

LOS COLORES DEL ASFALTO

TÉCNICAS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS
TRABAJOS DE COLOCACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN
CALIENTE, APOYÁNDOSE EN EL USO DE TECNOLOGÍA
INFRARROJA Y VEHÍCULOS DE TRANSFERENCIA DE MATERIAL



AUTOR: ING. RAMZI MARTÍNEZ
INVERSIONES COFLÁN, C.A.



www.coflan.com

LOS COLORES DEL ASFALTO: TÉCNICAS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS TRABAJOS DE COLOCACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, APOYÁNDOSE EN EL USO DE LA TECNOLOGÍA INFRARROJA Y EL VEHÍCULO DE TRANSFERENCIA DE MATERIAL.

Ángel Martínez¹, Eduardo Martínez², Rafael Martínez³,
Ramzi Martínez⁴, Ricardo Martínez⁵

¹ Inversiones Coflan, C.A., Maracay, Venezuela, aamc07@icloud.com

² Inversiones Coflan, C.A., Maracay, Venezuela, raude58@hotmail.com

³ Inversiones Coflan, C.A., Maracay, Venezuela, r25657@hotmail.com

⁴ Inversiones Coflan, C.A., Maracay, Venezuela, ramzimartinez@coflan.com

⁵ Inversiones Coflan, C.A., Maracay, Venezuela, ricma92@hotmail.com

Resumen

Uno de los parámetros más importantes que deben ser controlados en trabajos de colocación de Mezclas Asfálticas en Caliente (MAC) es la temperatura de compactación. De ésta dependen muchas características que una carpeta de Concreto Asfáltico (CA) debe poseer para cumplir cabalmente con su objetivo: Proporcionar al usuario una superficie de rodamiento confortable, segura y durable.

De la temperatura de compactación dependen ciertos parámetros de la carpeta de CA, como la densidad, el índice de rugosidad internacional y el módulo resiliente. Dichos parámetros están relacionados directa o indirectamente con la resistencia de la carpeta de CA, con el confort percibido por los usuarios y con los años de servicio que tendrá la vía construida o rehabilitada; por lo que el objetivo primordial de toda empresa pavimentadora deberá ser alcanzar valores favorables y uniformes de dichos parámetros en todo el tramo intervenido, es decir, lograr homogeneidad, y para conseguir esto es indispensable obtener una distribución uniforme de la temperatura de la MAC durante el extendido y compactación.

Aun cuando la temperatura de la MAC es un parámetro tan fundamental y determinante, los procesos convencionales con los que generalmente se ejecutan los trabajos de pavimentación no permiten alcanzar distribuciones uniformes de temperaturas. Es por este motivo que se incorpora a los trabajos de pavimentación la tecnología infrarroja y el Vehículo de Transferencia de Material (MTV), con la finalidad de controlar la segregación térmica y granulométrica, y garantizar la homogeneidad de la carpeta de CA construida.

En este trabajo se denudará la principal razón de la poca duración de nuestros pavimentos y se presentará la influencia de los diferenciales de temperatura presentes en la MAC y los beneficios derivados de la implementación la tecnología infrarroja y del MTV como elementos para el aseguramiento de la calidad. *Se revelarán los colores del asfalto.*

Palabras clave: Tecnología infrarroja, termografía, temperatura, vehículo de transferencia de material, calidad.

1 Introducción

Las Mezclas Asfálticas en Caliente (MAC) son unos de los materiales más utilizados a nivel mundial en la construcción de vialidad debido a su alta resistencia a la fatiga, a su elasticidad, a su durabilidad y economía entre otras características. En Venezuela son varios los esfuerzos que se han realizado para aumentar la calidad de la MAC producida, pero son pocos los esfuerzos que se han hecho a nivel de campo para que el proceso de extendido y compactación sea realmente el óptimo y permita aprovechar todo el potencial y bondades del material.

Es muy probablemente por esta razón que una notoria cantidad de los trabajos de vialidad ejecutados en los últimos años no han cumplido satisfactoriamente con los objetivos para los que fueron construidas: proporcionar vías de comunicación seguras, resistentes y durables a los usuarios.

La temperatura de compactación es sin lugar a dudas el parámetro en obra que más incidencia tiene en las propiedades finales de una carpeta de Concreto Asfáltico (CA), pero a pesar de ser un parámetro tan fundamental y determinante, los procesos convencionales con los que generalmente se ejecutan los trabajos de pavimentación no permiten alcanzar distribuciones uniformes de temperaturas y dicha variabilidad incide negativamente en el resultado final del trabajo.

