



Comparación del desempeño en laboratorio de tratamientos superficiales elaborados a partir de las metodologías de diseño de TxDOT y Austroads

Comparison of laboratory performance of surface treatments designed using the methodologies of TxDOT and Austroads

Ing. Luis Diego Herra

Estudiante de Ingeniería Civil
Universidad de Costa Rica, Costa Rica
luis.herragomez@ucr.ac.cr

Fecha de recepción: 27 setiembre del 2019 / Fecha de aprobación: 20 enero del 2020

Índices y Bases de Datos:

latindex

UCRIndex

REDIB

Dialnet

DOAJ
DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

PERIÓDICA

 revistas.ucr.ac.cr/index.php/materiales

 lanamme.ucr.ac.cr

 metodosymateriales.lanamme@ucr.ac.cr

Políticas de Uso:



Revista Métodos y Materiales por LanammeUCR se distribuye bajo: Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. ISSN electrónico: 2215-4558

Comparación del desempeño en laboratorio de tratamientos superficiales elaborados a partir de las metodologías de diseño de TxDOT y Austroads

Comparison of laboratory performance of surface treatments designed using the methodologies of TxDOT and Austroads

Ing. Luis Diego Herra

Estudiante de Ingeniería Civil
Universidad de Costa Rica, Costa Rica
luis.herragomez@ucr.ac.cr

Fecha de recepción: 27 setiembre del 2019 / Fecha de aprobación: 20 enero del 2020

RESUMEN

Los tratamientos superficiales son una alternativa para preservar el estado actual de una carretera y mejorar algunas de sus características como impermeabilidad y textura superficial. A pesar de sus beneficios, actualmente no existe un método de ensayo formalmente definido para evaluar el desempeño en laboratorio de tratamientos superficiales elaborados a partir de distintos materiales o metodologías de diseño. Por tal razón, en el presente artículo, a partir de una serie de modificaciones realizadas al ensayo ASTM D7000, se compara el desempeño de tratamientos superficiales elaborados a partir de las metodologías de diseño adoptadas por las agencias de transporte TxDOT y Austroads. Estas metodologías parten de las dos líneas de pensamiento fundamentales para el diseño de tratamientos superficiales, los principios de Hanson, utilizados en el método de Austroads y los principios de Kearby, utilizados en el método de TxDOT. A partir de los ensayos realizados se determinó que la metodología de Austroads permite la elaboración de tratamientos superficiales con una mayor cantidad de agregado remanente (posterior a los efectos del tránsito inicial), siendo este un aspecto que podría incidir favorablemente en su desempeño.

PALABRAS CLAVE: Conservación vial; tratamientos superficiales, sellos asfálticos.

ABSTRACT

Chip seals are an alternative to preserve the current condition of a road and to improve some of its characteristics such as impermeability and surface texture. Despite its benefits, there is currently no formally defined test method to evaluate the laboratory performance of chipseals elaborated from different materials or design methodologies. For this reason, in this article, based on a series of modifications made to the ASTM D7000 test, the performance of chipseals developed from the design methodologies adopted by the transportation agencies TxDOT and Austroads is compared. These methodologies start from the two most fundamental lines of thought for the design of asphaltic surface treatments, the Hanson principles, used in the Austroads method and the Kearby principles, used in the TxDOT method. From the tests carried out, it was determined that the Austroads methodology promotes chipseals that would have a greater amount of remaining aggregate, after simulating the effects of vehicular traffic on the samples of asphaltic surface treatments prepared, being an aspect that could positively influence their performance.

KEYWORDS: Road maintenance; chipseals; asphaltic surface treatment.

1. INTRODUCCIÓN

Los tratamientos superficiales son una alternativa para preservar el estado actual 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. Sin embargo, desde el inicio de la implementación de esta técnica la dosificación de agregado y emulsión asfáltica han sido tema de discusión (Lord & Schuler, s.f)

Los métodos básicos de diseño de tratamientos superficiales fueron propuestos por Hanson (1934-1935) y por Kearby (1953), quienes proporcionaron una base para futuros métodos de diseño (Schuler, 2011).

De los conceptos originales aportados por Hanson surge la metodología de McLeod (1960, 1969), posteriormente el Instituto del Asfalto, la Agencia Sudafricana de Carreteras y la Asociación Australasiática de Transporte y Tráfico (Austroads) adoptan los principios de este método (Schuler, 2011).

Por otra parte, el método de Kearby fue mejorado por Benson y Gallaway (1953) y luego por Epps (1981), hasta que finalmente fue adoptado por el departamento de Transporte de Texas (TxDOT) (Schuler, 2011).

En la Figura 1 se muestra un esquema del desarrollo de las metodologías más importantes de diseño de tratamientos superficiales.

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).

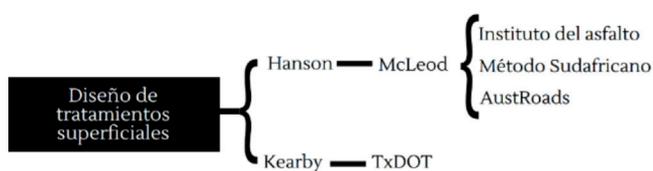


Figura 1. Esquema del desarrollo de las metodologías más importantes de diseño de tratamientos superficiales

A pesar de los beneficios que acompañan al uso de tratamientos superficiales, actualmente no existe un ensayo formalmente definido para evaluar su desempeño en laboratorio, que permita comparar entre el comportamiento de un tratamiento superficial elaborado a partir de distintas metodologías de diseño.

Por tal razón, en el presente documento, con base en la norma ASTM D7000-11, se propone una metodología para la evaluación del desempeño en laboratorio de tratamientos superficiales. Además, a partir de dicha metodología, se compara el desempeño de tratamientos superficiales elaborados mediante dos metodologías de diseño distintas (Hanson [Austroads], Kearby [TxDOT]).

2. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO EN TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

La metodología propuesta en este documento, para la evaluación del desempeño en laboratorio de tratamientos superficiales, toma como base el equipo y parte del procedimiento descrito en la norma ASTM D7000-11 (*“Standard Test Method for Sweep Test of Bituminous Emulsion Surface Treatment Samples”*).

El ensayo ASTM D7000-11 (ensayo de barrido) consiste en elaborar un tratamiento superficial simple (TS1), a partir de una cantidad estándar de emulsión asfáltica (1,42 kg/m²) y de agregado retenido entre los tamices de 9,5 mm y 4,75 mm. Cada espécimen se elabora a escala reducida, procurando emular su proceso constructivo en campo, y tiene una geometría circular con un diámetro de 280 ± 3 mm.

El desempeño de cada muestra se mide al cuantificar la pérdida de agregado por diferencia de peso, luego de que esta es sometida durante un minuto al efecto abrasivo de un cepillo que, conectado a una batidora, simula el efecto del tránsito en un tratamiento superficial (ver Figura 6).

Por sus características, el ensayo de barrido ha sido utilizado para evaluar el potencial de desprendimiento de agregados en la etapa inicial de un tratamiento superficial simple, donde el tiempo de curado es la variable más importante. De este modo, lo que se busca es determinar si la emulsión asfáltica evaluada rompe lo suficientemente rápido como para ser aplicable a un tratamiento superficial.

El ensayo de barrido está concebido para medir únicamente el desempeño de tratamientos superficiales simples. Por otra parte, las modificaciones realizadas a esta prueba están enfocadas en la evaluación del desempeño en laboratorio de tratamientos superficiales simples y múltiples (TS2 [tratamiento superficial doble] y TS3 [tratamiento superficial triple]), elaborados a partir de distintos materiales y metodologías de diseño. Dichas modificaciones se describen a continuación:

La norma ASTM D7000-11 especifica que debe utilizarse un agregado estándar, retenido entre las mallas de 9,5 mm y 4,75 mm. En esta investigación se utilizaron agregados de diferentes tamaños, ya que esto es un requisito para la construcción de tratamientos superficiales múltiples.

Se utilizaron las dosificaciones de agregado y emulsión obtenidas a partir de las metodologías de diseño de Hanson y Kearby adaptadas y modificadas por las agencias de transporte Austroads y TxDOT respectivamente. El ensayo de barrido, por el contrario, especifica una cantidad fija de agregado y emulsión.

Por otra parte, la norma ASTM D7000-11 indica que la emulsión debe colocarse sin confinamiento, sin embargo, las muestras elaboradas en esta investigación se construyeron sobre un molde de acero, cuyas paredes permiten la construcción de tratamientos superficiales múltiples (ver Figura 2).

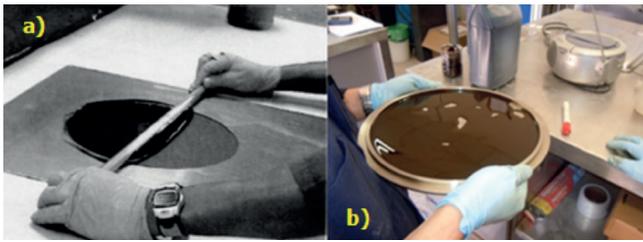


Figura 2. a) Colocación de la emulsión según ASTM D7000-11, b) Molde empleado en la investigación para colocar la emulsión. Fuente: ASTM, 2016. Modificado por: Herra, 2019

2.1 Preparación de las Muestras

Inicialmente se colocó la emulsión asfáltica a utilizar dentro de un recipiente cerrado en un horno a 60 °C durante una hora. Posteriormente, sobre la superficie del molde señalado en la Figura 3, se llevó a cabo la construcción de los tratamientos superficiales a evaluar.

Las cantidades de material que conformaron los tratamientos superficiales elaborados, corresponden a las obtenidas a través del diseño mediante las metodologías de Hanson [Austroads] y Kearby [TxDOT].



Figura 3. Acabado final de un conjunto de muestras de tratamientos superficiales realizadas.

Por otra parte, el proceso de elaboración de cada una de las muestras simula el proceso constructivo de un tratamiento superficial, donde el agregado y la emulsión asfáltica, para cada una de las capas, se colocan de manera uniforme y debidamente compactados (con el agregado recostado sobre su cara más plana) (ver Figura 3).

A diferencia del ensayo ASTM D7000-11, en la presente investigación no se busca determinar un tiempo adecuado para el rompimiento de la emulsión utilizada, más bien se busca que la emulsión sea suficientemente estable y cuente con el menor contenido de agua posible para que permita que los tratamientos superficiales a evaluar presenten un buen desempeño que permita la comparación entre distintas metodologías de diseño.

Para esta investigación se estableció un tiempo de curado de cuatro horas en un horno a 40 °C para cada una de las capas de los tratamientos superficiales realizados, ya que se observó que este tiempo era suficiente para que la pérdida de masa por concepto de evaporación de agua en la emulsión asfáltica no variara en más de 1 % en la mayoría de las muestras elaboradas, la Figura 4, muestra el promedio (a partir de tres muestras realizadas) de la pérdida de masa por concepto de evaporación de agua en cada una de las capas de los tratamientos superficiales realizados, donde luego de cuatro horas sólo la segunda capa del TS2 elaborado con la metodología de TxDOT presentó un porcentaje de pérdida de emulsión superior al 1 %, específicamente 1,5 %.

Pérdida de masa por concepto de evaporación de agua en la emulsión asfáltica

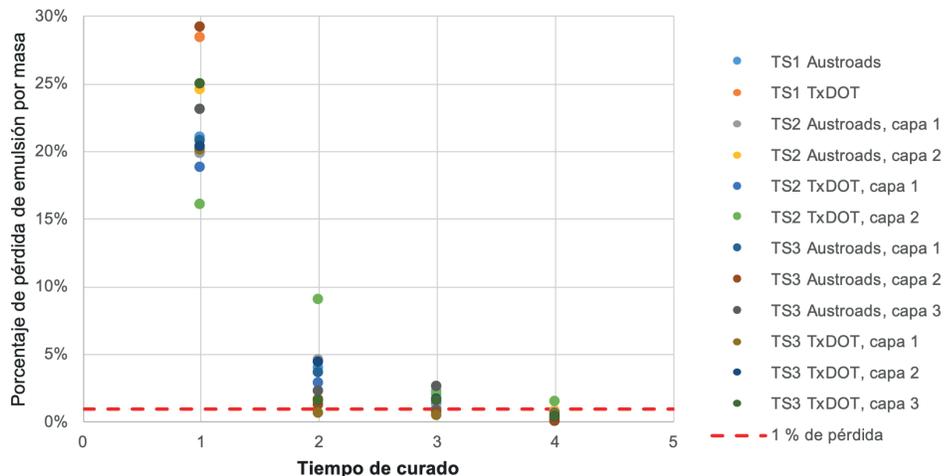


Figura 4. Pérdida de masa por concepto de evaporación de agua en la emulsión asfáltica.

Además, posterior al curado de cada una de las capas se realizó un barrido inicial ligero, para eliminar el exceso de partículas que no quedaron embebidas dentro del tratamiento y que podrían limitar la adherencia de capas superiores (ver Figura 5).



Figura 5. Barrido inicial de una muestra.

Una vez construida la última capa de cada uno de los tratamientos superficiales se aplicó el barrido final a cada una de las muestras. Este barrido corresponde al especificado por la norma ASTM D7000-11, donde la muestra es sometida durante un minuto al efecto abrasivo de un cepillo, que conectado a una batidora simula el efecto del tránsito en un tratamiento superficial (ver Figura 6).



Figura 6. Barrido final de una muestra del ensayo de barrido.

Cálculo de la Pérdida de Agregado

Para el cálculo del porcentaje de pérdida del tratamiento superficial (%p) se utilizó la Ecuación (1).

$$\%p = \frac{\sum P_I + P_F \cdot 1,33}{P_{AG}} \quad (1)$$

Donde,

$\sum P_I$: Sumatoria del peso perdido por concepto de barrido inicial en cada una de las capas

P_F : Peso perdido por concepto de barrido final (solo aplica a la última capa)

P_{AG} : Peso total de agregado utilizado en el tratamiento

Factor 1,33: Factor de corrección adimensional por área que abarca el cepillo

La expresión utilizada para el cálculo de la pérdida de agregado en este ensayo considera el desprendimiento del agregado en dos etapas:

- Desprendimiento en la etapa preliminar: Corresponde a la pérdida de partículas producto del barrido inicial, con lo cual se elimina el agregado que no quedó correctamente embebido en la emulsión. Este barrido siempre se realiza en campo, principalmente para evitar accidentes de tránsito.
- Desprendimiento en la etapa final: Considera el agregado que se pierde cuando se somete el espécimen al efecto abrasivo de una escobilla durante un minuto. Como se muestra en la Ecuación (1), se necesita multiplicar el peso del agregado desprendido en esta etapa por un factor de 1,33, debido a que la escobilla no actúa sobre toda el área de la muestra.

3. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO EN LABORATORIO

Como se ha mencionado, el desempeño en laboratorio se midió a partir de muestras elaboradas según las metodologías de diseño de Kearby (TxDOT) y Hanson (Austroads). Específicamente se ensayaron tres muestras por cada tipo de tratamientos superficial (TS1, TS2 y TS3) y metodología de diseño, para un total de 18 muestras elaboradas.

Muestras elaboradas según la metodología de Kearby (TxDOT)

La cantidad de agregado correspondiente a esta metodología de diseño se determina a partir de un ensayo denominado “Prueba del tablero”. Este ensayo consiste en tomar una muestra del agregado que va a utilizarse en cada capa y esparcirlo uniformemente sobre su cara más plana, llenando los vacíos en una superficie cuadrada con dimensiones de 300x300 mm. El agregado por utilizar corresponde a la dosificación en kg/m² obtenida a través de esta prueba.

Por otra parte, la cantidad de emulsión asfáltica se calcula como función del peso unitario suelto del agregado, vacíos en el agregado suelto, resultados de la prueba del tablero, tráfico, clima y condición superficial sobre la cual se colocaría el tratamiento.

En cuanto al diseño de tratamientos superficiales múltiples, cada capa debe diseñarse como un tratamiento superficial simple, tomando en cuenta que los agregados en capas superiores deben tener un tamaño nominal menor o igual a la mitad del tamaño nominal del agregado de la capa inferior.

Además, la cantidad de ligante asfáltico en capas superiores no debe ser corregida por textura superficial, por lo general, estas tasas de aplicación de ligante son sumadas y dividida en proporciones distintas para cada capa (Zúñiga, 2012).

En este caso particular, para el diseño de tratamientos superficiales dobles se consideró una proporción de ligante de 40 % para la primera capa y 60 % para la segunda. Mientras que para la dosificación de los tratamientos superficiales múltiples se utilizó una proporción de 30 %, 40 % y 30 %, para la primera, segunda y tercera capa respectivamente, de acuerdo con las recomendaciones de Perera 1987.

Muestras elaboradas según la metodología de Hanson (Austroads)

Hanson identificó que los vacíos entre agregados recién compactados para la elaboración de tratamientos superficiales son del 30 %, posteriormente, con el tránsito vehicular, estos vacíos se reducen a 20 %. De acuerdo con esta metodología un buen tratamiento superficial debe contar con este 20 % de vacíos 70 % rellenos con asfalto, por lo tanto, las consideraciones de diseño propuestas por Hanson se enfocan al cumplimiento de esta premisa (Patrick & Gundersen, 2005).

El método utilizado por Austroads se basa en los principios desarrollados por Hanson e incorpora algunos factores de corrección por efecto del tránsito vehicular, absorción de los agregados, textura superficial, penetración de los agregados en la superficie, entre otros factores que permiten calibrar las dosificaciones de diseño según las particularidades del lugar dónde se va a colocar el tratamiento superficial.

En este caso particular, para el diseño de los tratamientos superficiales utilizados en esta investigación se siguieron los procedimientos descritos en los reportes técnicos de Austroads AP-T68-06 “*Update of the Austroads Sprayed Seal Design Method*” y AP-T236-13 “*Update of Double / Double Design for Austroads Sprayed Seal Method*”, para el diseño de los TS1 y TS2 respectivamente.

Por otra parte, para el diseño de los TS3 se observó que Austroads no cuenta con una metodología de diseño, por lo tanto, para la dosificación de estas muestras se diseñaron las primeras dos capas como si fuesen un tratamiento superficial doble, mientras que la última capa se diseñó como si fuese la segunda capa de un tratamiento superficial doble. Por último, la distribución de emulsión en las capas del tratamiento se realizó en una proporción de 30 % : 40 % : 30 %, similar al diseño de TxDOT realizado.

Dosificaciones de agregado y emulsión utilizadas

En la Tabla 1 se muestra un resumen con las dosificaciones de agregado y emulsión asfáltica utilizada para cada uno de los tratamientos superficiales elaborados. Estas dosificaciones

requirieron de algunos supuestos relacionados con el tránsito para el cual fueron diseñados los tratamientos, para lo cual se consideró un TPD (tránsito promedio diario) de 500 vehículos/día y un porcentaje de pesados de 10 %, para una carretera de dos carriles (uno por sentido), características típicas de las rutas de lastre cercanas a la fuente de agregados utilizada en la investigación.

Desempeño en laboratorio para los tratamientos superficiales elaborados

Para evaluar el desempeño de los tratamientos superficiales elaborados se consideraron cuatro indicadores, como se muestra en la Figura 7, Figura 8 y Figura 9.

| Tabla 1. Resumen con las dosificaciones de agregado y emulsión utilizadas para cada uno de los tratamientos superficiales elaborados. | | | | | | |
|---|------|-----------------------------|--|--|--|--|
| TIPO | CAPA | TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO | METODOLOGÍA DE KEARBY (TXDOT) | | METODOLOGÍA DE HANSON (AUSTRADS) | |
| | | | ¹ AGREGADO (KG/M ²) | ² EMULSIÓN (KG/M ²) | ¹ AGREGADO (KG/M ²) | ² EMULSIÓN (KG/M ²) |
| TS - 1 | 1 | 9,5 MM | 7,10 | 1,07 | 11,26 | 1,94 |
| TS - 2 | 1 | 19 MM | 13,30 | 1,13 | 17,94 | 1,00 |
| | 2 | 9,5 MM | 7,10 | 1,70 | 6,85 | 3,40 |
| TS - 3 | 1 | 19 MM | 13,30 | 0,91 | 17,94 | 1,54 |
| | 2 | 9,5 MM | 7,10 | 1,21 | 6,85 | 2,06 |
| | 3 | 4,75 MM | 2,00 | 0,91 | 1,08 | 1,54 |

¹Agregado suministrado por la Empresa Dinaju, procedente del cantón de San Carlos

²Emulsión CRS-1 elaborada por la Refinadora Costarricense de Petróleo

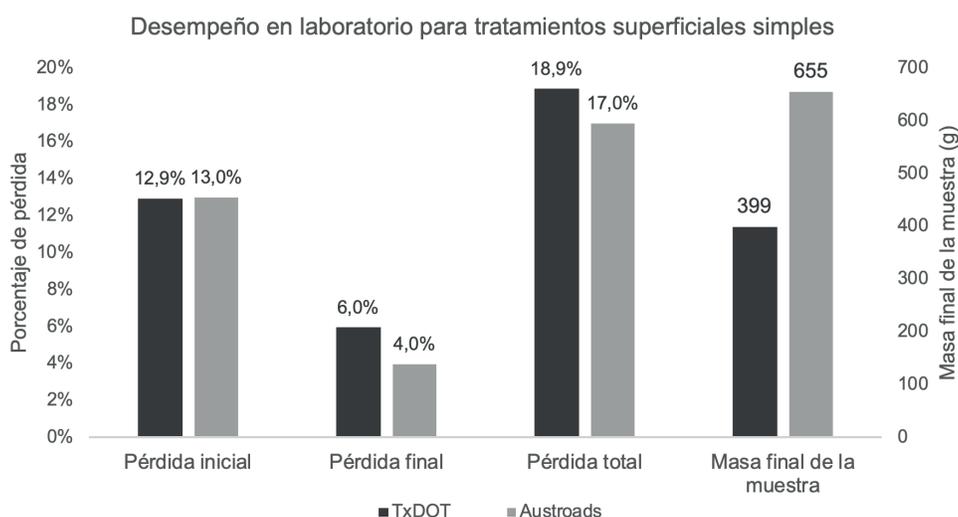


Figura 7. Desempeño en laboratorio para tratamientos superficiales simples.

Desempeño en laboratorio para tratamientos superficiales dobles

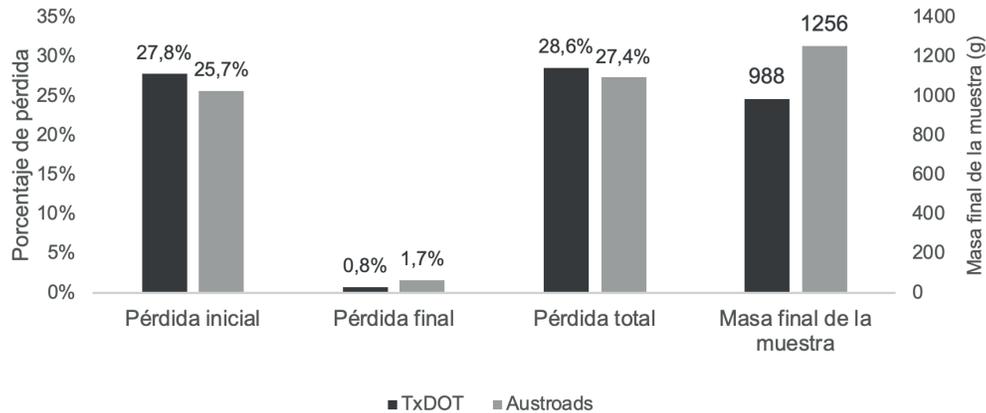


Figura 8. Desempeño en laboratorio para tratamientos superficiales dobles.

Desempeño en laboratorio para tratamientos superficiales triples

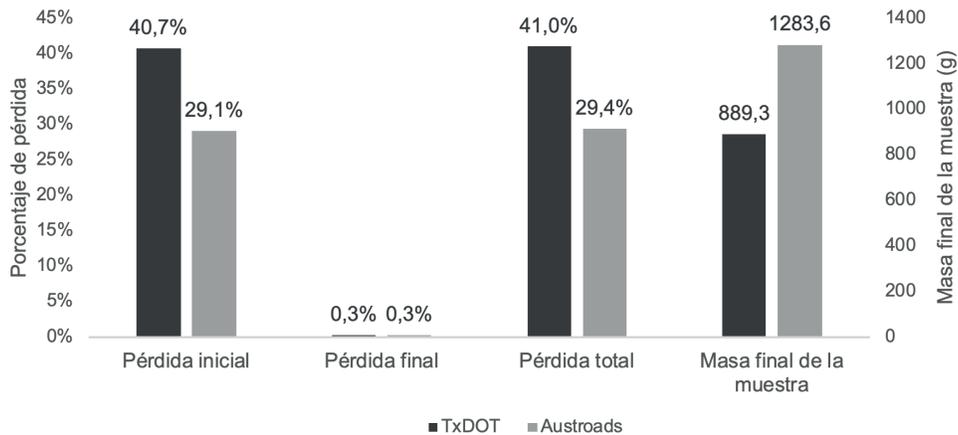


Figura 9. Desempeño en laboratorio para tratamientos superficiales triples.

Pérdida inicial de agregados: que representa el porcentaje por peso de agregado desprendido luego de un barrido ligero que elimina el exceso de agregado una vez que cada una de las capas ha pasado por el proceso de curado.

En esta investigación se observó que para el TS1 la pérdida inicial fue similar en ambas metodologías, mientras que para los TS2 y TS3, la metodología de Austroads presentó un menor desprendimiento inicial. Este desprendimiento inicial es de particular importancia en el proceso constructivo de tratamientos superficiales, donde el agregado que se desprende en esta etapa debería ser recuperado y reutilizado.

a. Pérdida final de agregados: que representa el porcentaje de agregados desprendidos luego de la aplicación del ensayo de barrido.

Para este indicador se evidenció que para las muestras de TS1, la metodología de Austroads presentó 2 % menos pérdida de agregado, para el TS3 los porcentajes de pérdida fueron similares, mientras que para el TS2 fue la metodología de TxDOT fue la que presentó un menor desprendimiento final (1 % menor).

b. Pérdida total: que representa el porcentaje pérdida calculado a partir de la Ecuación (1).

Para este indicador se observó una tendencia generalizada de las muestras elaboradas por el método Austroads de presentar un menor porcentaje de desprendimiento.

c. Masa final de la muestra:

Por último, las Figuras 7, 8 y 9 señalan que, para los tres tipos de tratamientos superficiales evaluados, luego del ensayo de barrido, las muestras elaboradas por el método de Austroads cuentan con una mayor masa. Esto significa que los tratamientos superficiales elaborados a partir de esta metodología brindarían una mayor cantidad de partículas protegiendo la superficie de la carretera.

4. CONCLUSIONES

Se determinó que la norma ASTM D7000-11, con los cambios señalados en el presente artículo, puede ser una herramienta útil para comparar el desempeño de tratamientos superficiales en laboratorio, con el propósito de impulsar mejoras en el diseño o incluso para comparar entre distintas fuentes de agregado o tipos de emulsión.

Se observó que la metodología de TxDOT propicia un mayor desprendimiento inicial de agregados, lo cual no es necesariamente un aspecto negativo, si en la etapa constructiva del correspondiente tratamiento se toman las previsiones del caso y el agregado desprendido en esta etapa se logra reutilizar.

No se evidenció una superioridad clara en los diseños, tomando en cuenta el indicador de desprendimiento final. Sin embargo, considerando la masa final de las muestras, se evidenció que para todos los casos la metodología de Austroads garantiza una mayor cantidad de agregado por muestra, luego de la aplicación del ensayo de barrido. Esto significa que los tratamientos superficiales elaborados a partir de esta metodología brindarían una mayor cantidad de partículas protegiendo la superficie de la carretera, lo anterior, podría explicarse por el hecho de que esta metodología por lo general demanda una mayor cantidad de ligante, de modo que también debe valorarse si dicho aumento en la cantidad de ligante produce algún inconveniente como lo podrían ser problemas por exudación.

Por último, se recomienda realizar una calibración de estos ensayos de laboratorio a través de un factor de campo, mediante la evaluación de tramos de prueba construidos a partir de distintos materiales y metodologías de diseño.

5. REFERENCIAS

- Alderson, A. (2006). Update of the Austroads sprayed seal design method (No. AP-T68/06).
- American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Test Method for Sweep Test of Bituminous Emulsion Surface Treatment Specimens ASTM D7000-11. Estados Unidos: ASTM.
- Gundersen, B. (2008). Sprayed Sealing Conference – cost effective high performance surfacings. *Chipsealing Practice in New Zealand* (pág. 13). Adelaida, Australia: Australian Road Research Board.
- Holtrop, W., Busuttil, R., Esnouf, J., Jones, J., Neaylon, K., & Patrick, S. (2013). *Update of double/double design for Austroads sprayed seal design method* (No. AP-T236/13).
- Lord, A., & Schuler, S. (s.f.). *An Analysis of Two Leading Chip Seal Design Methods*. Fort Collins, Colorado: Colorado State University.
- Patrick, J., & Gundersen, B. (2005). Chipseal Design. En *Chipsealing in New Zealand* (págs. 327-376). Wellington, New Zealand: Transit New Zealand.
- Perera, V. (1987). Metodología de diseño de los tratamientos superficiales. 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.
- Shuler, S. (2011). *Manual for emulsion-based chip seals for pavement preservation* (Vol. 680). Transportation Research Board.
- Zúñiga, N. (2012) Propuesta de una metodología para la evaluación del desempeño de tratamientos superficiales en laboratorio. (Tesis de grado), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.