

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas:

8. Gestión de la calidad en las mezclas bituminosas (parte 2)

Andrés Costa

Excoordinador Grupo 1 de ASEFMA

3. Control de Calidad en la Puesta en obra de las mezclas bituminosas

Tanto la Orden FOM/2523/2014 de 12 de diciembre donde se ha actualizado el PG-3 en sus Artículos **542- Mezclas Bituminosas en caliente tipo Hormigón Bituminoso y 543- Mezclas Bituminosas para capas de rodadura, Mezclas Drenantes y Discontinuas**, en sus apartados 542.9.3 y 543.9.3 respectivamente, relativos al control de calidad a desarrollar en la fase de ejecución de las mezclas bituminosas; como otros pliegos y normativas, diferencian la fase de fabricación y la fase de puesta en obra de las mismas.

Respecto a la fase de fabricación, en el punto 8.2 de este documento ya se han dado una serie de recomendaciones para la gestión de la calidad en la fase de fabricación.

Centrándonos ahora en la fase de puesta en obra, el control de calidad implica la inspección y vigilancia de las distintas fases del proceso (Control de Calidad de Ejecución)

Antes de tratar de la mezcla propiamente dicha, no debe olvidarse el capítulo relativo a los riegos (imprimación y/o adherencia), a los que se hace referencia a continuación:

3.1. Control de Calidad de los Riegos

Control de ejecución

El control de ejecución, plasmado en las correspondientes fichas de inspección, verificará, como mínimo:

- Que la superficie sobre la que se va a efectuar el riego cumple las condiciones especificadas para la unidad de

obra correspondiente, no tiene exceso de humedad, ni suciedad, barro o materiales sueltos o perjudiciales.

- Que la dotación del riego es la especificada, tanto transversal como longitudinalmente, lo que se comprobará mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel o material similar, colocadas sobre la superficie durante la aplicación de la emulsión, en no menos de cinco (5) puntos para cada lote definido, separados entre sí, siempre que sea posible, por una distancia próxima a los 50 metros. En cada una de estas bandejas, chapas u hojas se determinará la dotación de ligante residual. Se puede hacer mediante la norma UNE-EN 1428 para la determinación del contenido de agua en las emulsiones bituminosas, o bien mediante la norma UNE-EN 1431 para la determinación por destilación del ligante residual y de los fluidificantes en las emulsiones bituminosas.
- Que ha transcurrido el plazo de rotura o curado del mismo y no quedan restos de fluidificante o agua en la superficie.
- Que el tiempo transcurrido desde su aplicación no ha disminuido de forma perjudicial su capacidad de unión con la mezcla bituminosa.
- La temperatura ambiente y condiciones climatológicas (riesgo de precipitaciones, humedad, etc).
- La temperatura de la superficie a tratar y la del ligante hidrocarbonado.

Como tamaño de lote, se recomienda el indicado por el PG-3, que considera, el de menor tamaño de entre los resultados de aplicar los tres criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m²) de calzada.
- La superficie regada diariamente.

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

Control de materiales

En el caso de los riegos, éste incluirá el árido de cobertura, en el caso de que se utilice (imprimación), y el ligante hidrocarbonado.

Árido de cobertura:

Los ensayos a realizar, así como el tamaño de lote propuestos, son los que recoge la Tabla 1.

Ligante hidrocarbonado:

El control del ligante consistirá en la comprobación de las especificaciones establecidas en el artículo 214 del PG-3 para los distintos tipos de emulsiones a utilizar, según se indica en los artículos 530 (Riegos de imprimación) y 531 (Riegos de adherencia) del vigente PG-3.

De cada cisterna de emulsión bituminosa que llegue a la obra se tomará dos (2) muestras de, al menos, dos kilogramos (2 kg), de acuerdo con la norma UNE-EN 58, en el momento del trasvase del material de la cisterna al tanque de almacenamiento. Sobre una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Carga de las partículas (norma UNE-EN 1430).
- Propiedades perceptibles (norma UNE-EN 1425).
- Índice de rotura (norma UNE-EN 13075-1).
- Contenido de agua (norma UNE-EN 1428).
- Tamizado (norma UNE-EN 1429).
- Tiempo de fluencia (norma UNE-EN 12846-1).

