

CONSIDERACIONES GENERALES DE LAS PRÁCTICAS DE PAVIMENTACIÓN Y SU AFECTACIÓN EN LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DE CAPAS DE MEZCLA ASFÁLTICA COLOCADAS COMO SUPERFICIE DE PAVIMENTO

Ing. Víctor Cervantes Calvo
victor.cervantes@ucr.ac.cr
Unidad de Auditoría Técnica

El propósito principal del proceso de colocación de mezcla asfáltica en caliente (MAC) con pavimentadora es distribuir la mezcla asfáltica en el espesor y ancho deseado, con el nivel de inclinación requerido de acuerdo con la pendiente transversal. Además, se procura que se produzca una regularidad uniforme en la capa de pavimento terminada, proveyendo una mejor confortabilidad al usuario al transitar sobre la calzada.

La pavimentadora se compone de dos partes principales: la unidad de tracción y la unidad enrasadora (regla o reglón), tal como se muestra en la Figura 1.

La **unidad de tracción** proporciona la fuerza motriz y el empuje al camión de transporte ubicado enfrente de la pavimentadora

durante el proceso de descarga. También transfiere la mezcla asfáltica desde la tolva receptora (ubicada en la parte delantera) hacia los tornillos sinfín (en la parte posterior) mediante el alimentador de cadenas.

La **unidad enrasadora** está acoplada a la unidad de tracción en un solo punto, a cada lado de la pavimentadora (punto de remolque), por lo que se considera que el reglón o regla "flota" sobre la capa de mezcla asfáltica que se extiende. La regla logra el espesor, la textura y compactación inicial de la mezcla que pasa por debajo de la misma.

En la Figura 2 se muestra con mayor detalle algunos de los componentes principales de una pavimentadora.

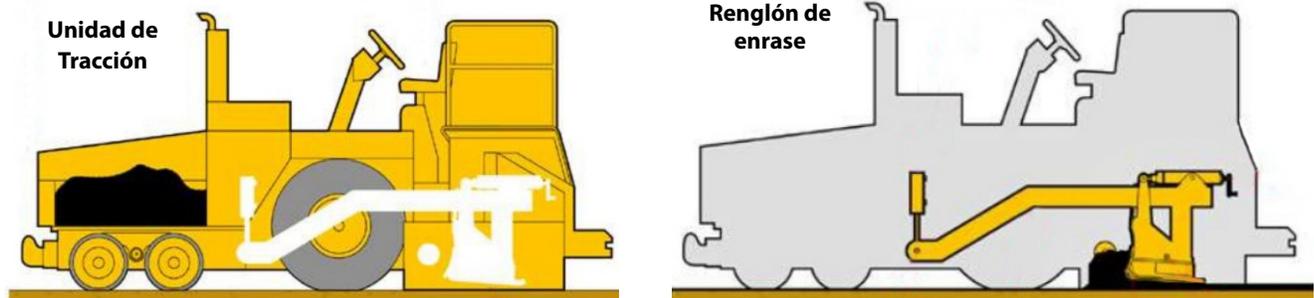


Figura 1. Componentes generales de una pavimentadora.

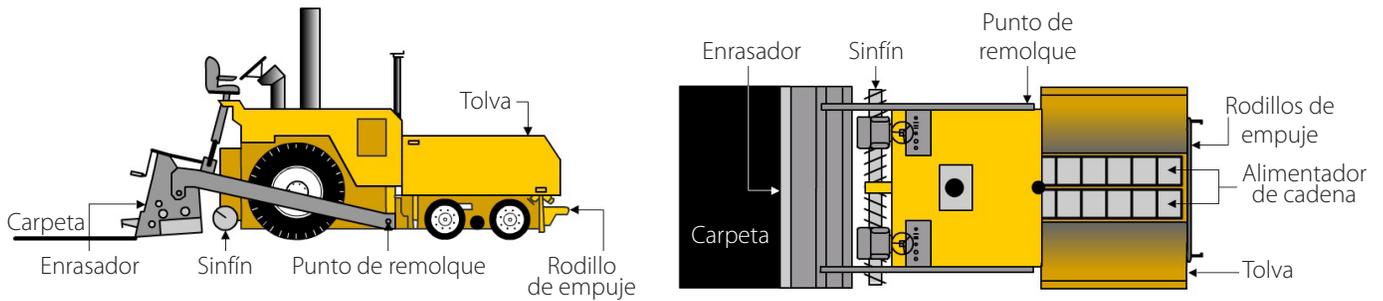
Tomado de: Fundamentals of asphalt paving, 2016.

(<https://www.slideshare.net/GLADIADORVASCO/fundamentals-of-asphalt-paving>.)

Tolva: área de almacenamiento temporal de la MAC durante la descarga de la mezcla asfáltica para el extendido.

Bandas transportadoras: Consiste en dos cintas transportadoras que acarrean la MAC desde la tolva a los tornillos de distribución, cada una con operación independiente.

Compuerta de alimentación: conjunto de puertas que regulan el flujo de material que llega a los tornillos de distribución, según el ajuste vertical que tengan.



Tornillo de distribución o "sinfín": dos serpentines que tienen la función de distribuir uniformemente la carga de MAC frente al reglón de extensión, cada uno con operación independiente.

Reglón de extensión: establece el ancho, espesor y textura inicial de la capa de MAC. Además proporciona la regularidad de la capa de rodadura. La regla "flota" sobre la capa de MAC colocada.

Figura 2. Componentes específicos de la pavimentadora.

Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Washington Asphalt Pavement Association, 2010.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN

Al comenzar el proceso de colocación y extendido de la MAC, primero se debe llenar la tolva de la pavimentadora con mezcla asfáltica directamente desde un camión de transporte o indirectamente por medio de un vehículo de transferencia de material (VTM). Ver Figura 16.

Cuando se realiza de forma directa, el camión se ubica delante de la pavimentadora para ser empujado hacia adelante por la unidad de tracción. Luego las bandas transportadoras acarrean la MAC desde la tolva hacia la parte posterior de la máquina, en ese momento los tornillos de distribución comienzan a girar para extender la mezcla a todo lo ancho de la regla. Cada uno de los tornillos de distribución operan en conjunto con el alimentador de cadena (ver Figura 3), lo que permite un control independiente de la cantidad de MAC en cada uno de los lados de la pavimentadora. En la unidad de extendido, la regla se precalienta inicialmente, para después iniciar con la nivelación y compactado parcial de la MAC mediante la acción de su peso y acción vibratoria.

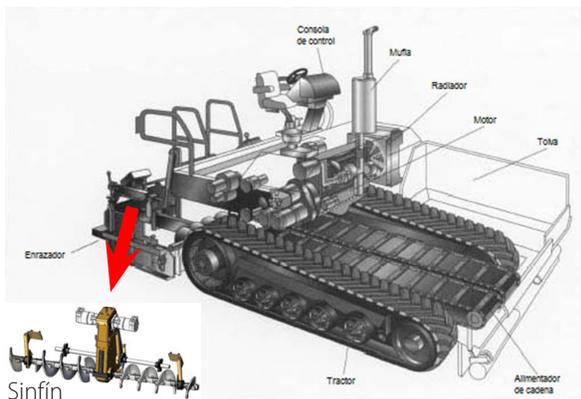


Figura 3. Componentes internos de la pavimentadora. Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Cavette, s.f.

Una vez que se ha extendido la capa de mezcla asfáltica, se termina de densificar la capa con un compactador, sea de tambor metálico o de llantas de hule. El grado inicial de compactación resultante al extender la mezcla asfáltica dependerá de la pavimentadora utilizada y la capacidad de pre-compactación mediante placas vibratorias. Algunas de ellas proveen una compactación suficiente, donde sólo haría falta una compactación final de acabado, generalmente con compactadores neumáticos. En la Figura 4 se muestran algunos de los componentes internos.

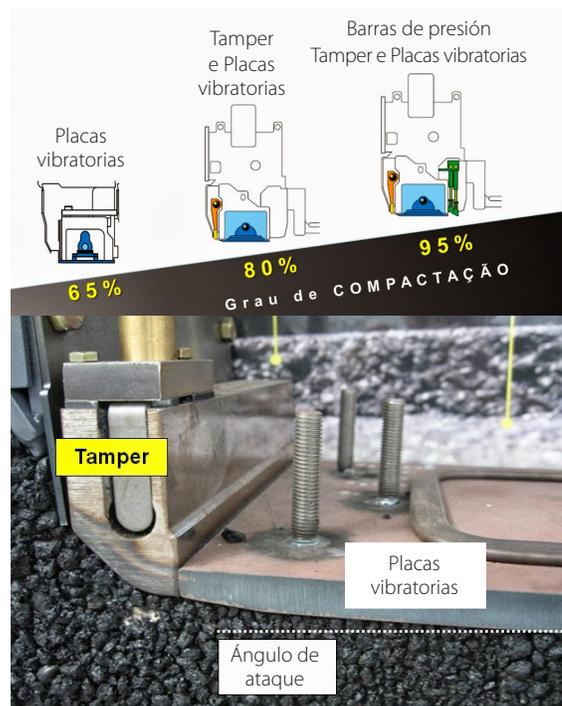


Figura 4. Placas de vibración y tamper. Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Gewehr, 2013.

Funcionamiento (concepto) de la unidad de enrasado

La unidad de enrasado está unida a la unidad tractora de un punto en cada lado de la unidad de tracción de la pavimentadora. Los puntos de remolque consisten en conexiones con pasadores que permiten a los brazos de nivelación o brazos laterales del reglón girar o pivotar alrededor de esos puntos. Este tipo de conexión con pasador reduce la transmisión de movimiento entre la unidad de tracción y la unidad enrasadora.

El concepto de los puntos de remolque y la regla de flotación libre permite a la unidad tractora proveer movimiento a la unidad enrasadora. El reglón rota alrededor de los puntos de remolque, que están ubicados en la unidad tractora y en la mayoría de las pavimentadoras¹ responden a la pendiente promedio que está alcanzando la unidad de tracción. Al pavimentar sobre pendientes irregulares, la unidad de tracción puede moverse como un sube y baja, sin cambiar la línea de tracción en el enrasador.

Debido a la forma en cómo el reglón está unido al tractor, actúa de una manera similar a la de un esquiador en agua que es jalado por una lancha rápida. A medida que la lancha va más rápido, el esquiador sale más del agua, y el ángulo de los esquís en el agua disminuye. Aplicando el mismo concepto, conforme la extendidora va más rápido, el ángulo de ataque (Figura 5) de la regla disminuye y la capa colocada por la pavimentadora es más delgada.

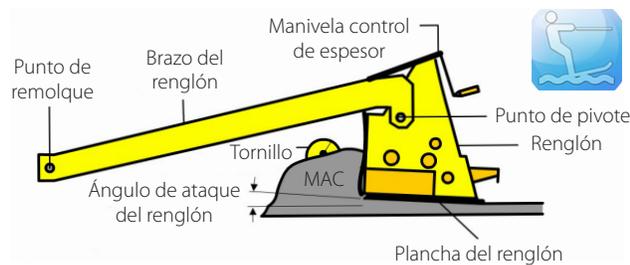


Figura 5. Unidad de enrasado de la pavimentadora (reglón de enrase).

Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Pavement Interactive, 2012.

Si el esquiador se desplaza despacio sobre una superficie de agua, el ángulo de ataque de los esquís se mantendrá constante. Por el contrario, si el esquiador intenta cruzar la estela de agua dejada por la lancha, el ángulo de ataque de los esquís aumentará a medida que sube más sobre la ola. De igual forma actúa el enrasador; si la carga de material delante de la regla incrementa, el ángulo de ataque de la regla aumentará a medida que esta reacciona al aumento de carga (fuerza de empuje) sobre la misma; resultando una capa de mayor espesor.

Conociendo esto, es importante garantizar una velocidad constante adecuada y cuidar que la cantidad de mezcla que se distribuye al enrasador sea también constante y bien balanceada. De esta manera, se logra obtener capas con buena regularidad superficial y de acuerdo con un espesor deseado.

¹ Las pavimentadoras modernas tienen incorporados sistemas servo-hidráulicos que permiten compensar estos cambios en la superficie de rueda.

Factores que afectan la regularidad del espesor colocado en la capa

Durante el proceso de colocación y extendido de la mezcla asfáltica existen diferentes fuerzas que actúan constantemente sobre la regla enrasadora conforme la pavimentadora coloca la mezcla (Ver Figura 6). **La primera** es la fuerza de remolque de la unidad de tracción, que varía a medida que la velocidad aumenta o disminuye, influyendo en el ángulo de ataque de la regla. **La segunda** es la carga o cantidad de mezcla asfáltica empujando contra la regla, conforme la cantidad de mezcla varía en el compartimiento de los tornillos de distribución, el empuje contra la regla cambia y por ende, se tiene un nuevo ángulo de ataque para compensar estos cambios en las fuerzas de sobre la regla.

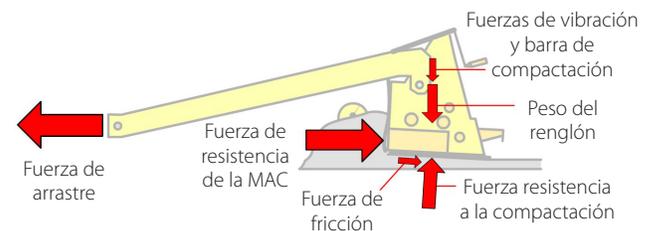


Figura 6. Fuerzas que actúan en la regla de enrasado (reglón de enrase).

Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Pavement Interactive, 2012.

Se debe procurar que las fuerzas que actúan sobre el enrasador se mantengan en equilibrio para lograr que la regla permanezca en un ángulo de ataque constante cuando es remolcado por la unidad de tracción. Cuando se produce un cambio en cualquiera de las fuerzas, la regla se eleva o desciende y por tanto, el espesor de la capa aumentará o disminuirá.

1. Velocidad de la pavimentadora

Debido a que la velocidad de la pavimentadora tiene un efecto importante en el ángulo de ataque de la regla enrasadora, es una buena práctica de pavimentación mantener la velocidad lo más constante posible durante las operaciones de extendido. A medida que la velocidad de la pavimentadora aumenta o disminuye, la velocidad de alimentación de la MAC a través del transportador de cadena debe ajustarse para mantener un nivel constante de material en el compartimiento de los sinfines.

Al aumentar la velocidad de la pavimentadora la demanda de mezcla en el alimentador de cadena debería de aumentar para mantener constante el nivel en los tornillos de distribución (sinfines). Si esto no sucede, el ángulo de ataque de la regla disminuye y por tanto, el espesor de la capa colocada también disminuye hasta que se alcanza de nuevo una condición de equilibrio. De modo opuesto, una disminución en la velocidad de la pavimentadora causa un aumento en el espesor de la capa, ocasionando que la regla suba a una nueva elevación hasta que se restablezca nuevamente su equilibrio (ver Figura 7).

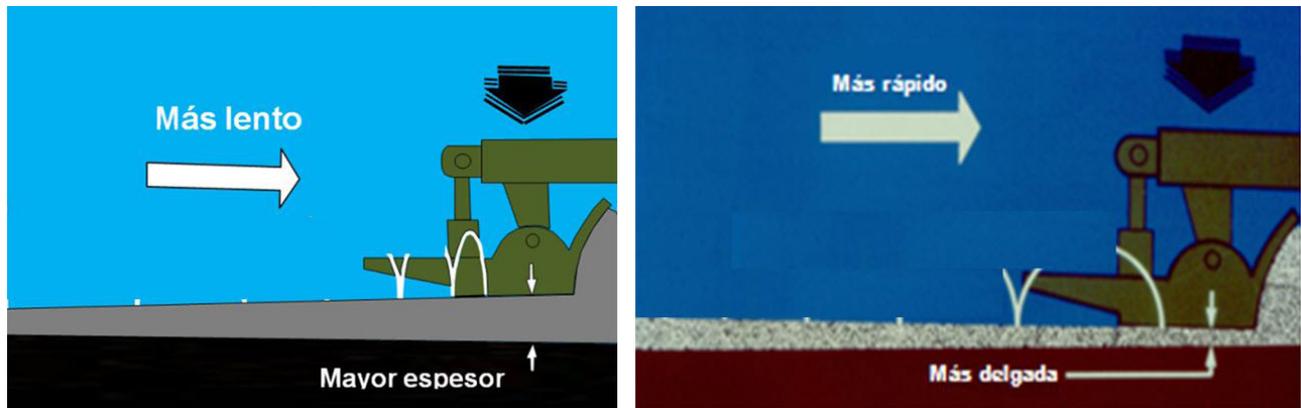


Figura 7. Efecto de la velocidad de la pavimentadora en el región de enrase.
Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Asphalt Institute, 1989.

Otra forma de compensar los cambios de velocidad es cuando el operador de la pavimentadora está atento a estos cambios y controla manualmente la cantidad de mezcla alimentada a los tornillos sinfin o bien, si existen sensores de control de alimentación que cumplen la misma función pero de forma automática, con lo que se logra que el ángulo de ataque de la regla se mantenga constante, compensando el efecto de la carga de material delante de la regla.

También se puede mantener un espesor constante en la capa realizando ajustes manuales de los tornillos de control de espesor situados en la regla enrasadora. Para un aumento de la velocidad de la pavimentadora, la manivela se debe girar de modo que la regla gire alrededor de su punto de pivote y el ángulo de ataque se incremente manualmente para compensar la disminución en el mismo, producto del aumento de la velocidad de la pavimentadora. De la misma manera para una disminución de la velocidad, la manivela debe girarse en la dirección opuesta de modo que el ángulo de ataque de la regla se reduzca manualmente para así compensar el aumento automático del ángulo de ataque que se produce cuando la velocidad de la pavimentadora se disminuye. Sin embargo, entre menor sea la manipulación de este ajuste manual, se pueden lograr mejores resultados en la superficie, controlando la cantidad de mezcla que llega al enrasador y manteniendo una velocidad constante.

Si la regla enrasadora de la pavimentadora está en control manual, el operador de la regla no debe cambiar el ángulo de ataque de la regla girando las manivelas de control de espesor excepto para aumentar o disminuir el espesor de la capa que se está colocando. Lo anterior debido a que, una vez que las manivelas han sido giradas, se tarda aproximadamente cinco veces la longitud del brazo de remolque para que la regla complete el cambio de nivel en el espesor que se está colocando. Por otra parte, si la pavimentadora está funcionando en control automático de nivel y pendiente, el operador de la regla no debe cambiar el ángulo de ataque de la regla girando las manivelas de control de espesor.

Es sumamente importante tener en cuenta que la tasa de producción (tonelaje por hora) de la planta de producción, y los ciclos de carga/despacho de los camiones transportadores se establezcan en función de la capacidad de colocación de la pavimentadora (ancho, espesor, tonelaje por hora); procurando se mantengan lo más equilibrados posible, de manera que la pavimentadora pueda trabajar a una velocidad constante, sin que se produzcan interrupciones o detenciones constantes. La cantidad de mezcla

que requiera ser colocada en el proyecto puede determinar el volumen de la tolva y la capacidad de colocación (m/min) de la pavimentadora que el contratista requiera utilizar, lo cual a su vez permite una adecuada transición entre los camiones de carga.

No tiene sentido operar la pavimentadora más rápido de lo necesario para extender toda la mezcla recibida y luego detenerse a esperar a la llegada del siguiente camión de transporte. Es preferible mantener la pavimentadora moviéndose a una velocidad menor, pero de forma constante en todo momento para lograr una capa uniforme detrás de la regla extendidora.

La velocidad de la pavimentadora puede determinarse para diferentes combinaciones de tasas de producción de plantas y espesores de capa, tal como se muestra en el ejemplo de la Figura 8.

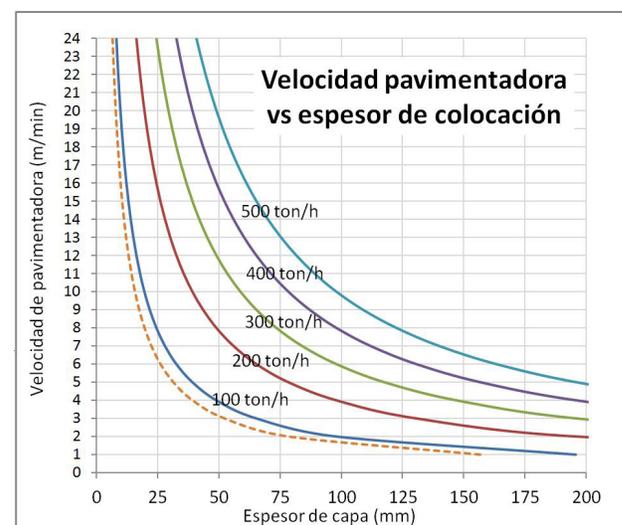


Figura 8. Capacidad de colocación de espesor de capa según velocidad de pavimentadora, para caso específico.

Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Asphalt Institute, 1989.

De la Figura 8 se determina que para colocar² una capa de 3,7 m de ancho y un espesor de 75 mm, la pavimentadora debe ser operada a una velocidad de 10 m/min, con el fin de colocar la totalidad de la mezcla proporcionada por una planta de producción de MAC con una velocidad de producción de aproximadamente 400 toneladas por hora.

Del mismo modo, para una tasa de producción de planta de 100 toneladas por hora, para el mismo ancho de capa de ruedo de 3,7 m y un espesor de 50 mm, la velocidad de la pavimentadora debe ser de 4 metros por minuto.

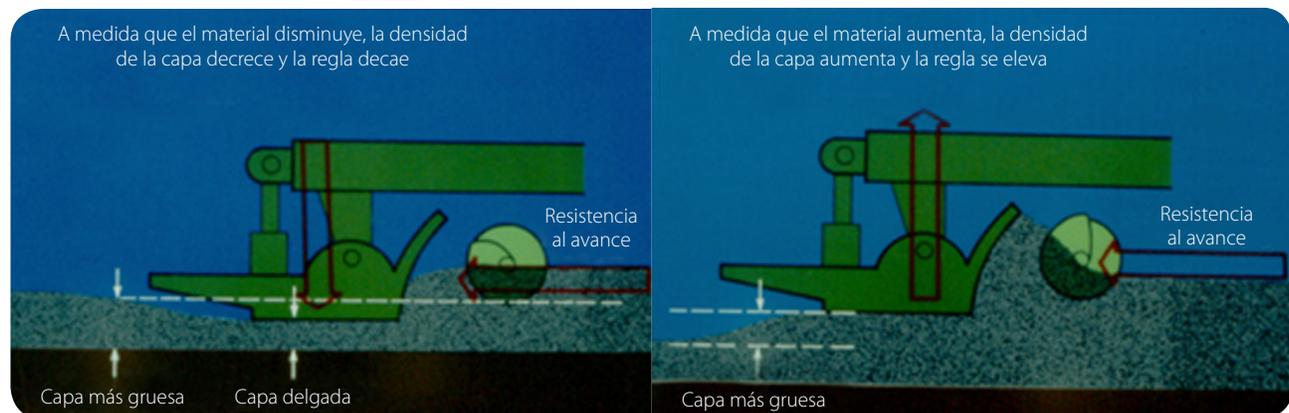
2. Carga del material

La carga de material en el compartimiento de los tornillos distribuidores (sinfín) se ve directamente afectada por la operación de las bandas transportadoras, el ajuste de las compuertas y la velocidad de los sinfines en cada lado de la pavimentadora. Cuando las bandas transportadoras y los sinfines se encienden y se apagan durante su operación, la mezcla se transporta desde la tolva a través del túnel (de acuerdo con el ajuste de las compuertas de flujo) y se distribuye a través del frente de la regla por los tornillos sinfín. Mientras este flujo de material sea relativamente continuo, la carga del material que empuja el enrasador permanece relativamente constante y la capa colocada tiene un nivel consistente.

² Se supone una densidad de la capa de mezcla asfáltica de 2300 kg/cm³.

Si el volumen de la mezcla aumenta en el compartimiento de los tornillos, la fuerza sobre el enrasador también aumenta, haciendo que el enrasador gire alrededor de su eje y por lo tanto se eleve. Esta acción provoca entonces que el ángulo de ataque de la regla aumente hasta que se alcanza una nueva posición de equilibrio, lo que resulta en la colocación de una capa más gruesa. Si se reduce la cantidad de material en la zona de los tornillos, el espesor de la capa se reduce, por lo que el ángulo de ataque de la regla disminuye (ver Figura 9).

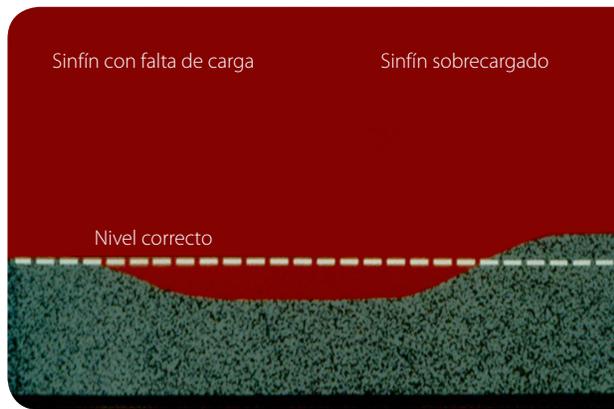
Por lo tanto, uno de los principales factores que afectan a la uniformidad del espesor de la capa que se está construyendo es la consistencia de la carga de material (cantidad de MAC) en frente de la regla enrasadora (ver Figura 10). Por esta razón, el uso de sistemas de velocidad variable o control sónico de alimentación automática son convenientes, porque estos tipos de dispositivos mantienen de las bandas transportadoras y los sinfines en funcionamiento de modo continuo (cerca del 100 por ciento del tiempo), en conjunto con el correcto ajuste de las compuertas de flujo. Esto permite que la carga del material se mantenga relativamente constante y por ende, que la regla pueda colocar una capa de espesor constante. Una carga constante de material frente la regla enrasadora también reduce significativamente la aparición de ondulaciones o marcas del tornillo sinfín, obteniendo capas de ruedo con una mejor regularidad superficial.



A medida que la carga de material se disminuye, la regla baja y el espesor se vuelve más delgado. Si la carga de material incrementa, la regla sube y la capa se vuelve más gruesa. La clave para lograr un espesor invariable, es mantener la carga de material lo más consistente posible.

Figura 9. Efecto de la carga de mezcla asfáltica en la zona de los tornillos distribuidores.

Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Asphalt Institute, 1989.



Mantener la carga de mezcla relativamente constante frente a la regla permite colocar una capa de espesor uniforme y permite reducir la aparición de ondulaciones.

Figura 10. Efecto en el nivel de la capa por efecto de la carga de mezcla asfáltica en el tornillo sinfín.
Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Asphalt Institute, 1989.

3. Línea de arrastre de la regla enrasadora

La línea de arrastre se refiere al ángulo en el que la regla enrasadora es deslizada hacia adelante. Una superficie de pavimento generalmente es más regular, cuando la fuerza de remolque se aplica relativamente paralela a la pendiente de movimiento de la unidad de tracción, por lo que los puntos de remolque deben

establecerse en relación con el espesor de la capa que se está construyendo.

Las capas delgadas de MAC requieren un ajuste del punto de pivote más bajo, mientras que capas gruesas de mezcla requieren una configuración inicial más alta (ver Figura 11).

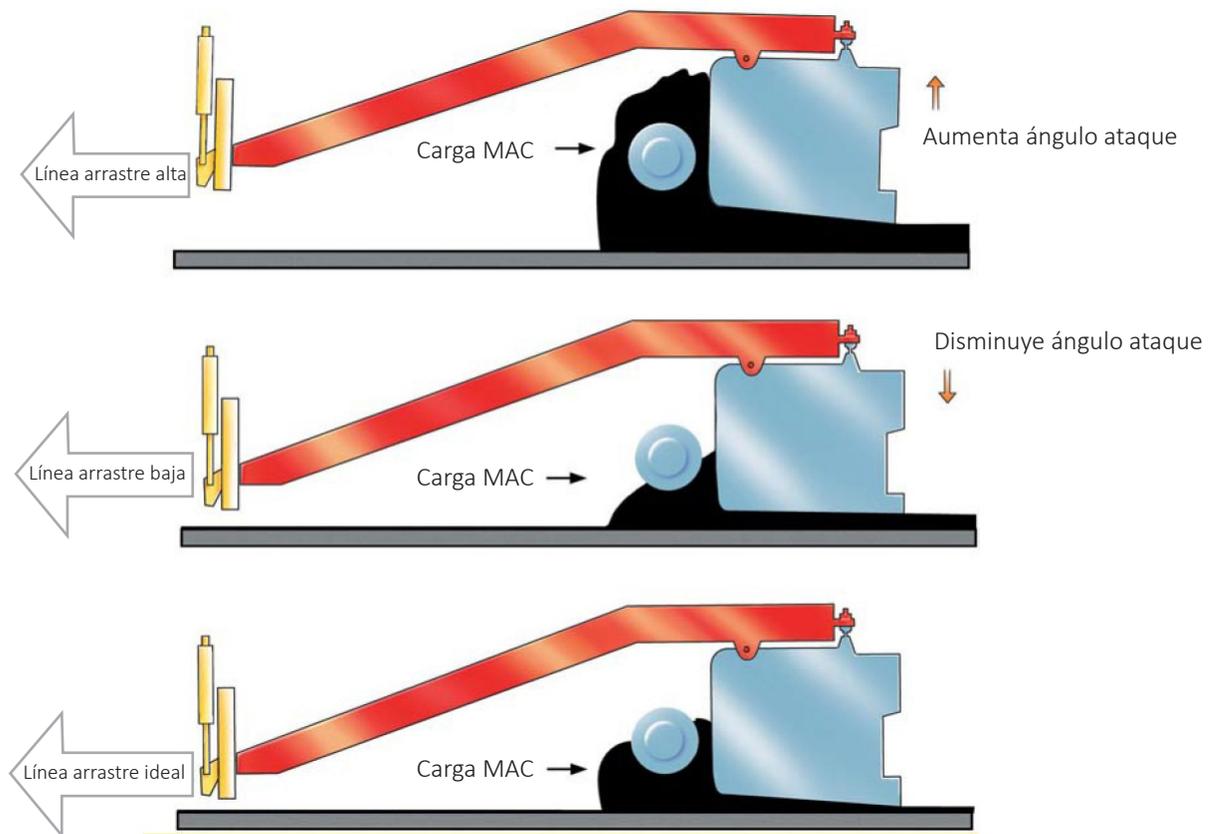


Figura 11. Ajustes de nivel de línea de arrastre.
Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de The Shell Bitumen Handbook, 2003.

En una capa delgada, si el ajuste del punto de tracción es extremadamente alto, las fuerzas de remolque harán que la regla se mueva en un ángulo ascendente provocando que tan solo una parte de la regla proporcione compactación, por lo que para obtener un espesor delgado se debe reducir el ángulo de ataque para compensar el incremento de la elevación.

Para una capa relativamente gruesa, si el punto de tracción es extremadamente bajo, las fuerzas de remolque harán que la regla se mueva en un ángulo descendente, el cual irá disminuyendo conforme se extiende la capa de mezcla. Para mantener un espesor grueso de MAC, el ángulo de ataque de la regla debe entonces aumentar para compensar la disminución de la elevación.

4. Temperatura de la mezcla asfáltica

Si se deposita en la tolva de la pavimentadora una descarga de mezcla asfáltica fría³ y se transporta mediante las bandas transportadoras a los tornillos de distribución, la mezcla al estar más fría tiene un comportamiento más rígido (mayor viscosidad del asfalto) lo que aumenta la fuerza que actúa sobre la regla enrasadora y provoca que la regla se eleve, aumentando el espesor de la capa colocada, además de fomentar una posible segregación térmica del material y crear vacíos indeseables en la mezcla extendida.

Por otra parte, si se descarga una mezcla asfáltica muy caliente⁴ en la tolva de la pavimentadora, la temperatura provoca una

- 3 Se considera que el límite de temperatura para lograr densificar adecuadamente la mezcla asfáltica es de 90°C
- 4 La temperatura ideal de compactación es alrededor de 10 °C a 15 °C menor que la temperatura a la cual se produce la mezcla asfáltica, pero no menor a 110 °C, aproximadamente.

disminución de la viscosidad del ligante asfáltico, lo que reduce la rigidez de la MAC y por tanto, se reduce la fuerza de empuje de la mezcla en el reglón enrasador cuando la mezcla se encuentra enfrente de este. Esta condición hace que el reglón caiga y se reduzca el espesor de la capa, además que se desplace de forma excesiva.

Otro factor que podría afectar la temperatura de la mezcla es la acumulación de material en las esquinas de las "alas" móviles de la tolva, ya que después de reposar durante un largo período de tiempo, el material en las esquinas de la tolva se enfriará y puede aparecer como bloques de mezcla en la parte trasera de la regla, cuando llega a los sinfines.

Es por esto que se deben plegar las alas periódicamente, para depositar estos bloques de mezcla en la parte superior de la zona de los transportadores, de forma que pueda ser disgregada por el movimiento de la mezcla en las cadenas y los "sinfines". La frecuencia con que se vuelcan las alas, depende de la velocidad de suministro de la mezcla a la pavimentadora, la temperatura de la mezcla y las condiciones ambientales. En los días fríos y ventosos, las alas de la tolva deben ser descargadas con más frecuencia que en los días más calientes.

Un fenómeno similar denominado "segregación térmica", sucede frecuentemente en la superficie de la mezcla asfáltica que es transportada por los camiones, en donde se produce un diferencial de temperatura entre la superficie y el núcleo de la carga. Luego esta mezcla es descargada en la tolva de la pavimentadora, en donde se van a depositar bloques de la mezcla de la superficie (corteza sólida) que se encuentra más fría que el resto, dentro de la masa de mezcla caliente (núcleo central). Posteriormente, las bandas transportadoras trasladan la mezcla hasta los sinfines y estos al reglón enrasador, el cual podría verse afectado por el empuje de bloques de mezcla que no hayan sido disgregados. Por esto, es recomendable cubrir la mezcla en el camión

Pérdida de temperatura de la mezcla asfáltica

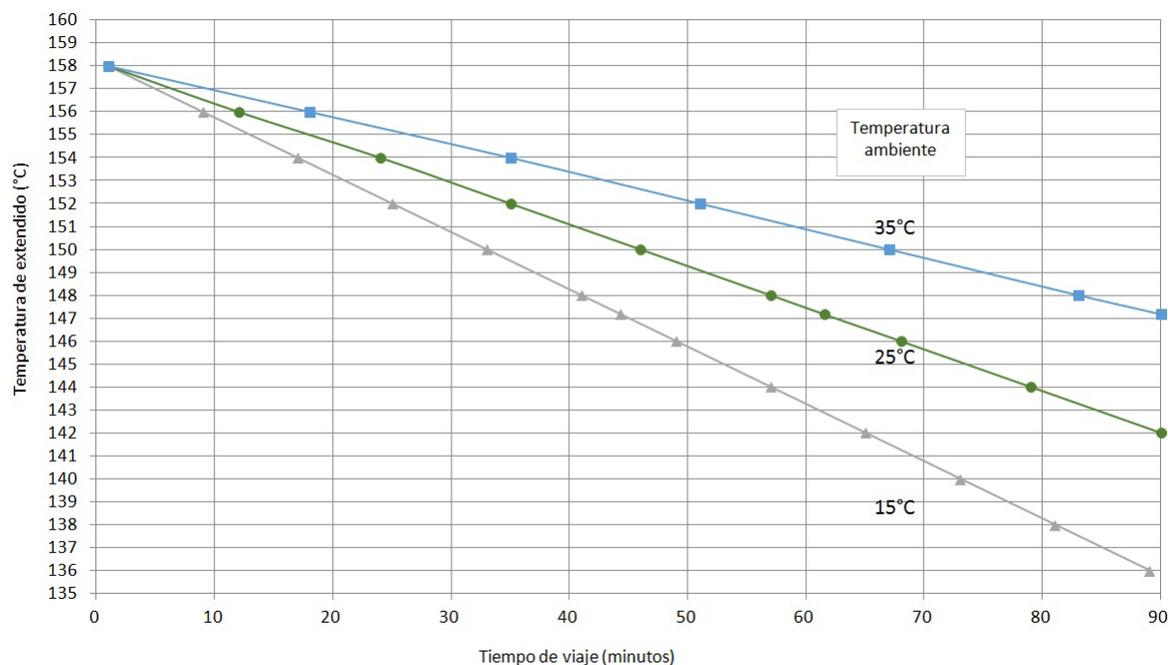


Figura 12. Pérdida de temperatura en el tiempo durante la colocación de mezcla asfáltica.

Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Colucci,

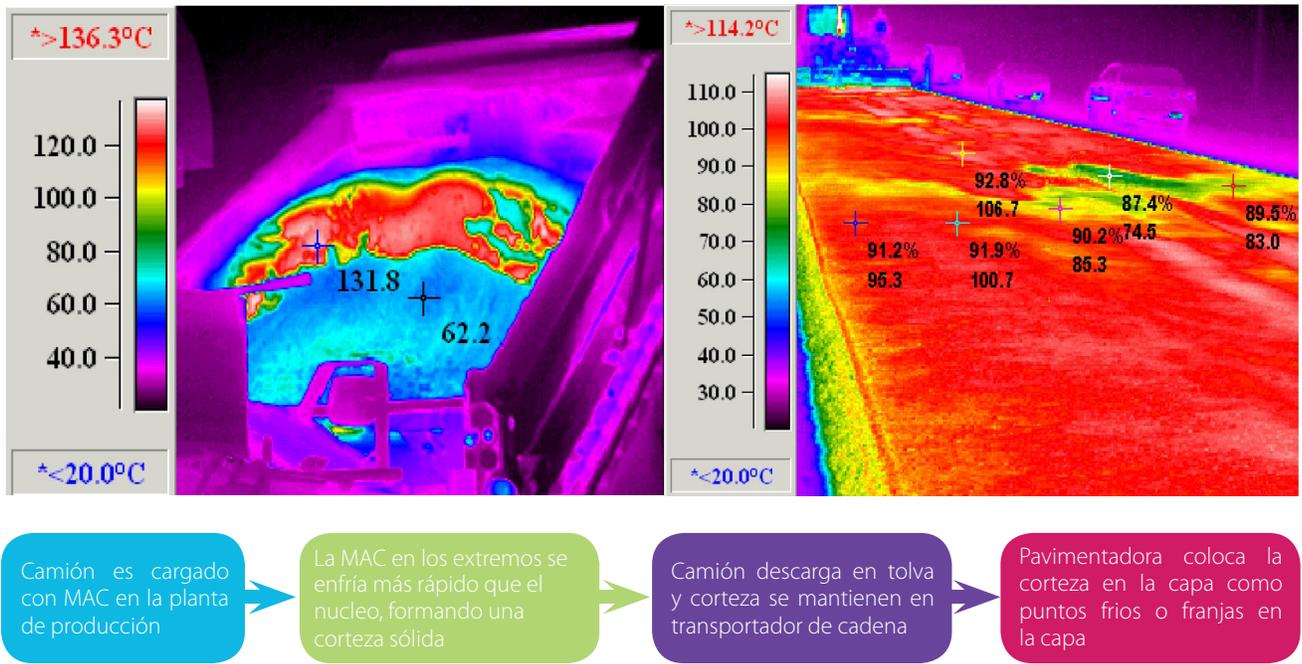


Figura 13. Ajustes de nivel de línea de arrastre.

Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Phillips, Leonard et al, 2003

transportador de manera que se minimice la pérdida de calor de la superficie. Además, evitar el transporte y la espera en el sitio de obra por períodos prolongados desde el despacho de la mezcla en la planta de producción. Este fenómeno también se puede minimizar al utilizar camiones transportadores con calefacción térmica o aislamiento térmico para tolerar el efecto de largas distancias de transporte o esperas prolongadas.

5. Paradas cortas (intercambios rápidos de camión)

Si la pavimentadora puede ser operada de forma continua a una velocidad constante sin parar, la uniformidad de la mezcla colocada será excelente, siempre que el operario de la regla no cambie continuamente el ángulo de ataque de la regla girando las manivelas de control del espesor y la carga de material delante de la regla permanezca constante.

Cuando se utilizan camiones transportadores, la posibilidad de que se pueda efectuar una operación continua de pavimentación es muy baja, a menos que la velocidad de pavimentación sea muy lenta, por lo que mantener una velocidad constante sin parar, es un objetivo deseable pero poco realista.

Durante un proceso de colocación de mezcla asfáltica, el operador de la pavimentadora comienza a desacelerar; una vez que el camión de transporte esté vacío, para que se produzca el intercambio con el próximo camión sin que se produzca la detención. En este punto se debe tener especial cuidado de que el camión no golpee la pavimentadora, para no producir un movimiento en la regla enrasadora. Para ello el camión debe detenerse justo antes de hacer contacto con los rodillos de empuje, luego la pavimentadora se moverá hacia adelante haciendo contacto con el camión. No se debe permitir que el camión haga contacto con la pavimentadora (Figura 14).

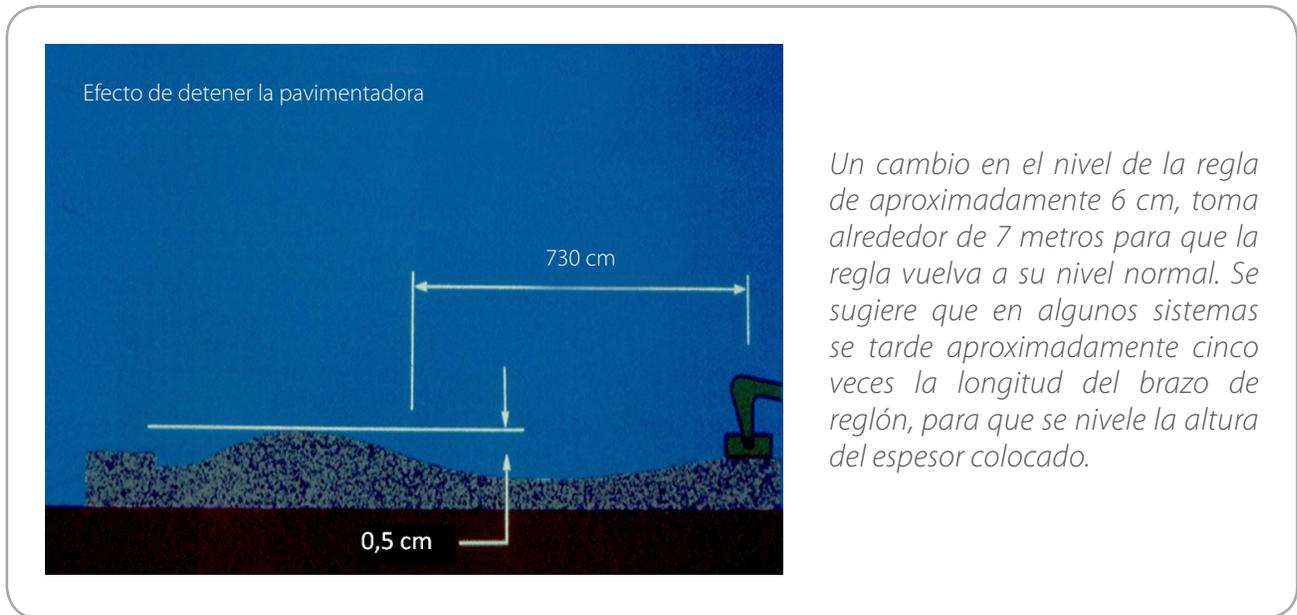


Figura 14. Prevenir que el camión transportador no golpee la pavimentadora durante la colocación de mezcla asfáltica.

Tomado de: Colucci

Conforme la pavimentadora se desacelera gradualmente, el ángulo de ataque del enrasador cambia (aumenta) y el espesor de la capa aumenta ligeramente. Si la tolva se vacía completamente, la carga de material delante de la regla se reduce y el ángulo de ataque de la regla se reduce; por ende, el espesor de la capa también disminuye, lo que produce una depresión gradual en la superficie del pavimento, afectando de forma directa la regularidad del acabado de la superficie.

Otra condición que tiene una acción equivalente en el ángulo de ataque, es cuando la tolva se vacía completamente, por lo que la unidad tractora "sube" mientras se coloca el material presente en las bandas transportadoras, hasta la detención; esto afecta la línea de arrastre. Cuando se realiza la siguiente descarga de mezcla en la tolva, la unidad de tracción "baja" por el peso descargado, influyendo nuevamente en la línea de arrastre y por tanto en el ángulo de ataque.



Un cambio en el nivel de la regla de aproximadamente 6 cm, toma alrededor de 7 metros para que la regla vuelva a su nivel normal. Se sugiere que en algunos sistemas se tarde aproximadamente cinco veces la longitud del brazo de reglón, para que se nivele la altura del espesor colocado.

Figura 15. Efecto de la detención de la pavimentadora durante la colocación de mezcla asfáltica. Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Asphalt Institute, 1989.

Posterior a la detención de la pavimentadora para realizar la recarga de la tolva, se llena de mezcla la cámara de los tornillos de distribución, quedando una carga en frente de la regla engrasadora, reiniciando rápidamente el movimiento de la pavimentadora; la carga en la regla produce que esta se eleve generando una sección más gruesa y dejando un relieve en la superficie del pavimento. Debe evitarse una desaceleración súbita de la pavimentadora durante el intercambio y descarga de mezcla entre camiones ya que provoca cambios significativos en las fuerzas que actúan sobre la regla lo cual viene asociado con cambios en el espesor de la capa que se está construyendo.

Una de las técnicas más utilizadas para lograr una operación continua de la pavimentadora consiste en apilar la mezcla asfáltica en camellones en hileras suficientemente largas por delante para ser recogida por la pavimentadora⁵, estableciendo la posibilidad de que la operación de pavimentación puede ser continua.

Otra manera que exista posibilidad de que la operación de pavimentación pueda ser continua es utilizando un Vehículo de Transferencia de Material (VTM) (Figura 16) para descargar la mezcla en la tolva de la pavimentadora, sin producir detenciones.

⁵ La pavimentadora debe tener la capacidad y complementos necesarios para realizar esta operación.



Figura 16. Vehículo para transferencia de material para la colocación de mezcla asfáltica. Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Conveyor Clean-Out for Material Transport Vehicles, 2008.

El VTM consiste esencialmente en un vehículo de depósito de compensación en donde el material se remezcla y se homogeneiza la temperatura antes de ser depositado en la tolva de la pavimentadora lo que produce una carga de mezcla asfáltica con temperatura homogénea en el reglón enrasador con lo que se logra un pavimento con densidad y regularidad⁶ uniforme.

6. Paradas largas

La duración aceptable de demora para colocación de mezcla asfáltica, donde todavía es posible colocar y compactar la mezcla para obtener el nivel requerido de densidad y regularidad, va a depender de varios factores, entre ellos las condiciones ambientales (temperatura del aire, temperatura de la superficie y la velocidad del viento) en el sitio de pavimentación, la temperatura de la mezcla en la tolva de la pavimentadora y el espesor no compactado de la capa debajo del reglón. Si el tiempo de espera para la llegada de la próxima carga de mezcla asfáltica es considerable y la mezcla asfáltica extendida tiene una temperatura menor a 90 °C, se deberá considerar la posibilidad de construir una junta transversal.

Si por el contrario la mezcla asfáltica aún mantiene una temperatura superior a 90°C (preferiblemente 100°C), la pavimentadora se debe detener con la tolva lo más llena posible, por encima del nivel de material que se mantiene normalmente en la tolva (por encima de la parte superior de las puertas o aberturas de flujo de túnel, ver Figura 17) durante las paradas cortas. El mantener la tolva llena, reducirá la tasa de enfriamiento de la mezcla durante el tiempo de espera del siguiente camión de transporte; debido a que hay una mayor masa unida. La tasa de enfriamiento se reduce si la cantidad de mezcla en la tolva se mantiene constante; conforme mayor sea la masa de mezcla acumulada, más lenta será la velocidad de pérdida de temperatura.

Una vez que comience a descargar otra carga de mezcla en la tolva, la pavimentadora debe de alcanzar la velocidad de colocación establecida lo más rápidamente posible y continuar a una

velocidad constante, acorde con la cantidad de mezcla que se suministre desde la planta. Esta práctica mantendrá una carga constante de material frente a la regla.

Hay una tendencia del operador de la pavimentadora de permanecer en un solo lugar durante un breve tiempo y luego mover la pavimentadora hacia delante por una corta distancia, y repetir este proceso en varias ocasiones hasta que la tolva de la pavimentadora este vacía. Esta práctica es incorrecta y puede dar lugar a la construcción de un tramo significativo del pavimento con una superficie irregular y un espesor con mezcla segregada, generando una capa con mala regularidad superficial.

En una espera larga, la pavimentadora debe detenerse lo más suave y rápidamente posible, permaneciendo en una misma posición con la tolva al nivel de la parte superior de las compuertas de flujo y una carga constante de mezcla frente a la regla, hasta que llegue mezcla adicional.



Figura 18. Irregularidades en la superficie de ruedo por detención de la pavimentadora.

Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Asphalt Institute, 1989.

En el caso que la pavimentadora extienda la mezcla mientras espera la llegada del próximo camión de carga, la porción de mezcla contenida entre los sinfines y debajo de la regla de extendido que está en contacto con la superficie existente de colocación, se enfriará rápidamente y probablemente no alcanzará la densidad requerida.

6 El boletín Técnico T-135 reporta mejoras en mediciones de regularidad de 0,47m/km a 0,16m/km.



Figura 17. Compuertas de flujo y bandas transportadoras de pavimentadora.

Adaptado por: Cervantes, 2018 a partir de Caterpillar, 2017.

BIBLIOGRAFÍA

- Asphalt Institute. (1980). *Training course: Compaction of asphalt*. Kentucky, EEUU: Asphalt Institute.
- Asphalt Institute. (1989). *The Asphalt Handbook*. Kentucky, EEUU: The Asphalt Handbook.
- BOMAG, Fayat Group. (s.f.). *Basic Principles of Asphalt Compaction Compaction methods Compaction equipment Rolling technique*. Obtenido de Slide share: <https://www.slideshare.net/GLADIADORVASCO/basics-of-asphalt-and-paving-foundation-prep-testing-standards-quality-and-inspection-63110060>
- Caterpillar Paving Products. (2012). *Guía para la compactación de asfalto*. Caterpillar.
- Caterpillar Paving Products. (2017). *Catálogos de pavimentadoras de asfalto*. Caterpillar.
- Cavette, C. (s.f.). *Asphalt Paver*. Obtenido de How products are made: <http://www.madehow.com/Volume-3/Asphalt-Paver.html>
- Colucci, B. (2013). Guías Prácticas para la inspección de la Colocación de Mezclas Asfálticas en Caliente. (pág. 169).
- Gewehr, J. (s.f.). *Asfalto de Qualidade [Mensaje en un blog]*. Obtenido de <http://asfaltodequalidade.blogspot.com/2013/09/sistemas-de-pre-compactacao-de.html>
- Instituto del asfalto. (1992). *Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente (MS-22)*. Kentucky, EEUU: Asphalt Institute.
- Pavement interactive. (s.f.). *Placement*. Obtenido de Pavement interactive: <http://www.pavementinteractive.org/constructionplacement/>
- Phillips, L., Willoughby, K. y Mahoney, J. (2003). *Infrared Thermography Revolutionizes Hot-Mix Asphalt Paving. Inframation The Thermographer's Conference*. Las Vegas.
- Read, J., & Whiteoak, D. (2003). *The Shell Bitumen Handbook*. Reino Unido: Thomas Telford Publishing; 5ta edición.
- Roberts, F.L., Kandhal, P. S., Brown, E. R., Lee, D. Y. y Kennedy, T. W. (1996). *Hot Mix Asphalt Material Mixture Design and Construction*. Maryland, EEUU: NCAT.
- Us Army Corps of Engineers. (2000). *Hot Mix Asphalt Paving Handbook*. EEUU: Us Army Corps of Engineers.
- Washington Asphalt Pavement Association. (2010). *Lay-down*. Obtenido de WAPA: <http://www.asphaltwa.com/laydown>
- Weiler, P. J. (2008). *Patente n° US20100034627A1*. Estados Unidos.



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PITRA

Programa de
Infraestructura del Transporte

Ing. Luis Guillermo Loría-Salazar, Ph.D.

Coordinador General

Ing. Fabián Elizondo-Arrieta, MBA

Subcoordinador

UNIDADES

Unidad de Auditoría Técnica (UAT)

Ing. Wendy Sequeira-Rojas, M.Sc

Coordinadora

Unidad de Seguridad Vial y Transporte (USVT)

Ing. Diana Jiménez-Romero, M.Sc, MBA

Coordinadora

Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT)

Ing. Raquel Arriola-Guzmán

Coordinadora

Unidad de Materiales y Pavimentos (UMP)

Ing. José Pablo Aguiar-Moya, Ph.D.

Coordinador

Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN)

Ing. Roy Barrantes-Jiménez

Coordinador

Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Lic. Carlos Campos-Cruz

Coordinador

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Diagramación, diseño y control de calidad: Daniela Martínez Ortiz / Óscar Rodríguez Quintana

Boletín técnico: CONSIDERACIONES GENERALES DE LAS PRÁCTICAS DE PAVIMENTACIÓN Y SU AFECTACIÓN EN LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DE CAPAS DE MEZCLA ASFÁLTICA COLOCADAS COMO SUPERFICIE DE PAVIMENTO. / Mayo, 2018

Tel.: (506) 2511- 2500 / Fax: (506) 2511-4440 / Código Postal: 11501-2060 / E-mail: direccion@lanamme.ucr.ac.cr / Sitio web: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr>