

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas

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

La puesta en obra de mezclas asfálticas en tiempo frío suponen un reto para la calidad y el comportamiento de las mezclas en caliente extendidas en esas condiciones. Las densidades de la capa y su uniformidad son muy sensibles a la temperatura de la mezcla durante su compactación.

Cuando las condiciones climáticas son de bajas temperaturas, es necesario conocer y gestionar los factores clave que afectan a la temperatura de la mezcla durante su compactación, para poder asegurar que las operaciones de puesta en obra logran un resultado satisfactorio.

En condiciones climáticas adversas pueden llevarse a cabo, de un modo razonable, actividades de puesta en obra de mezclas asfálticas en caliente aplicando, con cuidado, metodologías adecuadas.

Palabras clave: asfalto, extendido, compactación, temperatura, tiempo frío, inclemencia, enfriamiento

Asphalt paving operations in cold weather 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.

It is necessary to know and manage the key factors that affect compaction temperature, to make sure that paving operations are successful when cold temperatures are presents on the field.

Paving can be done under adverse conditions if care and practices applied are adequate.

Keywords: asphalt paving, compaction, mix temperature, cold weather, cooling

1. Ejecución con mal tiempo

La puesta en obra de las mezclas bituminosas en caliente (MBC) debe planificarse para que se ejecute siempre en condiciones climáticas favorables, en cuanto a temperaturas, viento y lluvia, de modo que su compactación se realice en el rango adecuado de temperaturas, y también 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. De esta forma se favorece, o posibilita, no solo que se alcance la densidad exigible, sino que ésta se consiga en buena temperatura, sin reducir ni prestaciones mecánicas ni cohesivas.

Sin embargo, esto no siempre es así y hay ocasiones en las que su ejecución se lleva a cabo en situación de bajas temperaturas, presencia de viento o de lluvia, o con humedad en la superficie de apoyo, lo que dificulta en gran manera la compactación de la mezcla y que ésta se realiza en un rango

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas

correcto de temperaturas y sin presencia de segregaciones térmicas, además de repercutir negativamente en otras propiedades de la capa como regularidad superficial, textura, etc.

1.1 Influencia de la temperatura en las propiedades de la mezcla y comportamiento de la capa

La temperatura de la mezcla influye directamente sobre la viscosidad de su ligante y, por tanto, sobre la viscosidad de la propia mezcla, determinando su compactabilidad y, consecuentemente, influye en la densidad y volumen de huecos que finalmente tiene la capa tras su compactación.

Según se va perdiendo temperatura, el ligante se va volviendo más viscoso y resistente a la deformación, por lo que la reducción de volumen de aire con un mismo esfuerzo de compactación, se va volviendo más y más reducida. Así, llega un momento en que la temperatura de mezcla es ya lo bastante baja como para que la rigidez del ligante impida cualquier aumento de densidad, con dicho esfuerzo de compactación.

Esta temperatura límite inferior, denominada comúnmente **temperatura de cese o fin de compactación (TfC)**, es aquella, por debajo de la cual, la fricción interna y la cohesión de la mezcla son ya tan altos que la aplicación de esfuerzos de compactación adicional únicamente provocaría pequeños aumentos de densidad. Pero no sólo esto, sino que podría llegar a ser contraproducente continuar la compactación y esas pasadas de rodillos, excepto los utilizados para eliminar marcas, pueden dar lugar a fisuras en la mezcla y una disminución de su densidad; esto es particularmente importante en el caso de rodillos vibratorios, en los que el umbral mínimo de temperatura para aplicar la vibración es más alto que el de la TfC (en función de espesor de capa y tipo de mezcla). La TfC se sitúa en el entorno de los 80-85°C, para mezclas comunes de hormigón asfáltico (D, S, G) con ligantes usuales, como 50/70

En general, con compactación convencional, en la que se aplica un esquema de compactación fijo, se estima un enfriamiento gradual de la capa extendida, en función de su espesor y de las condiciones ambientales, y con ello, el tiempo disponible para la compactación. En la estimación de este TdC, no se tienen en cuenta anomalías localizadas de temperatura, debidas a segregaciones térmicas, por lo que la uniformidad de temperatura de la mezcla en la capa extendida, medida