Y la otra se conservará durante, al menos, quince días (15 d) para realizar ensayos de contraste si fueran necesarios.

En cualquier caso, la Dirección de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá fijar algún otro criterio adicional para el control de recepción de las cisternas.

Las emulsiones bituminosas catiónicas deberán llevar obligatoriamente el marcado CE, conforme a lo establecido en la norma UNE-EN 13808.

3.2 Control de Calidad de la mezcla inicial

3.2.1 Fichas de inspección de recepción de la mezcla

Para la Mezcla bituminosa, el encargado de la puesta en obra, o la persona responsable designada por la empresa, realizará la inspección de la mezcla a su llegada al tajo de extensión, cumplimentando el parte o ficha de inspección de recepción correspondiente, donde, como mínimo, deben figurar los datos siguientes:

- Albarán o vale donde consten la hora y la temperatura de la mezcla a la salida de la instalación, así como el tipo de mezcla y planta de fabricación (hay obras en las que suministran dos o más plantas).
- Cantidad de mezcla suministrada.
- Hora de llegada al tajo y temperatura de la mezcla.
- Aspecto de la mezcla (posible segregación, espuma, envuelta no homogénea, indicios de humedad...) y eventuales contaminaciones.
- Correcta colocación de la lona de cubrición de los camiones.
- Temperatura ambiente y climatología (viento, riesgo de precipitaciones, etc.)
- Documentos de conformidad exigidos reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE.

Tabla 1. Ensayos árido de cobertura.

Ensayo	Norma	Tamaño lote propuesto	Tamaño muestra
% pasa tamiz 4 UNE	UNE-EN 933-1	100 m ³	1
% pasa tamiz 0,063 UNE	UNE-EN 933-2	100 m ³	1
Plasticidad	UNE 103103 y UNE 103104	100 m ³	1
Equivalente de arena	UNE-EN 933-8	100 m ³	2

- La documentación que debe solicitarse, relativa al marcado CE consistirá en:
 - Declaración de prestaciones CE, emitida por el fabricante.
 - Etiqueta CE (en albaranes, facturas...)
 - Certificado de conformidad del Control de Producción en Fábrica (CPF).
 - Informe incluyendo la fórmula de trabajo de la mezcla bituminosa con todos los datos siguientes:

Datos generales:

- Nombre y dirección del fabricante.
- Fecha de emisión.
- Identificación de la planta (situación, tipo, características...)
- Designación del tipo de mezcla y las categorías declaradas.
- Declaración de los métodos utilizados para la validación de la mezcla (laboratorio, producción o mixto).

Materiales constituyentes:

- Origen y tipo de cada tamaño de árido.
- Tipo y grado del ligante.
- Origen y tipo del filler.
- Origen y tipo de aditivos (en su caso).
- Ensayo de todos los materiales según Anexo A de la norma UNE-EN 13108-20.

Fórmula de trabajo:

- Origen y tipo de cada tamaño de árido.
- Tipo y grado del ligante.
- Origen y tipo del filler.
- Origen y tipo de aditivos (en su caso).
- Ensayo de todos los materiales según Anexo A de la norma UNE-EN 13108-20.

Estas fichas deberán estar firmadas por las personas responsables de la inspección, y en último lugar, por el Jefe de Obra, como responsable de la unidad de obra, y deberán remitirse puntualmente a la Dirección de Obra.

Asimismo, el vigilante de la Dirección de Obra, o persona responsable designada por ésta, realizará con la periodicidad que estime oportuna, la inspección a la recepción de la mezcla en obra.

3.2.2 Control de Calidad de los materiales: Tramo de prueba

El PG-3, en los apartados 542.6 y 543.6 de los artículos correspondientes dice textualmente: "Antes de iniciarse la puesta en obra de cualquier tipo de mezcla bituminosa en caliente será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para comprobar la fórmula de trabajo, la forma de actuación de los equipos de extensión y compactación, y, especialmente, el plan de compactación"

Así, durante la ejecución del tramo de prueba (descrito en el entregable 4 de esta colección), se tomarán muestras para la verificación de que la mezcla cumple con la Fórmula de Trabajo prefijada. A título indicativo, se podrían realizar los ensayos siguientes:

