

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas.

Parte II: Presencia de lluvia

Jacinto Luis García Santiago, jacintoluis@outlook.com
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos

La puesta en obra de mezclas asfálticas en condiciones climáticas adversas, como son las de tiempo frío, presencia de lluvia, o combinación de ambas, suponen no solo un reto sino un gran riesgo para la calidad y el comportamiento de las mezclas en caliente extendidas en esas condiciones. La lluvia puede afectar a la adherencia al soporte, a la cohesión interna de la mezcla si aumenta su humedad y a las densidades de la capa y su uniformidad, que son muy sensibles a la temperatura de la mezcla durante su compactación, temperatura afectada por el enfriamiento causado por la evaporación del agua caída sobre la capa aún no compactada. Por ello, cuando las condiciones climáticas indican riesgo o presencia de lluvia, es necesario conocer y gestionar los factores clave que afectan a las propiedades de la mezcla, de la adherencia al soporte y a su temperatura durante su compactación, para poder evaluar la viabilidad o no de la puesta en obra en esas condiciones para lograr un resultado satisfactorio.

Palabras clave: asfaltado, puesta en obra, mezcla bituminosa, mal tiempo, lluvia

Asphalt paving operations in cold weather or when it's raining, is a difficult challenge for the quality and performance of hot mix asphalt laying under this conditions. Uniformity and mix densities are too sensitive to the mix temperature during laying and compaction operations. The rain may affect the adhesion to the underlying substrate, reduce the mix internal cohesion if it increases its moisture and affect the layer density and its uniformity, which are very sensitive to the mix temperature during compaction, affected by the cooling caused by the evaporation of water falling on the still uncompacted layer. Therefore, when weather conditions indicate risk or presence of rain is necessary to know and manage the key factors affecting the properties of the mixture, the adhesion to the substrate and its temperature during compaction, to assess the work feasibility under these conditions to achieve a satisfactory result.

Keywords: asphalt, hot mix asphalt, paving, rain, cool weather

1. Introducción

En este artículo, junto con el publicado en el número 18 de esta revista "Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas", del que es continuación, se recogen algunas de las problemáticas relacionadas con la puesta en obra

de mezclas bituminosas en caliente (MBC) en condiciones climáticas adversas.

Si en el primer artículo se describieron las que surgen con ocasión de la presencia de bajas temperaturas, en esta segunda parte la problemática que se analiza es la debida a la presencia de lluvia inmediatamente antes o durante la puesta en obra de las MBC.

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas. Parte II: Presencia de lluvia

2. Consideraciones generales

Como norma general, la puesta en obra de las mezclas en caliente debe planificarse para que se ejecute siempre en condiciones climáticas favorables en cuanto a temperaturas, viento y lluvia, para que se favorezca, o posibilite, que su compactación se realice en el rango adecuado de temperatura, de modo que no solo se alcance la densidad exigida, sino que ésta se consiga en buena temperatura, sin reducir prestaciones mecánicas ni cohesivas. Y también, de modo que las condiciones de humedad de la superficie de apoyo no agraven la velocidad de enfriamiento de la capa, ni afecten a la calidad y adherencia de la nueva capa al soporte.

Sin embargo, esto no siempre es así y hay ocasiones en las que su ejecución se lleva a cabo en situaciones con presencia de lluvia o con humedad en la superficie de apoyo, a las que pueden sumarse las de bajas temperaturas o presencia de viento, lo que dificulta en gran manera la compactación de la mezcla y que ésta se realice en un rango adecuado de temperaturas, sin presencia de segregaciones térmicas, además de repercutir negativamente en otras propiedades de la capa como regularidad superficial, textura, etc.

Asimismo, la presencia de agua en la mezcla afectaría muy negativamente a la cohesión interna de ésta, mientras que su presencia en la superficie del soporte lo haría con su adherencia con la nueva capa

Las capas ejecutadas en estas condiciones pueden tener una respuesta muy deficiente de su comportamiento al verse muy reducidas en la mezcla su cohesión, resistencia a la acción del agua y prestaciones mecánicas, así como presentar deficiencias en cuanto a adherencia entre capas.

Por condiciones desfavorables se entienden las relativas a las temperaturas ambiente y de la capa subyacente, de viento, lluvia y estado de la superficie de apoyo con mucha humedad o mojada.

En lo que sigue se analizan las afecciones que la presencia de lluvia o una superficie de soporte mojada tienen en la nueva capa extendida y en la estructura del firme.

3. Lluvia

La operación de puesta en obra de MBC, en situaciones de lluvia o de pavimento mojado, es muy desaconsejable por sus

negativas consecuencias sobre la calidad, comportamiento y durabilidad de la capa y la estructura del firme, por lo que, como regla general, no debe procederse a su colocación, muy especialmente con capas delgadas.

En lo que sigue se revisan los aspectos normativos, las principales afecciones y repercusiones de la presencia de lluvia y de un soporte mojado en la calidad final obtenida, unas consideraciones previas si hay riesgo o presencia de lluvia y algunas situaciones o casuísticas en que se presenta la lluvia y actuaciones recomendables derivadas.

4. Aspectos normativos

Las normativas en general no permiten las operaciones de extendido de MBC en presencia de lluvia o bien establecen limitaciones severas al respecto, en cuyo caso, excluyen las capas de rodadura.

Establecen limitaciones en forma de condiciones de tipo ambiental (temperatura, viento, lluvia, heladas...) para poder proceder al extendido de mezclas asfálticas en caliente, a fin de prevenir una calidad inaceptable en la capa ejecutada. Estas limitaciones están definidas, con mayor o menor precisión o alcance, en unas normativas respecto a otras.

En la normativa española más general, el PG-3 [Ref.1], las limitaciones establecidas en los artículos 542 y 543 son las siguientes:

"Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la puesta en obra de mezclas bituminosas en caliente:

- *... Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas".*

En la normativa de algunos países con climatología más desfavorable se distingue, en cuanto a las limitaciones por precipitaciones, si se trata de capas de rodadura o de capas inferiores, admitiendo su extendido en caso de precipitaciones ligeras ligadas a unos mínimos en la temperatura ambiente y de la superficie de apoyo y estado de humedad de ésta (por ejemplo, la de los países sajones. [Ref 2].

En otras especificaciones de regiones de climas fríos, además, se suele limitar la época de ejecución, como en las del DOT de Washington [Ref 3] en las que indica:

5.04.3 (16) Limitaciones climáticas

“Las MBC para capas de rodadura no se podrán colocar en ninguna carretera abierta al tráfico entre el 1 de octubre de cualquier año y el siguiente 1 de abril, sin la aprobación por escrito del Ingeniero responsable del proyecto...

“... Las MBC no se extenderán sobre ninguna superficie húmeda... o cuando otras condiciones del tiempo impidan un adecuado manejo y acabado de las mezclas bituminosas.

5. Afecciones de la lluvia

Las afecciones son varias y responderían a los siguientes aspectos:

- La brusca y acusada caída de temperatura por la vaporización del agua existente en la superficie de soporte y de la que va cayendo sobre la capa extendida; este enfriamiento se agrava en caso de presencia, simultánea, de bajas temperaturas en el ambiente (Figura 1).

Ello afecta de modo directo y muy significativo a la temperatura de compactación de la capa y a los resultados de densidad obtenidos, con un aumento importante, e inadmisibles en muchos casos, del riesgo de obtener una mezcla más porosa y menos cohesiva, con pobres prestaciones mecánicas y de reducida durabilidad. Es la principal causa de incompatibilidad entre lluvia y extendido de MBC. Asimismo, ese enfriamiento de la mezcla también puede llegar a afectar a otras propiedades de la capa como la textura o la regularidad superficial.

- El efecto negativo de la presencia de agua en la superficie de apoyo sobre la adherencia de la nueva capa a su soporte, aún en el caso de que, previamente a la precipitación, se haya ejecutado correctamente el riego de adherencia. Solo resulta admisible con una humedad que no llegue a crear una película continua, es decir: superficie húmeda pero no mojada.
- El vapor de agua, generado por la humedad o charcos en el soporte, o por el agua introducida en la mezcla



Fig. 1. Lluvia sobre la capa en ejecución de mezclas en caliente y su evaporación



Fig. 2 Degradación prematura de reparación de fresado y reposición efectuada en condiciones de lluvia y temperaturas bajas

en la operación de descarga, actúa muy desfavorablemente sobre la interfaz árido/ligante, pudiendo llegar a hacer que se rompa la unión entre éstos, acelerando la degradación de la mezcla.

6. Actuaciones posibles en caso de lluvia

Sin embargo, la lluvia puede presentarse después de haberse iniciado la operación de extendido y estando camiones en

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas. Parte II: Presencia de lluvia

espera de descarga y otros en camino ó, aún no habiendo comenzado a extender, después de empezar la fabricación de mezcla, con una serie de camiones en ruta hacia el lugar de empleo.

Unas posibles decisiones derivadas de la aparición de la lluvia responderían a las que se describen a continuación, muy condicionadas por la situación del riego de adherencia, la intensidad de la lluvia y el tipo de capa.

6.1 Paralización del extendido

Conlleva detener la operación de extendido, ejecutar junta transversal de fin de calle y retornar los camiones a la planta para desechar la mezcla o su eventual reciclado de la misma con posterioridad.

Es de aplicación en casos de lluvia fuerte, capas delgadas o delicadas como las de rodadura, o falta de riego de adherencia e inviabilidad de su aplicación.

