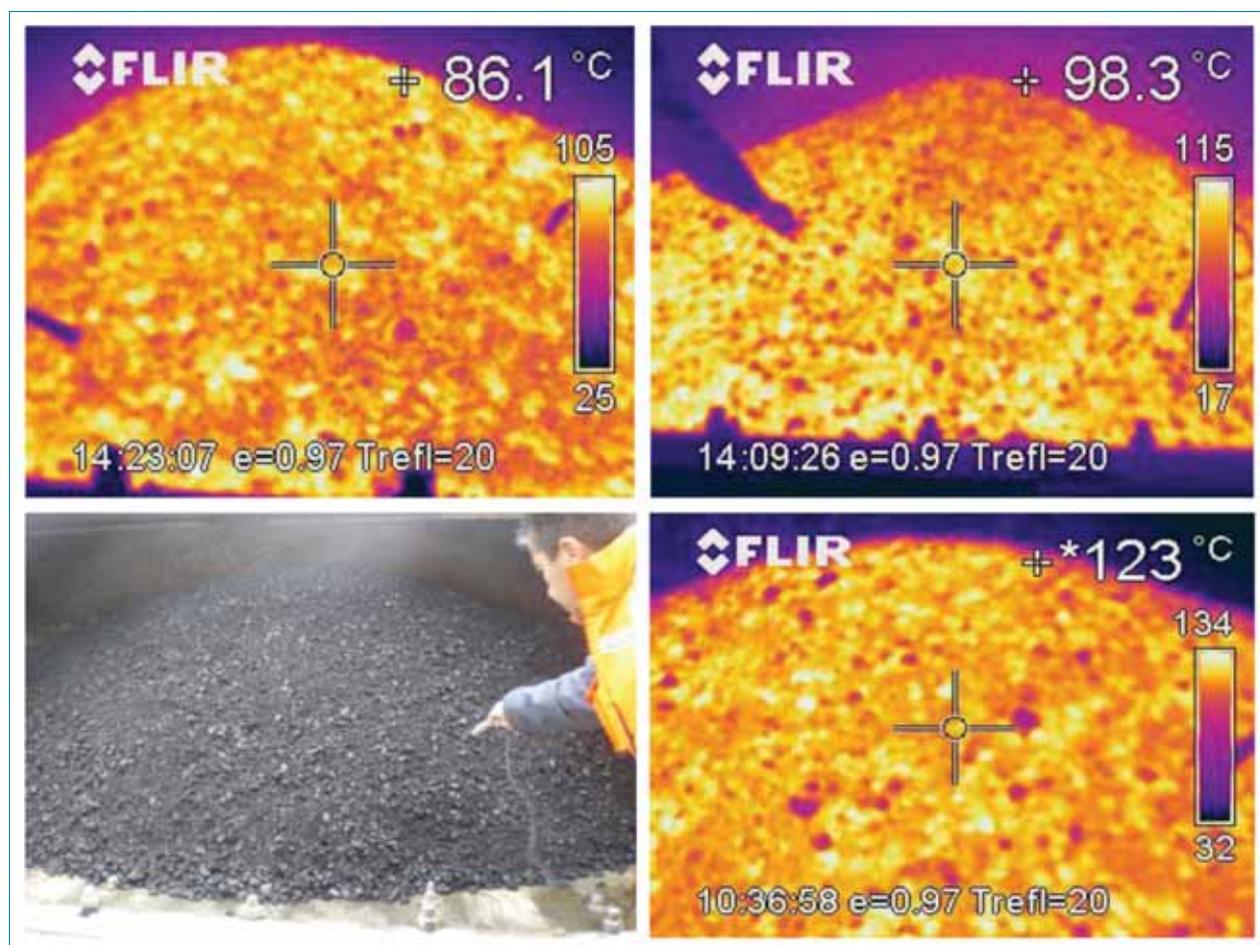


Figura 8. Termografía de pruebas de fabricación.

Tras verificar varias posibilidades de fabricación y distribución de tiempos en amasadas en blanco, se procede a realizar pruebas de fabricación y extendido en tramo de prueba, pudiéndose comprobar la importancia de los tiempos adoptados en la secuencia de entrada de los materiales durante la fabricación.

### *Fabricación y aplicación de la mezcla reciclada semicaliente*

Con los datos obtenidos en pruebas de fabricación en planta y una vez prefijados los parámetros a tener en cuenta, se lleva a cabo la fabricación de la mezcla. Para la fabricación de



Figura 9. Control de temperaturas de mezcla y ausencia de emisiones de humos.



Figura 10. Ausencia de emisiones en aplicación; Carrer Josep Carner; Ayto. de Tarragona.

cualquier mezcla semicaliente reciclada es muy importante dejar bien definidos los tiempos de cada fase de la fabricación, haciendo especial hincapié en el tiempo de envuelta con el material fresado, de modo que la transferencia de temperatura árido-fresado sea eficaz.

En las fabricaciones se han empleado dos betunes de baja temperatura diseñados especialmente para su empleo con este tipo de mezclas. La tasa de material fresado fijada para introducir en mezcla es del 25%, constituyendo el 75% restante de la mezcla árido virgen.

Se ha comprobado que la fabricación de mezcla semicaliente aportando un 25% de material fresado es posible empleando una planta de MBC, empleando betunes especialmente estudiados que permiten disminuir la temperatura de mezcla 20-30° C respecto a otra mezcla similar fabricada en caliente, esto es, para mezclas de referencia que contienen un 15% de material fresado se emplean los áridos originales

calentados a 200-210° C, mientras que con una tasa de material fresado del 25% hemos podido trabajar a 175-180° C de áridos vírgenes.

En la Tabla 3 se exponen las tablas de datos extraídos de los ensayos realizados sobre las mezclas fabricadas, empleando los dos betunes referenciados. Se toma como referencia y comparativa los datos correspondientes a la mezcla estudiada en laboratorio preliminarmente. Tabla que recoge los resultados obtenidos sobre probetas de mezcla empleando BBT N° 1. Datos y gráfica extraídos del ensayo de resistencia a la fatiga según norma UNE\_EN 12697-24 Anexo D:

A1	-5,1
A0	36,7
R2	0,796
Microdeformaciones a un millón de ciclos, ε <sub>6</sub>	91

## Mezcla reciclada semicaliente de tasa media

Tabla 3.

AC22R25 BBT N° 1 35/50 S		
	Planta	Laboratorio
Densidad aparente UNE-EN 12697-6 (B)	2389 kg/m <sup>3</sup>	2416 kg/m <sup>3</sup>
Huecos/áridos UNE-EN 12697-8	15,9%	14,6%
Huecos/mezcla UNE-EN 12697-8	5,6%	5,1%
Estabilidad Proyecto NLT-159	14,1	16,0
Deformación de Proyecto NLT-159	2,3	2,3
Rigidez UNE-EN 12697-26 (C), 20°C	5109 MPa	5110 MPa
Densidad media probetas	2365 kg/m <sup>3</sup>	2394 kg/m <sup>3</sup>
ITS húmedas	1737 kPa	1357 kPa
ITS secas	2159 kPa	1679 kPa
ITSR, UNE-EN 12697-12	80%	81%
RD	2,0 mm	1,9 mm
WTS, UNE-EN 12697-22	0,057 mm/103ciclos	0,042 mm/103ciclos

Tabla 4.

AC22R25 BBT N° 2 35/50 S		
	Planta	Laboratorio
Densidad aparente UNE-EN 12697-6 (B)	2.408 kg/m <sup>3</sup>	2.422 kg/m <sup>3</sup>
Huecos/áridos UNE-EN 12697-8	15,0%	14,4%
Huecos/mezcla UNE-EN 12697-8	5,3%	4,8%
Estabilidad Proyecto NLT-159	15,2	10,7
Deformación de Proyecto NLT-159	3,9	3,7
Rigidez UNE-EN 12697-26 (C), 20°C	7.319 MPa	5.887 MPa
Densidad media probetas	2.375 kg/m <sup>3</sup>	2.394 kg/m <sup>3</sup>
ITS húmedas	1.590 kPa	1.688 kPa
ITS secas	1.946 kPa	2.049 kPa
ITSR, UNE-EN 12697-12	82%	82%
RD	2,2 mm	2,0 mm
WTS, UNE-EN 12697-22	0,070 mm/10 <sup>3</sup> ciclos	0,048 mm/10 <sup>3</sup> ciclos

En la Tabla 4 quedan recogidos los resultados obtenidos sobre probetas de mezcla empleando BBT N° 2.

A continuación presentamos datos y gráfica extraídos del ensayo de resistencia a la fatiga según Norma UNE-EN 12697-24 Anexo D.

A1	-5,8
A0	39,2
R2	0,890
Microdeformaciones a un millón de ciclos, $\epsilon_6$	82

## Conclusiones

- El objeto de esta actuación es el desarrollo y puesta en obra de una mezcla semicaliente con una tasa media de material fresado (25%), y fabricada en una planta de MBC convencional.
- En ensayos de laboratorio se han adaptado las condiciones de contenidos de ligante, temperaturas y tiempos de envuelta para lograr una mezcla semejante a la mezcla AC22 BIN 35/50 S de referencia.
- Se han diseñado betunes especialmente adaptados a la mezcla reciclada requerida y a las condiciones de trabajo existentes.
- Los ensayos de laboratorio realizados con la mezcla semicaliente reciclada de tasa media, arrojan unos resultados semejantes y aceptables frente a los ensayos obtenidos con la mezcla en caliente de referencia.
- En pruebas de adaptación de los condicionantes y fabricación se demuestra que empleando la mezcla compuesta y probando los dos ligantes estudiados, los resultados reflejan de un modo homogéneo los datos iniciales obtenidos en laboratorio.
- En ensayos realizados sobre muestras tomadas en tramo de obra, el Módulo de Rigidez de las mezclas semicalientes está dentro del mismo orden de resultados de la mezcla elaborada con áridos vírgenes.
- En ensayo de resistencia a fatiga, según Norma UNE-EN 12697-24 Anexo D, se detecta un buen comportamiento, levemente inferior al obtenido con la mezcla convencional, probablemente debido a la presencia de la cuarta parte de material fresado en la mezcla.
- Contando con una planta convencional de fabricación de mezcla en caliente dotada de sistema estándar de adición de material fresado a temperatura y humedad

ambientales, se ha demostrado la posibilidad de fabricar mezclas recicladas semicalientes con garantías de obtener resultados semejantes a los que posee una mezcla en caliente.

- Para el éxito de la técnica es imprescindible el control exhaustivo de las condiciones de almacenamiento del material fresado, en cuanto a humedad, temperatura y contenido de finos y polvo mineral.
- Los betunes empleados para la fabricación de mezclas bituminosas semicalientes recicladas están en pleno desarrollo, incluyéndose en el mismo los betunes de baja temperatura modificados con polímero.
- Con el desarrollo de esta técnica se persigue la disminución del consumo energético, las emisiones en fabricación y aplicación y el consumo de áridos vírgenes... y a la vez, el aumento de la seguridad en el trabajo del personal que interviene en las operaciones.

## Referencias

- Artículo 22 – Reciclado en Central en Caliente de Capas Bituminosas. O.C. 8/2001 de PG-4.
- Artículo 542 – Mezclas Bituminosas en Caliente tipo Hormigón Bituminoso. PG-3.
- Novedades Tecnológicas en Mezclas Bituminosas. Ciudad Real; 2010. Francisco José Lucas Ochoa. Jefe de Asistencia Técnica y Desarrollo de Asfaltos; Repsol Lubricantes y Especialidades.
- Betunes para mezclas de Baja Temperatura de Fabricación y Extendido. Valladolid; 2011. Mercedes Ayala Canales, Francisco José Barceló Martínez. Centro Tecnológico Repsol; Francisco José Lucas Ochoa. Jefe de Asistencia Técnica y Desarrollo de Asfaltos Repsol Lubricantes y Especialidades.

#14

## AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las mezclas asfálticas son 100% reciclables en nuevas mezclas”  
(EAPA)

#SOSTENIBILIDAD\_Y\_MEDIO\_AMBIENTE