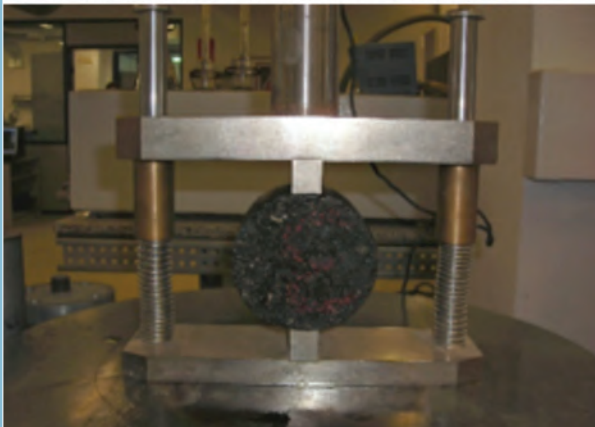
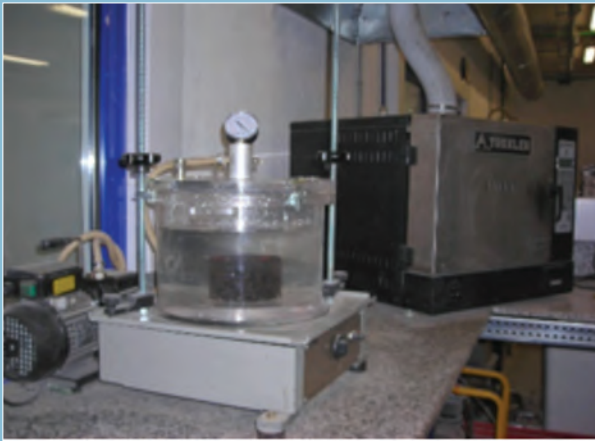
- **Contenido de ligante, según UNE-EN 12697-1 ó UNE-EN 12697-39.**
- **Granulometría de los áridos extraídos, según UNE EN 12697-2**
- **Contenido de huecos, según UNE-EN 12697-8.**
- **Densidad aparente, según UNE-EN 12697-6.**
- **Determinación de la sensibilidad al agua, según UNE-EN 12697-12.**
- **Ensayo de deformación permanente, según UNE-EN 12697-22.**



Compactador giratorio (UNE-EN 12697-31).

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

- Pérdida de partículas, según UNE-EN 12697-17, para las mezclas tipo PA.
- Adicionalmente, para las mezclas tipo PA y BBTM B, ensayo de permeabilidad, según UNE-EN 12697-19 y Esgurrimiento de ligante, según UNE-EN 12697-18.



Ensayo de sensibilidad al agua. Determinación de la resistencia a tracción indirecta de las MBC (UNE-EN 12697-12 y UNE-EN 12697-23).

Para la verificación y aprobación de los equipos de compactación y del plan de compactación, se extraerán probetas testigo, y en caso de mezclas drenantes, se determinará "in situ" la permeabilidad de la capa.

Una consideración importante en cuanto a la Fórmula de trabajo, y que recoge el PG-3 como opción a considerar por la Dirección de Obra para determinadas categorías de tráfico pesado, es la conveniencia de estudiar la sensibilidad de las propiedades de la mezcla a variaciones granulométricas y del contenido de ligante. Es totalmente recomendable y puede evitar

muchos problemas en obra el verificar que ante dispersiones en la granulometría y en el contenido de ligante que pueden producirse durante la fabricación, aún dentro de las tolerancias admitidas en los Pliegos, el resto de propiedades de la mezcla como



Compactador de placa (UNE-EN 12697-33).



Compactador de impacto (UNE-EN 12697-30).



Medida de la macrorrugosidad (UNE-EN 13036-1).

contenido de huecos, sensibilidad al agua, deformabilidad, etc, siguen dentro de los valores especificados en los Pliegos.

A efectos de verificar que la fórmula de trabajo puede cumplir después de la puesta en obra las prescripciones relativas a la textura superficial y al coeficiente de rozamiento transversal, en capas de rodadura se comprobará expresamente la macrotextura superficial obtenida, mediante el método volumétrico (norma UNE-EN 13036-1), que deberá cumplir los valores establecidos en el PG-3. Durante la ejecución del tramo de prueba se podrá analizar la correspondencia, en su caso, entre el método volumétrico y un texturómetro láser como medio rápido de control.

3.3 Control de calidad del extendido y compactación

3.3.1 Fichas de inspección de extendido y compactación de la mezcla

El encargado de la puesta en obra, o la persona responsable designada por la empresa, realizará la inspección del extendido y compactación de la mezcla, cumplimentando el parte o ficha de inspección de ejecución correspondiente, donde, como mínimo, deben figurar los datos siguientes:

- Verificación de que los equipos de extendido son los aprobados en el tramo de prueba.
- Verificación de la continuidad de la extensión (comprobando que no hay detenciones de la extendidora ni acumulación de camiones en el tajo).
- En caso de utilización de piezas de acople en la extendidora para aumentar su anchura, verificación de la perfecta alineación de las mismas.

- Verificación de que la capa extendida es lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres.
- Verificación de que la composición y forma de actuación del tren de compactación es el aprobado en tramo de prueba.
- Verificación de que las presiones de contacto de los compactadores y la amplitud y frecuencia de vibración del compactador vibratorio son las aprobadas en el tramo de prueba.
- Verificación del estado de los rodillos (ausencia de surcos o irregularidades en la superficie).
- Control de la temperatura ambiente durante el extendido y condiciones atmosféricas.
- Control geométrico del extendido.
- Control de la ejecución de las juntas.

3.3.2 Control de Calidad del extendido

Se considerará como lote el volumen de material que corresponda al menor de los tres criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

Para cada uno de los lotes se debe determinar la densidad de referencia para la compactación, a partir de la determinación del contenido de huecos, según la UNE-EN 12697-8, y la densidad aparente, según la UNE-EN 12697-6.

La Dirección de las Obras podrá determinar la realización de ensayos de comprobación de la dosificación de ligante (UNE-EN 12697-1) y de la granulometría de los áridos extraídos (UNE-EN 12697-2).

3.3.3 Control de Calidad de la compactación

Previamente al inicio de la compactación se debe comprobar que el equipo es el definido y aceptado después del tramo de prueba, verificando los puntos siguientes:

- Que el número y tipo de compactadores son los aprobados.

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

- El funcionamiento de los dispositivos de humectación, limpieza y protección.
- El peso total y, en su caso, presión de inflado de los compactadores.
- La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

Es conveniente, al terminar la compactación, medir la temperatura superficial de la capa compactada para comprobar que se encuentra dentro del rango de temperatura final de compactación especificado en la fórmula de trabajo.

3.4 Control de la unidad terminada

Para la definición del lote, el PG-3 establece que “se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, el de menor tamaño de entre los resultantes de aplicar los tres criterios siguientes a una sola capa de mezcla bituminosa en caliente:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m²) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

Para la verificación del espesor de la capa y la compactación de la misma, se extraerán testigos en puntos aleatoriamente situados y en un número no inferior a 3, para la determinación de:

- Densidad aparente
- Espesor

En mezclas drenantes (PA) y BBTM B, se determinará, además, el porcentaje de huecos (norma UNE-EN 12697-8).

Se determinará asimismo, la regularidad superficial del lote, mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330, en toda la longitud de la obra.

En las capas de rodadura, se realizarán además, los ensayos siguientes:

- Medida de la macrotextura superficial (norma UNE-EN 13036-1), en 3 puntos del lote aleatoriamente

elegidos. Si se ha utilizado un equipo de medida mediante texturometro laser y se ha determinado la correlación existente, se podrá utilizar este equipo como método de control rápido.

- Determinación de la resistencia al deslizamiento, norma UNE 41201 IN, antes de la puesta en servicio, y si no se cumplen los valores exigidos, una vez transcurrido un mes de la puesta en servicio de la capa.

En cuanto a la resistencia al deslizamiento, cabe decir que al ser una determinación en la que lo que se mide es el contacto árido – neumático, el resultado está muy condicionado a la estacionalidad de la medida, dándose el caso de que si la superficie de aquél está contaminada por partículas de polvo, barro, etc, el resultado obtenido varía sensiblemente, pudiéndose obtener resultados que cumplen la normativa o no, en función de la época en la que se realice la determinación.



Resistencia al deslizamiento según la UNE 41201 IN.

Otro problema relacionado con la prescripción de realizar esta determinación a tan corto tiempo desde la puesta en obra de la capa, puede producirse con ciertas mezclas de uso cada vez más frecuente, como las tipo SMA o de otro tipo, pero con un alto contenido de ligante, con vistas a un incremento de la durabilidad de las mismas, o incluso con algunos ligantes modificados, es la probabilidad de que la película superficial de ligante que recubre el árido no se haya eliminado en el plazo especificado para la medida.

3.5 Tratamiento de resultados: Control estadístico mediante medias móviles y gráficos de control

Los resultados del control de calidad se han venido presentando de manera tradicional en forma de tablas, lo que

hacia difícil la retención de aquellos ensayos que se salían de los límites establecidos y en qué porcentaje lo hacían, dificultando la visión global del proceso.

Así, para mejorar la calidad de la presentación de los resultados y facilitar el tratamiento de los mismos, es conveniente la representación gráfica de aquellos resultados de ensayos que se realicen en número suficientemente representativo, para que de una manera sencilla y rápida se pueda comprobar la marcha del proceso.

GIASA ha elaborado un “Manual para la elaboración de los gráficos de control de calidad de materiales”, en el que se marcan las pautas para la representación gráfica de aquellos resultados de ensayos que se realicen en número suficiente como para dar lugar a un estudio estadístico representativo. En dicho Manual se han utilizado conceptos de “medias móviles” empleados en la Industria para analizar el proceso productivo, además de criterios estadísticos de “niveles de confianza” o “percentiles”, los cuales se ajustan a las necesidades de estos estudios.

En los gráficos se representan también los elementos individuales y sus límites de aceptación según las especificaciones del Proyecto, así como las medias móviles y sus respectivos límites. Cuando éstos no existan en Normativa, deberán definirse en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares o marcarlos en su defecto la Dirección de las Obras.

Con estas representaciones gráficas, se puede comprobar al día la marcha del proceso para poder actuar con celeridad cuando éste se desajuste, y a posteriori tener una fácil comprensión de la calidad obtenida a lo largo de la obra, para el parámetro analizado. Esto permitirá una mejor y rápida evaluación de la calidad de la obra ejecutada.

3.6 Recomendaciones para el control de calidad

- Es conveniente antes del comienzo de la obra planificar adecuadamente la gestión del control, tanto en lo que respecta a los ensayos, como a la inspección de la ejecución.
- No debe olvidarse que a partir de los datos obtenidos del control, la Dirección de las Obras debe tomar la decisión de aceptar o rechazar los materiales, fórmulas de trabajo y/o capa colocada, de ahí la importancia y la necesidad de que la información obtenida mediante el control de calidad de los materiales o unidad de obra, sea lo más fidedigna y representativa posible. Es incuestionable la repercusión de las decisiones derivadas del control.
- Un aspecto fundamental del control de calidad al que debe prestarse una atención especial, es la toma de muestras. Una muestra mal tomada falsea los resultados del control, invalidándolo. Deben seguirse las normas de ensayo de forma escrupulosa, indicando de forma clara cualquier desviación que se haya producido respecto de la misma. La relativa a la toma de muestras define claramente los procedimientos operatorios para realizar un muestreo correcto ya sea en el camión, durante la descarga del mezclador, del sínfin de la extendidora, del extendido, etc. Sin embargo, es la fase del control que tradicionalmente ha dado lugar a más problemas, más que la propia realización de los ensayos.
- Esto mismo cabría decir de la preparación de la muestra, fase también de gran importancia e incluso crítica, en determinados tipos de mezclas, en las que pueda producirse escurrimiento de ligante, o segregación.
- Aunque las normas de ensayo regulan todas las operaciones involucradas en los mismos, es frecuente el caso, bien por el propio tipo de ensayo, que implique una realización más compleja o una mala reproducibilidad, que hace necesario que el personal responsable de la realización e interpretación de los ensayos tenga la experiencia y cualificación suficientes.
- Otra consideración en cuanto al control de calidad está relacionada con los plazos de ensayos y entregas de resultados. El control debe ser absolutamente ágil y operativo, de forma que permita actuar con celeridad ante cualquier desajuste o incumplimiento detectado. Unos resultados conocidos fuera de plazo, sirven para muy poco.
- **En resumen, el control de calidad, al que no se le ha dado siempre la importancia suficiente, es una herramienta fundamental, que, con una gestión adecuada, puede contribuir de forma eficaz, a la consecución de los objetivos propuestos.**