En este trabajo se denudará la principal razón de la poca duración de nuestros pavimentos y se presentará la influencia de los diferenciales de temperatura presentes en la MAC y los beneficios derivados de la implementación la tecnología infrarroja y del MTV como elementos para el aseguramiento de la calidad.

2 Importancia de la temperatura de compactación de una MAC

La consistencia del cemento asfáltico se define como el grado de fluidez, o resistencia a la deformación, del material a una temperatura determinada. Esta es una característica fundamental de cualquier asfalto y es por ésta razón que es considerado un material “termoplástico” o “termodependiente”, es decir, que su consistencia cambia con la temperatura: mientras más caliente esté un asfalto menor será su viscosidad, o lo que es lo mismo, será más fluido. Esta característica es conocida como susceptibilidad a la temperatura y es una de las propiedades más valiosas de un cemento asfáltico^[1].

Una MAC está compuesta principalmente por una combinación de agregados pétreos y cemento asfáltico a una temperatura específica. Si bien el contenido de cemento asfáltico es, en promedio, de solo el 5% del peso total de la MAC, esta pequeña cantidad es suficiente para conferir a la MAC propiedades termoplásticas, por lo que su consistencia dependerá también de la temperatura.

Una temperatura óptima de compactación es aquella en la cual la MAC tiene una consistencia tal que permite el reordenamiento de las partículas de agregado y la salida del aire contenido sin que se presente desplazamiento de la carpeta producto de la aplicación de la energía de compactación. Cuando la MAC es compactada a una temperatura inferior a la requerida se dificulta el proceso de compactación ya que la MAC no tiene la fluidez necesaria y, por el contrario, la rigidez que le confiere la falta de temperatura imposibilita la obtención del nivel de densificación necesario.

En la Figura 1 se puede observar de una forma gráfica la incidencia de la temperatura de compactación en la cantidad de vacíos de aire, o lo que es lo mismo, en la densificación de la carpeta de CA. Se puede concluir que a mayor temperatura de compactación mayor será el grado de densificación alcanzado^[2].

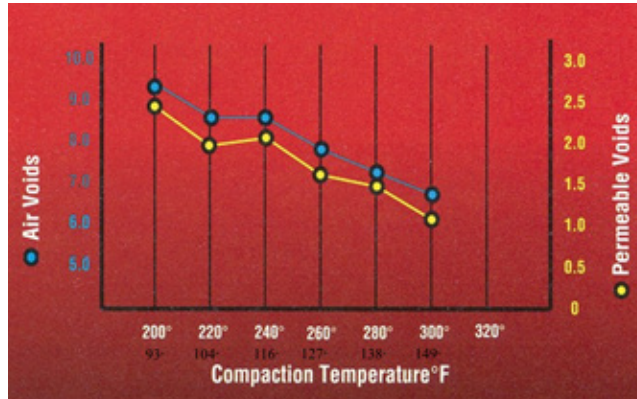


Figura 1 Efecto de la temperatura en los vacíos de aire

El grado de densificación de una carpeta de CA es de gran importancia ya que este influye en el grado de resistencia a la fatiga, resistencia al ahuellamiento, en la permeabilidad y en la durabilidad de la misma. En términos de máxima durabilidad del pavimento, el contenido de vacíos de aire o la densidad de la mezcla es probablemente la característica más importante de rendimiento bajo tráfico. Si el contenido de vacíos de aire en la carpeta de Concreto Asfáltico (CA) es adecuada (menos del 7%), la estructura del pavimento debe funcionar bien bajo la carga de vehículos, incluso con pequeñas variaciones en el diseño de la mezcla. Pero si el nivel de densidad obtenida durante el proceso de compactación es demasiado baja (un contenido demasiado elevado de vacío de aire), la mezcla no será duradera incluso con un diseño de mezcla "perfecto", e incluso sin ningún otro problema presente ^[3].

Las Figuras 2 y 3 fueron obtenidas a partir de ensayos realizados en el equipo Asphalt Pavement Analyzer (APA) en el año 1.989 ^[2] y en ellas se puede evidenciar las consecuencias, en términos de resistencia, de no alcanzar los niveles de compactación requeridos.

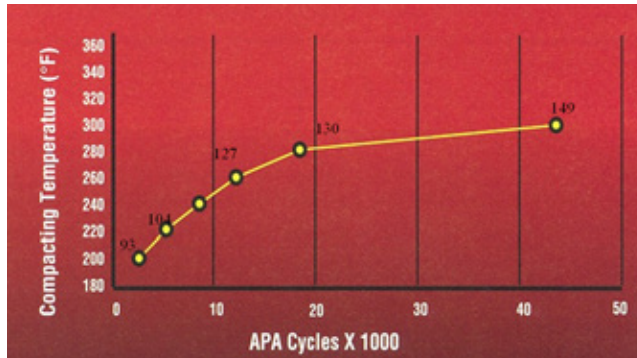


Figura 2 Efecto de la temperatura en la resistencia a la fatiga

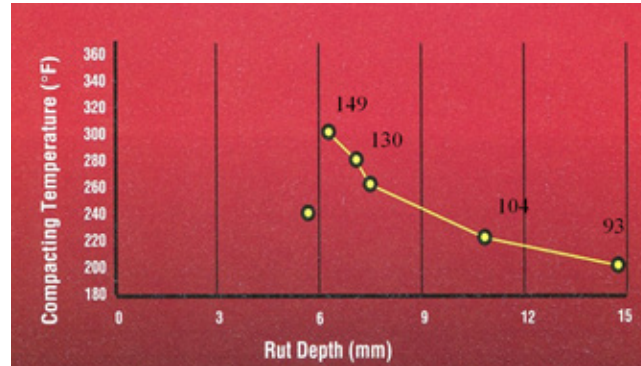


Figura 3 Efecto de la temperatura en la resistencia al ahuellamiento

En la Figura 2 se puede observar que a mayor temperatura de compactación mayor es el número de ciclos de aplicación de carga necesarios para producir la falla por fatiga del elemento ensayado, lo que se traduce en una mayor resistencia. Mientras que de la Figura 3 se concluye que mientras menos caliente se compacte la carpeta de CA menos resistente al ahuellamiento será la misma.

3 Segregación térmica en una carpeta de CA

El término Segregación Térmica se refiere a la distribución no homogénea de la temperatura de la MAC en toda su superficie. En la Figura 4 se puede observar una imagen termográfica con un alto nivel de segregación térmica. En la imagen se presentan puntos fríos de hasta 80°C y puntos calientes de hasta 135°C, lo que se traduce como un diferencial de temperatura en la superficie de hasta 55°C.

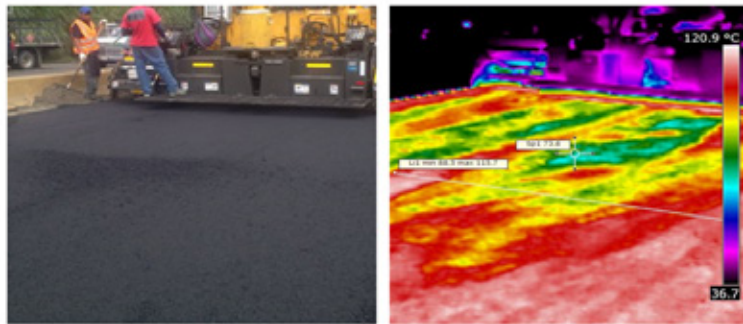


Figura 4 Segregación térmica severa en carpeta de CA

La segregación térmica es un fenómeno altamente nocivo en términos de compactación de carpetas de CA. En el tópico anterior se presentó la influencia de la temperatura en la compactación de carpetas de CA y se expuso que a menor temperatura, menores serán los niveles de compactación obtenidos. El inconveniente de la segregación térmica es que al haber diferentes temperaturas en un área específica a ser compactada, se obtendrán diferentes densidades y, en consecuencia, diferentes magnitudes para las propiedades mecánicas deseadas en la carpeta.

3.1 Proceso de Compactación en una carpeta de CA con segregación térmica

La densificación o compactación de una carpeta de CA consiste en lograr un aumento de la densidad por medio de la expulsión del aire que se encuentra adentro de la carpeta recién extendida a través del reordenamiento de las partículas de agregado. Para lograr esto se requiere de la aplicación de energía de compactación. Este reordenamiento de las partículas produce una reducción del volumen (reducción del espesor carpeta de CA), causando el aumento de la densidad. La Figura 5 ilustra dicha reducción de espesor.

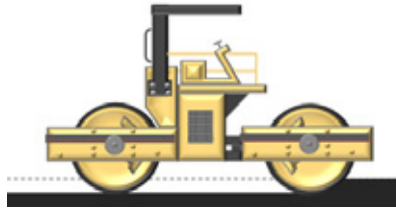


Figura 5 Reducción de espesor en el proceso de compactación

Cuando la carpeta de CA presenta segregación térmica se presentan dificultades adicionales ya que al no ser homogénea la temperatura, los cambios de espesor no serán uniformes, por lo que se genera una superficie irregular. (Figura 6)

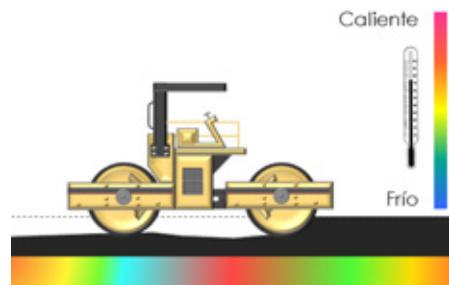


Figura 6 Reducción de espesor en el proceso de compactación con segregación térmica

Como la MAC es un material termoplástico, los diferenciales de temperatura en ella se traducen en diferentes consistencias, por lo que al ser compactada se alcanzarán diferentes densidades, que se trasladan a la carpeta de CA como diferentes espesores y diferentes propiedades mecánicas a lo largo y ancho de toda su superficie. Es por esta razón que la segregación térmica produce carpetas de CA con superficies irregulares, con muchas deformaciones y con un IRI (Índice de Rugosidad Internacional) elevado, lo cual genera pavimentos con un bajo nivel de confort y seguridad para los usuarios y defectuoso en términos de resistencia.

3.2 Problemas asociados a la segregación térmica

La segregación térmica ha sido objeto de estudio durante los últimos 15 años. Durante mucho tiempo se han hecho muchos esfuerzos por desarrollar nuevas metodologías de diseño de pavimentos y nuevas metodologías de diseño de MAC. Si bien se han obtenido resultados muy importantes, interesantes y favorables con dichas investigaciones, se siguieron presentando muchas fallas en los pavimentos. Es por esa razón que se inició un cúmulo de investigaciones enfocadas en las técnicas de extendido y compactación y, especialmente, en la segregación

térmica. La segregación térmica fue propuesta por primera vez en el año 1996 por el centro de transporte del estado de Washington, EEUU. En dicha investigación concluyen que en 69 perfiles de densidad tomados de más de 17 proyectos diferentes se encontró que diferenciales de temperatura superiores a 14°C resultaron en defectos de densidad en el 90% de los casos ^[4].

Trabajos de investigación más recientes, como los elaborados en la universidad politécnica de Catalunya en el año 2.009, se concluyó que “la segregación térmica es, en el 90% de los casos, la autora del fallo prematuro de la capa asfáltica” ^[5].

3.3 Técnicas para el control de la segregación térmica

La segregación térmica puede ser reducida notablemente tomando en cuenta algunas consideraciones. La principal causa de la segregación térmica está relacionada con el transporte de la MAC, pero también hay causas específicas que están directamente relacionadas con los procedimientos de extendido y compactación.

3.3.1 Parada prolongada de la Finisher (extendedora)

Se ha observado que en los puntos en los que la Finisher se detiene por un tiempo prolongado se presenta un patrón frío en la carpeta extendida. Estas franjas frías generan segregación térmica. En algunos casos, cuando los calentadores del screed no son utilizados adecuadamente, se produce además una franja caliente que aumenta el diferencial térmico, como se puede observar en la Figura 7. Esto puede ser reducido disminuyendo al mínimo las paradas del equipo.

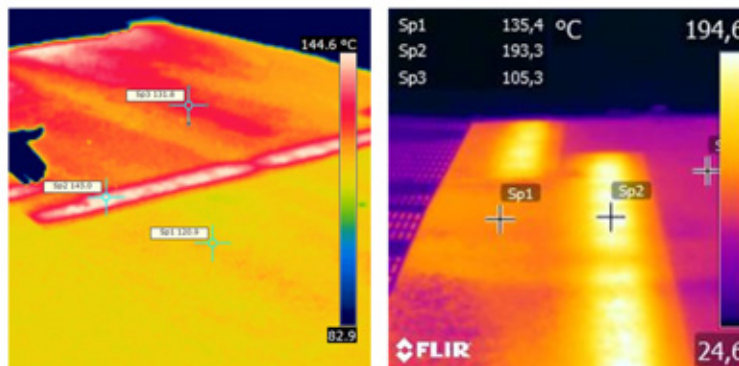


Figura 7 Efectos de la parada prolongada de la Finisher

3.3.2 Nivel de la cabeza de material

Se refiere a la altura de la pila de material extendida por el tornillo sinfín antes de ser precompactada por el screed. Un nivel correcto de la cabeza de material será aquel que cubra aproximadamente el 75% del diámetro del tornillo sinfín, como se puede observar en la Figura 8.

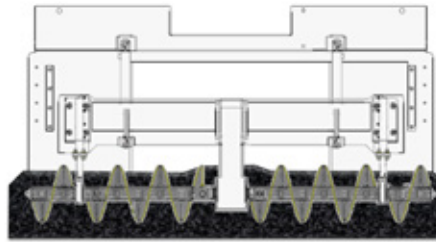


Figura 8 Nivel correcto de la cabeza de material

Durante el extendido de la MAC se adhiere al screed una capa de material fino y frío con muy poca resistencia y consistencia (Figura 9). Esa capa de material no deseada se mantiene adherida al screed gracias a la presión que ejerce sobre ella el peso de la cabeza de material, pero cuando el nivel de la cabeza de material es baja o insuficiente, el material adherido pierde soporte y colapsa, cayendo sobre el tornillo sinfin y extendiéndose en la carpeta, generando puntos fríos, sin resistencia mecánica y con muy poca consistencia. En la Figura 10 pueden observarse dichos puntos visualizados a través de una cámara termográfica.

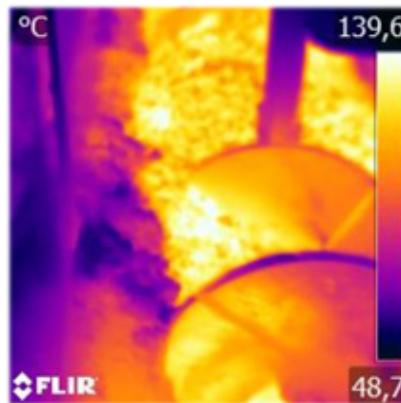


Figura 9 Imagen termográfica del material frío adherido al screed

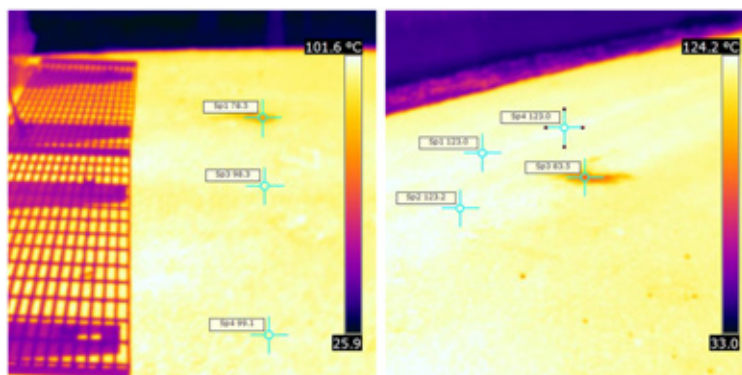


Figura 10 Imagen termográfica del material frío en la carpeta de CA extendida

3.3.3 Descarga completa de la tolva de la Finisher

Al igual que en el apartado anterior, durante el extendido de la MAC se adhiere en la tolva de la Finisher una capa de material. En muchas ocasiones el operador del equipo eleva las alas de la tolva con la finalidad de consumir ese material adherido. Dicha práctica genera el extendido de un material de calidad francamente inferior al resto de la MAC y con una temperatura definitivamente inferior a la necesaria. Dicha situación debe ser evitada a toda costa. Las alas de la tolva solo deberían elevarse al final de la jornada y el material resultante deberá ser extraído de la carpeta. La segregación térmica obtenida con esta práctica suele ser severa, como se observa en la Figura 11.

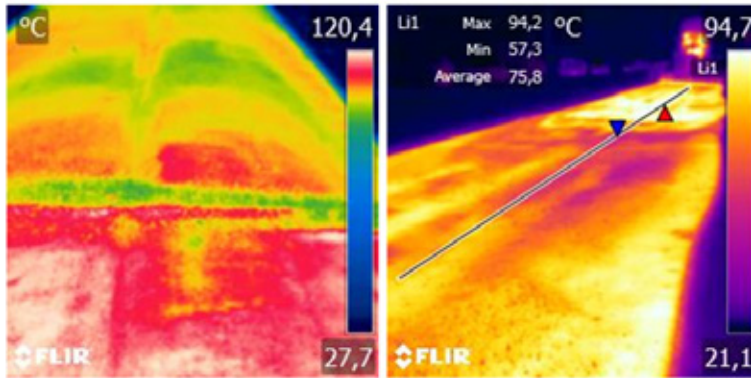


Figura 11 Imagen termográfica del resultado de la descarga total de la tolva de la Finisher

3.3.4 Segregación térmica producto del transporte de la MAC

Durante el transporte de la MAC se produce una transferencia de calor entre el material, la tolva del camión y el medio ambiente. La MAC que se encuentra en contacto directo con la tolva del camión y el medio ambiente se enfría de una forma particularmente acelerada. Si bien la pérdida de temperatura promedio de la masa de MAC es de aproximadamente 1°C por hora, el nivel de segregación térmica que se produce es extremadamente alto. La Figura 12 muestra las imágenes termográficas de dos tolvas de camión justo antes de descargar en la Finisher. En promedio se han medido diferenciales térmicos de hasta 60°C.

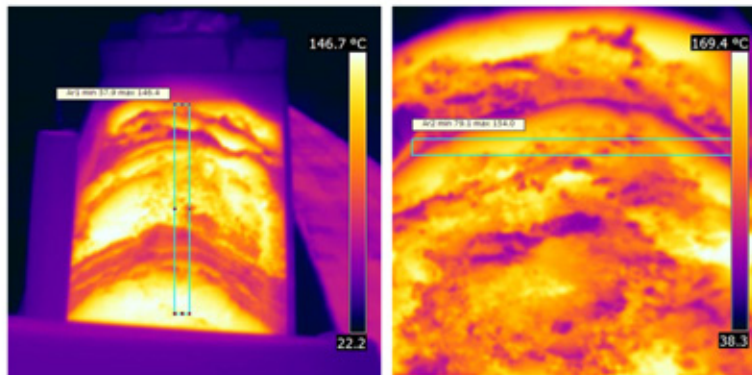


Figura 12 Segregación térmica en los camiones

En los ángulos internos de la tolva el efecto de enfriamiento se hace mayor porque existe una mayor superficie de contacto, y es en estos puntos en los que se forman enormes masas de MAC fría. En la Figura 13 se muestra una imagen termográfica de una tolva de camión recién descargada. Obsérvese que en los ángulos internos la temperatura es inferior.

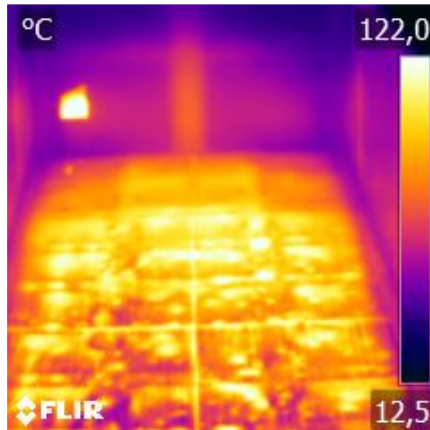


Figura 13 Patrón térmico en los camiones

La imagen 14 muestra algunas masas frías producto de este fenómeno, nótese que las masas frías tienen ángulos rectos producto de la geometría de la tolva del camión.

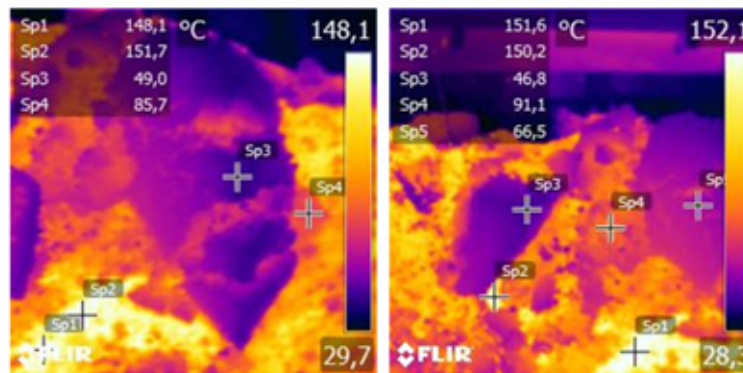


Figura 14 Masas frías producidas durante el transporte de la MAC

Este enfriamiento producto del transporte puede ser reducido con distancias de acarreo más cortas y usando lonas protectoras que eviten el contacto directo con el medio ambiente. Sin embargo, esta fuente de segregación térmica es inevitable, y generalmente es la fuente de generación de los altos niveles de segregación térmica presentes en la mayoría de los trabajos de pavimentación. En los últimos años, la industria de la pavimentación ha reconocido la importancia de controlar efectivamente la segregación térmica y ha desarrollado nuevas tecnologías con la finalidad de eliminarla.

El Shuttle Buggy (SB) es un Vehículo de Transferencia de Material (MTV) con un silo móvil que permite el remezclado de la MAC justo antes de la carga de la Finisher. En la Figura 15 se puede observar el esquema de funcionamiento del equipo.

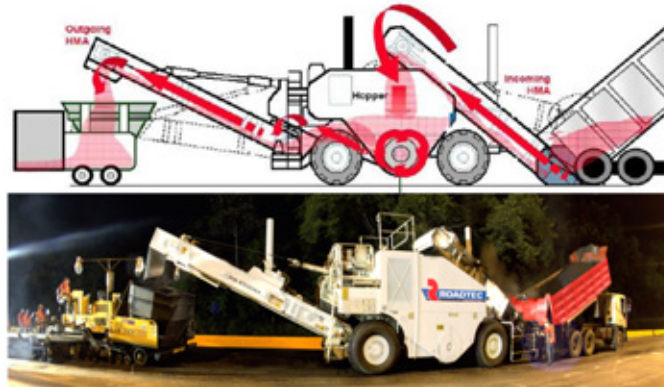


Figura 15 Esquema de funcionamiento de un SB

El Shuttle Buggy es un equipo que transfiere la carga desde el camión a la Finisher. Durante la transferencia se produce el remezclado de la MAC, eliminando por completo la segregación térmica y granulométrica producida durante el transporte y el tiempo de espera.

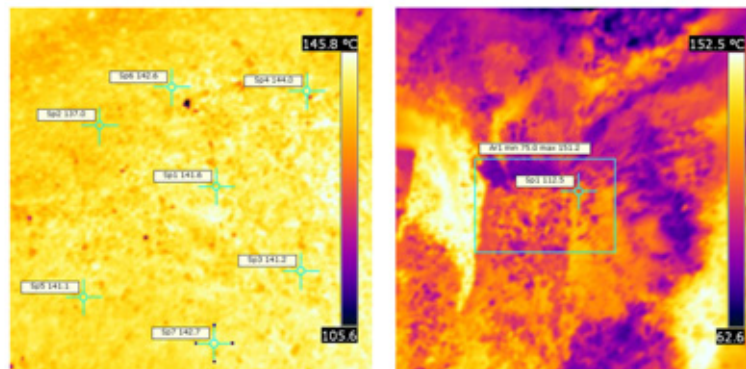


Figura 16 Tolva de Finisher usando SB vs. Tolva de Finisher sin SB

La gran ventaja del Shuttle Buggy radica en la posibilidad real de que el control de la segregación térmica de la carpeta de CA dependa ciertamente de la calidad de los trabajos de extendido y compactación.

Existen diferentes versiones de Vehículos de Transferencia de Material, pero principalmente se dividen en dos tipos: los que tienen silo de remezclado y los que no lo tienen. Solo los equipos con silo de remezclado son capaces de eliminar la segregación térmica. En la siguiente Figura 17 se puede observar las conclusiones de un estudio realizado en España en los que se compara el grado de segregación térmica en función de los equipos de control de segregación utilizados durante el extendido.

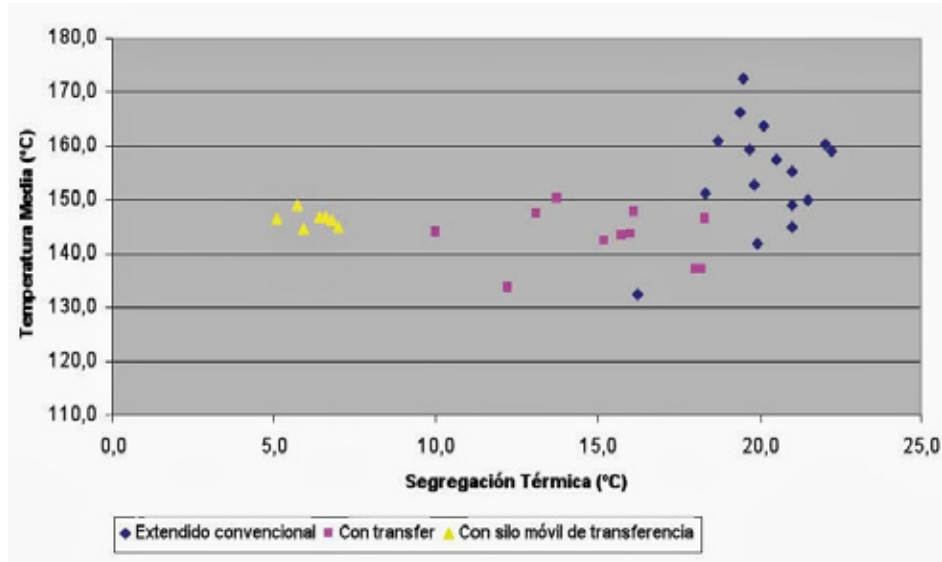


Figura 17 Niveles de segregación para diferentes equipos de control de segregación

Como se puede observar en la imagen, los diferenciales de temperatura sin equipo de control de segregación resultan, en promedio, superiores a 21°C. Con el MTV sin silo la segregación disminuye, pero no es controlada ya que aún existen diferenciales de 15°C en promedio con una variación elevada. Ahora, con el MTV con silo de remezclado se puede observar un obvio control de la segregación térmica en la que los diferenciales térmicos resultan en 7°C en promedio [6].

La figura 18 muestra una comparación tomada en obra entre una carpeta extendida usando métodos convencionalmente y una extendida utilizando un Shuttle Buggy para el control de la segregación térmica.

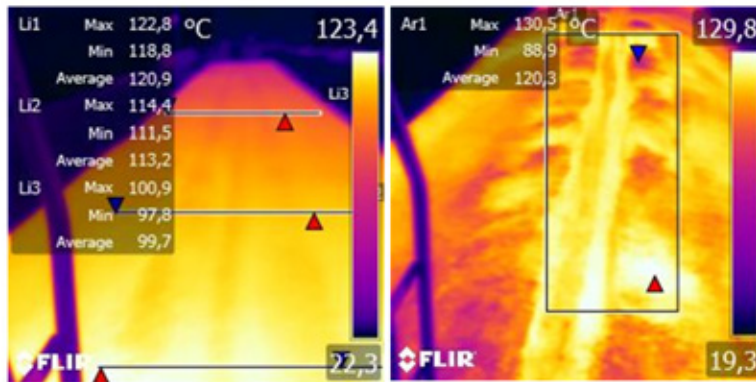


Figura 18 Carpeta extendida usando SB vs. Carpeta extendida sin SB

En las Figura 19 se pueden observar imágenes térmicas de carpetas de CA recién extendidas en las que la segregación térmica fue controlada a través de uso de un Shuttle Buggy y de los correctos procedimientos de extendido.

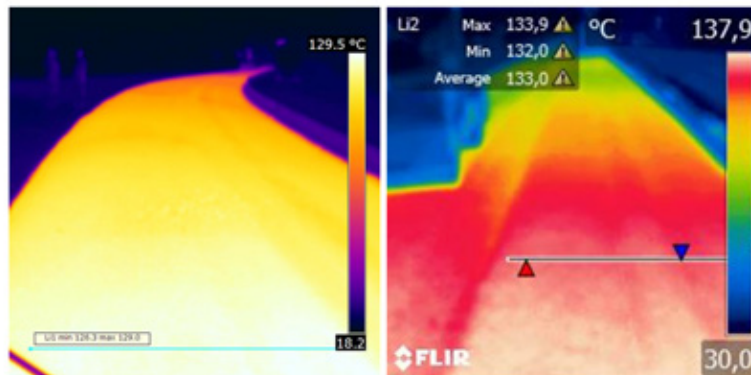


Figura 19 Los colores del asfalto, segregación térmica controlada mediante el uso del SB

La homogeneidad térmica lograda mediante el uso del Shuttle Buggy permite la construcción de pavimentos planos, resistentes, confortables, seguros y durables. El uso de tecnología infrarroja permite la detección de malas prácticas y fallas en los procedimientos de extendido que pudieran ser corregidos en tiempo real. Además, la tecnología infrarroja resulta ser una herramienta inmejorable en términos de formación de personal, porque el trabajador puede literalmente observar, de forma simple y en tiempo real, que sus acciones efectivamente influyen positiva o negativamente en la calidad de los trabajos.

Las circunstancias actuales no admiten errores, cada trabajo debe ser ejecutado con extrema dedicación, con la convicción de que se está haciendo lo mejor posible. Por favor, ya no veamos más a las Mezclas Asfálticas en Caliente como esa masa negra y caliente que todo lo soporta, ya es el momento de que empecemos a ver **Los colores del Asfalto**.

4 Referencia bibliográficas

- [1] Corredor, G. "Apuntes de pavimentos. Volumen 2: Mezclas Asfálticas, materiales y diseño". Universidad Santa María, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Caracas, Venezuela, 2.008.
- [2] Janoff, M. "The Effect of Increased Pavement Smoothness On Long Term Pavement Performance & Annual Pavement Maintenance Cost". NAPA metting. EEUU, 1.990.
- [3] Scherocman, James A.; Martenson, Earl D. (1984). "Placement of Asphalt Concrete Mixtures". American Society for Testing and Materials. EEUU. 1.984.
- [4] Willoughby, K. "Construction-related asphalt concrete pavement temperature differentials and the corresponding density differentials". Washington State Transportation Center. EEUU. 2.001.
- [5] González, E. "Factores que influyen en la heterogeneidad de la fabricación y extendido de las mezclas bituminosas en caliente así como el efecto en su comportamiento". Barcelona, España. 2.009.
- [6] Jacinto, L. "Control de segregación térmica y granulométrica en obra: experiencia española". España, 2.014.