

MANUAL POLYMIX



Contenido

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.1 | PROBLEMA MEDIOAMBIENTAL..... | 4 |
| 1.2 | ANTECEDENTES | 4 |
| 1.3 | PROPIEDADES MEZCLAS POLYMIX | 5 |
| | DÓNDE Y POR QUÉ UTILIZAR MEZCLAS POLYMIX? | 7 |
| 2. | DISEÑO DE MEZCLAS POLYMIX | 9 |
| 2.1 | MATERIALES | 9 |
| | ÁRIDOS | 9 |
| | BETÚN..... | 9 |
| | POLÍMEROS..... | 10 |
| 2.2 | METODOLOGÍA DE DISEÑO | 10 |
| | REQUISITOS MÍNIMOS | 11 |
| 3. | PRODUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEZCLAS POLYMIX | 13 |
| 3.1 | PLANTA ASFÁLTICA..... | 13 |
| 3.2 | TRANSPORTE | 14 |
| 3.3 | EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN..... | 15 |
| 3.4 | ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD | 15 |
| 3.5 | FACTORES A TENER EN CUENTA..... | 15 |
| 4. | BENEFICIOS Y OTRAS CONSIDERACIONES | 17 |
| 4.1 | FACTORES ECONÓMICOS | 17 |
| 4.2 | BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES | 17 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Tipo y procedencia de polímeros estudiados en POLYMIX | 5 |
| Tabla 2. Tabla 542.13, PG-3..... | 11 |
| Tabla 3. Sensibilidad al agua. PG-3..... | 11 |
| Tabla 4. Ensayo de pista. Requisitos para la capa de rodadura e intermedia. PG-3, artículo 542..... | 11 |
| Tabla 5. Ensayo de pista. Requisitos para la capa base PG-3, artículo 542..... | 12 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Contenido en huecos..... | 6 |
| Figura 2. Huecos en árido..... | 6 |
| Figura 3. Ensayo de pista..... | 6 |
| Figura 4. Sensibilidad al agua | 6 |
| Figura 5. Módulo de rigidez..... | 7 |
| Figura 6. Módulo dinámico | 7 |
| Figura 7. Adherencia estática | 7 |
| Figura 8. Resistencia al deslizamiento antes y después del desgaste..... | 7 |
| Figura 9. Resistencia a fatiga | 7 |
| Figura 10. Sistema dosificador empleado en el proyecto | 13 |
| Figura 11. Almacenamiento en planta | 14 |
| Figure 12. Carga y transporte de la mezcla a la obra | 15 |
| Figure 13. Extendido y compactación | 15 |
| Figure 14. Secciones experimentales POLYMIX | 17 |

Datos del proyecto

Número del proyecto: LIFE10 ENV ES 516

Localización del proyecto: Cantabria, Madrid y Valencia

Presupuesto total: 1.535.225€

Financiación CE: 760.091€

Duración del proyecto: de 01/11/2011 a 31/08/2014

El proyecto POLYMIX ha sido financiado por la Comisión Europea como parte del programa LIFE+ bajo la componente Política de Medioambiente y Gobierno.

Socios del proyecto

Universidad de Cantabria
(Coordinador del proyecto)

ACCIONA Infraestructuras



AIMPLAS
(Instituto tecnológico del plástico)

Consejería de Transportes e
Infraestructuras de la Comunidad de
Madrid



Más información



Contacto: info@polymixlife.eu

Sitio web: www.polymixlife.eu

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA MEDIOAMBIENTAL

El consumo de residuos poliméricos ha aumentado radicalmente en las últimas décadas. Esta tendencia lleva a la generación de un amplio flujo de residuos que necesita ser correctamente gestionado para evitar daños ambientales.

Actualmente, los polímeros se reciclan a muy bajas tasas en la mayoría de los países, por lo que se están acumulando rápidamente en vertederos no productivos y virtualmente permanentes. Además, necesitan mucho tiempo para descomponerse cuando se llevan a vertederos, y cada vez hay más y más productos poliméricos en el mercado que se desechan muy rápidamente después de su compra. Esta clase de residuo tiene un enorme impacto en el medioambiente, contaminando nuestro suelo y agua. La posibilidad de usar residuo polimérico como materia prima representa un enfoque alternativo a un ciclo de vida sostenible.

Por otra parte, las infraestructuras de carreteras tienen un gran impacto en la economía y sociedad en Europa y globalmente. Sin embargo, cada kilómetro de carretera requiere una gran cantidad de materiales (áridos y betún) y energía no sólo en su construcción sino también en su mantenimiento y rehabilitación. Por lo tanto, investigar en soluciones más eco-efectivas y más sostenibles con el medioambiente es de absoluta necesidad.

Europa posee más de 5.000.000 km de carreteras y en el periodo 2007-2013, cerca del 10% de los fondos estructurales se destinaron a trabajos de mantenimiento y rehabilitación como resultado de la corta duración de las mezclas cuando son sometidas a las condiciones cada vez más extremas de tráfico y clima.