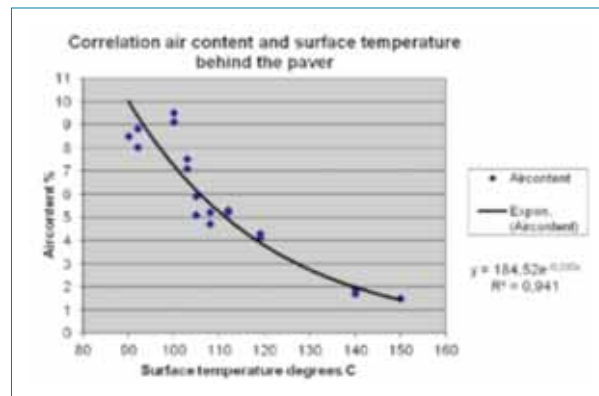


Figura 1. Relación entre temperatura inicial de capa extendida y contenido de huecos (densidad) tras la compactación. [Ref. 1]

antes de su compactación, tras su salida de la regla de la extendidora, predetermina, en un alto grado, la uniformidad de densidades alcanzada en la capa y, por tanto, la uniformidad o heterogeneidad de comportamiento y durabilidad de la misma, como se muestra en la Figura 1.

Las áreas más frías, con segregación térmica, presentarán mayor dificultad para obtener una densidad correcta tras su compactación, quedando con un mayor contenido de huecos, lo que reduce la resistencia a la acción de agua, su impermeabilidad, cohesión, etc., en definitiva su durabilidad.

Es bien conocido que las propiedades y comportamiento de una mezcla, con una composición dada, están caracterizados por el contenido de huecos, es decir por su densidad, que por ello se adopta como parámetro clave para la recepción de la capa compactada. No obstante, es algo menos conocido que en muchas mezclas no basta con la densidad y que, aun llegando a un nivel de densificación adecuado y un contenido de huecos correcto, las mezclas compactadas a temperaturas más bajas presentan deficiencias en su cohesión y características mecánicas, respecto a las compactadas a temperaturas más altas.

En los últimos años se han publicado varios estudios que han mostrado la negativa repercusión que tiene, en propiedades significativas relacionadas con sus prestaciones (como son la cohesión y el módulo), la compactación de una mezcla bituminosa en caliente a temperaturas más bajas del rango óptimo y ello, y es lo significativo, a pesar de que se alcance la densidad especificada. [Ver referencias Ref. 2 y Ref. 3].

Tendremos así, para esas mezclas, un rango óptimo de compactación, en el que se maximizan las propiedades cohesivas y mecánicas de la capa

Por ello, ha de tenerse en cuenta que la densidad (volumen de huecos) no es, en sí misma, el parámetro clave para caracterizar las prestaciones de la mezcla en la capa, sino que hay que tener en cuenta el **binomio densidad-temperatura de compactación**, que es el que fija el nivel de su comportamiento mecánico y cohesivo en muchas de las mezclas.

Por tanto, debe remarcarse que la actuación de los compactadores debe hacerse a la temperatura más alta posible, según las propiedades de la mezcla, para alcanzar la densidad necesaria con el mínimo esfuerzo de compactación, ya que ello redundará favorablemente en alcanzar mejores características mecánicas (módulo) y cohesión de la mezcla. En especial, la primera pasada, la del rodillo de cabeza, es la que logra una mayor densificación de la mezcla y es la que influye, de manera importante, en esa mejora de propiedades, con independencia de la densidad real finalmente alcanzada.

Existiría, entonces, otro **límite de temperatura mínima recomendable para completar la primera pasada y para maximizar las propiedades mecánicas y cohesivas de la mezcla**, y la durabilidad de la capa. Límite que se tendría en cuenta para la primera pasada del compactador de cabeza (que es la que produce el mayor incremento de densidad, ver fig 5, en el contexto del apartado 4.4), en especial con equipos vibratorios, y cuya temperatura es sensible al tipo de mezcla, a su contenido de mortero y al tipo de ligante. Este límite figura, a título indicativo, marcado en verde en alguno de los gráficos de este artículo (Fig 3, 4, 6 y 8), y en ellos se aprecia con claridad cómo se acorta el tiempo disponible respecto al genérico de fin absoluto de compactación (TfC), resultando inviable lograr dar esa primera pasada en situaciones desfavorables. En esos casos, debe optarse por lograr un nivel alto de densificación a buena temperatura, mediante la precompactación dada por la regla, bien reduciendo velocidad y maximizando actuación de támara y vibración, bien optando por equipos con reglas con Sistemas de Alta Compactación (SAC).

2. Aspectos normativos

Todas las normativas 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.4], 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 la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5° C), salvo si el espesor de la capa a extender fuera inferior a cinco centímetros (5 cm), en cuyo caso el límite será de ocho grados Celsius (8° C). Con viento intenso, después de heladas, y especialmente sobre tableros de puentes y estructuras, el Director de las Obras podrá aumentar estos límites, a la vista de los resultados de compactación obtenidos.*
- *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 5].

Asimismo, en cuanto a viento, algunas normativas llegan a fijar unas velocidades límite para permitir el extendido, que son función de la capa y de la temperatura del aire, como se ve en la Figura 2 que muestra dos ejemplos, tomados de [Ref 5], aplicables a capas de mezclas bituminosas continuas (tipo AC) y a mezclas porosas, en las que diferencian la especificación en función del ligante modificado con caucho empleado.

En otras especificaciones de regiones de climas fríos, además, se suele limitar la época de ejecución, como en las del DOT de Washington [Ref 6] 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

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas

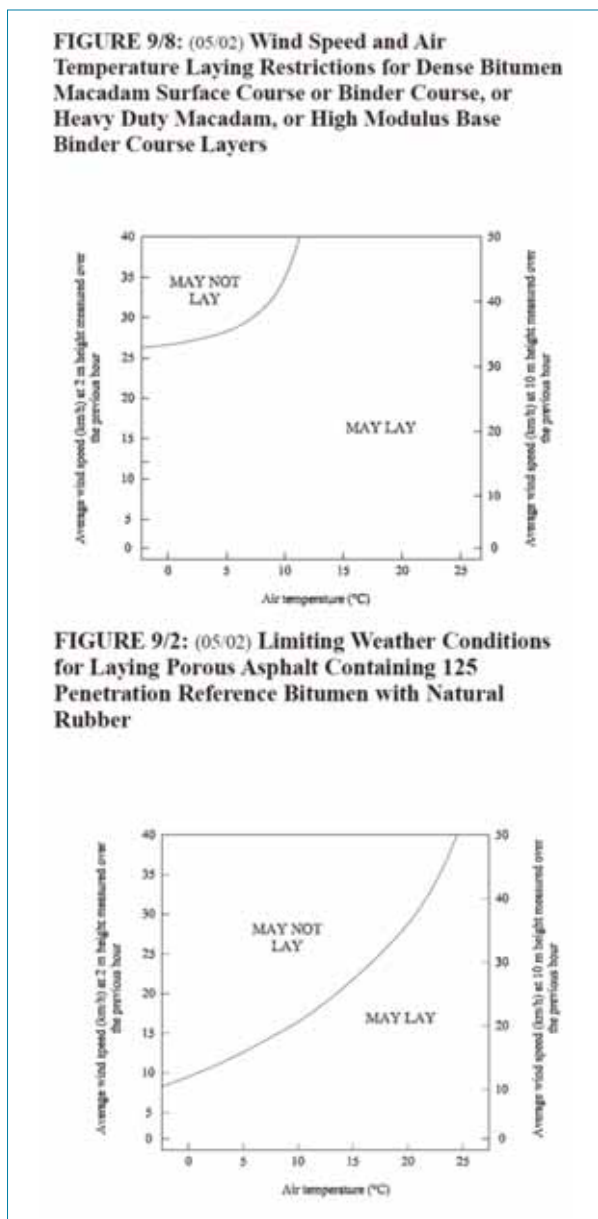


Figura 2. Limitaciones climáticas para puesta en obra [Ref 5].

de Octubre de cualquier año y el siguiente 1 de abril, sin la aprobación por escrito del Ingeniero responsable del proyecto.

El riego de imprimación no se ejecutará con temperaturas por debajo de 50°F (10°C) sin la aprobación por escrito del Ingeniero responsable del proyecto.

Las MBC no se extenderán sobre ninguna superficie húmeda, o cuando las temperaturas medias son inferiores a las especificadas en la tabla siguiente, o cuando otras condiciones del tiempo impidan un adecuado manejo y acabado de las mezclas bituminosas.

Tabla 1: Limitación de la temperatura de la superficie

Surface Temperature Limitation		
Compacted thickness (feet)	Wearing course	Other courses
Less than 0.10	55° F	45° F
0.10 to 0.20	45° F	35° F
0.21 to 0.35	35° F	35° F
More than 0.35	(Not applicable)	25° F

Only on dry subgrade, not frozen and when air temperature is rising.

3. Puesta en obra con bajas temperaturas

El extendido de mezclas en caliente con bajas temperaturas ambiente es una operación delicada o desaconsejable, tanto más cuanto menos espesor tenga la capa, o con superficie de apoyo mojada, dada la sensibilidad que el enfriamiento de la capa recién extendida tiene a la temperatura en el aire y en la superficie de apoyo.

Las temperaturas mínimas que fijan las normativas son un límite a respetar, pero no es suficiente. Aun haciéndolo, ello no evita tener que adoptar precauciones específicas en el procedimiento de puesta en obra, cuando las temperaturas están próximas a ese límite.

En la Figura 3 se muestran las curvas de enfriamiento para las dos situaciones límite que en el PG-3 se indican como admisibles, en cuanto a la temperatura del aire, de 8°C cuando la capa tiene un espesor inferior a 5 cms y de 5°C en los demás casos. En el cálculo con el programa MultiCool¹, se ha supuesto que la temperatura de la superficie de apoyo es la misma que la del aire y que la velocidad del viento es moderada, de 15 km/h.

Se puede apreciar que, en estas circunstancias, "legales" o acordes a la normativa, es muy reducido el tiempo de que se dispone para compactar la mezcla, en especial para que el rodillo de cabeza pueda realizar su primera pasada en el rango óptimo de temperatura, ya que dispondría de menos de 4 minutos antes de la que la mezcla se enfríe a 120°C. Por ello, el procedimiento de puesta en obra de condiciones normales, no resultaría adecuado y habrá que adaptarse a estas circunstancias.

¹ MultiCool, promovido por la NAPA, disponible en <http://www.asphalt pavement.org/multicool>

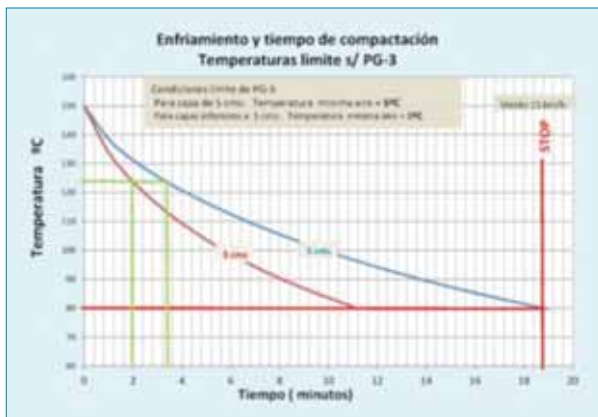


Figura 3. Enfriamiento de capa en condiciones límites de PG-3.

Pero, a veces, se presentan circunstancias todavía más extremas de clima, con temperaturas por debajo de los límites aceptados en la normativa, en las que, a pesar de ello, es preciso proceder a la puesta en obra de mezclas en caliente, en condiciones térmicas muy desfavorables.

Es por ello, aún más necesario, tener muy en cuenta todos los factores que inciden en el enfriamiento de la capa y en su compactación, para adecuar el procedimiento habitual de puesta en obra, o para diseñar una metodología más específica para esas condiciones de clima, de modo que se minimicen los riesgos de calidad en la capa terminada.

Como regla general, se puede señalar que será muy difícil compactar la mezcla hasta alcanzar un nivel de densidad adecuado, y no debe plantearse el extendido, si el tiempo disponible para realizar la compactación en un rango adecuado de temperaturas, no va a superar los 10 minutos.

4. Aspectos y factores influyentes a tener en cuenta con bajas temperaturas

En lo que sigue se analiza el tiempo disponible para la compactación de la mezcla en estas condiciones desfavorables y los diversos factores que lo determinan

4.1 Segregaciones térmicas

Con bajas temperaturas los riesgos de segregaciones térmicas se multiplican, por lo que deben minimizarse los tiempos de transporte, proteger adecuadamente la carga durante el mismo (lo mínimo son lonas en buen estado para cubrir totalmente la carga, pero pueden ser necesarios aislamientos

térmicos de la propia caja²) y minimizar los tiempos de entrada/salida del camión en la extendidora, dado el peligro de enfriamiento de la mezcla expuesta en tolva y tras la regla en las paradas, siendo difícil evitar áreas con fuerte segregación térmica en la capa.

Por ello, en estos casos, el empleo de Dispositivos de transferencia de material (DTM) rehomonizadores se vuelve crucial.

4.2 Tiempo disponible para la compactación

Con temperaturas bajas, el enfriamiento de la mezcla extendida se acelera, por lo que el tiempo disponible para su compactación se reduce sustancialmente y aumentan los riesgos de compactar fuera del rango de temperaturas adecuado.

Ello hace necesario bajar la velocidad de avance de la extendidora, reduciendo así el tiempo de exposición de la superficie extendida y el área de trabajo de los rodillos, acercando éstos a la extendidora. En su caso, será preciso aumentar el número de compactadores

Entre los distintos factores influyentes en el tiempo disponible para la compactación, además de la temperatura ambiente y viento, son determinantes el espesor de capa y la temperatura de la capa subyacente, aspectos que condicionan sobremanera la viabilidad de extendido en tiempo frío

4.3 Espesor de capa

El factor más crítico en el enfriamiento de la capa extendida es el espesor de la capa. Con espesores gruesos se puede mantener más tiempo la temperatura, mucho más que una capa delgada, en la que el tiempo disponible para su compactación, puede ser notoriamente insuficiente..

En la figura Fig 4 se muestran las curvas de enfriamiento, en condiciones de tiempo frío extremo (0°C en la superficie de apoyo y en el aire) de capas de varios espesores, una delgada de 3 cms, una de AC de 5 cms y una de AC 8 cms de espesor, y la gran diferencia de los tiempos disponibles para su compactación, hasta llegar al fin de la misma a 80°C.

Partiendo del empleo de regla de alta compactación y pudiendo bajar el umbral de la primera pasada de rodillo a

² Las cajas aisladas térmicamente son habituales en los países nórdicos y, desde de 2015, obligatorias en Alemania para extendidos mayores de 18.000 m².

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas

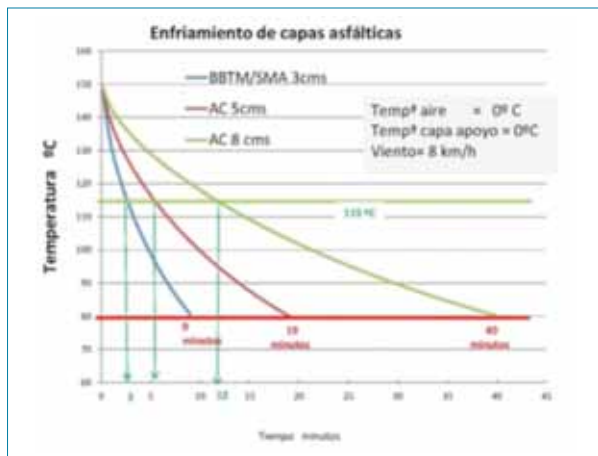


Figura 4. Curvas de enfriamiento de mezclas de distinto espesor (Multicool).

un valor en el entorno de 115°C, los tiempos disponibles para dar las pasadas iniciales en capas de poco espesor, antes de que la mezcla se enfríe por debajo de esa temperatura, son escasísimos y nada viables en capas delgadas; así en las capas de 3 cms de espesor se dispondría de solamente de 3 minutos y el cese de compactación en la misma debería producirse antes de 9 minutos, mientras que en una capa de AC de 5 cms suben a 5 minutos para la primera pasada y 19 minutos para el fin de compactación.

La conclusión es que, en condiciones extremas, la puesta en obra de capas delgadas, de 5 cms o menos de espesor, solo es razonablemente viable si, con reglas con Sistema de Alta Compactación (SAC), se consiguen niveles de densificación en la precompactación muy próximos al final requerido.

Resalta, en cambio, la gran ventaja de la solución bicapa equivalente, la de 8 cms., al aumentar la inercia térmica de la capa conjunta, haciendo viable el extendido de capas delgadas y ultradelgadas en buenas condiciones térmicas, ya que el tiempo disponible para esa primera pasada sube a 12 minutos y el de cese de compactación llega a 40 minutos.

4.4 Precompactación de regla y rodillo de cabeza

Con reglas convencionales, el rodillo de cabeza juega un papel fundamental en la compactación y se podría decir, para mezclas tipo AC habituales, que si la primera pasada se da por debajo de 130/120 °C, puede haber importantes dificultades para alcanzar la densidad requerida. En circunstancias

de temperaturas bajas y capa subyacente fría, el tiempo disponible para dar esa primera e importante pasada por encima de esa temperatura es muy reducido o, incluso, llegar a ser inviable el que se consiga.

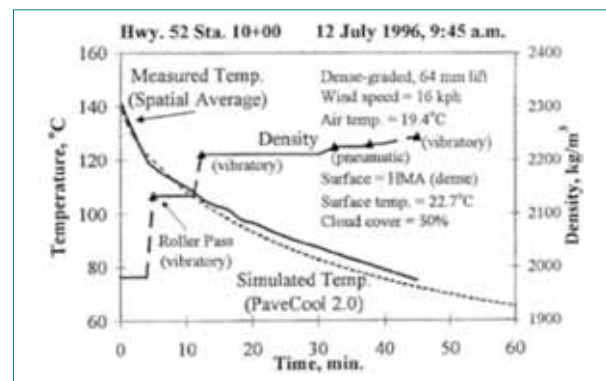


Figura 5. Temperatura y densificación obtenida en cada pasada (Ref.7).

El gráfico de la Figura 5 es muy descriptivo de la importancia de esa primera pasada del rodillo de cabeza en el rango alto de temperatura.

Por ello, cobra especial importancia el maximizar la precompactación de la regla, sustituyendo parcialmente la función de esa primera pasada, para lo cual ha de bajarse velocidad de avance, aunque el modo más eficaz, que puede ser imprescindible, es el de emplear reglas con SAC.

4.5 Temperatura de capa de apoyo

Hay que tener en cuenta que el enfriamiento de la capa se produce, no sólo por la superficie expuesta al aire (en lo que influye la temperatura de éste y el viento) sino también, y en medida algo mayor, en su contacto con la capa de apoyo, contacto que favorece la transmisión de calor entre ambas hasta llegar a una temperatura de equilibrio. Si la superficie de apoyo está muy fría, absorbe gran parte del calor de la capa provocando un rápido enfriamiento de ésta.

En casos delicados, de temperaturas muy bajas o aquellos en los que, a las circunstancias anteriores, se suma el extendido de capas sensibles, como pueden ser las de poco espesor, se puede recurrir a precalentar la superficie de apoyo, con equipos de gas caliente o infrarrojos, del tipo de los habitualmente usados en reciclado en caliente in situ. Ello permi-

te obviar cualquier pérdida de calor en el contacto íntimo de ambas capas y aumenta sensiblemente los tiempos útiles para compactar la capa.

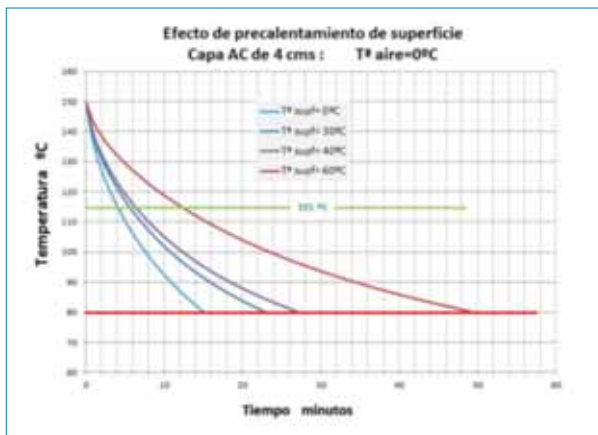


Figura 6 - Efecto de la temperatura de la superficie de apoyo.

El gráfico de la Figura 6 muestra el efecto del precalentamiento en una situación extrema, con temperatura de aire y de la superficie de 0°C y el efecto de precalentar la capa de apoyo, en el extendido de una capa de mezcla tipo AC de 5 cms de espesor. Es una técnica de empleo relativamente frecuente en los países nórdicos, como se muestra en la Figura 7.

4.6 Temperatura de mezcla

En situaciones de bajas temperaturas, no solo hay que superar la dificultad de fabricar la mezcla a la temperatura a

adecuada, a pesar de que los áridos están más fríos y, frecuentemente, más húmedos, sino que es conveniente elevar esa temperatura habitual hasta el límite superior del rango admisible, para compensar la mayor velocidad de enfriamiento en el transporte y en el extendido. En la Fig. 8 se comparan las curvas de enfriamiento de dos mezclas de 5 cms., con temperaturas iniciales de 150°C y de 135°C, en las condiciones límites aceptables según la normativa, ya citadas.

La creciente expansión de las mezclas de baja temperatura atempera algo el problema de enfriamiento, al reducir las temperaturas de puesta en obra y también su velocidad de enfriamiento. Así, con el mismo caso anterior, una típica mezcla semicaliente (WMA), con una reducción de temperatura de 20°C respecto a la AC equivalente y temperatura inicial de 130°C, aunque aplicada con temperaturas ambiente y de superficie de 0°C (por debajo de los límites aceptables por PG.3), tendría unos tiempos disponibles para compactar (rebajando el rango de temperaturas de compactación en 15°C) similares a los de la anterior AC (en una situación límite, aún aceptable por PG3), con una primera pasada a 105°, en vez de los 125° de la AC (Figura 9).

5. Apoyo en capas granulares congeladas

Un caso singular puede presentarse cuando la superficie de apoyo es de tipo granular o permeable, en la cual la infiltración de agua (o nieve) puede haber saturado sus poros, y una situación de temperaturas muy bajas continuadas haya llegado a producir su congelamiento, con la consiguiente ex-



Figura 7- Precalentamiento de superficie, delante del extendido, con equipos con calentadores de gas.

Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas

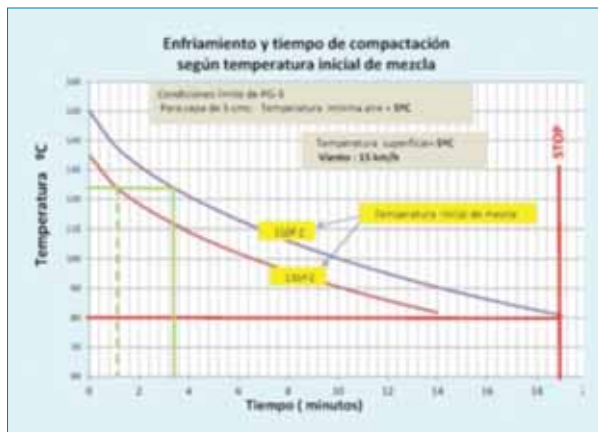


Figura 8. Efecto de la temperatura inicial de mezcla en el TdC.

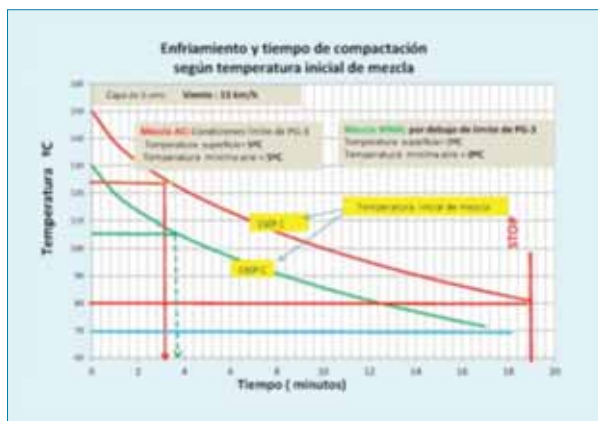


Figura 9. Comparación de WMA a 135°C y AC convencional.

pansión al helarse, de dicha agua de saturación. En ese estado, evidentemente no es aceptable como superficie de apoyo de nuevas capas, siendo necesaria una adecuación previa de la misma una vez que se haya descongelado, recompactando la capa.

Una solución posible, si las temperaturas se mantienen bajas, es aplicar equipos de calentamiento por infrarrojos, como los antes citados, para provocar su descongelación y poder anticipar el reacondicionamiento de la capa. (Fig 9).

6.- Soluciones no convencionales para casos extremos

Hay situaciones extremadamente desfavorables, como ocurre con heladas y viento, además de temperaturas muy bajas, en las que un extendido convencional es absolutamente implan-teable porque los riesgos de calidad serían inasumibles.

Sin embargo, las técnicas disponibles hoy día permitirían otros planteamientos de la metodología de extendido, cuya aplicación es capaz de realizar la puesta en obra de las mezclas en caliente, de modo que la calidad obtenida sea razonablemente buena.

Uno de los procedimientos válidos comprende aplicar un conjunto de medidas como las siguientes:

- Precalentamiento de la superficie helada
- Empleo de DTM rehomonizador, tipo silo móvil para reducir/eliminar paradas de extendido y con vertido protegido de la mezcla a la tolva específica situada en la extendidora.



Figura 10. I-80/I-90/I-94/IL Route 394 Interchange.

- Extendedora con regla de alta compactación, con velocidad reducida y regulada para maximizar densidad inicial
- Número de rodillos aumentado para trabajar en menos número de pasadas y muy cerca de la extendedora en tramos de corta longitud, con disposición en paralelo, si el ancho de calle lo permite.

Con este método, la caída de temperatura se produce sólo en la transferencia de material del DTM a la extendedora, de ahí el proteger la misma y en la pérdida de calor en su contacto con la capa subyacente.

Por ello, si se alcanza un nivel de precompactación próximo al nivel final justo al salir de la regla, la fase de compactación convencional es menos crítica.

Un caso extremo de condiciones adversas en las que hubo que realizar la colocación de MBC, es el que se muestra en la Figura 10, ocurrido durante la construcción de I-80/I-90/I-94/IL Route 394 Interchange, del DOT de Illinois, en 2005. Además de retirar la nieve, se descongeló la subbase granular con equipos de calentamiento de reciclado en caliente in situ, se recompactó la misma y se extendieron MBC con un DTM tipo silo de transferencia, con la compactación reforzada y muy próxima a la extendedora.

Referencias

- Ref. 1 Information about thermal imaging of asphalt paving. Connie Andersson [www.adelo.se].
- Ref. 2 Efecto de la temperatura de compactación sobre el módulo resiliente de las mezclas asfálticas. P.Limon et alt. [Revista Carreteras Nº 163].
- Ref. 3 Influencia de las segregaciones térmicas en el comportamiento mecánico de las mezclas bituminosas Proyecto Fénix. Ramón Botella, García Santiago et alt. [Web Proyecto Fenix].
- Ref. 4 Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3 (Actualización FOM 2523/2014).
- Ref. 5 Manual of contract documents for highway works. Volume 1 Specification for highway works. Series 900 Road pavements. Bituminous bound materials.
- Ref. 6 Washington State Department of Transportation. Standard Specifications for Road, Bridge and Municipal Construction [2008].
- Ref. 7 An asphalt pavement tool for adverse conditions MnDOT Chadbourn, Newcomb 1998.

#27

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“El estado de conservación influye directa y exponencialmente en los costes de uso de los vehículos. Las mezclas asfálticas permiten su rápida adecuación” (I Congreso Multisectorial-AIPCR, número 18)

#HECHOS_ECONÓMICOS