La compactación debe actuar muy cerca de la extendidora, para que pueda efectuarse con temperatura adecuada en la mezcla, especialmente la primera pasada del rodillo de cabeza.

La preparación de la junta conlleva un aumento del tiempo de exposición y enfriamiento de la capa extendida en la zona inmediatamente anterior a la misma, por lo que el riesgo de fallo de calidad en ella (temperatura de compactación muy baja, densidad insuficiente, regularidad superficial deficiente, textura...) es muy alto

6.2 Actuaciones en caso de superficie soporte sin riego de adherencia

En el caso de que no haya superficie con riego de adherencia extendido por delante, bien porque ya se haya cubierto la previamente regada o por empleo de extendedoras que incorporan rampa de riego, y las condiciones de superficie mojada no permitan su aplicación, debe procederse a detener el extendido y ejecutar junta vertical de final de calle.

En caso de que la lluvia sea de corta duración, su posterior continuidad dependerá de la rapidez con que el estado de humedad de la superficie permita la ejecución del riego de adherencia; ello puede ser factible con tormentas veraniegas en las que el calor de la superficie de apoyo produce su rápido secado, o con ayuda de barridos o sopladors de la misma.

6.3 Con riego de adherencia ejecutado on anterioridad

Si el riego de adherencia no es condicionante, unas situaciones posibles serían las siguientes:

- En caso de lluvia ligera, pero continuada, y sin charcos de agua en el pavimento, los camiones pueden descargarse y los rodillos deberán compactar la capa trabajando muy cerca de la extendidora, antes de que se enfríe la mezcla, a la vez que se debe reducir la velocidad de avance de la regla para maximizar la precompactación. Esto es factible con capas gruesas y no tanto con capas delgadas. En caso de presencia o formación de charcos en la superficie a cubrir, no debe continuarse el extendido, salvo que se eliminen.
- En caso de lluvia fuerte debe detenerse el proceso y finalizar calle ejecutando junta.
- Si la lluvia es de corta duración se puede esperar a su término, aunque debe detenerse el extendido con la correspondiente junta vertical y se procede a vaciar de mezcla la extendidora; en los camiones en espera la mezcla puede permanecer en los mismos algunas horas manteniendo una temperatura aún adecuada, hasta que pueda reanudarse la extensión, una vez aceptablemente seco y libre de charcos el pavimento. Si la paralización es importante, en los camiones en espera se incrementa la costra fría del contorno de la carga, por lo que el riesgo de segregaciones térmicas se multiplica; en este caso, el empleo de un dispositivo de transferencia de material (DTM) rehomogeneizador resolvería este problema, comprobando que la temperatura media de la masa del camión es aceptable.

6.4 Caso especial: Necesidad de proseguir o de iniciar el extendido bajo lluvia

Hay casos en los que, aún con lluvia intensa o persistente, hay alguna necesidad ineludible de realizar, o proseguir, la puesta en obra de la capa de mezcla. Una posible solución, para tratar de minimizar los riesgos que este tipo de decisión entrañaría, se detalla a continuación.

6.4.1 Extendido de MBC en condiciones de lluvia persistente. Un caso práctico

En estas condiciones se presentan varios problemas, como el de extendido de riego de adherencia y el propio de la mezcla.

Si para el primero es posible, en carreteras cerradas al tráfico, encontrar un período de tiempo sin lluvia y ejecutar el riego en situación de pavimento húmedo, pero no mojado, con días de antelación, esta práctica no es viable para el segundo.

Una experiencia, en la que participó el autor de este artículo, y en la que esta situación se resolvió con éxito, se basó en principios como:

- Lograr la eliminación del agua de la lluvia que cae sobre el pavimento, pasando su superficie de una situación de "pavimento mojado" a otra de "pavimento húmedo pero no mojado", en el que se garantizaría la adherencia de la nueva capa al soporte y soslayando, o minimizando, los riesgos de vaporización del agua presente en la capa soporte.
- Preservar la mezcla de todo contacto con el agua de lluvia, desde su fabricación hasta su salida de la regla de la extendedora.
- Maximizar la precompactación dada por la regla, como prevención ante la pérdida de temperatura de la capa extendida pero aún sin compactar por los rodillos.

La solución consistió en aplicar un soplado de alta eficiencia de la capa de apoyo, mediante una barra con difusores orientados, situada justamente por delante de la extendedora y anclada a la misma, en el empleo de un dispositivo de transferencia tipo silo móvil, en la protección de la tolva de recepción en la extendedora para evitar que el agua de lluvia penetrara en ella y en el empleo de una regla de alta compactación que combinada con una reducida velocidad de avance maximizaba la precompactación lograda en la capa (próxima a la final requerida en la capa) (Fig. 3).

El riego de adherencia se ejecutaba en momentos sin lluvia, con días de antelación. Se procedió a comprobar la adherencia de la nueva capa con el soporte a través de testigos, comparando áreas de extendido en condiciones sin lluvia con las ejecutadas con lluvia, a través del ensayo LCB del Labo-



Fig. 3. Puesta en obra con lluvia persistente. Barra de soplado desplazando agua caída.

ratorio de Caminos de la UPC (antecedente del recogido en la norma NLT "382/08 Evaluación de la adherencia entre capas de firme mediante ensayos de corte" que, actualmente, se contempla en el artículo 531 del PG3), siendo los resultados comparables y satisfactorios.

7. Otras consideraciones o cuestiones previas a tener en cuenta con lluvia o riesgo de lluvia

Como cuestiones previas a tener en cuenta, siempre que haya previsión de posible lluvia:

- Siempre que sea factible, debe organizarse el extendido a favor de pendiente, para facilitar la evacuación de agua hacia delante del equipo.
- Asimismo, debe revisarse que todos los camiones estén dotados de cubiertas o lonas adecuadas, que cubran totalmente la carga y que solapen adecuadamente el frontal, laterales y compuerta, de modo que no penetre ni el viento ni la lluvia en la misma. Deben estar en buen estado, sin cortes ni agujeros y presentar una superficie tersa, sin combas, para que no acumulen agua en los vanos entre rigidizadores.
- Debe preverse un refuerzo de los equipos de compactación para reducir al máximo el área de la capa que se está compactando y el tiempo de su exposición a la lluvia, salvo en el caso de que haya un cierto sobredimen-

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas. Parte II: Presencia de lluvia

sionamiento y suficiente capacidad. La temperatura a que se compacta y la densidad final obtenida es el aspecto que resulta más crítico para la calidad final de la capa ejecutada bajo lluvia.

- Ha de tenerse en cuenta que, al elevar la caja de los camiones para la descarga, no se vierta agua de las lonas de cubrición a la tolva de la extendedora; en su caso, procedería elevar la caja antes de entrar a la extendedora. Los charcos creados en el suelo, en su caso, deben eliminarse antes de que llegue ahí la extendedora.
- Otra precaución clave en tiempo de lluvia, es la de evitar que los camiones accedan con barro en sus ruedas a la superficie a pavimentar, adherido en sus maniobras de inversión de marcha o en su acceso por caminos no pavimentados. (Fig. 4). En todo caso, debe eliminarse concienzudamente esa suciedad, si se produce.



Fig. 4 Situación indeseable e inadmisible a evitar.

Siempre se debe identificar el tramo afectado para verificar específicamente su calidad para aceptación final, en especial densidad, textura y eficacia del riego de adherencia.

En caso de extendido sobre capas granulares en época lluviosa alternada con heladas, es importante comprobar, previamente, que su compactación fue uniforme y adecuada y no ha dado lugar a presencia de áreas saturadas que, en caso de bajas temperaturas, pudieran haber dado lugar a formación de hielo, con su consiguiente expansión; al fundirse éste por el calor de MBC, daría lugar a un área débil, con alto riesgo de fallo de las MBC colocadas y de bache a corto plazo.

9. Resumen a modo de conclusiones

- En caso de lluvia o con la superficie de apoyo mojada, se debe evitar colocar capas de MBC, en especial de rodadura, por el enfriamiento y reducción de la temperatura de compactación y densidad obtenida en la capa y riesgos en la adherencia de la capa a su soporte.
- Es posible hacerlo con capas gruesas, si la lluvia es ligera, en cuanto a mantenimiento de temperatura de mezcla para compactar. En sentido contrario están las mezclas delgadas de baja inercia térmica como las drenantes
- En todo caso, con la superficie de apoyo mojada se crea un riesgo para la adherencia entre capas que puede hacer inviable el extendido.
- El extendido debe hacerse a favor de la evacuación de agua o, en casos especiales, proceder a su soplado o secado.
- La verificación de la adherencia se hace sobre testigos de las dos capas con el ensayo de la NLT 382/08 y los criterios del Art.531 del PG.3 [Ref.1].
- El agua introducida en la mezcla, por la propia lluvia caída o por la vaporización originada en el soporte mojado, puede afectar muy seriamente a la adhesividad del mástico con los áridos y a la cohesión y durabilidad de la capa.

10. Referencias

- Ref. 1 Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3 (Actualización FOM 2523/2014)
- Ref. 2 Manual of contract documents for highway works. Volume 1 Specification for highway works. Series 900 Road pavements. Bituminous bound materials.
- Ref. 3 Washington State Department of Transportation. Standard Specifications for Road, Bridge and Municipal Construction [2008]