La propuesta del proyecto POLYMIX es la adición de residuos poliméricos a las mezclas asfálticas. De esta manera, los problemas ambientales asociados a los residuos plásticos se reducen, permitiendo nuevas alternativas para su reutilización. Además estas mezclas modificadas presentan mejores propiedades físicas y mecánicas que las convencionales. De esta forma, el reciclaje de este tipo de residuo no solo conlleva ventajas medioambientales, sino también un aumento de su valor añadido

En el marco del proyecto POLYMIX, se seleccionaron tres de los polímeros plásticos más frecuentes: polietileno (PE); poliestireno (PS) y polipropileno (PP), así como neumáticos de fin de uso, para modificar mezclas asfálticas.

1.2 ANTECEDENTES

En los últimos años el uso de polímeros en las mezclas bituminosas se ha incrementado significativamente, especialmente para modificar betunes mediante vía húmeda. Este proceso es el más generalizado y presenta claras ventajas, logrando betunes modificados que mejoran múltiples propiedades de los betunes convencionales. No obstante, tienen también inconvenientes, pueden presentar problemas de compatibilidad, generalmente necesitan plantas de fabricación especializadas donde se requieren altas temperaturas y un proceso de agitación, el proceso es económicamente costoso y en algunos casos (especialmente en el caso del caucho), presentan problemas de precipitación.

La utilización de polímeros residuales procedentes del plástico y de los neumáticos fuera de uso en la fabricación de mezclas bituminosas, además de mejorar sus propiedades originales, supone generar un impacto positivo en el medio ambiente favoreciendo la sostenibilidad de la carretera.

La incorporación de los polímeros residuales se ha realizado directamente en el tambor mezclador como un árido más (vía seca). No es un proceso tan extendido como la vía húmeda, sin embargo este método

es más sencillo y puede realizarse prácticamente en cualquier planta de fabricación sin apenas modificaciones, favoreciendo la generalización del proceso y facilitando la reutilización del residuo en el lugar donde se produce, con lo que se reducen los costes y se mejora el impacto ambiental del proceso.

Uno de los principales trabajos realizados hasta la fecha mediante vía seca con polímeros procedentes de residuos plásticos es el llevado a la práctica por el Central Pollution Control Board en New Delhi (India), donde se han utilizado mezclas modificadas con polímeros residuales formados por PE, PP y PS, en más de 1200km de carretera rural. Las mezclas, colocadas entre 2002 y 2006, fueron monitorizadas en 2008 y mejoraron el comportamiento habitual de las mezclas convencionales evitando agrietamientos y baches. Estas mezclas fueron fabricadas incorporando una mezcla de los polímeros residuales sobre el árido caliente formando una película alrededor de ellos, actuando de esta forma como ligante entre los áridos y mejorando la adhesividad con el betún, que se añadió a continuación. Los valores de estabilidad Marshall obtenidos también fueron mayores.

Otros proyectos similares con LDPE mostraron un incremento de la resistencia a tracción indirecta y del módulo resiliente¹⁵, además de la resistencia frente a las deformaciones plásticas y a fatiga.

En España en el año 2009 Acciona realizó algunas pruebas utilizando una mezcla de residuos plásticos compuesta por PE, PP y PS; ésta era añadida directamente como un agregado más al tambor mezclador pero después de haber incorporado el betún a la mezcla. Los resultados mostraron un aumento significativo de la estabilidad, de la resistencia frente a la sensibilidad al agua y las deformaciones plásticas, y se comprobó que a medida que aumenta el porcentaje de polímero reciclado disminuye el porcentaje de betún, el porcentaje de huecos, y aumenta la temperatura de mezclado. Por el contrario se detectaron serios problemas de homogeneidad sobre la mezcla que conducían a resultados inesperados, por lo que se decidió ensayar dicho proceso con cada plástico por separado, obteniendo las diferentes mezclas ensayadas en el presente proyecto.

La incorporación mediante vía seca de caucho procedente de neumáticos está supeditada por la vía húmeda, mucho más extendida. En España el CEDEX publicó en 2007 un “Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas”, en él se define la incorporación de caucho mediante vía seca como un sistema con el que se pueden conseguir ventajas similares a la vía húmeda “aunque en menor grado”. Otras ventajas alternativas que menciona es que son mezclas más baratas que las que se obtienen modificando el betún, y que su tecnología es accesible a todas las plantas de fabricación, no sólo a aquellas que producen ligantes modificados. También especifica que es necesario un control riguroso sobre la fabricación y ejecución de la obra.

1.3 PROPIEDADES MEZCLAS POLYMIX

Los residuos poliméricos estudiados en este proyecto fueron seleccionados de acuerdo a criterios técnicos (propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica) y económicos (coste y disponibilidad del material). El tipo de polímero, tamaño máximo y procedencia finalmente seleccionados se muestran a continuación:

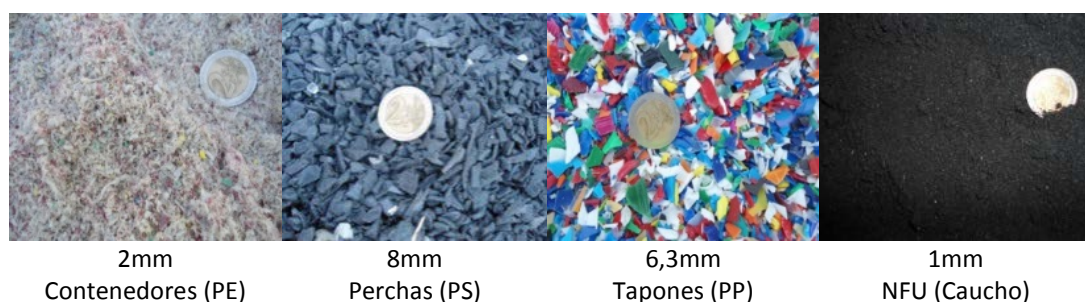


Tabla 1. Tipo y procedencia de polímeros estudiados en POLYMIX

Los polímeros se añadieron a la mezcla asfáltica en diferentes porcentajes. El porcentaje de aditivo plástico sustituye la misma proporción de árido mineral en su fracción más pequeña: el filler. La decisión final del tipo de residuo y el porcentaje de adición se llevó a cabo evaluando la homogeneidad, manejo, trabajabilidad y contenido de huecos de las mezclas fabricadas en el laboratorio

De acuerdo con los resultados obtenidos durante el diseño y caracterización de las nuevas mezclas, se concluyó que todas ellas cumplían los requisitos técnicos actualmente establecidos en la normativa española para su uso en la construcción de carreteras tanto como de capa de rodadura como de capa base. Además, se encontró que el porcentaje óptimo está en torno al 1%

Además, y en comparación con la mezcla de referencia, las mezclas diseñadas que incorporaban residuo polimérico presentaban, en todos los casos, mayor resistencia a la deformación plástica (rodadura), así como un módulo dinámico más alto sin perjudicar su resistencia a fatiga.

Por otra parte, no se observaron diferencias significativas en relación a la adherencia entre las capas asfálticas o la resistencia al deslizamiento con respecto a las mezclas convencionales. Sin embargo, cuando la muestra es sometida a desgaste, se produce una mayor pérdida de la resistencia al deslizamiento que la observada con la mezcla de referencia (no incluye aditivo plástico).

Los resultados del laboratorio se presentan a continuación.

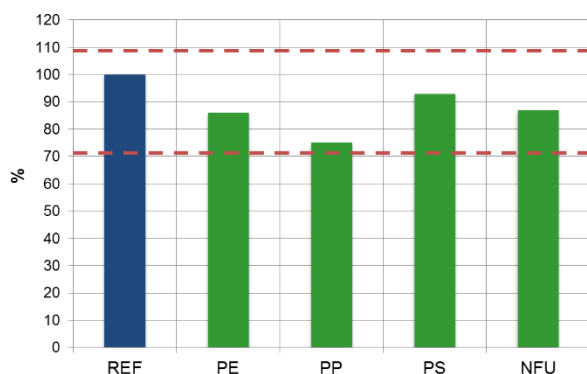


Figura 1. Contenido en huecos

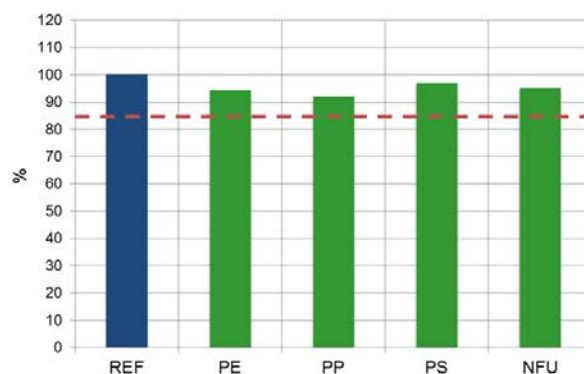


Figura 2. Huecos en árido

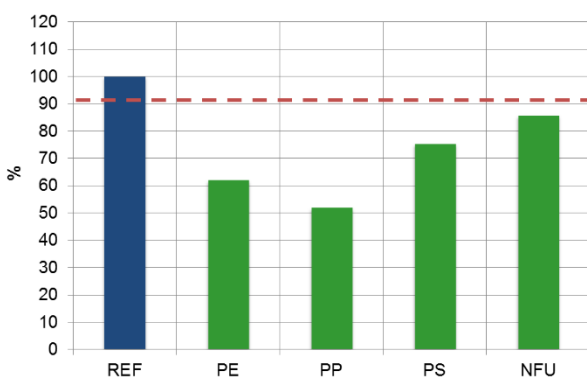


Figura 3. Ensayo de pista

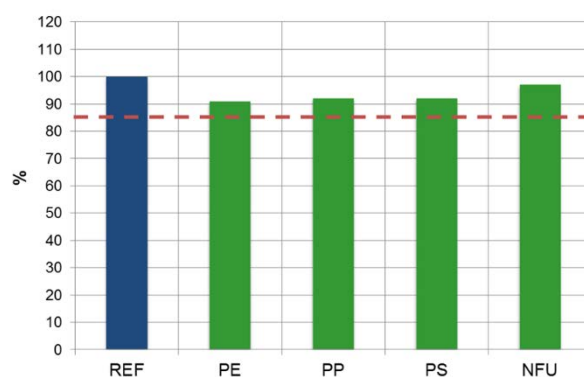


Figura 4. Sensibilidad al agua

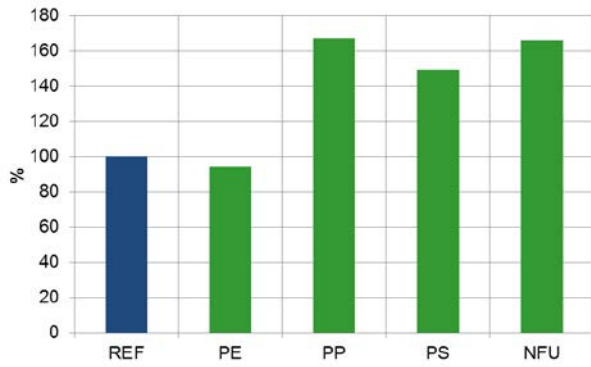


Figura 5. Módulo de rigidez

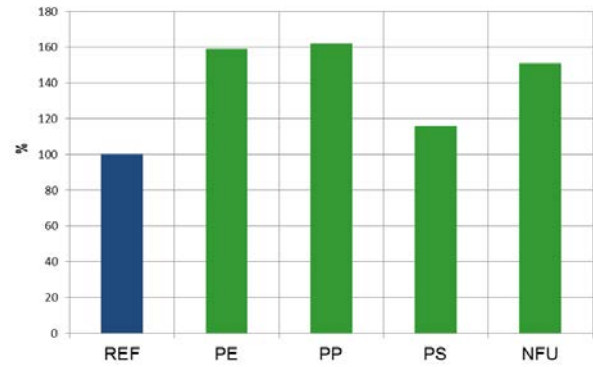


Figura 6. Módulo dinámico

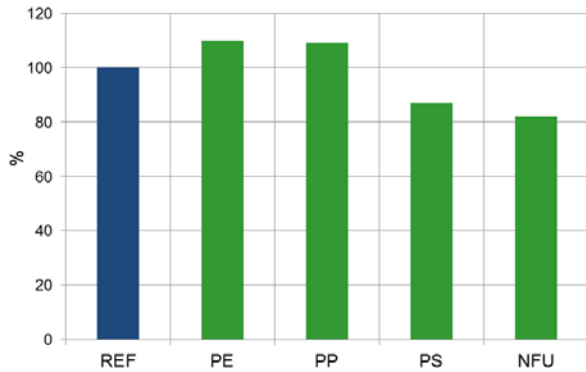


Figura 7. Adherencia estática

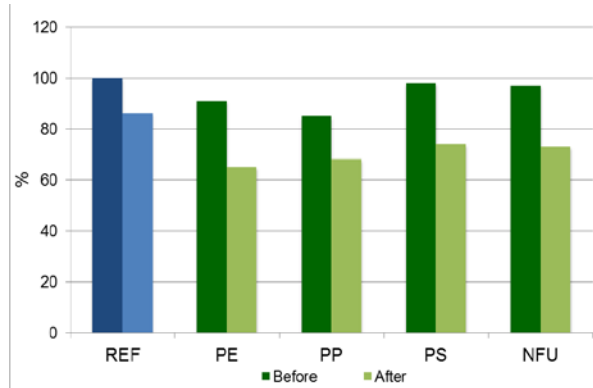


Figura 8. Resistencia al deslizamiento antes y después del desgaste

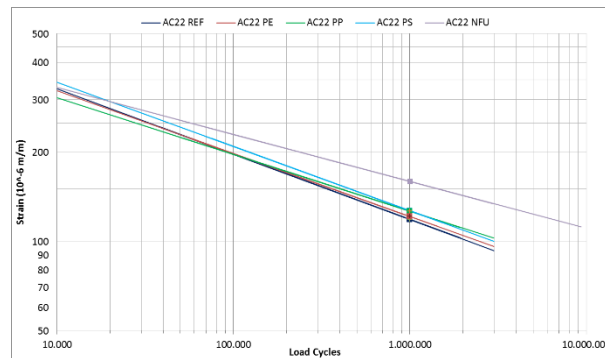


Figura 9. Resistencia a fatiga

DÓNDE Y POR QUÉ UTILIZAR MEZCLAS POLYMIX?

Conforme a los resultados obtenidos en este proyecto, las mezclas POLYMIX cumplen con los requisitos establecidos por la normativa actual en España (GP-3) y su uso es adecuado tanto en capa de rodadura, como intermedia y base. Esto quiere decir que las mezclas POLYMIX pueden ser empleadas en prácticamente todo tipo de carreteras, desde carreteras urbanas hasta corredores de mercancías.

Además su sencillo proceso de fabricación permite la producción de estas mezclas en cualquier planta asfáltica, lo que extiende su uso potencial a todas aquellas zonas donde haya una disponibilidad fluida de los residuos poliméricos evaluados en este proyecto. Este factor hace que las mezclas POLYMIX sean especialmente adecuadas en aquellas zonas donde se garantice un suministro continuo de estos materiales.

Por otra parte, la combinación de altas temperaturas y altas cargas de tráfico es el principal factor del desarrollo de roderas en la superficie de las carreteras. El incremento de temperaturas debido al cambio climático y el constante aumento de tráfico pesado en Europa están multiplicando la aparición de roderas en Europa.

La mayor resistencia a las deformaciones plásticas de las mezclas POLYMIX las hace especialmente adecuadas para su empleo en situaciones donde se combinan tráfico pesado y altas temperaturas.

2. DISEÑO DE MEZCLAS POLYMIX

2.1 MATERIALES

La correcta selección de los materiales que conforman la mezcla asfáltica es esencial para el correcto funcionamiento de dicha mezcla. Es importante conocer que materiales son necesarios en función del tipo de pavimento, así como que aditivos son necesarios para mejorar ciertos parámetros.

Así, los materiales dependerán del tipo de capa que se vaya a fabricar: capa de rodadura, intermedia o base. Además, la selección de los materiales también dependerá del tipo de mezcla asfáltica a utilizar. Por ejemplo, en el caso de la capa de rodadura, se pueden seleccionar diferentes tipos de mezclas: homigón bituminoso (AC), capas delgadas, asfalto poroso, Stone Mastic Asphalt, Hot Rolled Asphalt, etc.

En este proyecto solo se han estudiado y validado las mezclas asfálticas del tipo hormigón bituminoso. El comportamiento de otros tipos de mezclas modificadas con polímeros por vía seca debe ser estudiado.

Excepto por el aditivo polimérico, las mezclas POLYMIX emplearán los mismos materiales que los que se emplean comúnmente en mezclas asfálticas convencionales. Los áridos y el betún deberán cumplir con los requisitos establecidos por la normativa aplicable en cada país. En el caso de España, la especificación técnica PG-3 “Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes” define las características que deben cumplir los materiales empleados en mezclas asfálticas. En concreto, el artículo 542 del PG-3 contiene los requisitos mínimos a cumplir por los áridos y el betún.

ÁRIDOS

Los áridos sirven como refuerzo, para proporcionar resistencia al total de la mezcla. Es por tanto un material decisivo para asegurar un buen comportamiento del firme en la carretera. Los requisitos mínimos de calidad de los áridos dependen del tipo de mezcla asfáltica y del tráfico equivalente del proyecto.

Los áridos a emplear en las mezclas POLYMIX deberán cumplir con las mismas exigencias y requisitos que los empleados en las mezclas convencionales. Estos requisitos están definidos en el PG-3 (España).

Conforme al artículo 542 de la normativa española, los áridos serán sometidos a los siguientes ensayos:

- Distribución del tamaño de partícula (UNE-EN 933-1:1997)
- Coeficiente de pulimento acelerado (UNE-EN 1097-8:2012)
- Coeficiente de los ángeles (UNE-EN 1097-2:1999)
- Cara de fracturas (UNE-EN 933-5:1998)
- Índice de lajas (UNE-EN 933-3)

Además, cuando el origen de los áridos es desconocido se deben llevar a cabo también los siguientes ensayos:

- Densidad relativa y absorción (UNE-EN-1097-6)
- Equivalente de arena (UNE-EN 933-8)

BETÚN

De igual forma que con los áridos, la selección del betún dependerá del tipo de mezcla asfáltica y del tráfico del proyecto. Dependiendo del país, las condiciones climáticas también afectan a esta selección. En el caso de las mezclas POLYMIX, el betún empleado será no modificado y cumplirá con los requisitos mínimos establecidos por la normativa (artículo 211 del PG-3 en España). Este mismo artículo define también el porcentaje mínimo de betún.

La caracterización del betún incluye los siguientes ensayos:

- Penetración (UNE-EN-1426)
- Punto de reblandecimiento (UNE-EN-1427)
- Ensayo sobre el residuo de película fina y rotatoria (UNE-EN-12607-1)
- Punto de fragilidad Fraas (UNE-EN-12593)
- Punto de inflamación (UNE-EN-ISO 2592)
- Solubilidad (UNE-EN-12592)

POLÍMEROS

Los polímeros reciclados es el único material de las mezclas POLYMIX que difiere con respecto a una mezcla convencional. El tipo de polímeros y su procedencia es fundamental para el correcto funcionamiento de la mezcla. En este proyecto se ha evaluado el efecto en mezclas asfálticas de un polímero elastomérico (caucho) y tres polímeros plastoméricos (polipropileno, polietileno y poliestireno).

El aspecto más crítico para la selección del origen del material polimérico es la homogeneidad del material suministrado, puesto que muestras no homogéneas pueden crear mezclas asfálticas no uniformes con comportamientos inesperados.

Además, es necesario llevar a cabo un análisis térmico previo del material polimérico, con el objetivo de descartar aquellos materiales que se degraden a las temperaturas de fabricación de la mezcla asfáltica.

El uso de estos materiales no está estandarizado por lo que se recomienda llevar a cabo una calorimetría diferencia de barrido con el objetivo de definir:

- Composición del material. Identificar el tipo o los tipos de polímeros presentes en la muestra y su porcentaje en peso, así como la presencia de contaminantes.
- La relación rendimiento-temperatura.

2.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO

La metodología que se propone a continuación está basada en los requisitos establecidos por las especificaciones técnicas en España (PG-3). En el caso de emplear esta metodología en un país diferente deberán tenerse en cuenta la normativa aplicable en dicho país.

Para el diseño de las mezclas, una vez que los áridos, el betún y el residuo plástico han sido seleccionados, la dosificación se lleva a cabo conforme a los procedimientos convencionales:

1. Diseño de una mezcla asfáltica sin aditivo polímero reciclado. Para el diseño se utiliza el método Marshall.
2. Un 1% (volumen) de los áridos (filler) se reemplaza por el polímero seleccionado. La fracción gruesa y fina de los áridos permanecen inalteradas.
3. Procedimiento de mezclado (en laboratorio):
 - 3.1 Tiempo de mezclado:
 - Áridos secos: 1 minuto.
 - Áridos + betún: 1 minuto.
 - Residuo polimérico con árido y betún: 1 minuto.
 - 3.2 Temperatura recomendada para pre-calentar los áridos y el betún:
 - Mínimo: 160°C.
 - Máximo: 180°C.
4. Se llevarán a cabo los siguientes ensayos sobre la mezcla diseñada:
 - 4.1 Contenido en huecos.

4.2 Ensayo de pista.

4.3 Sensibilidad al agua.

Nota 1: En el caso de usar poliestireno para modificar la mezcla, se recomienda determinar el contenido en betún de la mezcla resultante. El poliestireno se funde casi en su totalidad por lo que existe la posibilidad de reducir la cantidad de betún virgen necesaria. Esto implicaría importantes ahorros económicos.

Nota 2: A diferencia del resto de materiales, el caucho se añade a los áridos en la primera etapa del proceso de mezclado.

REQUISITOS MÍNIMOS

Los requisitos mínimos que se presentan a continuación se han extraído de las especificaciones técnicas españolas (PG-3).

HUECOS EN MEZCLA (UNE 12697-8)

| Parámetros | | Tráfico del proyecto | | | |
|----------------------|------------------|----------------------|---------|-----|-----|
| | | T00 & T0 | T1 & T2 | T3 | T4 |
| Huecos en mezcla (%) | Capa de rodadura | 4-6 | | 3-5 | |
| | Capa intermedia | 4-6 | 5-8 | 4-8 | 4-8 |
| | Capa base | 5-8 | 6-9 | 5-9 | - |

Tabla 2. Tabla 542.13, PG-3.

SENSIBILIDAD AL AGUA (UNE 12697-12)

| | | | |
|--------------------------|-------------------|------------------|-------|
| Sensibilidad al agua (%) | Densa/semi- densa | Capa de rodadura | ≥85 % |
| | | Capa intermedia | ≥80 % |

Tabla 3. Sensibilidad al agua. PG-3.

ENSAYO DE PISTA (UNE-EN 12697-22)

| Zona climática | Tráfico del proyecto | | | | |
|-----------------|----------------------|----|------|----|----|
| | T00 & T0 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| Cálida | 0.07 | | 0.10 | - | |
| Media | 0.07 | | 0.10 | - | |
| Templada | 0.10 | | - | | |

Tabla 4. Ensayo de pista. Requisitos para la capa de rodadura e intermedia. PG-3, artículo 542.

| Zona climática | Tráfico del proyecto | | |
|-----------------|----------------------|------|----------|
| | T00 & T0 | T1 | T2 & T31 |
| Cálida | 0.07 | 0.07 | 0.10 |
| Media | | 0.10 | - |
| Templada | 0.10 | - | - |

Tabla 5. Ensayo de pista. Requisitos para la capa base
PG-3, artículo 542.

Además de los ensayos especificados en la normativa, se recomienda llevar a cabo los ensayos de resistencia a fatiga y módulo resiliente. Estos ensayos nos darán idea del comportamiento de la mezcla cuando sea sometida a las cargas de tráfico.

3. PRODUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEZCLAS POLYMIX

3.1 PLANTA ASFÁLTICA

El proceso de fabricación de las nuevas mezclas POLYMIX es muy similar al proceso convencional de fabricación de mezclas bituminosas en caliente. La principal diferencia se encuentra en la fase de tambor mezclador donde mediante un sistema dosificador de aditivos sólidos, se añade el tipo de residuo deseado en función de la mezcla que se esté fabricando.

Desde el punto de vista de modificaciones necesarias en la planta asfáltica, tan solo es necesario la instalación del nuevo sistema dosificador. Es un cambio menor dentro de la planta asfáltica y de fácil implementación en cualquier empresa del sector.



Figura 10. Sistema dosificador empleado en el proyecto

El protocolo de fabricación se divide en tres etapas principales: preparación de los materiales, dosificación y mezclado.

1. Preparación y acopio de materiales (áridos, betún y polímeros).

- Los áridos se almacenan en diferentes áreas de acuerdo a su naturaleza (porfírica, caliza o sílicea) y a su tamaño.
- El betún se almacena en camiones equipados en condiciones óptimas de temperatura y humedad.
- Los polímeros se almacenarán en recipientes en ambiente seco.



Figura 11. Almacenamiento en planta

2. Dosificación de las diferentes fracciones de árido, conforme a la curva granulométrica obtenida en el laboratorio.

La planta asfáltica tiene que ser programada con los datos de contenido en betún, curva granulométrica y cantidad de polímero a añadir. Estos datos se obtienen del diseño previo realizado en el laboratorio.

3. Tambor mezclador:

- Mezclado de las diferentes fracciones de árido. Tiempo de mezclado: 2-5 s.
Note: Cuando se trabaja con caucho, el aditivo se incorpora junto con los áridos.
- Calentamiento de los áridos entre 160°C y 180°C. La temperatura es un parámetro crítico para conseguir la envoltura de los áridos con el betún, por lo que debe ser cuidadosamente controlada durante todo el proceso.
- Mezclado de los áridos y el betún: Tras el mezclado y calentamiento de los áridos, se añade el betún y se mezcla durante el tiempo suficiente para asegurar la correcta unión de estos dos elementos. Tiempo de mezclado: 20-24 s.
- Adición de polímeros: Tras el mezclado de áridos y betún se añade a la mezcla el porcentaje fijado de polímero residual. Tiempo de mezclado: 2-5 sec.

Nota: En el caso del uso de polietileno para modificar la mezcla, se debe asegurar que la mezcla árido-betún-filler es homogénea, puesto que se ha observado que este material tiende a formar aglomerados con las partículas más finas de árido.

3.2 TRANSPORTE

Una vez fabricada la mezcla, el producto final se vierte en el camión. Este camión se coloca bajo la tolva para su llenado.

Una vez que la carga del camión finaliza, la mezcla es transportada hasta la obra en condiciones óptimas de temperatura y humedad.

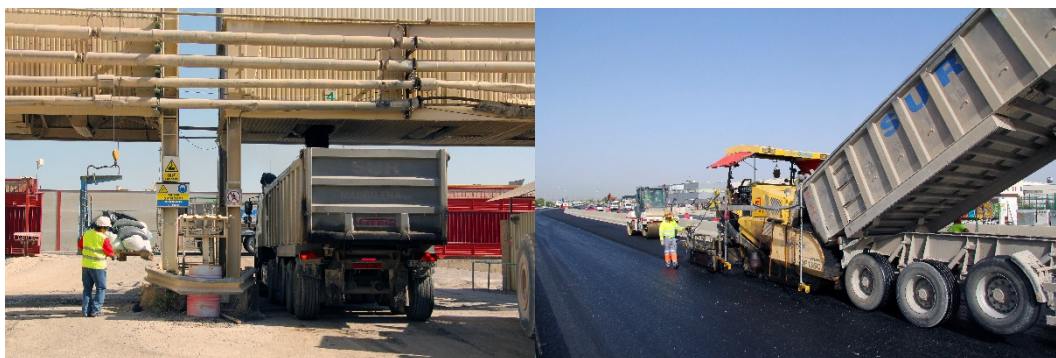


Figura 12. Carga y transporte de la mezcla a la obra

3.3 EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN

El procedimiento de extendido y compactación de las mezclas POLYMIX es el mismo que el empleado con las mezclas convencionales. Se recomienda, no obstante, una temperatura de compactación mínima de 155°C.



Figura 13. Extendido y compactación

Note: Cuando la mezcla contiene caucho, dicha mezcla se adhiere a la superficie del rodillo del compactador, dificultando el trabajo. Se recomienda utilizar productos sobre el rodillo que eviten este problema.

3.4 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Se llevará a cabo el mismo control de calidad que el empleado durante la puesta en obra de mezclas convencionales. El número, frecuencia y tipo de ensayos se especifica en la normativa aplicable (en España, el artículo 542.9.3 del PG-3).

Además, cuando las mezclas no dispongan de marcado CE, se llevará a cabo la determinación del módulo de resiliencia y resistencia a fatiga, siempre y cuando la procedencia del suministro de materiales cambie, el director técnico así lo establezca o en el caso de la normativa española, de acuerdo a la frecuencia establecida en la tabla 542.19 del artículo 542 del PG-3.

3.5 FACTORES A TENER EN CUENTA

A continuación se resumen una serie de factores que influyen de forma importante en el adecuado comportamiento de la mezcla y que por lo tanto deberán tenerse en cuenta:

- El material polimérico deberá ser lo más homogéneo posible tanto en composición como en tamaño. Se recomienda utilizar el mínimo tamaño posible (micronizado) pero esto dependerá también del factor económico.

- La adición del polímero tendrá lugar una vez se haya asegurado el mezclado completo del árido y del betún, excepto en el caso del caucho, que se añadirá junto con los áridos al inicio del proceso de mezclado.
- Los tiempos de mezclado propuestos son valores mínimos. Tiempos mayores podrían ser necesarios dependiendo del tipo de polímero y el tamaño empleado.
- Se recomiendan unas temperaturas de fabricación y compactación de 170°C y 155°C respectivamente.
- Se debe tener especial cuidado en mantener un adecuado control de la temperatura de fabricación con el objetivo de garantizar la correcta unión de los materiales y el correcto extendido y compactación.

4. BENEFICIOS Y OTRAS CONSIDERACIONES

4.1 FACTORES ECONÓMICOS

En el contexto actual, las mezclas POLYMIX resultan más caras que las convencionales debido al mayor coste de los polímeros reciclados en comparación con el coste del árido natural. Esta situación se revertirá a medida que la demanda de estos materiales aumente y los costes se ajusten. Además, se deben cuantificar otros beneficios económicos derivados de las mejores propiedades mecánicas.

El aumento progresivo del tráfico pesado y de las condiciones climáticas extremas debido al cambio climático aumenta la necesidad de inversiones en mantenimiento en todos los estados miembros. El empleo de materiales convencionales en carreteras de alto rendimiento resulta poco eficiente desde el punto de vista económico.

Uno de los principales rasgos de POLYMIX, que es común para todos los tipos de polímero usados en el proyecto, es la mayor resistencia a la deformación plástica (resistencia a la formación de roderas), en comparación con la referencia. Esta característica hace que esta tecnología sea especialmente apropiada cuando se combinan temperaturas extremas y tráfico elevado. El uso de esta tecnología conllevará menores costes de mantenimiento y por lo tanto supondrá un ahorro en la gestión de la infraestructura por parte de la administración pública.



Figura 14. Secciones experimentales POLYMIX

Por otra parte, y de acuerdo con los resultados de la monitorización, de los cuatro polímeros estudiados, el poliestireno es el único que se disuelve en el betún, aumentando el contenido total de betún en la mezcla. La posibilidad de reducir la cantidad de betún virgen cuando se añade poliestireno a la mezcla debe ser analizada. Si esto se confirmase, el coste de la mezcla POLYMIX-PS (incorpora poliestireno) se reduciría significativamente.

4.2 BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES

El aumento en el reciclado de residuos plásticos tendrá los siguientes beneficios medioambientales:

- Reciclado de plástico

En la construcción de un km de carretera se fabrican, extienden y compactan alrededor de 1300tn de mezcla asfáltica (rodadura) y se pueden reutilizar aproximadamente unas 10tn de plástico reciclado.

El aumento de la demanda de plástico reciclado fomentará el desarrollo de sistemas de recogida selectiva y pretratamiento que proporcionen un suministro estable del material. Hay que tener en cuenta que sin una demanda estable, la inversión para mejorar los sistemas actuales se ve reducida. Nuevas alternativas de reutilización del material reciclado aumenta la demanda y el crecimiento del interés empresarial.

- Ahorro de recursos

El volumen de residuo polimérico utilizado en cada mezcla reemplaza el mismo volumen de árido natural. Se consumirán unas 30tn menos de árido natural durante la construcción de 1km de carretera.

- Reducción de emisiones

El aprovechamiento de plástico reciclado (PS, PE, PP y caucho) implica una reducción de este material que acaba en el vertedero o se quema en una planta incineradora.

Las emisiones de CO₂ relativas a la eliminación de plásticos en vertedero son alrededor de 253 g/Kg plástico. Si el plástico es incinerado, las emisiones de CO₂ varían entre 673g/Kg y 4605g/Kg en función de la eficiencia y la fuente de electricidad y calor que la incineración de plástico está reemplazando.



MANUAL POLYMIX

