

## MONOGRAFÍA ATEB SOBRE MEZCLAS TEMPLADAS CON EMULSION BITUMINOSA

**Daniel Andaluz García**

Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas  
gerencia@ateb.es

---

**Francisco José Lucas Ochoa**

Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas  
fjlucaso@repsol.com

---

**Lucía Miranda Pérez**

Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas  
lucia.miranda@composanindustrial.com

---

**M<sup>a</sup> del Mar Colás Victoria**

Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas  
marimar.colas@cepsa.com

**Nuria Uguet Canal**

Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas  
nuria.uguet@eurovia-es.com

---

**Rafael Pablo Guillén Carmona**

Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas  
rguillen@sacyr.com

---

**Santiago Gil Redondo**

Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas  
sgil.ditecpesa@ferrovial.es

---

**Verónica Contreras Ibáñez**

Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas  
contreras.ibanez.veronica@repsol.com

# MONOGRAFÍA ATEB SOBRE MEZCLAS TEMPLADAS CON EMULSION BITUMINOSA

## RESUMEN

Las mezclas templadas permiten reducir drásticamente la temperatura de fabricación y puesta en obra, ya que se fabrican, extienden y compactan generalmente entre 70 y 95°C. Estas mezclas están compuestas por áridos graduados, calentados a temperaturas en el entorno de los 100° C, y una emulsión especialmente diseñada para recubrir totalmente dichos áridos. Estas mezclas templadas han sido proyectadas, caracterizadas, fabricadas y puestas en obra adaptando los métodos y maquinaria existentes a las características específicas de este tipo de mezclas, ya que no existe ninguna normativa tanto a nivel nacional como internacional que recoja sus particularidades. La monografía sobre mezclas templadas que se presenta, pretende recoger el estado del arte en cuanto a los conocimientos, experiencias e investigaciones que se han realizado en España sobre las Mezclas Templadas con Emulsión. Su objetivo es ayudar a todos los técnicos involucrados en obras de carreteras, ya sea en el proyecto, la construcción, la conservación, la asistencia técnica, el control de calidad, para conseguir el máximo provecho de estas nuevas técnicas. Dicha monografía ha sido elaborada dentro de la Asociación Técnica de Emulsiones (ATEB) y describe la tecnología de mezclas templadas con emulsión, basándose en las experiencias realizadas hasta la fecha. Recoge todos los tipos de mezclas templadas, las características de los materiales básicos constituyentes, que incluso puede tratarse del 100% de RAP, los procedimientos de dosificación, las plantas de fabricación y equipos de puesta en obra, los procedimientos de control de calidad, y los campos de aplicación.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Las mezclas bituminosas se pueden clasificar, atendiendo al modo de fabricación y puesta en obra, en mezclas en caliente y en frío. En las primeras se emplean básicamente betunes asfálticos, que necesitan calentarse a temperaturas de unos 150° C para reducir su viscosidad y conseguir la envuelta con los áridos calientes y una adecuada puesta en obra, mientras que en las segundas, se emplean ligantes de baja viscosidad como las emulsiones bituminosas, que permiten fabricar y aplicar la mezcla bituminosa a temperatura ambiente.

Las mezclas bituminosas en caliente son actualmente las más utilizadas en la totalidad de los países europeos.

Las mezclas bituminosas en frío no requieren el calentamiento de los áridos ni del ligante bituminoso, por lo que presentan una óptima huella ambiental. Los ligantes generalmente empleados en la actualidad en estas técnicas en frío son las emulsiones bituminosas. Con objeto de aprovechar las cualidades de las mezclas en caliente y en frío, y buscando en todo momento las mejores prestaciones mecánicas, se han desarrollado las mezclas templadas con emulsión bituminosa, que permiten fabricar mezclas bituminosas a temperaturas intermedias entre las calientes y las frías.

Denominadas en inglés como HWMA “half-warm mix asphalt” y en francés como “enrobés semi-tièdes”) permiten reducir drásticamente la temperatura de fabricación y puesta en obra por debajo de 100 °C, ya que se fabrican, extienden y compactan generalmente entre 70 y 95 °C. Estas mezclas están compuestas por áridos graduados calentados a temperaturas inferiores a 100 °C y una emulsión adecuada para recubrir totalmente

dichos áridos, si bien también se puede emplear métodos de espumación de betún por vía directa o indirecta.

Las mezclas templadas presentan importantes ventajas medio ambientales y constituirán en un futuro no muy lejano una alternativa eficaz para la fabricación y puesta en obra de las mezclas bituminosas.

Aunque hace ya algunas décadas se recurrió a estas tecnologías templadas para corregir algunos problemas de envuelta por áridos sucios o de mala calidad, no es hasta principios del siglo XXI cuando, probablemente impulsadas por la limitación de emisiones que exige el protocolo de Kyoto, se desarrollan estas técnicas y se realizan los primeros tramos experimentales en España.

Las primeras aplicaciones de las mezclas templadas se realizaron con mezclas drenantes, si bien también se han realizado experiencias con mezclas discontinuas y con reciclados templados en los que es posible reciclar mezcla bituminosa hasta tasas del 100% en planta, lo que sin duda fue un avance importante para el aprovechamiento total de las mezclas bituminosas procedentes de firmes deteriorados.

Estas mezclas templadas han sido proyectadas, caracterizadas, fabricadas y puestas en obra adaptando los métodos y maquinaria existentes a las características específicas de este tipo de mezclas, ya que no existe ninguna normativa tanto a nivel nacional como internacional que recoja sus particularidades.



## Mezcla templada

### 2.- DEFINICIÓN Y TIPOS DE MEZCLAS TEMPLADAS CON EMULSIÓN

#### 2.1 Definición

Se define como Mezcla Bituminosa Templada con emulsión (MBTE\*) a la combinación homogénea de áridos (en su caso, incluido el polvo mineral y/o el material procedente del fresado o demolición de mezclas bituminosas), emulsión bituminosa como ligante y eventualmente aditivos, que es fabricada a una temperatura inferior a 100 °C.

\* En adelante, nos referiremos a este tipo de mezclas templadas exclusivamente

#### 2.2 Tipos

##### 2.2.1 Mezcla templada cerrada

Se define como Mezcla Bituminosa Templada cerrada la combinación homogénea de, áridos (incluido el polvo mineral) con granulometría continua, emulsión bituminosa como ligante y eventualmente aditivos, que es fabricada a una temperatura inferior a 100 °C. Las granulometrías correspondientes a este tipo de mezclas son equivalentes a las del tipo Hormigón Bituminoso AC (Norma UNE-EN 13108-1). Para su fabricación podrá emplearse material procedente de firmes de mezcla bituminosa del (MRMB) en una proporción no mayor del 15% del total de la mezcla.

En adelante, llamaremos MRMB (material recuperado de mezclas bituminosas, RAP en otras publicaciones que recogen la denominación sajona) al material resultante del fresado ó demolición de una ó más capas de mezcla bituminosa de un firme.

##### 2.2.2 Mezcla templada abierta

Se define como mezclas templadas abiertas a la combinación homogénea de áridos (que incluyen una baja proporción de finos ó con discontinuidad granulométrica en algunos

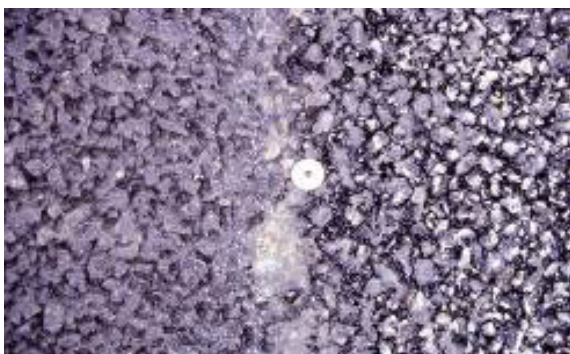
tamices), polvo mineral emulsión bituminosa como ligante y, eventualmente aditivos, que es fabricada a una temperatura inferior a 100 °C. Para su fabricación podría emplearse MRMB, a criterio de la dirección de obra, y en cualquier caso, siempre con tasa inferior al 15%.



Acopio en planta

#### 2.2.2.1 Mezcla templada drenante

Las mezclas bituminosas templadas drenantes son aquellas que por su baja proporción de árido fino, presentan un contenido muy alto de huecos interconectados que le proporcionan características drenantes. Las granulometrías correspondientes a este tipo de mezclas son equivalentes a las del tipo PA (Norma UNE-EN 13108-7).



Comparación entre drenante  
antigua y nueva

#### 2.2.2.2 Mezcla templada discontinua

Las mezclas bituminosas templadas discontinuas son aquellas cuyos áridos presentan una discontinuidad granulométrica

muy acentuada en los tamaños inferiores del árido grueso. Las granulometrías correspondientes a este tipo de mezclas son las del tipo BBTM A y B (Norma UNE-EN 13108-2)

#### 2.2.3 Mezcla templada reciclada

Se define como mezcla templada reciclada la combinación homogénea de material resultante del fresado ó demolición de una ó más capas de mezcla bituminosa de un firme, en su caso, árido virgen, emulsión bituminosa como ligante, y eventualmente aditivos, que es fabricada a una temperatura inferior a 100 °C.

La tipología de estas mezclas obedece a criterios de diseño de mezcla (energía de compactación de probetas) y de fabricación en planta (calentamiento del material), muy relacionados con la proporción de MRMB.

##### 2.2.3.1 Mezcla templada reciclada de tasa total

Es la mezcla compuesta por una cantidad de MRMB igual o superior al 80 % y árido virgen, a efectos de una eventual corrección granulométrica o de otra característica. Para el tratamiento y fabricación de estas mezclas, es necesario el empleo de sistemas de calentamiento que eviten el contacto directo del MRMB con la llama del quemador en el tambor secador, evitando así una mayor degradación del ligante envejecido del MRMB.

##### 2.2.3.1 Mezcla templada reciclada de alta tasa

Es la mezcla compuesta por una cantidad de MRMB superior al 50 % e inferior al 80% y árido virgen. Para el tratamiento y fabricación de estas mezclas es recomendable el empleo de sistemas de calentamiento específicos como en el caso anterior.

##### 2.2.3.2 Mezcla templada reciclada de media tasa

Es la mezcla compuesta generalmente por una cantidad superior al 15% de MRMB e inferior a 50% de MRMB. Para la fabricación de estas mezclas es necesario fijar una temperatura para los áridos vírgenes adecuada

que asegure la transferencia de calor árido-material fresado.



Bañera con MBTE. Ausencia de humos

### 3.- CAMPOS DE APLICACIÓN

Los posibles campos de aplicación de las mezclas templadas, quedarán condicionados por la tipología de mezcla que se trate, atendiendo fundamentalmente a la granulometría elegida, así como a la emulsión considerada en la composición de la misma, buscando las prestaciones requeridas en cada una de las aplicaciones.

#### 3.1. Mezcla templada abierta, porosa y discontinua tipo BBTM - B

Como se ha referido a lo largo del documento, las mezclas con granulometrías abiertas templadas, tienen como objeto, mejorar las prestaciones de las mezclas abiertas en frío tradicionales, especialmente en lo relativo al tiempo de apertura al tráfico y a la cohesión de la misma. En este grupo de mezclas, podríamos incluir aque-llas que presentan un importante número de huecos en su composición, y por lo tanto cierta criticidad en la cohesión.

##### 3.1.1. Mezcla templada abierta

Se podría considerar como campo de aplicación de las mezclas templadas abiertas,

las mismas aplicaciones consideradas para las mezclas abiertas en frío, en el entendido caso de que mantendrán las mismas bondades de éstas en cuanto a flexibilidad y adaptación al soporte de aplicación, mejorando los tiempos de apertura al tráfico, sin riesgo de deformaciones ni falta de cohesión inicial.

Adicionalmente, por sus prestaciones podría plantearse su empleo en las mismas aplicaciones que tienen las mezclas abiertas en caliente.

Las mezclas templadas abiertas pueden ser una de las técnicas más versátiles a ser utilizadas en nuestras carreteras. Son mezclas que trabajan por rozamiento interno siendo sus principales aplicaciones las siguientes:

#### ■ **Capas de rodadura:**

Estas mezclas pueden cubrir gran parte de nuestras carreteras con diferentes categorías de tráfico. Una correcta selección de áridos limpios que cumplan con las especificaciones de calidad (CPA, Desgaste Los Angeles, lajas, etc.) y la utilización de emulsiones bituminosas modificadas permitiría contemplar su uso en las vías con tráficos elevados, con total garantía y con apertura al tráfico prácticamente inmediata. De hecho, ya ha habido experiencias satisfactorias en este sentido. Su gran flexibilidad para adaptarse a las deformaciones de la capa subyacente hace que sean muy recomendables en pavimentos con bases deformables.

#### ■ **Capa intermedia:**

En firmes de nueva construcción podrían utilizarse mezclas templadas abiertas para cubrir bien con otra mezcla abierta más fina en rodadura, o bien con un microaglomerado en frío, obteniéndose una buena cohesión inicial y las prestaciones adecuadas para este tipo de capas.

#### ■ **Antifisuras:**

Por su elevado contenido en huecos y la posibilidad de emplear mayores contenidos

de ligante residual, la extensión de una capa de mezcla templada abierta retrasará la aparición de fisuras en la superficie. Sobre ella, y como rodadura, podría colocarse una mezcla templada cerrada o una mezcla en caliente.

### ■ **Bacheos y reposiciones en fresados**

#### **localizados:**



Extendido mezcla templada abierta en bacheo

Es una de las operaciones de conservación ordinaria con la que se pretende subsanar pequeños deterioros en el inicio de su aparición, para evitar una mayor degradación del firme. Con las mezclas bituminosas templadas abiertas se puede reparar cualquier bache de pavimentos flexibles. También es muy adecuado su empleo en la reparación de deterioros de mezclas porosas en caliente.

#### 3.1.2. Mezcla templada abierta

La principal aplicación, por la funcionalidad de este tipo de mezclas, es en capas de rodadura drenantes (o en rodadura + intermedia cuando se consideren sistemas dobles drenantes o "twin-layer").

Estas mezclas presentan una serie de ventajas muy interesantes. Mejoran claramente la seguridad de la rodadura al evitar o al menos disminuir sensiblemente, la presencia de agua en el pavimento. También son mezclas que tienen un nivel sonoro de la rodadura menor que el correspondiente a las mezclas cerradas, lo que las hace muy interesantes para su empleo en firmes urbanos. Esta característica,

unida a una buena regularidad superficial, produce un elevado grado de confort al usuario.

Para definir aquellos casos donde puede ser más interesante colocar una capa con mezcla templada porosa, hay que tener en cuenta dos de las características fundamentales de estas mezclas, su flexibilidad y resistencia a la fatiga, como consecuencia del menor grado de envejecimiento del ligante, durante el proceso de fabricación de las mezclas. En aquellos pavimentos en los que la capa de rodadura drenante a construir en un firme flexible, vaya a estar sometida a esfuerzos de fatiga importantes, estas mezclas presentarán un comportamiento muy adecuado.

#### 3.1.3. Mezcla templada discontinua tipo B

Aunque no existen experiencias de aplicación en obra de este tipo de mezclas templadas, se considera que serían adecuadas para ser aplicadas en capa de rodadura y, fabricadas con emulsiones modificadas, podrían llegar a alcanzar prestaciones similares a las de las mezclas discontinuas en caliente. Su principal aplicación sería la construcción de capas de rodadura, con unas buenas características de macrotextura, que permitan la circulación de los vehículos de una forma cómoda y segura. Adicionalmente a granulometrías del tipo BBTM-B, para ser extendida en capa fina, también se está experimentando con granulometrías del tipo SMA.

#### 3.1.4. Mezcla templada cerrada o tipo hormigón bituminoso

El campo de aplicación de estas mezclas, podría ser el mismo que el de las mezclas bituminosas en caliente del tipo AC (Asphalt Concrete) correspondientes a la norma UNE-EN 13108-1, recogidas en el artículo 542 "Mezclas Bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso" del PG-3, recogidos en la Orden Circular 24/2008. Hasta la fecha de redacción de este documento, no se dispone

## MONOGRAFÍA ATEB SOBRE MEZCLAS TEMPLADAS CON EMULSION BITUMINOSA

de experiencias en tráficos T00 y T1, si bien no se descarta su empleo para vías con dicho tráfico, una vez evaluada su idoneidad. Para ello, será necesario caracterizar el módulo, deformabilidad y resistencia a la fatiga de las mismas. Podría ser evaluada cualquier granulometría de las recogidas en la UNE-EN 13108-1, a saber AC D, AC S y AC G.



Extendido mezcla templada cerrada en intermedia

Los resultados de módulo, deformabilidad y resistencia a la fatiga de las mezclas condicionarán su empleo en capa de rodadura, capa intermedia o capa de base, según tráfico y espesores de capa considerados.

### 3.1.5. Mezclas templadas recicladas

Las mezclas fabricadas mediante el empleo de material fresado obtenido de demolición de capas bituminosas del firme (MRMB), son mezclas muy amigables con el medioambiente. Si adicionalmente se considera su empleo con técnicas templadas, la menor temperatura de fabricación y aplicación, posiciona a esta técnica muy favorablemente en la evaluación de su impacto ambiental.



Mezcla Templada Reciclada R80

La diferente proporción de material fresado en la mezcla, condicionará las características de ésta, su fabricación, su aplicación, y el tipo de emulsión a emplear. Así, se distingue entre reciclados templados de baja tasa, de media tasa, de alta tasa y de tasa total.

Las granulometrías de referencia para este tipo de mezclas recicladas, son las correspondientes a las del tipo hormigón bituminoso, y tal y como se ha mencionado en las mezclas templadas cerradas. Su aplicación vendrá condicionada necesariamente por los valores de módulo, deformabilidad y resistencia a fatiga. Tras su evaluación, podrá considerarse su empleo en las diferentes capas del firme y adicionalmente, en función de tráficos y espesores.



Mezcla Templada Reciclada R100

## CONCLUSIONES

Las mezclas templadas con emulsión bituminosa permiten reducir sensiblemente las temperaturas de fabricación y puesta en obra, ya que se fabrican, extienden y compactan a temperaturas inferiores a 100 °C. La tecnología de las mezclas templadas es aplicable a todos los tipos de mezclas existentes: hormigones bituminosos, mezclas discontinuas en capa delgada, mezclas drenantes, mezclas tipo SMA, etc., así como al reciclado, lo que posibilita su aplicación generalizada en la construcción y rehabilitación de firmes.

Las mezclas templadas constituyen en la actualidad el mejor compromiso entre las mezclas en caliente y en frío, tanto a nivel prestacional como medioambiental, posicionándolas como una alternativa eficaz en la pavimentación de firmes de carreteras.

Esta monografía sobre las mezclas templadas ha pretendido recoger el estado del arte en cuanto a los conocimientos y experiencias que se han realizado en nuestro país. Tiene como objetivo apoyar técnicamente a todos los profesionales involucrados en obras de carreteras, ya sea en el proyecto, la construcción, la conservación, la asistencia técnica y el control de calidad, para facilitar la aplicación de estas nuevas técnicas.

La monografía, define cada uno de los tipos de mezclas templadas, las características de los materiales básicos constituyentes, los procedimientos de dosificación, las plantas de fabricación y equipos de puesta en obra, los procedimientos de control de calidad, así como los campos de aplicación.

En definitiva, se pretende que este documento sirva para transmitir los conocimientos existentes, definir los procedimientos más adecuados en cada caso y unificar criterios. Por tanto, se trata de un documento inicial que puede servir como punto de partida para impulsar el empleo de estas técnicas. Esto, sin duda, ayudará a mejorar los conocimientos

existentes y aumentar nuestra experiencia, de forma que pueda ser la base de una futura propuesta de especificaciones españolas para las mezclas templadas. A su vez, puede ser empleado para una futura normativa europea, que considere la abundante experiencia que sobre estas mezclas, se dispone en España. Igualmente, pretende ser un documento que sirva de referencia, a aquellos legisladores, que deseen normalizar este tipo de mezclas para emplearlas en sus carreteras.

Además de la reducción de la temperatura de puesta en obra como objetivo, el empleo de estas técnicas permite obtener mezclas que aúnan los aspectos positivos de las mezclas en caliente y en frío, pudiéndose fabricar prácticamente todos los tipos de mezclas que se emplean en España.

Con carácter general, destaca en este tipo de mezclas, la reducción de emisiones durante su fabricación, una mayor eficiencia energética y la mejora en las condiciones de trabajo de los operarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Monografías ATEB. "Mezclas Templadas con Emulsión Bituminosa". Abril de 2014.
- Félix Pérez González; Miguel Angel del Val Melús. "La fisuración térmica de los pavimentos de mezcla bituminosa". Revista de Obras Públicas nº 3.338 año 141, Diciembre 1994.
- AOPJA. Recomendaciones para la redacción de: Pliegos de especificaciones técnicas para el uso de mezclas bituminosas a bajas temperaturas. Año 2012.
- Francisco Guisado; Jacinto Luis García Santiago; Antonio Páez; Mercedes Ayala. "Influencia de la temperatura en las propiedades mecánicas del reciclado en frío con emulsión bituminosa". CILA 2011, Revista Asfalto y Pavimentación nº1 y VI Jornada Nacional Asefma. Año 2011.



- José Antonio Soto. "Innovaciones en tecnología en frío". ATEB.
- José Luis Pradas, Francisco José Lucas, J. Fraga, A. Pérez, "Mezclas Templadas Abiertas, Porosas y Discontinuas". XXI Vyodeal. Año 2011.
- Alberto Bardesi; José Antonio Soto. "Mezclas bituminosas a baja temperatura: mezclas en frío, templadas y semicalientes". Revista Carreteras Número 169. Año 2010.
- Monografías ATEB: Las emulsiones de betún. Su química y su física, Mezclas abiertas en frío y Reciclados en frío.
- José Antonio Soto; M<sup>a</sup> del Mar Colás. "Panorámica general de mezclas a baja temperatura. Reciclado templado con emulsión bituminosa". Jornada Técnica Mezclas Bituminosas Adaptadas al Cambio Climático, Valladolid 2010.
- Francisco José. Lucas; Samuel Torres. "Mezclas bituminosas templadas". Jornada Técnica Mezclas Bituminosas Adaptadas al Cambio Climático. Valladolid. Año 2010.
- Normativa sobre emulsiones bituminosas (UNE-EN 13808 y anexo nacional UNE-EN 13808/1M)
- Pliego Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG3): Art. 542, 543. Pliego Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG4).
- José Antonio Soto. "Reciclados con ligantes bituminosos. Comparación entre reciclar en frío, in situ, semicaliente y caliente". VII Congreso Nacional de Firmes. Año 2006.
- Jacinto Luis García Santiago; Francisco Guisado; Emilio Moreno; Antonio Paéz. "Reciclado Total de Mezclas Bituminosas a Bajas Temperaturas. Una propuesta para su diseño, caracterización y producción". VI Jornada Nacional Asefma. Año 2011.
- Jacinto Luis García Santiago; Francisco Guisado. "Reciclado Rehabilitación sostenible de pavimentos: innovaciones en tecnología y desarrollos de mezclas para aprovechamiento total de materiales con bajo consumo de energía". VI Congreso Nacional de la Ingeniería Civil. Valencia. Año 2011.
- Antonio García; José Antonio Soto. "Fabricación y puesta en obra de un reciclado templado con emulsión bituminosa". XV CILA. Año 2010.
- Ramón Tomás. "Sistemas de fabricación de mezclas semicalientes y templadas". IV Jornada Nacional ASEFMA. Año 2009.