



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



Publicación Especial

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

COMO ALTERNATIVA EN RUTAS DE LASTRE

PITRA

Programa de
Infraestructura del Transporte



PITRA¹; Herra-Gómez, Luis Diego²; Guerrero-Aguilera, Sergio³; Rodríguez-Morera, Jose David⁴; Salas-Chaves, Mauricio⁵; Sequeira-Rojas, Wendy⁶; Loría-Salazar, Guillermo⁷

¹PITRA (Programa de Infraestructura del Transporte)

²Ingeniero Auditor (Autor)

³Ingeniero Auditor (Revisor)

⁴Ingeniero Auditor (Revisor)

⁵Ingeniero Auditor (Revisor)

⁶Coordinadora Unidad Auditoría Técnica PITRA
LanammeUCR (Revisora)

⁷Coordinador general PITRA LanammeUCR (Revisor)

Palabras clave: Tratamientos superficiales, lastre, conservación vial.

Resumen: En esta investigación se reconoce la necesidad que tiene Costa Rica por mejorar la condición de las rutas secundarias y terciarias a partir de soluciones que involucren el menor gasto posible para la administración estatal. Ante esta necesidad, se abarca el tema de tratamientos superficiales construidos sobre bases granulares como una opción para mantener en buen estado estas rutas.

Los tratamientos superficiales han sido una opción ampliamente aceptada a nivel mundial para mejorar la condición de las carreteras. Sin embargo, en Costa Rica su construcción ha sido cada vez menos frecuente.

En esta publicación se explica en qué consisten los tratamientos superficiales, cuáles son sus funciones y se detalla su proceso constructivo según la literatura. Además, se estudian los motivos por los cuales se considera que el uso de tratamientos superficiales ha disminuido en el país.

Finalmente, mediante un caso de estudio, se ilustra experiencia en la construcción de un tratamiento superficial sobre una base granular en el municipio de Silver Creek, Minnesota. A partir de esta experiencia, se determinó que la construcción de un tratamiento superficial podría representar un ahorro para la administración del 75 %, con respecto a la construcción de una carpeta asfáltica.

Referencias

1. Austroads. (2006). *Update of the Austroads Sprayed Seal Design Method*. Sydney, Australia.
2. Freeman, T. J., Button, J. W., & Estakhri, C. K. (2010). *Effective Prime Coats For Compacted Pavement Bases*. Auntin, Texas: Texas Transportation Institute.
3. Gundersen, B. (2008). *Chipsealing Practice in New Zealand*. Adelaide, Australia: Gundersen Consulting Ltd.
4. Herra, D. (2016) Propuesta de un manual para el diseño del material en tratamientos superficiales de una, dos y tres capas en Costa Rica. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica: LanammeUCR.
5. Klein, C. (2013). *Chip Seal over Gravel Road Project*. Silver Creek, Minnesota.
6. Klein, C. (22 de marzo de 2017). Consulta sobre el estado actual de proyecto de Silver Creek. (L. D. Herra, Entrevistador)
7. LanammeUCR. (2015). *Informe de Evaluación de la Red Vial Pavimentada de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
8. National Cooperative Highway Research Program. (2005). *Chip Seal Best Practices*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
9. National Cooperative Highway Research Program. (2011). *Manual for Emulsion-Based Chip Seals for Pavement Preservation*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
10. Pintor, F. (1985). Las emulsiones asfálticas en la construcción de tratamientos superficiales en Costa Rica. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.
11. Sittenfeld, M (1979). Usos y abusos de los tratamientos superficiales en Costa Rica. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.
12. Texas Department of Transportation (TxDOT). (2010). *Seal Coat and Surface Treatment Manual*. Texas, Estados Unidos: TxDOT.
13. Victorian State Road Authority (VicRoads). (2004). *Bituminous Sprayed Surfacing Manual*. Victoria, Australia.
14. Zúñiga, N. (2012) Propuesta de una metodología para la evaluación del desempeño de tratamientos superficiales en laboratorio. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.

TABLA DE CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES	4
2.	INTRODUCCIÓN	5
3.	OBJETIVO	5
4.	MARCO CONCEPTUAL	5
4.1.	Componentes de un tratamiento superficial	6
4.1.1.	Emulsión asfáltica	6
4.1.2.	Agregado	9
4.2.	Tipos de tratamiento superficial	10
4.2.1.	Tratamiento superficial simple (TS-1)	10
4.2.2.	Tratamiento superficial múltiple	10
4.3.	Construcción de tratamientos superficiales	11
4.3.1.	Preparación de la superficie	11
4.3.2.	Capa de imprimación	11
4.3.3.	Ligante de la primera capa	12
4.3.4.	Colocación y compactación de los agregados	13
4.3.5.	Consideraciones climáticas	14
5.	TRATAMIENTOS SUPERFICIALES EN COSTA RICA	15
5.1.	Tipo de emulsión disponible en el mercado nacional	15
5.2.	Compatibilidad entre el agregado y la emulsión	15
5.3.	Técnica poco atractiva para el contratista	15
6.	CASO DE ESTUDIO: TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE SOBRE UNA BASE GRANULAR EN EL MUNICIPIO DE SILVER CREEK	16
6.1.	Resultados obtenidos con la colocación del tratamiento	19
7.	CONCLUSIONES	20
8.	REFERENCIAS	21

1. ANTECEDENTES

Las rutas secundarias y terciarias en Costa Rica abarcan la mayor parte de la Red Vial Nacional, específicamente un 73 %. Además, constituyen un puente entre el sector productivo y comercial del país. Por estas razones, se considera indispensable para el desarrollo económico que estas vías mantengan un nivel de servicio adecuado para su funcionamiento.

Por su condición de bajo tránsito, las rutas secundarias y terciarias, requieren de una menor inversión por kilómetro para su mantenimiento. Ante este panorama, la administración ha optado por colocar lastre compactado para atender la mayoría de estas vías (ver Figura 1), solución que en general ha presentado un desempeño deficiente.

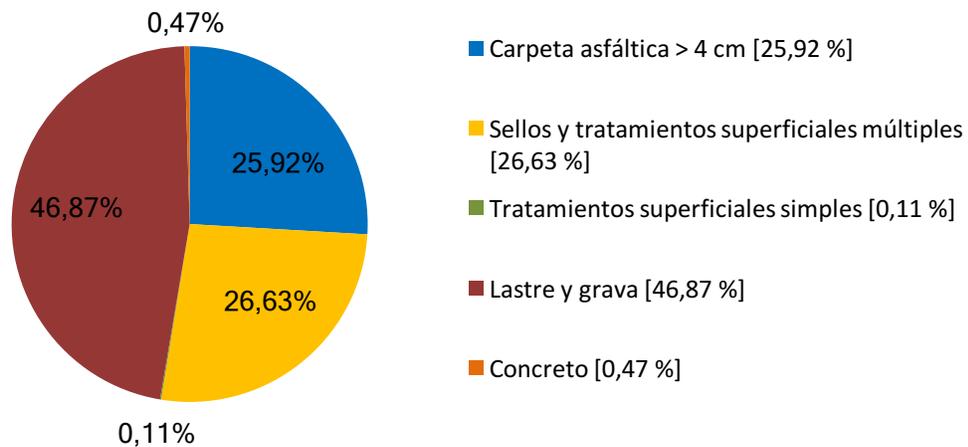


Figura 1. Distribución de las carreteras, según su tipo de superficie, en rutas secundarias y terciarias

Fuente: Herra, 2017

A raíz del mal desempeño observado en las rutas de lastre construidas, la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR ha emitido informes en los cuales se señala que el modelo de gestión y atención de rutas de lastre no ha sido eficiente en términos de durabilidad.

Al considerar la problemática señalada anteriormente, la presente publicación especial aborda el tema de tratamientos superficiales como una alternativa a considerar en el mantenimiento de las rutas secundarias y terciarias en Costa Rica.

2. INTRODUCCIÓN

Los tratamientos superficiales son una alternativa para preservar el buen estado de una carretera y mejorar algunas de sus características. Esta solución ha sido reconocida por su buena relación costo/desempeño, facilidad de colocación y porque puede emplearse sobre casi cualquier tipo de pavimento.

A nivel mundial, los tratamientos superficiales han sido ampliamente utilizados para mejorar el estado de las carreteras. Tal es el caso de Nueva Zelanda, país que cuenta con un 65 % (aproximadamente 60 000 km) de su red vial cubierta por tratamientos superficiales (Gundersen, 2008).

En el ámbito nacional, de acuerdo con el último Informe de Evaluación de la Red Vial Pavimentada (INF-PITRA-001-2015), el 94,53 % de las rutas nacionales presentan una buena capacidad estructural. Sin embargo, estas vías han evidenciado problemas de regularidad y deficiencias en su capacidad de resistencia al deslizamiento.

En concordancia con el estado y las deficiencias de la red vial acotadas en el párrafo anterior, los tratamientos superficiales representan una opción muy apropiada para mejorar la regularidad y la resistencia al deslizamiento de las carreteras en Costa Rica. Sin embargo, a pesar de las ventajas que ofrece su uso, la colocación de este sistema ha perdido popularidad en el país.

A continuación, se detalla en qué consisten los tratamientos superficiales, cuáles son sus componentes, cómo deben construirse y porqué su construcción ha sido cada vez menos frecuente en Costa Rica. Finalmente, mediante un caso de estudio, se relata la experiencia de colocación de un tratamiento superficial sobre una base granular.

3. OBJETIVO

Esta publicación tiene como objetivo brindar información acerca de los tratamientos superficiales como alternativa para mejorar el estado de las rutas secundarias y terciarias de la red vial de Costa Rica.

4. MARCO CONCEPTUAL

Los tratamientos superficiales, en su variante más sencilla¹, se definen como una aplicación uniforme de un ligante asfáltico, usualmente emulsión asfáltica, cubierta por una capa uniforme de agregados de igual tamaño (*National Cooperative Highway Research Program*, 2005) (ver Figura 2).

Esta aplicación puede llevarse a cabo sobre pavimentos flexibles o sobre bases granulares. Sin embargo, en este documento se hace referencia principalmente a los tratamientos superficiales colocados sobre bases granulares, superficie de rodamiento común en rutas secundarias y terciarias de la red vial nacional de Costa Rica.

1 Esta variante se denomina tratamiento superficial simple.

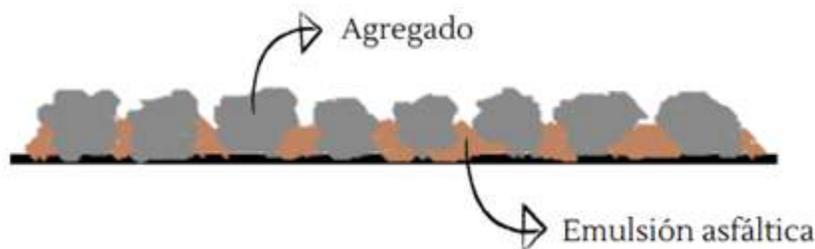


Figura 2. Componentes de un tratamiento superficial simple

Fuente: Herra, 2016

Los beneficios que se obtienen con la colocación de tratamientos superficiales se destacan a continuación (Texas Department of Transportation, 2010):

- Permiten aumentar el coeficiente de fricción de la carretera.
- Sirven para impermeabilizar la estructura de pavimento existente, con lo cual se protegen las capas subyacentes.
- Cuando se colocan sobre superficies granulares sirven para reducir la emisión de polvo.
- Permiten disponer de una superficie uniforme.

Es importante considerar que los tratamientos superficiales no deben ser colocados sobre carreteras con algún tipo de daño estructural significativo, ya que por su espesor no realizan ningún aporte estructural al pavimento. Esta situación no ha limitado en gran medida su uso en Costa Rica, pues como se mencionó anteriormente, el 94,53 % de la Red Vial Nacional presenta una buena capacidad estructural.

Los Tratamientos Superficiales no aportan capacidad estructural al pavimento

4.1. Componentes de un tratamiento superficial

4.1.1. Emulsión asfáltica

La emulsión asfáltica es una mezcla homogénea de asfalto y agua que se consigue mediante la aplicación de energía mecánica² y los enlaces químicos que provee un agente emulsificante. Esta mezcla se considera inestable, ya que sus componentes al ser inmiscibles entre sí (presentan una resistencia a formar una fase homogénea) tienden a separarse con el tiempo.

En comparación con el asfalto, la emulsión asfáltica ofrece muchas ventajas constructivas, ya que es un producto menos viscoso que requiere de menores temperaturas para ser trabajable. Desde el punto de vista de seguridad ocupacional, lo anterior es un factor que reduce el riesgo de quemaduras severas.

² Energía que imparte un molino coloidal al mezclar los componentes de la emulsión.

Al considerar las ventajas mencionadas anteriormente, el uso de emulsiones asfálticas no se ha limitado solo a la construcción de tratamientos superficiales, de modo que este producto se ha fabricado con diversas variantes en función de las necesidades a cubrir. Para clasificar las emulsiones asfálticas de acuerdo con sus características, actualmente existe un sistema que facilita su nomenclatura y toma en cuenta los siguientes aspectos (TxDOT, 2010):

- a) **Tipo de carga de la emulsión:** Este parámetro describe las cargas que rodean a las partículas de asfalto. Cuando la carga es positiva la emulsión es catiónica, de lo contrario se dice que la emulsión es aniónica. El sistema de nomenclatura establece que a las emulsiones catiónicas se les coloca el prefijo "C", mientras que si no aparece esta letra la emulsión es aniónica.
- b) **Velocidad de rompimiento³:** El tiempo que los componentes de una emulsión (agua y asfalto) permanecen unidos depende de la velocidad de rompimiento. De acuerdo con la nomenclatura, las emulsiones pueden llamarse RS (*rapid setting*), MS (*medium setting*) o SS (*slow setting*), lo anterior depende de si se trata de una emulsión de rompimiento rápido, medio o lento respectivamente.
- c) **Viscosidad de la emulsión:** A las emulsiones de baja viscosidad se les coloca el sufijo "1", mientras que las emulsiones de alta viscosidad se les coloca el sufijo "2".
- d) **Otros parámetros:** Los sufijos *h* y *p* se utilizan para caracterizar el asfalto que constituye a la emulsión. El sufijo *h* indica que la emulsión se compone de un asfalto duro, mientras que la letra *p* indica que la emulsión fue elaborada a partir de asfalto modificado con polímero.

A continuación se muestra un ejemplo de cómo debe nombrarse una emulsión catiónica de rompimiento rápido y de alta viscosidad modificada con polímero:

CRS-2p

4.1.1.1 Emulsión asfáltica requerida para realizar el riego de imprimación

Tradicionalmente, en Estados Unidos, Sudáfrica y Australia, para la elaboración de riegos de imprimación se ha utilizado con éxito asfalto rebajado⁴, en la mayoría de los casos MC-30. Sin embargo, se ha demostrado que el uso de este producto es perjudicial, pues se compone de gases volátiles nocivos para el ambiente y la salud de quien los manipula.

Más recientemente, como alternativa ante el daño que implica el uso de asfaltos rebajados, se han diseñado emulsiones asfálticas especiales para la construcción de riegos de imprimación, por ejemplo: *Asphalt Emulsion Prime* (AEP), *Emulsified Asphalt Prime* (EAP), *Penetrating Emulsion Prime* (PEP), entre otras (Freeman, Button y Estakhri, 2010).

3 El rompimiento de una emulsión se refiere a la separación de sus fases (asfalto y agua), que como resultado provoca que solo el ligante quede en el tratamiento, mientras que el agua se evapora.

4 Asfalto diluido con otra sustancia menos viscosa, producto de la destilación del petróleo, v. g. Queroseno.

Estas emulsiones como característica especial garantizan una correcta penetración en la base. Freeman et al. (2010) señalan que en la construcción de tratamientos superficiales, la penetración del riego de imprimación es muy importante para asegurar una correcta adherencia. Los autores también mencionan que una falta de adherencia podría implicar, en el peor de los casos, un desprendimiento del tratamiento.

De acuerdo con Freeman et al. (2010), no es conveniente colocar emulsiones asfálticas ordinarias directamente sobre la base compactada. Se ha observado que estos ligantes no penetran adecuadamente. Sin embargo, las emulsiones CSS-1, SS-1h y MS-2 han sido mezcladas mecánicamente con la superficie, mostrando resultados satisfactorios.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento esperado al utilizar diferentes tipos de ligante como riego de imprimación.

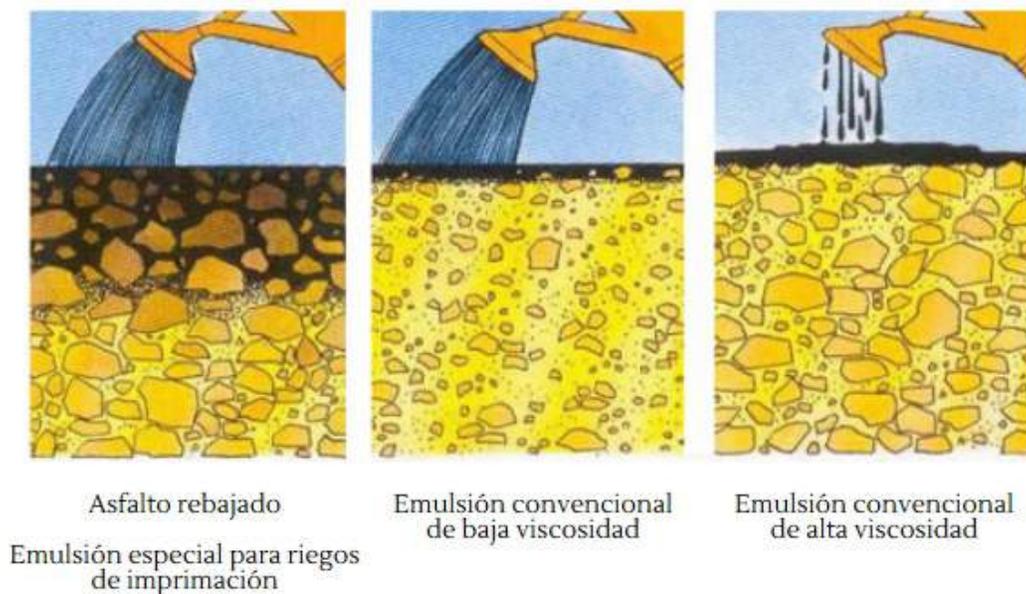


Figura 3. Incidencia del tipo de emulsión al colocar el riego de imprimación

Fuente: <<http://hincol.com/PrimeCoat/M-19>>

4.1.1.2 Emulsión asfáltica requerida para sujetar a los agregados del tratamiento

La viscosidad de la emulsión durante la construcción del tratamiento es un factor importante. Emulsiones con baja viscosidad pueden escurrir por la superficie antes de que los agregados queden firmemente embebidos. Por otra parte, emulsiones con viscosidades muy altas podrían no proveer un recubrimiento adecuado a los agregados (NCHRP, 2011).

Herra (2016) comparó el desempeño de los tratamientos superficiales elaborados con la emulsión CRS-1 (disponible en el mercado nacional) y una emulsión recomendada para su uso en tratamientos superficiales (CRS-2). En este estudio se observó que la viscosidad de la emulsión CRS-1 afecta significativamente la construcción de tratamientos superficiales dobles, ya que su baja viscosidad hace que el ligante se infiltre a través de los agregados de la primera capa, como consecuencia, el ligante disponible para retener las partículas de la segunda capa es insuficiente, lo cual propicia una pérdida de material.

En la Figura 4 que muestra la colocación manual de un tratamiento superficial simple con emulsión asfáltica CRS-1, se ilustra como el efecto de baja viscosidad de esta emulsión hace que el ligante escurra a través de las irregularidades de la carretera.



Figura 4. Tratamiento superficial simple construido con emulsión CRS-1 en las afueras del LanammeUCR

Fuente: LanammeUCR, 2016

4.1.2 Agregado

En tratamientos superficiales los agregados tienen la función de proveer la textura deseada, resistir la abrasión producto del tráfico y las condiciones climáticas, transmitir las cargas vehiculares al pavimento y aumentar el coeficiente de fricción de la carretera (Zúñiga, 2012).

Para que el agregado utilizado en la construcción de tratamientos superficiales tenga un buen desempeño este debe cumplir con las siguientes características:

- **Limpieza:** Es importante que los agregados estén libres de agentes externos al tratamiento, como suciedad, polvo o partículas orgánicas. Estos elementos pueden provocar una pérdida prematura (desprendimiento) de agregado (TxDOT, 2010).
- **Resistencia:** Los agregados deben tener suficiente resistencia para soportar el aplastamiento durante la construcción y en condiciones de servicio (NCHRP, 2011). De lo contrario, el paso vehicular podría fracturar algunas partículas generando así suciedad, y consecuentemente una pérdida de adherencia.
- **Forma:** Se prefiere que la forma de los agregados que se utilizan en la construcción de tratamientos superficiales sea cúbica o tetraédrica. Las partículas aplanadas deben ser evitadas por su baja resistencia a la fragmentación (Sittenfeld, 1979).

4.2. Tipos de tratamiento superficial

La elaboración de tratamientos superficiales es una práctica que se ha realizado con diversas variantes dependiendo de las necesidades a cubrir. Como resultado existen varios tipos de tratamiento superficial, pero en general los tratamientos superficiales pueden ser simples o múltiples, los cuales se explican a continuación.

4.2.1. Tratamiento superficial simple (TS-1)

Un tratamiento superficial simple consiste en la aplicación uniforme de un ligante asfáltico, sobre una estructura de pavimento o base granular, seguida por una capa de agregado de tamaño uniforme (NCHRP, 2005) (ver Figura 5).

Esta alternativa, cuando se aplica sobre una base granular, se utiliza para reducir la pérdida de material por escorrentía superficial, impermeabilizar la superficie y reducir la cantidad de partículas de polvo dispersas en el aire que se generan con el tránsito vehicular.

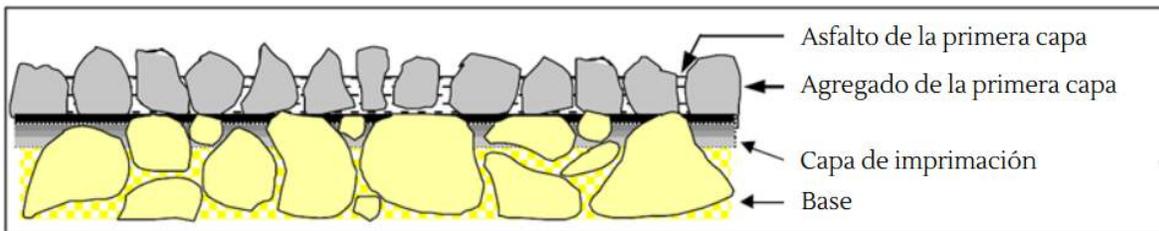


Figura 5. Tratamiento superficial simple sobre base granular

Fuente: Austroads, 2016

4.2.2. Tratamiento superficial múltiple

Los tratamientos superficiales múltiples son una sobreposición de tratamientos superficiales simples, donde cada capa se construye como si fuese un TS-1 (ver Figura 6).

En la construcción de tratamientos superficiales múltiples, se procura que los agregados de cada capa tengan aproximadamente la mitad del tamaño de los agregados que conforman la capa anterior. Al igual que los TS-1, esta solución puede aplicarse sobre bases granulares y superficies pavimentadas.

El tratamiento superficial múltiple se utiliza principalmente cuando se necesita obtener un acabado más uniforme del que pueda obtenerse con un TS-1 o en lugares que presentan condiciones climáticas adversas.

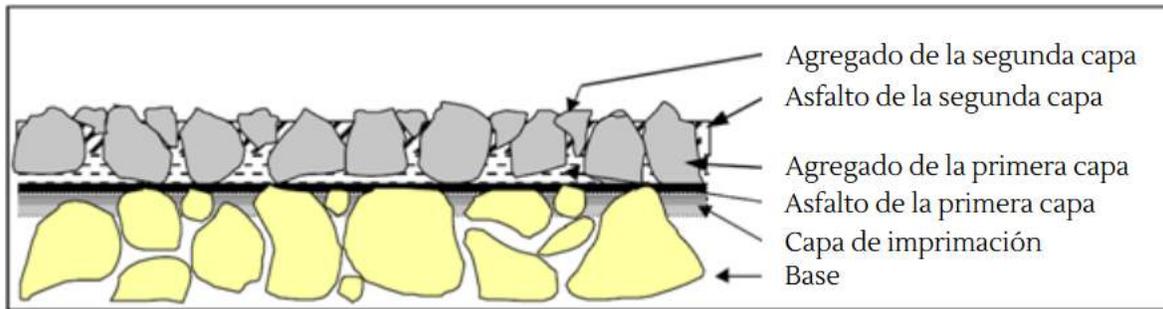


Figura 6. Tratamiento superficial múltiple sobre base granular

Fuente: Austroads, 2016

4.3. Construcción de tratamientos superficiales

A continuación se describe el proceso constructivo de tratamientos superficiales sobre bases granulares.

4.3.1. Preparación de la superficie

Inicialmente, deben conformarse la sub-base y base del pavimento, estas capas se compactan y diseñan de tal forma que en conjunto tengan la capacidad estructural suficiente para soportar las cargas de tránsito durante el periodo de diseño establecido.

Adicionalmente, antes de colocar el tratamiento superficial, la carretera debe contar con el bombeo y las superelevaciones, así como los sistemas de drenaje auxiliares requeridos para garantizar que el agua escurra en eventos de precipitación.

4.3.2. Capa de imprimación

La capa de imprimación es un riego uniforme de emulsión asfáltica que se aplica sobre la base granular, previo a la colocación del tratamiento superficial. Con su aplicación se busca mejorar la adherencia entre el tratamiento y la base granular, reducir la emisión de polvo y convertir a la base en una superficie menos permeable (TxDOT, 2010).

Antes de colocar esta capa, es necesario asegurarse de que la base esté libre de elementos sueltos y partículas de polvo que puedan evitar que el ligante asfáltico se infiltre en la superficie (VicRoads, 2004). Por lo anterior, es conviene barrer la superficie con una barredora mecánica como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Barrido de la base, previo a la colocación de la capa de imprimación

Fuente: VicRoads, 2004

Seguidamente, se debe colocar la emulsión asfáltica con un camión aspersor. Es importante que el riego abarque toda el área del tratamiento (100% de cobertura) y que al mismo tiempo sea uniforme, como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Aplicación de la capa de imprimación

Fuente: Klein, 2013

4.3.3. Ligante de la primera capa

El ligante de la primera capa⁵ debe colocarse luego de que la emulsión del riego de imprimación ha roto. Esto ocurre cuando la emulsión se vuelve de color negro como se muestra en la Figura 9.

5 Este ligante sirve para sujetar a los agregados de la primera capa del tratamiento y contribuye a impermeabilizar la superficie. Usualmente se utiliza emulsión asfáltica de rompimiento rápido y de alta viscosidad.



Figura 9. Emulsión asfáltica en proceso de curado

Fuente: LanammeUCR, 2016

Nuevamente, debe procurarse que toda el área del tratamiento quede cubierta de manera uniforme, para asegurar que todos los agregados quedarán debidamente embebidos.

4.3.4. Colocación y compactación de los agregados

El agregado debe colocarse inmediatamente después de que la superficie ha sido recubierta por el ligante, mediante un equipo que dosifica la cantidad estimada previamente en el diseño del tratamiento superficial (ver Figura 10).



Figura 10. Equipo distribuidor de agregado

Fuente: TxDOT, 2010

Después de colocar el agregado se debe compactar la superficie, para que las partículas queden firmemente embebidas en el ligante asfáltico y apoyadas sobre su cara más plana. Se recomienda utilizar un compactador neumático para esta tarea (ver Figura 11), ya que un compactador de rodillo puede provocar que los agregados se trituren, produciendo partículas finas (TxDOT, 2010).



Figura 11. Equipo recomendado para compactar el tratamiento superficial

Fuente: *TxDOT*, 2010

Luego de compactar la superficie, es normal que algunos agregados queden sueltos. Este exceso debe barrerse después de que la emulsión asfáltica ha curado y antes de permitir el tráfico vehicular, para evitar el desprendimiento de las partículas que sí quedaron embebidas en el ligante.

Finalmente, en la construcción de tratamientos superficiales múltiples, luego de barrer el exceso de agregado se debe repetir el procedimiento a partir del apartado 4.3.3, hasta obtener el número de capas que se requieran en el proyecto.

4.3.5. Consideraciones climáticas

Se deben tener las siguientes consideraciones con respecto al estado del tiempo durante la construcción de tratamientos superficiales (*TxDOT*, 2010):

- No debe colocarse emulsión asfáltica bajo la lluvia y debe considerarse la suspensión temporal del proyecto si de acuerdo con los pronósticos meteorológicos se esperan períodos de precipitación en la zona.
- Si durante la construcción del tratamiento llueve repentinamente, debe apagarse inmediatamente el distribuidor de asfalto, y proceder con la colocación del agregado necesario para cubrir la emulsión, finalmente se debe compactar adecuadamente el área. Este tramo debe someterse a un periodo de observación durante la apertura inicial al tránsito, para valorar su comportamiento.
- El reinicio de las obras, luego de un periodo de precipitación, puede ocurrir hasta que la superficie este completamente seca.
- Los tratamientos superficiales deben colocarse a una temperatura ambiental superior a los 16 °C.

5. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES EN COSTA RICA

La construcción de tratamientos superficiales en Costa Rica no es un tema reciente. Sin embargo, en los últimos años esta alternativa ha sido tema de estudio, ya que a pesar de sus ventajas, su uso ha sido cada vez menos frecuente. A continuación se abarcan algunos aspectos que han influido en la poca popularidad de los tratamientos superficiales.

5.1. Tipo de emulsión disponible en el mercado nacional

La calidad de la emulsión asfáltica utilizada en la construcción de tratamientos superficiales es un aspecto fundamental, que define su desempeño. A raíz de esta importancia, Pintor (1987) realizó una investigación enfocada en la calidad de las emulsiones asfálticas disponibles en el mercado costarricense. En este estudio se observó que las características reológicas y físico químicas de estas emulsiones afectaron, en su momento, el correcto desempeño de los tratamientos superficiales.

Actualmente, si se quisiera construir un tratamiento superficial en Costa Rica, solo se podría disponer de las emulsiones asfálticas CRS-1 y CSS-1h. Ante este panorama, el uso de tratamientos superficiales se ve afectado, pues se requiere de emulsiones específicas tanto para realizar el riego de imprimación como para sujetar el agregado que constituye las capas del tratamiento (ver secciones 4.1.1.1 y 4.1.1.2).

5.2. Compatibilidad entre el agregado y la emulsión

Se tiene evidencia anecdótica de una aparente incompatibilidad entre agregados y emulsiones con una misma carga, v. g. agregado silíceo con emulsión aniónica.

Para validar lo mencionado en el párrafo anterior, NCHRP (2011) realizó un estudio en el cual se construyeron tratamientos superficiales a partir de 20 combinaciones de agregado y emulsión. Como resultado se observó que el desempeño de las muestras elaboradas no fue significativamente distinto. Sin embargo, para evitar problemas de compatibilidad, se recomienda utilizar agregados y emulsión asfáltica con signo opuesto.

5.3. Técnica poco atractiva para el contratista

Como se mostró anteriormente, la elaboración de tratamientos superficiales es un procedimiento sencillo. Sin embargo, su construcción requiere de personal capacitado, que considerando las circunstancias del país, es escaso. Esta situación resulta poco atractiva para el contratista, ya que en principio muchos de ellos deberán realizar una inversión adicional para preparar a su personal.

6. CASO DE ESTUDIO: TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE SOBRE UNA BASE GRANULAR EN EL MUNICIPIO DE SILVER CREEK

El municipio de Silver Creek se ubica en el condado de Wright en Minnesota y su red vial se compone de 106 km de los cuales 71 corresponden a rutas de lastre.

Con el objetivo de disminuir los costos de mantenimiento, eliminar las irregularidades, el polvo y el barro, característicos en las rutas de lastre, el consejo municipal reconoció la necesidad de hallar una alternativa asequible para asfaltar estas vías. Pero como principal limitante, este municipio cuenta con un presupuesto ajustado, que no le permite considerar la construcción de una losa de concreto o una carpeta asfáltica.

Una de las soluciones empleadas para mejorar el estado de la red vial fue colocar un tratamiento superficial sobre una base granular. Lo anterior se realizó a lo largo de 6,5 km de una carretera que soporta un Tránsito Promedio Diario (TPD) de 130 veh/d, compuesto principalmente por camiones que realizan labores agropecuarias.

A continuación, con base en el reporte de Klein (2013), se ilustran algunas de las decisiones empleadas en la construcción de este tratamiento:

Preparación de la superficie

De acuerdo con una entrevista realizada a Chris Klein, supervisor del municipio de Silver Creek, uno de los factores más importantes en la construcción de tratamientos superficiales es la condición de la base. Se debe verificar que esta capa tenga buenas propiedades mecánicas, haya sido compactada adecuadamente y presente un drenaje adecuado.

En el proyecto estudiado, después de verificar el bombeo (4 %) y la capacidad de soporte de la base granular, se humedeció la superficie, con el objetivo de mejorar la penetración del riego de imprimación (ver Figura 12).



Figura 12. Preparación de la base en el proyecto de Silver Creek

Fuente: Klein, 2013

Colocación del riego de imprimación

Inicialmente la tasa de aplicación escogida para el riego de imprimación⁶ fue de 1,8 l/m². Sin embargo, al observar un exceso de ligante en la superficie, se optó por reducir esta tasa a 1,1 l/m² (ver Figura 13).



Figura 13. Capa de imprimación con emulsión PEP

Fuente: Klein, 2013

Luego de rebajar la tasa de emulsión y esperar 20 minutos para su curado, se observó que el ligante no había penetrado completamente la superficie. Como medida para permitir el tráfico vehicular durante el proceso de curado, el personal en sitio decidió colocar arena (material de secado) sobre el riego de imprimación, inmediatamente después, este material fue densificado mediante un compactador neumático.



Figura 14. Compactación del material de secado

Fuente: Klein, 2013

6 Para elaborar este riego se utilizó emulsión asfáltica tipo PEP.

Antes de elaborar el tratamiento superficial, se permitió que el riego de imprimación curara durante al menos tres horas, posteriormente se retiró el material de secado.

Colocación del tratamiento superficial

Seguidamente, se colocó emulsión CRS-2p a una tasa de 1,6 l/m². Este ligante se cubrió inmediatamente después por una capa de agregado de aproximadamente un centímetro de tamaño nominal (ver Figura 15), a una tasa que varió entre 8,7 y 9,8 kg/m².



Figura 15. Colocación del tratamiento superficial en el municipio de Silver Creek

Fuente: Klein, 2013

Este proyecto, en su fase final, se dividió en dos secciones, esto con el fin de evaluar la mejora en la regularidad del tratamiento al colocar una capa adicional de agregado fino (retenido en la malla N° 8). En la Figura 16, se muestra la textura de ambos tramos.

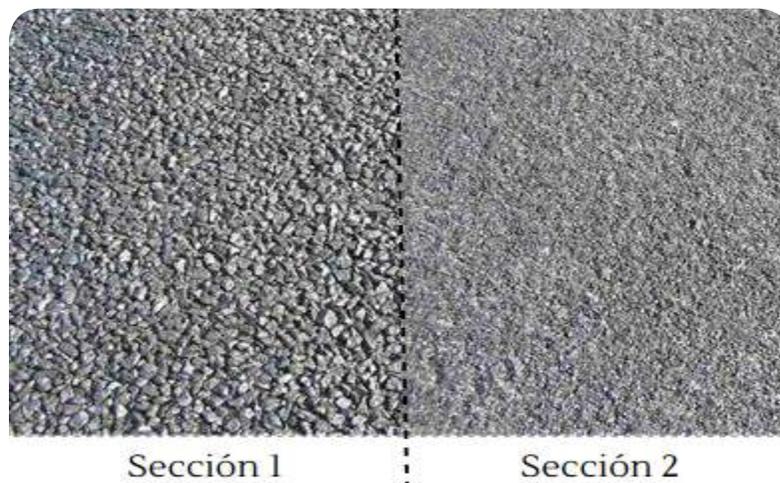


Figura 16. Acabado final de las secciones 1 y 2

Fuente: Klein, 2013

6.1. Resultados obtenidos con la colocación del tratamiento

De acuerdo con Klein (2013), el consejo municipal y los residentes de Silver Creek se mostraron satisfechos con el acabado final del tratamiento elaborado, ya que se obtuvo una superficie lisa y libre de polvo. Además, se anticipó que esta carretera requerirá de bajo mantenimiento en su vida útil esperada (5-7 años).

La aplicación de este tratamiento superficial representó un ahorro de 75 % para la administración, con respecto a la construcción de una carpeta asfáltica. Mediante estimaciones preliminares, se determinó que el costo de construcción de una carpeta asfáltica en el municipio era aproximadamente de \$ 13,3/m². Por otra parte, el costo final de la colocación del tratamiento superficial fue de \$ 3,3/m².

La construcción de este tratamiento superficial ha tenido bastante aceptación, según Klein (2017), luego de la construcción de este tratamiento superficial, otros municipios han adoptado esta solución, pues el desempeño observado ha sido bueno. Hasta el momento, la superficie construida ha requerido de reparaciones puntuales y de bajo costo.

Actualmente, en el municipio de Silver Creek se tiene planificado la construcción de nuevos tratamientos superficiales y para el 2018 se prevé la construcción de otra capa de tratamiento superficial sobre el proyecto analizado (aproximadamente 5 años después).

7. CONCLUSIONES

A partir de la revisión bibliográfica realizada, resulta interesante observar como países con mayores recursos económicos deciden ahorrar en infraestructura vial, al emplear soluciones que permiten obtener un producto de calidad a un menor costo. Se considera necesario que en Costa Rica se pueda contar con estas alternativas, especialmente en rutas de bajo volumen de tránsito.

Se debe valorar la implementación de otros tipos de trabajos para la atención y gestión del mantenimiento de rutas secundarias y terciarias, esto con el fin de optar por la realización de análisis económicos que permitan optimizar la durabilidad y eficiencia en este tipo de rutas.

Sin embargo, antes de pensar en opciones para mejorar la condición de las rutas secundarias y terciarias, se debe ampliar la gama de ligantes asfálticos disponibles en el mercado costarricense. Como se mencionó anteriormente, actualmente no se puede disponer de una emulsión adecuada para construir tratamientos superficiales.

Uno de los aspectos más llamativos de la construcción de tratamientos superficiales es su buena relación costo/desempeño. Esto se refleja en el proyecto estudiado, donde se comenta que el ahorro con respecto a la construcción de una carpeta asfáltica fue de 75%. Además de esto, se espera que la vida útil del tratamiento esté entre cinco y siete años.

El uso de tratamientos superficiales puede adaptarse a las condiciones de regularidad requeridas por la administración, por ejemplo: si se desea un acabado más regular, se podría colocar una segunda capa de agregado fino.

Se observó que las decisiones constructivas tomadas en el proyecto de Silver Creek requieren de cierto criterio técnico. A pesar de esto, la elaboración de tratamientos superficiales no deja de ser un proceso sencillo y que puede enseñarse con facilidad al personal de campo.

Finalmente, se considera un buen parámetro para evaluar con detalle la conveniencia del uso de tratamientos superficiales como alternativa a las rutas de lastre, la construcción de un tramo de prueba similar al proyecto estudiado, utilizando las emulsiones y procedimientos constructivos adecuados.

8. REFERENCIAS

1. Austroads. (2006). *Update of the Austroads Sprayed Seal Design Method*. Sydney, Australia.
2. Freeman, T. J., Button, J. W., & Estakhri, C. K. (2010). *Effective Prime Coats For Compacted Pavement Bases*. Aunтин, Texas: Texas Transportation Institute.
3. Gundersen, B. (2008). *Chipsealing Practice in New Zeland*. Adelaide, Australia: Gundersen Consulting Ltd.
4. Herra, D. (2016) Propuesta de un manual para el diseño del material en tratamientos superficiales de una, dos y tres capas en Costa Rica. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica: LanammeUCR.
5. Klein, C. (2013). *Chip Seal over Gravel Road Project*. Silver Creek, Minnesota.
6. Klein, C. (22 de marzo de 2017). Consulta sobre el estado actual de proyecto de Silver Creek. (L. D. Herra, Entrevistador)
7. LannameUCR. (2015). *Informe de Evaluación de la Red Vial Pavimentada de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
8. National Cooperative Highway Reseach Program. (2005). *Chip Seal Best Practices*. Washington, D.c.: Transportation Research Board.
9. National Cooperative Highwsy Research Program. (2011). *Manual for Emulsion-Based Chip Seals for Pavement Preservation*. Washington, D.C.: Transpotation Research Board.
10. Pintor, F. (1985). Las emulsiones asfálticas en la construcción de tratamientos superficiales en Costa Rica. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.
11. Sittenfeld, M. (1979). Usos y abusos de los tratamientos superficiales en Costa Rica. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.
12. Texas Department of Transportation (TxDOT). (2010). *Seal Coat and Surface Treatment Manula*. Texas, Estados Unidos: TxDOT.
13. Victorian State Road Authority (VicRoads). (2004). *Bituminous Sprayes Surfacing Manual*. Victoria, Australia.
14. Zúñiga, N. (2012) Propuesta de una metodología para la evaluación del desempeño de tratamientos superficiales en laboratorio. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.



**LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
Diagramación y diseño: Daniela Martínez Ortiz
Control de calidad: Óscar Rodríguez Quintana
Informe de Asesoría LM-PI-AT-10-2017
Abril, 2017