



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

Publicación Especial



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

BUENAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS EN LA APLICACIÓN DE RIEGO DE LIGA PARA LA COLOCACIÓN DE SOBRECAPAS ASFÁLTICAS

Ing. Sergio Guerrero Aguilera.
E-mail: sergio.guerreroaguilera@ucr.ac.cr.



PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE
SAN JOSÉ, COSTA RICA / OCTUBRE, 2015

Preparado por:



UAT
Unidad de
Auditoría
Técnica

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	4
2. INTRODUCCIÓN	4
3. IMPORTANCIA	5
4. APLICACIÓN DEL RIEGO DE LIGA	6
4.1 LIMPIEZA Y CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE	8
4.2 EQUIPO	8
4.2.1 PRESIÓN Y TEMPERATURA DE APLICACIÓN DEL RIEGO DE LIGA	8
4.2.2 ALTURA DE LA BARRA DE DOSIFICACIÓN	8
4.2.3 BOQUILLAS (TAMAÑO, ÁNGULO, MANTENIMIENTO)	10
4.3 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	11
4.4 COBERTURA Y UNIFORMIDAD DE APLICACIÓN	12
4.5 ROMPIMIENTO Y CURADO	13
4.6 ARRASTRE DEL RIEGO DE LIGA POR VAGONETAS EN LA COLOCACIÓN DE ASFALTO DE SOBRECAPA	15
5. CONCLUSIONES	16
6. BIBLIOGRAFÍA	17

1. OBJETIVO

El presente boletín informativo tiene como objetivo realizar una recopilación de la literatura internacional sobre las buenas prácticas constructivas en relación a la actividad de aplicación del riego de liga para la colocación de sobrecapas de mezcla asfáltica, con el fin de transmitir las a los profesionales involucrados en el área de carreteras.

2. INTRODUCCION

La actividad del riego de liga o *tack coat* en el proceso constructivo de carreteras se describe como la aplicación de una capa delgada de material bituminoso líquido por medio de riego a presión sobre una superficie ya sea bituminosa, losa de concreto, base granular o estabilizada previo a la colocación de una capa asfáltica. El riego del ligante asfáltico tiene como objetivo propiciar la adherencia necesaria para asegurar que la capa asfáltica colocada sobre la estructura existente y ésta, actúen en conjunto como un solo sistema en la transmisión de las cargas de tránsito a la estructura del pavimento.

En Costa Rica la aplicación del riego de liga se encuentra normado por el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR2010). Este manual describe la actividad como la aplicación de un riego de liga aplicando una emulsión o asfaltos rebajados previo a la colocación de una capa asfáltica sobre una capa asfáltica existente (sea de base o de ruedo) o sobre una losa de concreto hidráulico.

La emulsión asfáltica es el material bituminoso líquido comúnmente empleado como ligante asfáltico para la colocación de sobrecapas de mezcla asfáltica. Una emulsión asfáltica se define como una dispersión de cemento asfáltico y agua (sistema heterogéneo con dos fases inmiscibles) que contiene una pequeña cantidad de agente emulsionante. El CR-2010 especifica que la emulsión asfáltica se debe diluir con una cantidad igual de agua en una relación 1:1 y su dosificación para la colocación de sobrecapas variará entre 0,15 y 0,70 litros por metro cuadrado según el valor indicado por el ingeniero del proyecto.

En Costa Rica es frecuente observar en procesos constructivos de sobrecapas de mezcla asfáltica la aplicación de riegos de liga no uniformes con coberturas parciales de la superficie por adherir, excesos de riego de ligante asfáltico en juntas, arrastre del ligante asfáltico en las llantas de vagonetas, escasez de tiempo en el rompimiento de la emulsión, entre otros problemas constructivos que inciden directamente en las propiedades de adherencia del riego de liga sobre las capas que se desean ligar.

La revisión bibliográfica de normativas y prácticas constructivas a nivel internacional busca generar un panorama más amplio sobre la importancia de la aplicación uniforme del ligante asfáltico en la colocación de sobrecapas para generar desempeño esperado del pavimento. Lo anterior mediante la transmisión de técnicas constructivas adecuadas y fundamentadas técnicamente, que contribuyan a mejorar los resultados obtenidos en la aplicación de riegos de liga en los frentes de obra de colocación de capas asfálticas.

3. IMPORTANCIA

La literatura internacional señala la utilización del riego de liga como material adherente para la colocación de sobrecapas. La interfaz de adherencia entre la capa existente y la nueva capa colocada influye considerablemente en la distribución de los esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento. Estudios realizados sobre la interfaz de adherencia del pavimento (Shanin et al., 1987 y Chen, 1992) han indicado que el riego de liga proporciona una adecuada unión entre las capas del pavimento, la cual es crítica para transferir los esfuerzos cortantes y radiales de tensión a la estructura de pavimento (ver Figura 1).

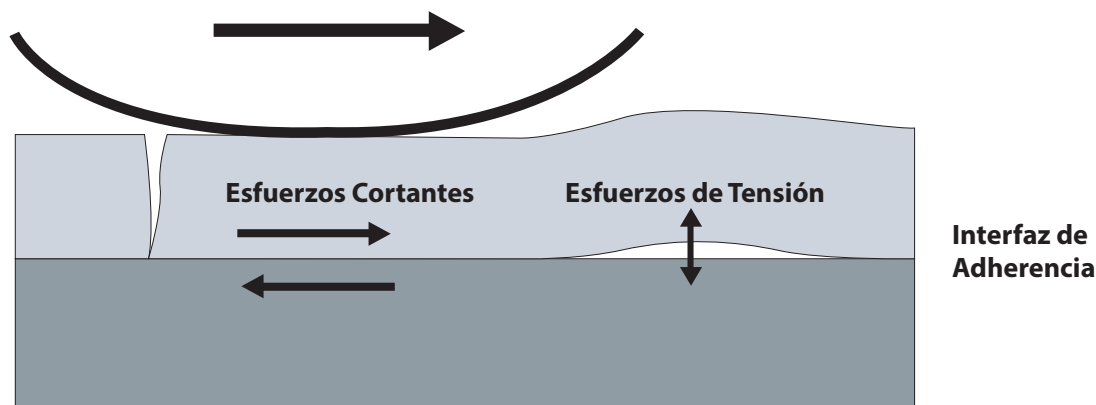


Figura 1. Estado de esfuerzo en interfaz de adherencia del pavimento bajo cargas de servicios

Fuente: NCHRP, 2012.

Por otro lado, si la interfaz de adherencia entre la capa nueva y la existente no puede proveer la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de tránsito, puede ocurrir una falla por cortante (NCHRP,2012). La insuficiencia de adherencia entre la capa existente y la nueva capa, puede causar además que los esfuerzos de tensión se concentren en la fibra inferior de la nueva capa de rodadura. Esta concentración de esfuerzos acelera la aparición del agrietamiento por fatiga en la superficie y el deterioro del resto de la estructura del pavimento (Mohammad et al, 2002).

Lo anterior es explicado por nuevos modelos que contemplan el efecto de una pobre adherencia entre capas (Khweir y Fordyce, 2003). El modelo tradicional de agrietamiento por fatiga considera la concentración de esfuerzos de tensión así como el inicio y propagación de grietas a la superficie en la última fibra del espesor de total de las capas asfálticas que constituyen la estructura del pavimento, al suponer que las capas se encuentran debidamente adheridas y que el pavimento funciona como un sistema monolítico. No obstante, los nuevos modelos sugieren que en capas asfálticas con pobre adherencia, la concentración de esfuerzos se presentará tanto en la última fibra de la capa existente así como en la última fibra de la nueva capa asfáltica colocada al encontrarse estas dos desligadas, razón por la cual las investigaciones consideran la aparición y propagación grietas por fatiga para cada una de las capa asfálticas (ver Figura 2). Esto repercute como se explicó anteriormente en un deterioro acelerado de la estructura del pavimento.

Otro aspecto que se consideran en los nuevos modelos es que si el agrietamiento inicia sobre la superficie hacia la interfaz de adherencia, el agrietamiento no se propagará hacia abajo de las capas de la estructura existente sino más bien generará un posible plano de deslizamiento en la interfaz de adherencia (ver Figura 3).

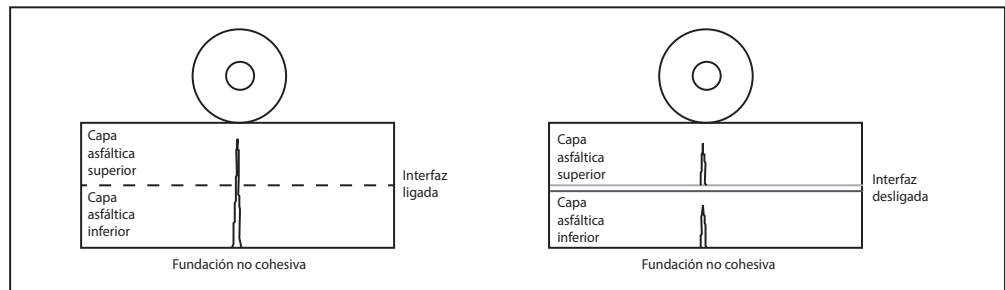


Figura 2. Efecto de desligue de capas asfálticas en la iniciación y propagación de grietas para modelo de fatiga tradicional.
Fuente: Khweir y Fordyce, 2013.

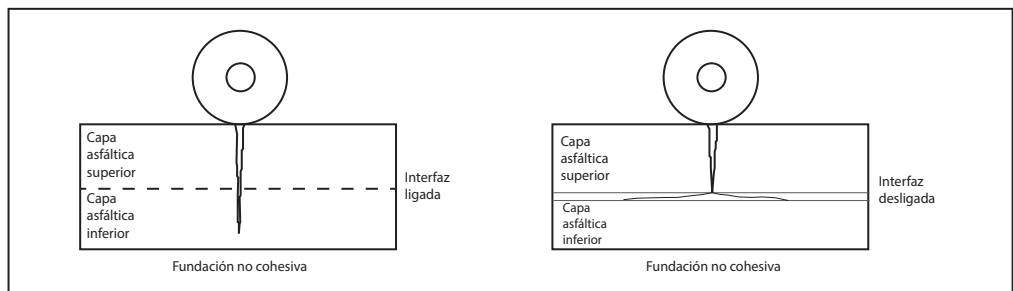


Figura 3. Efecto de desligue en capas asfálticas en la iniciación y propagación de grietas desde la superficie del pavimento.
Fuente: Khweir y Fordyce, 2013.

4. APLICACIÓN DEL RIEGO DE LIGA

La aplicación del riego de liga es un elemento fundamental en el proceso constructivo de sobrecapas de mezcla asfáltica. Buenas prácticas constructivas que garanticen un riego de liga uniforme con cobertura total del área de intervención son actividades indispensables para garantizar un correcto desempeño del pavimento (ver Figura 4).



Figura 4. Aplicación uniforme de riego de liga
Fuente: Departamento de Transporte de California, 2009.

A nivel constructivo una pobre resistencia en la interfaz de adherencia, producto de una incorrecta aplicación del ligante asfáltico sobre la superficie existente, se verá reflejada en la posible aparición de deterioros como desplazamiento de la mezcla por deslizamiento, delaminación (pérdida de superficie del pavimento) y agrietamientos (NCHRP,2012).

Existen numerosos problemas constructivos que pueden ocurrir durante la aplicación de un riego de liga sobre una superficie existente, pero son tres los problemas constructivos comúnmente observados en el desarrollo de este tipo de trabajo. Estos problemas generan como resultado riegos de liga inadecuados que comprometen la adecuada adherencia entre capas que se desean ligar, según las prácticas internacionales. Estos tres principales problemas son:

1. Pérdida de uniformidad y cobertura en la aplicación del riego de liga sobre la superficie a intervenir.
2. Escasez de tiempo para el rompimiento y estabilización de la emulsión.
3. Arrastre del ligante asfáltico en las ruedas de la vagonetas.

Son ejemplos de riegos de liga no uniforme los riegos rayados, en forma de telarañas o riegos con exceso de liga en áreas centralizadas y la ausencia de cobertura en el área complementaria de la sección de intervención (ver Figura 5).



Figura 5. Riego de liga no uniforme en rayas.

Fuente: Departamento de Transporte de California, 2009.

La presencia o ausencia del riego de liga sobre la superficie de intervención dependerá de diversos factores, como el estado y limpieza de la superficie, la uniformidad de la aplicación del riego de liga, la exposición de la superficie al tránsito, entre otros aspectos.

La literatura sugiere la atención a los siguientes aspectos fundamentales para garantizar un exitoso riego de liga:

1. Limpieza de la superficie
2. Apropiado funcionamiento, calibración y operación del equipo
3. Selección apropiada de la dosificación a utilizar y condición de superficie existente.
4. Aplicación y cobertura total y uniforme del material.
5. Rompimiento y curado del riego de liga.

A continuación se hace referencia de forma general a cada uno de estos aspectos necesarios para una adecuada aplicación del ligante asfáltico en la superficie existente para la colocación de sobrecapas de mezcla asfáltica. Es importante mencionar que no se entra en detalle en relación al anterior punto 3, que pese a ser uno de los aspectos más importante para alcanzar una adherencia óptima entre capas, corresponde a un

tema de diseño en el cual se deben desarrollar investigaciones en el caso de Costa Rica para determinar el rango de dosificaciones según el tipo de emulsión existente y su comportamiento según el tipo de superficie donde se colocará el ligante asfáltico.

4.1 Limpieza y condición de la superficie

Las buenas prácticas de ingeniería consideran la aplicación del riego de liga sobre una superficie seca y limpia, con el fin de optimizar la adherencia entre capas, y así disminuir el riesgo de fallas por deslizamiento o delaminación en una superficie sucia o empolvada. Lo anterior implica que el área de aplicación antes de realizar el riego de liga debe estar libre de cualquier sustancia o residuo que pueda inhibir la adherencia de la emulsión (Flexible Pavements of Ohio,2012).

Usualmente, se utilizan barredoras mecánicas para la limpieza del área de aplicación del riego de liga. Es importante que el inspector encargado una vez realizado el barrido realice una minuciosa inspección del área por intervenir, especialmente en esquinas, juntas (lugares propensos a la acumulación de polvo) y secciones donde se haya realizado perfilado, con el fin de disminuir los efectos negativos del polvo en la adherencia de la emulsión.

En ningún momento la dosificación del riego de liga deberá modificarse con el propósito de compensar su colocación sobre una superficie sucia o empolvada, ya que un exceso de ligante asfáltico aunado al debilitamiento de la adherencia entre capas generado por la capa de polvo o residuos, puede potenciar deterioros a corto o largo plazo. (NCHRP,2012).

La humedad de la superficie es otro factor que puede comprometer la adecuada adherencia entre las capas, por lo que previo a la aplicación debe prestarse especial atención a cúmulos de agua o humedad sobre la superficie, los cuales deberán ser corregidos previo a la aplicación del riego de liga. (NCHRP,2012).

4.2 Equipo

El ligante asfáltico es usualmente aplicado mediante camiones distribuidores de emulsión. Los camiones dosificadores cuentan dentro de su composición principal con un tanque de asfalto, sistema calentamiento de líquido y quemadores, sistema de bombeo, sistema electrónico para control de la dosificación del riego de liga, barra rociadora y boquillas. El riego de liga también puede ser aplicado mediante distribuidores manuales siempre y cuando se garantice una cobertura y distribución uniforme del material asfáltico.

El adecuado funcionamiento del equipo distribuidor ayudará a asegurar una aplicación uniforme y la correcta dosificación seleccionada para el área de intervención. Para ello el mantenimiento y calibración del equipo juega un papel primordial para alcanzar los resultados esperados para asegurar una buena adherencia entre la nueva capa a colocar y la existente. En este apartado se tratarán de forma general aspectos sobre el tamaño, ángulo y limpieza de boquillas, altura de barra rociadora, presión y temperatura del ligante asfáltico.

4.2.1 Presión y temperatura de aplicación del riego de liga

El camión distribuidor deberá tener la capacidad de desarrollar la presión para que el material asfáltico salga expulsado a presión constante y uniforme por cada una de las boquillas de la barra rociadora en forma de abanico hacia la superficie. Otro aspecto a considerar es la velocidad de bombeo del material durante la operación en orden de asegurar el patrón de rocío deseado. Una presión demasiado baja dará como resultado un riego discontinuo por la descarga desigual del material en las boquillas individuales. Mientras que una presión demasiado alta deformará el abanico de riego (Asphalt Institute,1965).

El camión distribuidor debe tener la capacidad de mantener la temperatura de la emulsión para asegurar una adecuada viscosidad y flujo del material a través de las boquillas de barra rociadora. La temperatura a la que debe mantenerse la emulsión dependerá del tipo de emulsión que se desea aplicar, la literatura sugiere rangos de aplicación de temperatura para emulsiones de rompimiento rápido entre los 21° C y los 60 °C y en emulsiones de rompimiento lento entre los 21°C y 70°C (NCHRP,2012). Un exceso de calentamiento sobre el material bituminoso podría causar el rompimiento de la emulsión estando aún dentro del tanque del camión dosificador (Departamento de Transporte del Estado de Ohio,2012).

4.2.2 Altura de la barra de dosificación

La elevación de la barra rociadora debe ajustarse a la altura suficiente para permitir el adecuado rocío del material bituminoso. Un rocío adecuado provee el traslape del ligante asfáltico colocado a través de las boquillas necesario para alcanzar aplicación uniforme y cobertura de toda la superficie del pavimento a intervenir. Si la barra rociadora está demasiado alta o baja, el riego de liga resultará en forma de líneas o rayas.

Diversos autores consultados recomiendan para alcanzar una aplicación del riego de liga uniforme con un porcentaje de cobertura total de la superficie, ajustar la barra dosificadora a un patrón de rocío con cubrimiento doble o triple. El cubrimiento doble considera que la base del abanico que se forma al salir el material de la boquilla cubra hasta la mitad de la base del abanico de la boquilla contigua. Por otro lado el cubrimiento triple considera que la base del abanico de una boquilla cubrirá dos terceras partes de la base del abanico de la boquilla continua (ver Figura 6).

Es importante recalcar la importancia de mantener la altura de la barra rociadora durante el proceso de aplicación de la emulsión. Conforme el volumen de emulsión contenido en el tanque distribuidor disminuye durante la aplicación del riego, la altura de la barra rociadora debe regularse hasta ajustar el tipo de riego seleccionado, de no ser así se obtendrá riego de liga no uniforme sobre la superficie (ver Figura 7).

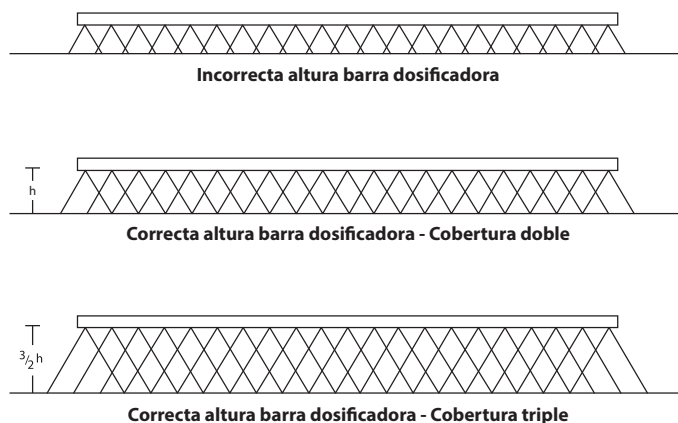


Figura 6. Diagrama de altura de barra rociadora para cobertura deseada

Fuente: Instituto del Asfalto, 2014.



Figura 7. Cobertura no uniforme producto de incorrecta altura de la barra rociadora y/o inadecuada presión de bombeo.

Fuente: FHWA 2005.

4.2.3 Boquillas (tamaño, ángulo, mantenimiento)

Para asegurar una cobertura uniforme del material sobre la totalidad de la superficie a intervenir, todas las boquillas de la barra rociadora deben mostrar el mismo patrón de rocío por lo que deberán ser del mismo tamaño, estar abiertas, sin obstrucciones y alineadas a un mismo ángulo en el momento de la aplicación.

De acuerdo a literatura consultada el ángulo de las boquillas oscila típicamente entre 15° y 30° y es medido con respecto al eje longitudinal de la barra con el fin de que los abanicos no interfieran entre sí (ver Figura 8). Si el ángulo de las boquillas no está alineado durante la aplicación del riego de liga, el patrón de rocío de uno de los nodos puede interferir con el patrón de rocío de los nodos adyacentes. Esto resultará en un riego no uniforme en la superficie de intervención, lo cual significa que algunas de las áreas de la superficie de la estructura existente recibirán un exceso de emulsión asfáltica mientras la sección continua tendrá insuficiente emulsión para garantizar la adherencia entre la superficie existente y la nueva capa asfáltica a colocar. Así por ejemplo, si se alinea el ángulo de las boquillas a 90°, el patrón de rocío de la barra distribuidora sería un riego de liga en líneas o rayado. (ver Figura 9 y 10).

Es importante mencionar que el tamaño de las boquillas para la aplicación del riego de liga varía significativamente en relación al tamaño de boquillas utilizado para la aplicación de emulsión en tratamientos superficiales o sellos asfálticos, debido a que la dosificación de la emulsión es relativamente menor para el riego de liga. La utilización de boquillas pequeñas en relación a una presión de bombeo del material mucho mayor, resultará en una distribución del ligante asfáltico no uniforme de la emulsión en el plano horizontal de la superficie de colocación.

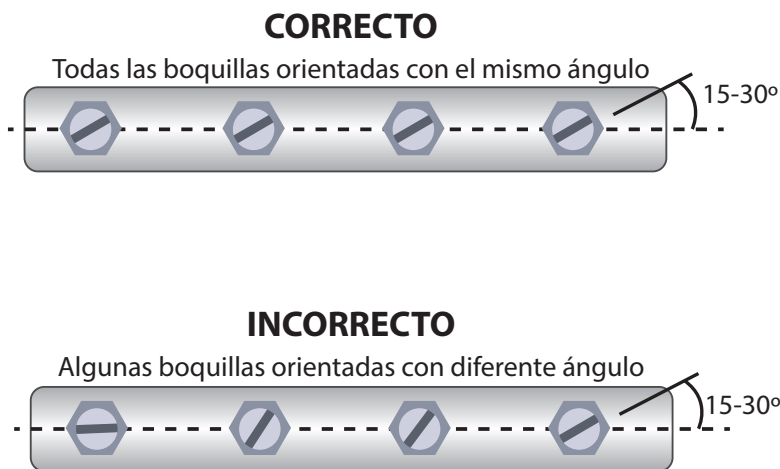


Figura 8. Alineamiento y ángulo de boquillas

Fuente: NCHRP, 2012.

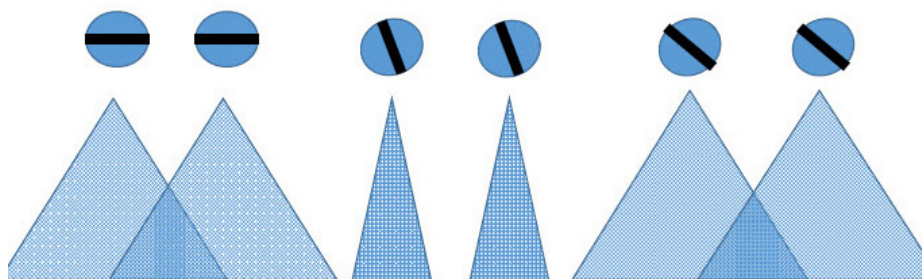


Figura 9. Efecto orientación de boquillas en riego de liga

Fuente: Asphalt Institute, 2014.



Figura 10. Riego de liga no uniforme producto de inadecuado funcionamiento y orientación de ángulo de boquillas.

Fuente: NCHRP, 2012

4.3 Mantenimiento del equipo

El mantenimiento y limpieza del equipo son actividades que el operador del equipo debe realizar diariamente para garantizar el funcionamiento óptimo del camión distribuidor.

El mantenimiento diario del equipo busca evitar que la emulsión se atasque en las boquillas de barra rociadora y bloquee parcial o totalmente la salida a presión de la emulsión y en consecuencia la aplicación del riego de liga resulte no uniforme (ver Figura 11).



Figura 11. Riego de liga con boquillas parcialmente bloqueadas.

Fuente: NCHRP, 2012

Para evitar el bloqueo de las boquillas es importante que el operador tome en cuenta estas consideraciones (*Asphalt Institute*, 1965):

Al final de cada día de operación, debe limpiarse el sistema de circulación, barra de riego, válvulas y boquillas empleando un agente limpiador compatible con el material utilizado.

Cada mañana antes de iniciar el riego de liga se debe revisar el estado de las boquillas. En caso de detectar boquillas bloqueadas en el proceso de aplicación, estas deberán removerse y limpiarse o sustituirse para continuar con el proceso de aplicación del riego de liga.

4.4 Cobertura y uniformidad de aplicación

La cobertura y la uniformidad de aplicación del riego de liga constituye el factor preponderante para garantizar un exitoso riego de liga. El estado del arte define una adecuada aplicación de riego de liga como aquella que exhibe una cobertura y dosificación uniforme a lo largo de toda la capa que se desea intervenir tanto en el plano horizontal como en juntas y cortes verticales.

Una encuesta realizada a distintas agencias de transportes por NCHRP (*National Cooperate Highway Research*, por sus siglas en inglés) en Estados Unidos sobre el tema de cobertura del riego de liga concluyó que una cobertura menor al 90 % de la superficie a intervenir es categorizada como una inadecuada práctica constructiva en la construcción de sobrecapas.

En relación a la cobertura del riego de liga considerada dentro de las buenas prácticas de ingeniería a nivel mundial se tiene como referencia las siguientes fuentes bibliográficas:

El boletín técnico designado como “Apropiada aplicación del riego de liga” (*Proper Tack Coat Application*, título en inglés) del Departamento de Transportes del Estado de Ohio que menciona:

*“El propósito del riego de liga es promover la adherencia entre una superficie de pavimento existente y una sobrecapa, **es muy importante que el riego de liga sea aplicado de una manera uniforme con cobertura total de la superficie** y el arrastre del riego de liga por las llantas de las vagonetas debe ser minimizado”*, (Lo subrayado no pertenece al texto original).

Además la publicación FHWA-CFL/TD-05-002 del FHWA (*Federal Highway Administration*, 2005) “Guía para la aplicación de riego de liga e imprimación” (Guidelines for using prime and tack coats) indica que:

*“**El riego de liga debe aplicarse en una capa fina y uniforme que cubra toda la superficie**, incluyendo todas las superficies y juntas verticales de la estructura. Un riego de liga pobre puede causar problemas de desligamiento entre capas y la aplicación de un exceso de riego de liga puede causar deslizamiento entre capas”*. (Lo subrayado no pertenece al texto original)

Es importante recalcar la importancia de la uniformidad del riego de liga en juntas y caras verticales, ya que es en este sitio donde el ligante asfáltico brinda adherencia entre secciones y mitiga el subsecuente agrietamiento de las juntas (Departamento de Transportes del Estado de Ohio,2012).

Como se mencionó anteriormente, existen diversos factores relacionados con funcionamiento, calibración y mantenimiento del equipo que pueden generar aplicaciones de riegos de liga no uniformes en el área de intervención. La no uniformidad de un riego de liga contribuye a la pérdida de resistencia por adherencia entre la capa existente y nueva capa colocada. Estudios internacionales consultados sobre la no uniformidad del riego de liga coinciden en que esta práctica constructiva repercute directamente en la transmisión y disipación de los esfuerzos al pavimento así como la reducción de la vida por fatiga de la estructura y la aparición de deterioros prematuros. Algunos ejemplos se muestran a continuación.

El Instituto del Asfalto (*Asphalt Institute*) menciona en su presentación “Buenas prácticas para la aplicación del riego de liga” realizada en el Estado de Oklahoma en el año 2014, menciona que la independencia de capas producto de un pobre riego de liga incide en la reducción de la vida por fatiga de la estructura, aumenta probabilidad de ahuellamiento y desplazamiento de mezcla por cargas de empuje del tránsito. El mismo Instituto del Asfalto en su revista Asphalt Magazine publicada en el año 2015, menciona que:

“Múltiples investigaciones han mostrado que **con una mínima pérdida de la resistencia adherencia entre capas, entre un 10% y un 30%, puede resultar en una pérdida de la vida a fatiga de entre un 50% a un 70%**”. (Lo subrayado no pertenece al texto original)

El Centro de Transporte de Illinois (ICT, por sus siglas en inglés) en su investigación “Optimización del riego de liga para colocación de sobrecapas asfálticas” concluye que

“Un riego de liga no uniforme podría causar o favorecer a un mayor grado de ahuellamiento de la mezcla asfáltica en caliente”

El NCHRP report 712 denominado “Optimización de riegos de liga para la colocación de mezcla asfáltica en caliente”, (Optimization of tack Coat Report for HMA Placement, título en inglés) concluye que:

*“Para el efecto de la cobertura del riego de liga, **una cobertura de aplicación del 50% de la superficie reduce por un factor de entre un 50 % y 70 % la interfaz de la resistencia al cortante de la estructura.** Además una cobertura del 50% en la aplicación del riego de liga resulta en un comportamiento inconsistente y no uniforme de la interfaz de adherencia entre las capas ligadas”.*

Otra inadecuada práctica relacionada con la cobertura del riego de liga, a la cual se le debe prestar atención durante el proceso constructivo es la concentración o derrame excesivo de emulsión en secciones puntuales sobre la superficie donde se colocará la nueva capa asfáltica. Por ejemplo, excesos provocados por la acumulación de riego liga en juntas o bordes donde se colocarán capas asfálticas, traslapes entre un riego de liga y el próximo, acumulación de emulsión producto de descalibraciones del camión dosificador o falta experiencia del operador en el área de intervención.

Los derrames o concentraciones excesivas de emulsión, pueden producir alteraciones del contenido de asfalto en la mezcla lo que podría repercutir en la aparición de deterioros puntuales de la superficie de ruedo como deformaciones y exudación.

Existen herramientas y prácticas constructivas para evitar excesos de riego de liga en juntas o en traslapes de diferentes aplicaciones, y con esto garantizar una adecuada adherencia en toda la capa colocada incluyendo las juntas de construcción. Dentro de las buenas prácticas constructivas a nivel internacional, en relación el riego de ligante asfáltico en juntas transversales, la norma N-CTR_CAR-1-04-005/00 del Instituto Mexicano del Transporte en el artículo G.4.1., del apartado G.4. Aplicación del material asfáltico, del capítulo 5, Riegos de Liga, estipula que:

“En las juntas transversales, antes de iniciar un nuevo riego, se colocarán tiras de papel u otro material similar para proteger el riego existente, de tal manera que el nuevo riego se inicie desde dicha tira y al retirarse esta, no quede un traslape del material asfáltico” .

En el caso de exceso o pozos de emulsión, se deberá barrer el área, eliminando los excesos generados.

4.5 Rompimiento y curado de la mezcla asfáltica

La colocación de una sobrecapa sobre una emulsión que no ha alcanzado el rompimiento podría afectar directamente la adherencia entre capas a colocar, debido a que las partículas microscópicas del asfalto aún están suspendidas en el agua, por lo que la cantidad de agua presente en la emulsión podría afectar la habilidad de la misma para crear adherencia.(NCHRP,2012)

Es importante en este apartado la definición de dos términos asociados a la pregunta de cuándo se debe iniciar la colocación de la sobrecapa sobre el área de intervención con el riego de liga ya colocado: tiempo de rompimiento y tiempo de curado.

Tiempo de rompimiento: tiempo necesario para que las partículas de agua se separen de la emulsión. En esta etapa ocurre un cambio de coloración en la emulsión de café a negro pero todavía hay presencia de agua (Asphalt Magazine,2015). El tiempo de rompimiento total para una emulsión será mayor en una emulsión diluida que para una no diluida debido a la adición de mayor volumen de agua.

Tiempo de curado o rompimiento total: tiempo necesario para que el agua introducida en el proceso de producción de la emulsión se evapore completamente de la emulsión asfáltica (Asphalt Magazine,2015). Esta etapa involucra el desarrollo óptimo de las propiedades mecánicas de la emulsión asfáltica por lo que hay mayor habilidad de adherencia entre capas(Asphalt Institute, 2008).

A nivel internacional no se ha llegado a un acuerdo común sobre el tiempo o momento en que debe comenzar con la colocación de la sobrecapa después de haberse realizado el riego de liga. La mayoría de las especificaciones establecen el tiempo de rompimiento de la emulsión como el necesario para iniciar la pavimentación. Sin embargo también existen especificaciones a nivel internacional que sugieren el tiempo de curado o rompimiento total como el tiempo necesario para la colocación de la sobrecapa. Por ejemplo: FHWA, en la sección 412.06 del FP-14(Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects) referente al riego de liga establece que:

“Se debe permitir curar la superficie con riego de liga antes de colocar la capa de rodadura. Colocar la capa de rodadura dentro de las 4 horas de haber colocado el riego de liga.”

La generación y desarrollo de este tipo de especificaciones se debe a que en diferentes investigaciones se ha demostrado que al brindar el tiempo de curado al riego de liga (una vez que se ha evaporado todo el agua de la emulsión), el material es menos propenso a presentar problemas arrastre o adherencia a las llantas de las vagonetas que transportan la mezcla asfáltica en relación a una emulsión que acaba de romper (Asphalt Magazine,2015). El tiempo de curado no debe verse como una demora para la realización de la colocación de la sobrecapa, más bien debe considerarse como una práctica correcta para disminuir el efecto de adherencia del riego de liga a las llantas de la vagoneta.

Existen varios factores que pueden afectar el tiempo de rompimiento y curado de la emulsión asfáltica. Los mismos deben considerarse en el momento de la aplicación del material como lo son la temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento, temperatura de la superficie del pavimento donde se colocará el riego de liga, temperatura de aplicación del riego de liga, tasa de dosificación y tipo de emulsión. Debido a estos numerosos factores es difícil establecer un tiempo preciso para el rompimiento y curado de la emulsión.

Con base a la revisión de la bibliográfica se define un tiempo de curado de una emulsión asfáltica entre un rango de 30 minutos a dos horas, haciendo la salvedad que dependerá de la tasa de aplicación y condiciones ambientales como se explicó anteriormente. El tiempo de rompimiento total para una emulsión será mayor en una emulsión diluida que para una no diluida debido a la adición de mayor volumen de agua.

4.6 Arrastre del riego de liga por vagonetas en la colocación de asfalto de sobrecapa

El arrastre del riego de liga por las llantas de las vagonetas que transitan sobre el material colocado para descargar el asfalto a la pavimentadora es un problema constructivo común en los frentes de colocación de sobrecapas (ver Figura 12). Este problema es



Figura 12. Arrastre riego de liga debido al tránsito de vehículos sobre la emulsión.

Fuente: Asphalt Institute, 2014

generado principalmente por tres factores: el tipo de emulsión que se utiliza, la limpieza y humedad del área de intervención o la falta de tiempo suficiente para que la emulsión rompa totalmente y así permitir el tránsito de vagonetas en el área de intervención.

La importancia de mitigar este problema constructivo radica en que el arrastre del ligante asfáltico se genera usualmente en las huellas de las vagonetas, el cual corresponde al sitio crítico donde se necesita la mayor adherencia para la transmisión de la cargas de tránsito y la disipación de esfuerzos a la estructura del pavimentos.

Las áreas donde se haya presentado el problema de arrastre del riego de liga en forma excesiva deben ser corregidas replicando el material en las zonas donde el riego se haya perdido. Se debe tener el cuidado de no adicionar más emulsión a las áreas contiguas al problema ya que podrían generar variaciones en el contenido de asfalto de la mezcla asfáltica a colocar.

De ninguna manera se debe permitir el uso o colocación de capas asfálticas de espesores delgados (conocido como traba en Costa Rica) para tratar de contrarrestar el problema de adherencia del riego de liga a las llantas de las vagonetas. Lo anterior debido a que la colocación de un espesor reducido no permitirá una compactación adecuada, aunado a la segregación térmica que se produce al extenderla. Esto puede convertir a este tipo de superficies en un plano de falla entre la mezcla asfáltica que se coloca encima y la capa inferior, lo que pone en riesgo la durabilidad de la intervención realizada.

Una de las opciones para reducir este problema constructivo es brindar el tiempo suficiente para que la emulsión rompa totalmente como se mencionó anteriormente. En este estado la adherencia del material a las ruedas de la vagoneta se reducirá potencialmente debido a la pérdida de agua en la emulsión. También en el mercado internacional se utilizan emulsiones especiales para eliminar la adherencia del ligante a las llantas de las vagonetas denominadas *trackless tack coat*, las cuales tienen tiempos de rompimiento total de entre 5 y 15 minutos lo que agiliza el proceso de colocación de la mezclas asfálticas (ver Figura 13).



Figura 13. Trackless tack coat, tiempo de curado entre 5 y 10 minutos.

Fuente: <<http://www.equipmentworld.com>>

Otra alternativa que es utilizada en Europa y en algunos estados de Estados Unidos es el empleo de pavimentadoras con barras dosificadoras de emulsión incorporadas. Este equipo permite realizar el riego de liga sin la necesidad que las vagonetas tengan que transitar sobre el área de intervención, eliminando el problema de arrastre del riego de liga.

5. CONCLUSIONES

A manera de conclusión general, mediante la revisión de normativa y literatura a nivel internacional se comprobó la importancia de la aplicación de riegos de liga uniformes con cobertura total y con una dosificación adecuada en la colocación de capas asfálticas, lo cual permitirá un correcto desempeño del pavimento al funcionar este como un solo sistema en la transmisión de cargas y disipación de esfuerzos a la estructura del pavimento. La aplicación de riegos de liga uniformemente distribuidos en el 100% de la superficie a intervenir, como lo sugiere la literatura internacional depende de diversos factores como el estado y limpieza de la superficie, correcto funcionamiento y mantenimiento de equipo, uniformidad y cobertura, dosificación, rompimiento y curado de emulsión. Para ello es necesario que las prácticas constructivas locales se ajusten a las normativas y recomendaciones a nivel internacional para garantizar el óptimo desempeño del material colocado en la adherencia de capas.

A partir de lo anterior se recomienda la revisión de las siguientes prácticas constructivas para que las mismas sean consideradas en los procesos de construcción de sobrecapas.

1. Delimitación e inspección del área que se cubrirá con el riego de liga asfáltica. En el caso de encontrar deterioros como grietas, baches abiertos, descascamientos u otros, estos deberán corregirse previo a la aplicación del riego de liga.
2. Definición por parte del ingeniero de proyecto de la tasa de dosificación y temperatura de aplicación a utilizar según la superficie y rangos especificados conforme a normativa establecida.
3. Limpieza y barrido de la superficie sobre la que se aplicará el riego de liga para la eliminación del material suelto, polvo, grasa y residuos que puedan afectar la adecuada adherencia entre las capas, independientemente si se coloca sobre una superficie antigua, perfilada o de concreto.
4. Previo a la colocación del riego de liga, las estructuras de la carretera o contiguas que pudieran mancharse directa o indirectamente durante la aplicación del material asfáltico, se protegerán con papel u otro material similar de manera que concluido el trabajo y una vez retirada la protección se encuentren en las mismas condiciones de limpieza en que se hallaban.
5. Colocación de guías para la barra de distribución.
6. Revisión y calibración del camión distribuidor (altura de barra, ángulo y estado de boquillas, presión de bombeo).
7. El riego de liga se aplicará como máximo dentro de las 24 horas previo a la colocación de la sobrecapa. De ninguna manera se colocará el riego de liga bajo lluvia o condiciones climáticas adversas.
8. La aplicación del riego de liga deberá realizarse a una velocidad óptima y a una tasa constante, con cobertura uniforme en la totalidad de la superficie sobre la que se colocará la capa. La cobertura uniforme del riego de ligante asfáltico debe considerar tanto el plano horizontal como las paredes verticales de juntas y cortes.
9. Si una vez efectuado el riego de liga se detectan áreas que no fueron cubiertas adecuadamente, éstas deberán corregirse inmediatamente con la aplicación de emulsión mediante distribuidores manuales.
10. En las juntas transversales, antes de iniciar un nuevo riego, se colocarán tiras de papel u otro material similar para proteger el riego existente, de tal manera que el nuevo riego se inicie desde dicha tira y al retirarse esta, no quede un traslape del material asfáltico
11. En el caso de exceso o pozos de emulsión, deberá barrerse el área eliminando los excesos generados.
12. Se brindará el tiempo necesario para que la emulsión rompa totalmente, con el fin de disminuir el problema del arrastre de la emulsión en las llantas de la vagoneta.
13. De ninguna manera se permitirán practicas inadecuadas para evitar el arrastre del riego de liga en las llantas de las vagonetas como lo son el empleo de capas delgadas o la técnica de espolvorear mezcla asfáltica en las huellas de la vagoneta
14. El contratista deberá velar por la protección y cuidado del riego de liga durante el tiempo de curado del ligante asfáltico. La superficie cubierta por el riego de liga debe permanecer cerrada al tránsito, hasta que sea construida la capa asfáltica. Cualquier deterioro que se genere por el tránsito de vehículos deberá ser reparado.
15. En el caso que no se cuente un sistema de aspersores el riego de liga, la emulsión se aplicará mediante distribuidores manuales de manera uniforme con cobertura total de la superficie.
16. Finalmente se procede a la colocación de la capa asfáltica.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Asphalt Magazine Vol. 30 No.2 (2015).Tackling tack coats. Asphalt Institute.
2. Asphalt Institute(1965).Tratamientos Asfálticos Superficiales, Primera Edición en Español, Caracas 1965.
3. Asphalt Institute(2008).Basic Asphalt Emulsion Manual MS-19, Fourth Edition, USA.
4. Construction Unit North Carolina Department of Transportation, (2012).Tack Coat Best Practices Field Guide 2012, North Carolina .
5. Chen, H. and D.A.Frederick(1992). Interlayers on Flexible Pavements. In Transportation Research Record 1374,TRB, National Research Council, Washington, D.C.
6. Department of Transportation of California(2009).Tack Coat Guidelines. State of California
7. Flexible Pavements of Ohio(2012). Technical Bulletin: Proper Tack Coat Application, Columbus, Ohio.
8. Federal Highway Administration (2005).Guidelines for using prime and tack coats, Publication No. FHWA-CFL/TD-05-002. U.S. Department of Transportation
9. Federal Highway Administration (2005). FP-14(Standard Specifications for Construction of Roads and Bridgeson Federal Highway Projects) U.S. Department of Transportation
10. Gierhart D., Dietz J., Tack Coat Best Practices . Oklahoma Workshop Asphalt Institute(2014).
11. Instituto Mexicano del Transporte (2000), Norma N-CTR-CAR-1-04-005/00, CTR. Construcción, México.
12. L. Al-Qadi,Samuel H. Carpenter,Zhen Leng, Hasan Ozer (2009).TACK COAT OPTIMIZATION FOR HMA OVERLAYS:ACCELERATED PAVEMENT TEST REPORT ; University of Illinois and Illinois Department of Transportation.
13. Ministerio de Obras Públicas y Transporte (2010). Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010,San José Costa Rica.
14. National Cooperate Highway Research Program(2012). NCHRP Report 712, Optimization of Tack Coat for HMA Placement, Mohammad, et. al. Transportation Research Board Washington, D.C.
15. Shaninin ,M.,TVanDam, K Kirchner and E. W. Blackmon(1987). Consequence of layer separation on Pavement Performance. report DOT/FAAA/PM-86/48.Federal Aviation Administration.
16. SangiorgiC.,A.C.Collop, and N.H. Thom (2002). “Laboratory Assesment of Bond Condition usingthe Leutner Shear Test”. 3rd International Conference on Bituminous Mixture and pavements. Thessaloniki,Greece.



LanammeUCR

**LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
C.R. 11501-2060, San José, Costa Rica
Tel.: (506) 2511-2500 • Fax: (506) 2511-4440
E-mail: direccion.lanamme@ucr.ac.cr • Web: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr>