

La revisión del PG-3. Implicaciones para el sector de las mezclas bituminosas

José Luis Peña, jlpena@asefma.com.es
Asefma

1. Introducción

El pasado día 3 de enero de 2015 se publicó en el Boletín Oficial del Estado la Orden FOM/2523/2014 de fecha 12 de diciembre por la que modifican determinados artículos del PG-3 [1].

En este trabajo se van a analizar las principales novedades en relación a anteriores revisiones. En el caso de las mezclas bituminosas, dicha revisión tuvo lugar mediante la Orden Circular 24/2008, coincidiendo con la entrada en vigor del marcado CE para las mezclas bituminosas.

En la revisión de 2014, además de las mezclas asfálticas se han realizado modificaciones en los artículos de ligantes bituminosos (betunes, betunes modificados con polímeros y emulsiones), riegos auxiliares (imprimación, adherencia y de curado), así como en el de microaglomerados en frío.

De forma general, las principales modificaciones inciden en facilitar la sostenibilidad medioambiental de las mezclas bituminosas, incorporando en el pliego las mezclas semicalientes o aumentando las cantidades de fresado que se pueden utilizar en las mezclas bituminosas. Sobre este último punto, hay que destacar que el material reciclado adquiere categoría de materia prima al hablarse, por ejemplo, de "áridos procedentes de mezclas bituminosas". Igualmente hay tener en cuenta las limitaciones adicionales que impone la norma 6.3 IC [2] en cuanto al uso de materiales reciclados en función del tipo de tráfico y la posición en el firme de las mezclas bituminosas. Dichas limitaciones, sin embargo, no están explicitadas en la norma 6.1 IC [3].

2. Revisión de las principales novedades

Las modificaciones introducidas en esta revisión de los artículos 542 (Mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso)

y 543 (Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas) del PG-3 alcanzan a muchos aspectos: nuevos ensayos, inclusión de nuevas tecnologías de fabricación de mezclas bituminosas, especificaciones de materiales y de productos finales, control de calidad etc.

Para mantener un hilo conductor, tras unas consideraciones generales sobre las principales novedades, se utilizará la estructura de los diversos apartados incluidos en los artículos 542 y 543, tratando ambos artículos en paralelo dada la similitud de las temáticas contenidas en ambos.

Ya se ha citado antes que las principales modificaciones o novedades proceden de la toma en consideración de la sostenibilidad económica y medioambiental como elemento dinamizador de la tecnología.

Exceptuando las Recomendaciones para la redacción de pliegos de especificaciones técnicas para el uso de mezclas bituminosas a bajas temperaturas, elaboradas por la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía, es la primera vez que en la normativa española se contempla de tecnologías de fabricación de mezclas bituminosas a temperaturas inferiores a las habitualmente utilizadas en las mezclas en caliente. Así en las definiciones se recoge lo siguiente:

"En función de la temperatura necesaria para su fabricación y puesta en obra las mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso se clasifican en calientes y semicalientes. En estas últimas, el empleo de betunes especiales, aditivos u otros procedimientos, permite disminuir la temperatura mínima de mezclado en al menos cuarenta grados Celsius (40 °C) respecto a la mezcla equivalente, pudiendo emplearse en las mismas condiciones y capas que aquéllas en las categorías de tráfico pesado T1 a T4".

Es importante complementar esta definición de mezclas semicalientes con los nuevos límites impuestos a las temperaturas de fabricación de las mezclas en caliente, que salvo en las excepciones indicadas, será de 165°C.

La revisión del PG-3. Implicaciones para el sector de las mezclas bituminosas

La relevancia que las mezclas semicalientes están adquiriendo en el mercado tiene como máximo exponente el caso de EEUU, donde cerca de un tercio de las toneladas fabricadas de mezclas asfálticas se producen con tecnologías de fabricación a baja temperatura.

El segundo elemento relevante en cuanto a consideraciones medioambientales, aunque también las tiene desde un punto de vista económico, es la ampliación de las cantidades potencialmente utilizables de fresado dentro de las mezclas bituminosas tipo AC. Así, salvo las consideraciones especiales de las mezclas de alto módulo, se distinguen tres rangos en los porcentajes de uso del fresado para capas de base e intermedias:

- Inferior al 15%
- Del 15 al 60%
- Superior al 60%

En el primer caso, el uso del fresado se ha de realizar atendiendo a las indicaciones de los apartados relativos a la central de fabricación y de fabricación de la mezcla. En el segundo nos remite al artículo 22 del PG-4 [4] y el tercero está reservado a casos especiales que requieren la autorización expresa de la Dirección General de Carreteras. Así, la limitación general existente del 10% (para el uso de áridos procedentes de fresado) de la versión antigua queda ampliada hasta el 15%, incluyendo el caso de las mezclas de alto módulo.

Un punto interesante, en relación al tratamiento del fresado, es la exigencia de clasificarlo en al menos dos fracciones, lo que permite un mejor control de la dosificación del ligante, como ya se puso de manifiesto en la publicación de Valdés et al [5].

Una última consideración medioambiental es la exigencia del uso de tratamientos antiadherentes en las cajas de los camiones de transporte y que no sean productos derivados de la destilación del petróleo.

A continuación, se procederá a revisar las modificaciones existentes en los artículos 542 y 543 respecto a la versión derogada (2008). Con el fin de no generar reiteración en los puntos tratados, se revisarán en paralelo ambos artículos.

2.1 Ligantes

Ya se ha indicado anteriormente, que esta revisión del PG-3 ha incluido también cambios en los artículos relativos a los li-

gantes. En relación a su empleo en mezclas bituminosas, han desaparecido del texto las antiguas denominaciones de los ligantes, quedando ahora tan solo la nomenclatura indicada en las normas UNE EN correspondientes. Ha habido modificaciones en el uso de algunos tipos de ligantes en función de la zona climática, tráfico y posición en el firme.

También hay que indicar que en el caso de ligantes para capas de alto módulo, se ha generado una distinción dependiendo de la posición en la capa (Tabla 542.1.c).

Tabla 542.1.C: Tipo de ligante hidrocarbonado a emplear en mezclas de alto módulo (Artículos 211 y 212 de este Pliego).

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado			
	T00	T0	T1	T2
Intermedia	PMB 10/40-70		15/25	
Base	15/25			

También es destacable la posibilidad del uso de ligantes multigrado, cuyas tipologías ya se recogen en el artículo 211 del PG-3.

En el caso del artículo 543, se han eliminado como ligantes los antiguos betunes modificados con polímero tipo BM-3a.

2.2 Áridos

Las novedades más relevantes aparecidas en esta sección son:

- Cambia el criterio de determinación del equivalente de arena (SE4 del árido (Anexo A – UNE-EN 933-8, usándose la fracción 0/4 mm de árido combinado en lugar de la 0/2mm).
- El ensayo de azul de metileno (Anexo A - UNE-EN 933-9, para la fracción 0/0,125 del árido combinado; tiene un nuevo límite de 7 g/kg en lugar de los 10 g/kg anteriormente exigidos).
- Las especificaciones individuales y combinadas de los ensayos antes referidos quedan como sigue:

SE4 > 55

o

MBF < 7 g/kg y SE4 > 45

- El árido grueso para capas de rodadura, en caso de tener diversas procedencias, cada una de ellas debe cumplir lo especificado en el epígrafe 542.2.3.2.
- Desaparece la posibilidad de usar el método de ensayo UNE 146130 para determinar el contenido de impurezas del árido grueso.
- También para áridos gruesos de capas de rodadura, es novedad la limitación en el porcentaje de partículas meteorizadas (< 5%) y en el caso de carreteras sometidas durante el invierno a heladas y frecuentes tratamientos de vialidad invernal, si el valor de la absorción (norma UNE-EN 1097-6) es superior al uno por ciento (> 1%), el valor del ensayo de sulfato de magnesio (norma UNE-EN 1367-2) deberá ser inferior al quince por ciento (MS < 15%).
- En los áridos finos aparecen dos nuevos requerimientos: en el caso del artículo 542, para capas de rodadura, la fracción 0/2 mm no podrá tener un porcentaje retenido en el tamiz 2 mm superior al 10%, si dicho árido es de diferente origen al árido grueso y no cumple las exigencias del epígrafe 542.3.2. Un criterio similar aparece en el artículo 543, pero en este caso la limitación del 10% se debe a que se quiere facilitar la consecución de la discontinuidad típica de este tipo de mezclas.
- La angulosidad del árido grueso (artículo 542, UNE-EN 933-5) para tráfico T3 y arcenes, en capase de base debe ser ≥ 70 . En el caso de las mezclas discontinuas, para tráfico T4, el valor queda igualmente en ≥ 70 .

2.3 Tipo y composición de la mezcla

En este apartado no hay apenas novedades, pudiéndose reseñar las siguientes:

- El huso para las mezclas de alto módulo en el tamiz 0,063 mm queda definido por el rango 5-8%.
- El contenido de ligante mínimo en mezclas AC densas y semidensas en capas de base queda establecido en el 4%.

2.4 Ejecución de las obras

A nivel de maquinaria, desaparece del artículo 543 la obligatoriedad en grandes obras de usar extendedoras con rampas de riego integradas. También ha desaparecido de dicho artículo

la posibilidad de uso de planchas o rodillos vibrantes para compactar las zonas poco accesibles.

En cuanto a la fórmula de trabajo, desaparece la densidad mínima y se incluye un valor mínimo de 130°C en la temperatura de descarga desde los elementos de transporte para las mezclas AC. Ya existía un valor mínimo de 135°C para las mezclas discontinuas y drenantes que se conserva.

El contratista está obligado a entregar a la Dirección de Obra la siguiente información sobre las características de las mezclas:

Mezclas AC:

- Contenido de huecos (epígrafe 542.5.1.2.), y densidad aparente asociada a ese valor.
- Resistencia a la deformación permanente (epígrafe 542.5.1.3.).
- Sensibilidad al agua (epígrafe 542.5.1.4.).
- Adicionalmente, en el caso de mezclas de alto módulo, valor del módulo dinámico y de la resistencia a fatiga (epígrafe 542.5.1.5.).

Mezclas discontinuas y drenantes:

- Contenido de huecos (epígrafe 543.5.1.2.) y densidad aparente asociada a ese valor.
- Resistencia a la deformación permanente, en el caso de mezclas discontinuas, cuando lo exija el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras (epígrafe 543.5.1.3.).
- Sensibilidad al agua (epígrafe 543.5.1.4.).
- Pérdida de partículas, en el caso de mezclas drenantes (epígrafe 543.5.1.5.).
- Ecurrimiento del ligante, en el caso de mezclas drenantes mediante el método de la cesta (epígrafe 543.5.1.6.).
- Cuando lo exija el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, escurrimiento del ligante, en mezclas discontinuas tipo BBTM B (epígrafe 543.5.1.6.).

Además, y para todos los tipos de mezclas, el suministrador del ligante deberá indicar la temperatura de referencia para la compactación de las probetas y para la fabricación, extendido y compactación de la mezcla.

Tabla 542.12: Contenido de huecos en mezcla (Norma UNE-EN 12697-8) en probetas (Norma UNE-EN 12697-30, 75 golpes por cara).

Característica		Categoría de tráfico pesado			
		T00 y T0	T1 y T2	T3 y arcenes	T4
Huecos en mezcla (%)	Capa de rodadura	4-6		3-6	
	Capa intermedia	4-6	4-7	4-7	4-7
	Capa de base	4-7	4-8	4-8	

Tabla 543.10: Contenido de huecos en mezcla en probetas. (Norma UNE-EN 12697-30, 50 golpes por cara).

Tipo de mezcla	% de huecos (Norma UNE-EN 12697-8)
BBTM A	≥ 4
BBTM B	≥ 12 y ≤ 18
Drenante (PA)	≥ 20

Una novedad relevante es la introducción del compactador giratorio (UNE EN 12697-31) como equipo para la preparación de probetas. Su uso está indicado en dos casos: mezclas con tamaños nominales de árido superior a 22 mm o en el caso de mezclas semicalientes. Los epígrafes 542.5.1.2 y 543.5.1.2 especifican las condiciones de uso del compactador giratorio. El uso de este tipo de compactador se requiere para preparar probetas en el ensayo de sensibilidad al agua si el tamaño nominal del árido es superior a 22 mm.

En el artículo 543, al referirse al ensayo de sensibilidad al agua (epígrafe 543.5.1.4) se definen las especificaciones y la

forma de preparación de las probetas, pero no se indica qué hacer en el caso de mezclas semicalientes.

En cuanto a las especificaciones de huecos, se han producido bastantes cambios en las mezclas AC y uno en las mezclas BBTM B, los cuales se pueden ver en las tablas 542.12 y 543.10

En el ensayo de deformación permanente, desaparece la diferenciación que había al preparar las placas (UNE EN 12697-33) en función del tamaño nominal del árido.

También referido al ensayo de deformación permanente, se han incluido especificaciones complementarias a la pendiente media, usando como criterio la profundidad media (Tabla 542.13.a).

En el epígrafe relativo a la fabricación de la mezcla del artículo 542 se detallan algunos elementos que debe tener la planta de fabricación para poder fabricar mezclas con un contenido de fresado superior al 15%.

En la ejecución de la extensión se recomienda no realizar juntas longitudinales en el caso de las mezclas drenantes.

En el tramo de prueba de permite el uso alternativo de texturómetros laser, previa determinación de su equivalencia con

Tabla 542.13a: Pendiente media de deformación en pista (WTS_{aire}) y profundidad media (expresado en %) de la rodera (PRD_{aire}) en el intervalo de 5.000 a 10.000 ciclos para capas de rodadura e intermedia. Norma UNE-EN 12697-22 (mm para 10³ ciclos de carga) *

Zona térmica estival	Categoría de tráfico pesado				
	T00 y T0	T1	T2	T3 y arcenes	T4
Cálida	≤ 0,07		≤ 0,07 **	≤ 0,10 **	
Media	≤ 0,07	≤ 0,07 **	≤ 0,10 **	≤ 0,15	
Templada	≤ 0,10	≤ 0,10 ***			

* En mezclas bituminosas de alto módulo en capa intermedia la pendiente media de deformación en pista será inferior a 0,07.

** Podrán aceptarse valores superiores al indicado si, simultáneamente, se cumple que WTS_{aire} ≤ 0,10 y PRD_{aire} < 5%.

*** Podrán aceptarse valores superiores al indicado si, simultáneamente, se cumple que WTS_{aire} ≤ 0,15 y PRD_{aire} < 5%.



Figura 1. Texturómetro laser portátil. Fuente AMES Engineering.

el método del círculo de arena. Esta modificación puede ayudar a agilizar las tareas de control de calidad, ya que existen equipos portátiles que permiten realizar esta tarea (Figura 1).

2.5 Tramo de prueba

La modificación incorporada afecta a:

- La anchura extendida, que se debe controlar en perfiles transversales cada 20 m.

2.6 Limitaciones en la ejecución

El único cambio introducido afecta a la temperatura superficial que deben tener las capas ejecutadas, introduciendo

el límite de 60°C para capas de espesor ≤ 10 cm, para las mezclas AC.

2.7 Control de calidad

Las variaciones introducidas en los artículos 542 y 543 son las siguientes:

- Se indica que los áridos deben tener marcado CE a no ser que se fabriquen en el propio lugar de construcción.
- En materiales sin marcado CE, se debe determinar para las mezclas AC (al menos una vez al mes o si cambia la procedencia el árido) la absorción del árido grueso y del árido fino (norma UNE-EN 1097-6).
- Se exige que la humedad de la mezcla a la salida del mezclador sea inferior al 0,5% excepto en mezclas semiclientes en las que puede llegar hasta el 1,5%.
- Las frecuencias mínimas de ensayo se modifican, quedando clasificadas según el tipo de tráfico al que vaya destinada la mezcla bituminosa y su posición en el firme (Tablas 542.16 y 543.14):
- Desaparecen las frecuencias de muestreo en función del nivel de conformidad para los ensayos de deformación permanente y módulo de rigidez.
- En el caso de mezclas sin marcado CE, para tráficos T00 a T31, se debe realizar, al menos una vez al mes, el ensayo de resistencia conservada a la tracción indirecta (UNE EN 12697-12). En el caso de mezclas drenantes se espe-

Tabla 542.16: Frecuencia mínima de ensayo para determinación de granulometría de áridos extraídos y contenido de ligante (toneladas / ensayo).

Categoría de tráfico pesado	Tipo de capa	Nivel de control	NCF A	NCF B	NCF C
T00 a T2	Rodadura e intermedia	X	600	300	150
	Base	Y	1.000	500	250
T3 a T4	Base	Y	1.000	500	250

Tabla 543.14: Frecuencia mínima de ensayo para determinación de granulometría de áridos extraídos y contenido de ligante (toneladas / ensayo).

Categoría de tráfico pesado	Nivel de control	NCF A	NCF B	NCF C
T00 a T2	X	600	300	150
T3 a T4	Y	1.000	500	250

La revisión del PG-3. Implicaciones para el sector de las mezclas bituminosas

cifica que el método para hacer el ensayo de escurrimiento (UNE EN 12697-17) será el de la cesta.

- Se explicita que se debe tener cuidado al preparar probetas de laboratorio en utilizar la temperatura indicada en la fórmula de trabajo para tal fin.

2.8 Control de recepción de la unidad terminada

Una de las principales novedades en la modificación del PG-3 es la incorporación del ensayo de adherencia entre capas (NLT-382). El artículo 531 (riegos de adherencia) indica textualmente:

"La adherencia entre dos capas de mezcla bituminosa, o entre una de mezcla bituminosa y una de material tratado con conglomerante hidráulico, evaluada en testigos cilíndricos mediante ensayo de corte (norma NLT-382), será superior o igual a seis décimas de megapascal ($\geq 0,6$ MPa), cuando una de las capas sea de rodadura, o a cuatro décimas de megapascal ($\geq 0,4$ MPa) en los demás casos".

Para la realización del ensayo existen dos dispositivos alternativos (Figuras 2 y 3).

Otras modificaciones en el texto del PG-3 referidas al apartado de control de recepción son:



Figura 2. Dispositivo A -NLT-382 (Fuente París et al [6]).



Figura 3. Dispositivo B -NLT-382 (Fuente París et al [6]).

- La aplicación de las prescripciones del IRI si se realiza la medición del perfil en más de una rodada.
- La posibilidad de usar el texturómetro laser si se ha verificado su equivalencia con el método volumétrico.
- Las mediciones del CRT (UNE 41201 IN) se deben llevar a cabo antes de la puesta en servicio y si no cumple al mes de la misma, en lugar de los dos meses que había anteriormente.

2.9 Criterios de aceptación y rechazo

Se han producido numerosos cambios que afectan a los aspectos: las penalizaciones en caso de incumplimiento y en el número de muestras que pueden estar fuera de especificaciones. Estos cambios afectan tanto al artículo 542 como al 543.

2.10 Medición y abono

En el artículo 543 se ha incluido como criterio adicional de abono el siguiente:

"El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá establecer, también, el abono por toneladas (t), obtenidas multiplicando las dimensiones señaladas para la capa en los Planos del Proyecto por los espesores y densidades medios deducidos de los ensayos de control de cada lote".

3. Conclusiones

Las principales modificaciones del PG-3 referidas a los artículos de mezclas asfálticas vienen de la mano de los avances tecnológicos impulsados por criterios de sostenibilidad medioambiental y económica. Así, la introducción de las mezclas semicalientes en las tipologías de mezclas, la potenciación del uso del fresado o el uso de sistemas antiadherentes de menor impacto ambiental son claros exponentes de esta orientación. El uso de este tipo de mezclas ha propiciado también la inclusión del compactador giratorio (UNE EN 12697-31) como método alternativo para la preparación de probetas.

Además de los cambios citados, se han eliminado, añadido o cambiado numerosos epígrafes del texto anteriormente en vigor. Desde un punto de vista de ensayos de caracterización de propiedades finales del pavimento, podría destacarse la inclusión de la medida de la macrotextura mediante texturómetros laser y la caracterización de la adherencia entre capas del pavimento mediante el ensayo descrito en la norma NLT-382.

Referencias bibliográficas

- (1) Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)
- (2) Norma 6.3 IC: rehabilitación de firmes, de la Instrucción de carreteras (BOE de 12 DE diciembre de 2003).
- (3) Norma 6.3 IC: secciones de firmes, de la Instrucción de carreteras (BOE de 12 DE diciembre de 2003).
- (4) Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación Carreteras (PG-4)
- (5) Valdés, G., Martínez, A., Pérez Jiménez, F. (2008): " Estudio de la variabilidad del material asfáltico reciclable (RAP) y su influencia en las mezclas asfálticas recicladas fabricadas con altas tasas". IX Congreso internacional Provia. Puerto Varas (Chile), 3-7 de noviembre de 2008, pp. 85-102.
- (6) París, A., Ortiz, J., del Val, M.A.: "Análisis del comportamiento de un firme reciclado en central en caliente con alta tasa tras un año en servicio".

#15

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

**“La reutilización de RAP en mezclas asfálticas de baja temperatura maximiza la sostenibilidad del viario urbano”
(Artículo Rodaduras urbanas sostenibles; número 15)**

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE