

# Tratamientos superficiales: ¿por qué los hemos abandonado?

Sandra Ximena Campagnoli Martínez

## Resumen

Los tratamientos superficiales con agregados se han convertido en una técnica efectiva para el mantenimiento de pavimentos, ampliando su vida de servicio en condiciones de circulación cómoda y segura. Así mismo, los tratamientos superficiales pueden ser una alternativa técnica y económicamente viable para emplearse como capa de rodadura en la construcción nueva de vías con bajos volúmenes de tránsito, e incluso medios y altos volúmenes de tránsito donde se prevea la construcción por etapas.

En este artículo se resume el estado del arte de esta técnica en los principales países que la aplican, como Australia, Nueva Zelanda, Suráfrica y el Reino Unido, y se realiza una comparación con el estado de su aplicación en Colombia, dándose una mirada rápida a dos metodologías que se proponen en la literatura para el diseño de los tratamientos superficiales: una simple –la regla del décimo o método de Linckenheyl– y la otra más elaborada, presentada por el TRL de Inglaterra en el *Overseas Road Note 3: A guide to surface dressing in tropical and sub-tropical countries*.

**Palabras claves:** tratamientos superficiales, pavimentos, mantenimiento, rodadura.

## Abstract

Surface treatments using aggregates, also known as surface dressing or chip seals for road pavements, has become an effective technique for their maintenance, hence enlarging their serviceability life under conditions of smoothly and comfortable traffic, and besides all safety. Similarly, road surface treatments can become an economical

feasible alternative technique that could be used as road surface in roads under low traffic volumes, and even for medium and high traffic volumes conditions when the construction of new roads demands a step like or gradually scheme.

This paper summarizes the state of the art with regard to this technique in the main countries where it is applied, such as: Australia, New Zealand, South Africa and the United Kingdom, the paper makes a comparison with the current application within Colombia, giving a quick overview, that are currently proposed in the most recent technical publications, for the design of road surface treatments, firstly a simple one, the rule of the 10<sup>th</sup> also known as the method of Linckenheyl and secondly a more comprehensive one that has been elaborated and presented by TRL (Transport Research Laboratory) of the United Kingdom, in its *Overseas Road Note 3: A guide to surface dressing in tropical and sub-tropical countries*.

**Keywords:** surface treatments, pavements, maintenance, road surface.

## ANTECEDENTES

En el estudio “Emulsiones asfálticas en Colombia”, desarrollado por la Escuela Colombiana de Ingeniería con financiación parcial de Colciencias en 1989, se concibieron los tratamientos superficiales (T.S.) multicapa, con empleo de agregados, como una de las aplicaciones que presentaban un panorama más despejado en el campo de los pavimentos económicos para tránsitos ligeros a medios, e incluso tránsitos pesados donde se contemplara la construcción por etapas.

En la década de los ochenta el entonces Ministerio de Obras Públicas y

Transportes de Colombia (MOPT), a través de sus distritos de obras y con el apoyo de una empresa española, le dio un impulso adecuado a la aplicación de los tratamientos superficiales multicapa, y en departamentos como Boyacá y Quindío se extendió su uso en la construcción y conservación de la red vial, encontrándose hoy en día tramos en servicio después de más de 30 años de su construcción. En la tabla 1 se presentan algunas de estas experiencias.

En la primera versión del *Manual de diseño de estructuras de pavimentos*, propuesta por el IDU y la Alcaldía Mayor de Bogotá de un estudio efectuado por la Universidad de los Andes en 1994, ya se insinúa el empleo de los tratamientos superficiales para la conformación de las superficies de rodadura en vías con intensidad de tránsito medio a bajo, e incluso tránsito pesado, previendo en este caso la colocación de un refuerzo de concreto asfáltico en un lapso de dos a ocho años, dependiendo de las condiciones de tránsito.

En el estudio “Desarrollo y estado actual de las emulsiones asfálticas en Colombia”, realizado por la Escuela Colombiana de Ingeniería con financiación del Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) en 1995, se concluye que durante el período comprendido entre los años 1989 y 1995 los tratamientos superficiales no se ejecutaron en las proporciones esperadas.

Esta técnica continúa en decadencia en Colombia, teniendo en cuenta la

Ingeniera civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería, profesora asociada del Centro de Estudios Geotécnicos. Especialista en geotecnia de la Universidad Nacional de Colombia.

**Tabla 1**  
Algunas experiencias en la aplicación de T.S. en Colombia

Carretera	Aplicación	Longitud	Fecha de ejecución
Alambrado - Cruces	TSD	10 km	1987-1988
Barragán - Génova	TSD	20 km	1988-1989
Arrayanal - Salento	TSD	8 km	1991
Club Campestre Armenia	TSD	6 km	1992
Armenia - Pereira	TSD	400 km	1993
Puracé - Coima - Castilla	TST	16,9 km	1986-1989
Ortega - Chaparral (sector Ortega - Olaya Herrera)	TSD	5 km	1987-1988
Chaparral - San Antonio	TSD	5 km	1987-1988
Neiva - Aranzazu	TSS	5 km	1991
Ruta 025 - Damasco	TSD	4 km	1985
Variante de Caldas	TSD	11 km	1988
Sogamoso - Yopal (sector El Crucero-Corinto)	TSD	55 km	1990-1991
Chipaque - Los Cerezos - Ubaque	TSD	3,2 km	1994-1995

TSS: Tratamiento Superficial Simple TSD: Tratamiento Superficial Doble TST: Tratamiento Superficial Triple.

respuesta dada por el subdirector de Apoyo Técnico del Instituto Nacional de Vías, Guillermo Enrique Sarabia Villa, a un representante de aditivos no convencionales en junio de 2005; Sarabia dice en uno de sus apartados textualmente: "... en el campo de la tecnología de obras y procedimientos, que se habían adoptado como convencionales en virtud del trabajo de transferencia desarrollado por el anterior Ministerio de Obras Públicas y Transportes, a partir de entidades internacionales de reconocida trayectoria, en este momento existe una *instrucción del Señor Ministro de Transporte* para su abolición dentro de los futuros contratos de pavimentación, como es el caso de los *tratamientos superficiales y las lechadas asfálticas*" (el destacado es del autor). En efecto, estas técnicas no se incluyeron en los términos de referencia de los proyectos de pavimentación del plan 2500, donde podrían haberse contemplado como alternativas viables técnica y económicamente.

Por último, también sorprende que los tratamientos superficiales y las lechadas asfálticas no se incluyeran en

las Especificaciones técnicas generales de materiales y procesos constructivos para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá D.C., propuestas por el IDU en el 2005 a partir de un estudio contratado con la Sociedad Colombiana de Ingenieros.

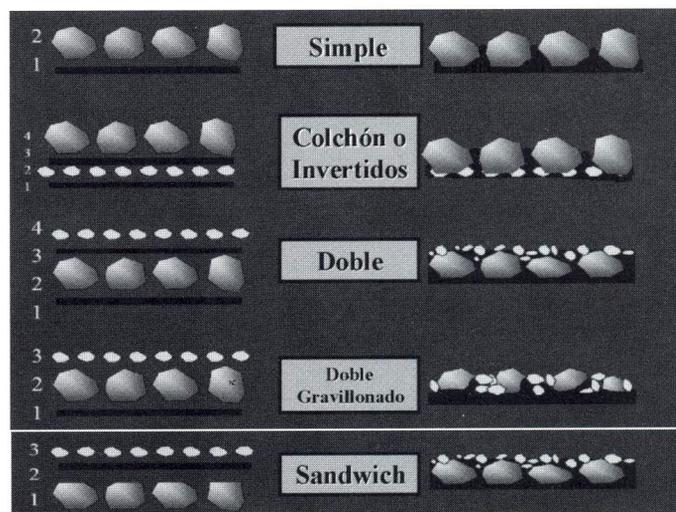
De lo expuesto anteriormente surgen inquietudes como las siguientes: ¿a

qué obedece la decadencia de estas tecnologías? ¿Será que las experiencias logradas en la aplicación de los tratamientos superficiales han sido más fracasos que éxitos? Y de ser así, ¿por qué no aprender de los mismos? Y finalmente, ¿a qué tecnologías se circunscriben los programas de mantenimiento y conservación vial en Colombia?

### ¿QUÉ SON LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES (T.S.)?

El riego de un ligante asfáltico, seguido por la extensión y compactación de una capa de agregado, se constituye en un Tratamiento Superficial Simple (TSS) o monocapa. Si este proceso completo se repite una vez más, se obtiene un tratamiento superficial doble TSD o bicapa, pudiéndose repetir el proceso nuevamente para obtener un tratamiento superficial múltiple.

En la figura 1 se muestran los diferentes tipos de tratamientos superficiales que se han desarrollado, teniendo en algunos países variantes adicionales que incluyen la aplicación de una lechada asfáltica sobre un TSS, o el uso de un geotextil superpuesto entre la superficie de la carretera y el tratamiento superficial.



**Figura 1.** Principales tipos de tratamientos superficiales.

En Colombia, los tratamientos superficiales dobles, seguidos por los simples y por los múltiples, constituyen las variantes más aplicadas. Los TSS resultan adecuados en operaciones de mantenimiento sobre superficies asfálticas existentes para sellar, impermeabilizar, disminuir el deterioro y restaurar la resistencia al deslizamiento. Los TSD pueden emplearse en construcción nueva como superficie de rodadura sobre capas de base granular o tratada, o sobre superficies bituminosas existentes para un mantenimiento más duradero que los simples, soportando mayor tráfico y generando menor ruido.

A escala mundial, las primeras aplicaciones de tratamientos superficiales datan de 1920, usándose principalmente como capa de rodadura de vías con bajos volúmenes de tránsito. En los últimos 75 años su aplicación se ha concentrado esencialmente en programas de mantenimiento y su popularidad ha radicado en el bajo costo inicial, si se les compara con capas asfálticas delgadas.

Los países que tienen mayor experiencia en la aplicación de tratamientos superficiales son Australia, Nueva Zelanda, Suráfrica y Reino Unido. Como se puede apreciar en las figuras 2 y 3, en estos países se tiene una longitud importante de vías con aplicación de T.S. y la técnica, lógicamente asociada con las políticas y programas de gestión de carreteras, se ha desarrollado hasta el punto de que han logrado ampliar la vida de servicio de los pavimentos en cerca de diez años.

### MATERIALES QUE COMPONEN LOS T.S.

Por el carácter de superficie de rodadura que tienen los tratamientos superficiales, en contacto directo con las llantas de los vehículos y los agentes atmosféricos, la calidad de los materiales que los constituyen es bastante exigente.

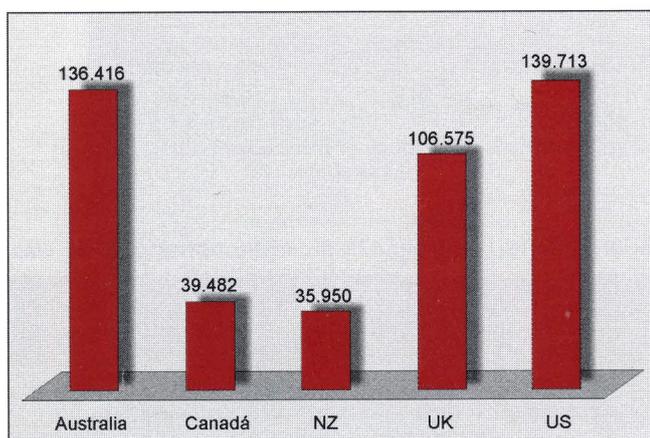


Figura 2. Millas carril de tratamientos superficiales.

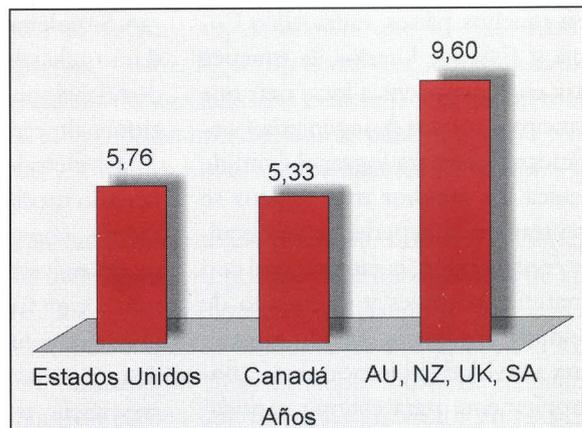


Figura 3. Ampliación de la vida de servicio del pavimento (años).

Los agregados pétreos deben proceder de trituración, tener un tamaño uniforme como sea económicamente práctico —forma predominantemente cúbica—, estar limpios, exentos de polvo, arcillas u otros materiales objetables y ser resistentes tanto a la abrasión como al pulimento, tenaces y durables. El tamaño máximo del agregado, en general en las metodologías de diseño, se selecciona en función del tránsito que solicitará el pavimento, la condición de la superficie que se va a cubrir y el tipo de tratamiento.

Las agencias viales especifican la calidad de los agregados que se emplearán en los tratamientos superficiales, con diferentes niveles de exigencia, requiriendo lógicamente agregados de mejor calidad en vías con altos volúmenes de tránsito.

En cuanto a los ligantes asfálticos, aun cuando se ha popularizado el uso de emulsiones asfálticas de rotura rápida, también se emplean asfaltos convencionales, asfaltos líquidos y asfaltos modificados. En general, cualquiera que sea el ligante que se aplique en un tratamiento superficial, éste debe presentar una buena adhesividad con los agregados; una adecuada fluidez inicial, que permita su rociado, el mojado de los agregados y el cubrimiento uniforme de la superficie; debe desarrollar una cohesión apropiada en el menor tiempo posible, así como presentar una viscosidad acorde con el tipo de agregado y la superficie de la vía.

### EL DISEÑO DE LOS T.S.: ENTRE LO EMPÍRICO Y LO RACIONAL

Tradicionalmente se piensa que los tratamientos superficiales son más un arte que una ciencia (Wegman, 1991). Hoy en día prevalece la creencia de que el diseño de esta técnica es tan simple como una receta de cocina.

En muchos países, entre ellos Colombia y Estados Unidos, la práctica se basa en la experiencia local más que en principios sólidos de ingeniería, considerándose que para lograr el éxito de la técnica los factores más críticos se concentran en la experiencia del equipo de construcción, la familiaridad con los materiales locales y el empleo de maquinaria apropiada, siendo el diseño una actividad sin importancia, usada simplemente para estimar cantidades de obra.

En los países con mayor volumen de aplicación de los tratamientos superficiales, las metodologías para el diseño de los mismos han evolucionado de tal modo que combinan la experiencia con sólidos principios ingenieriles, tratándose de reducir las incertidumbres y logrando así diseños más ajustados a las condiciones de campo.

Entre las metodologías de diseño de los tratamientos superficiales se plantean desde las más simples, como el método de Linckenheyl, conocido también como la regla del décimo, pasando por metodologías más ajustadas, como las propuestas por el Centro de Investigaciones de Carreteras de Bélgica, el método Shell o el método de McLeod, y llegándose a propuestas más elaboradas, como la que presenta el TRL junto con el Department for International Development (DFID) de Inglaterra en el *Overseas Road Note 3: A guide to surface dressing in tropical and sub-tropical countries*.

### DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LOS MÉTODOS DE LINCKENHEYL Y DEL TRL

#### Método de Linckenheyl o regla del décimo

En el método no se realizan consideraciones sobre el tipo y condiciones de la superficie sobre la cual se colocará el tratamiento, así como tampoco sobre el tránsito y el clima que lo solicita-

rán. Simplemente, se realizan recomendaciones sencillas para ajustar las dosificaciones del asfalto a las condiciones de campo.

El método se basa en establecer el tamaño medio del agregado  $\Delta$ , en milímetros, como el promedio entre su tamaño máximo,  $D$ , y su tamaño mínimo,  $d$ , y en función de este valor determinar el volumen en litros de agregados,  $Q$ , requerido para cubrir 1 m<sup>2</sup> de superficie, y el volumen en litros de asfalto,  $L$ , necesario para cubrir la misma superficie, siendo  $L$  la décima parte de  $Q$ . Las dosificaciones de asfalto y agregado se determinan con las expresiones que se indican en la tabla 2.

**Tabla 2**  
Dosificación de agregados y asfalto en l/m<sup>2</sup>

$\Delta > 10 \text{ mm}$	$\Delta \leq 10 \text{ mm}$
$Q = 0,9 \Delta$	$Q = 3 + 0,7 \Delta$
$L = 0,10 Q$	

En los artículos 430-96, "Tratamiento Superficial Simple", y 431-96, "Tratamiento Superficial Doble", de las

Especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto Nacional de Vías (INV), se presentan los requisitos de calidad de los agregados pétreos y del material bituminoso que se va a usar en cada uno de estos tipos de aplicaciones. Considerando, en general, que en estas especificaciones se contemplan gradaciones  $D/d - 20/10$ ,  $13/7$ ,  $10/5$  o  $6/3$ , unos cálculos rápidos, usando la regla del décimo, permiten establecer las dosificaciones de asfalto y agregado y apreciar que estos valores, en términos generales, cumplen con los límites establecidos en las especificaciones que se muestran en las tablas 3 y 4.

Para tener en cuenta las condiciones de campo, el método recomienda aumentar o disminuir entre 5 y 15% la cantidad de ligante residual, en función de las características de la superficie donde se aplicará el tratamiento, tales como porosidad, agrietamiento, absorción, condiciones climáticas y nivel de tránsito.

Estas consideraciones las presentan también las especificaciones del INV, donde textualmente se dice: "De acuerdo con las características de la superfi-

**Tabla 3**  
Límites de las dosificaciones de TSS, artículo 430-96, Instituto Nacional de Vías

Gradación	Agregados		Ligante residual (l/m <sup>2</sup> )
	Gradación	Dosificación (l/m <sup>2</sup> )	
TSS-1 (20/10 - 13/7)	8 - 10	0,9 - 1,3	
TSS-2 (13/7 - 10/5)	6 - 8	0,7 - 1,1	

**Tabla 4**  
Límites de las dosificaciones de TSD, artículo 431-96, Instituto Nacional de Vías

Tipo	Aplicación	Agregados		Ligante residual (l/m <sup>2</sup> )
		Gradación	Dosificación (l/m <sup>2</sup> )	
1	PRIMERA	TSD 1 (25/13 - 20/10)	12 - 14	1,3 - 1,8
	SEGUNDA	TSD 3 (13/7 - 10/5)	6 - 8	0,8 - 1,2
2	PRIMERA	TSD 2 (20/10 - 13/7)	8 - 10	0,9 - 1,3
	SEGUNDA	TSD 4 (10/5 - 6/3)	5 - 7	0,7 - 1,0

cie sobre la cual se aplicará el tratamiento, las condiciones climáticas del lugar y el tránsito previsto, el constructor hará un diseño preliminar del tratamiento por algún método de diseño empírico reconocido, cuyos resultados servirán de base para las primeras pruebas. La dosificación definitiva del tratamiento ... será establecida por el interventor, dependiendo de las características de la obra y a la vista de los resultados de la fase de experimentación...”.

**Método del TRL, Overseas Road Note 3: A guide to surface dressing in tropical and sub-tropical countries**

Como ya se indicó, el método propuesto en el Overseas Road Note 3 del TRL para el diseño de tratamientos superficiales se considera más elaborado, en virtud de que tiene en cuenta las condiciones prevalecientes en el sitio donde se colocará el tratamiento. En la figura 4 se ilustran las etapas principales del procedimiento de diseño.

Como se puede apreciar en la figura, el tamaño nominal del agregado que va a usarse en el tratamiento se selecciona con base en las condiciones existentes en el sitio, así como en las condiciones de tránsito que lo solicitarán. Por ejemplo, se recomienda el empleo de agregados de mayor tamaño cuando se tienen superficies blandas y el tratamiento estará sujeto a un tránsito pesado.

El ligante asfáltico se selecciona con base en la temperatura de la superficie de la carretera en el momento de em-

prender el tratamiento, de manera que su viscosidad esté comprendida entre 10 y 70 centistokes aproximadamente, la naturaleza del agregado, las características geométricas de la vía, el tipo de equipo disponible para su manejo y distribución y, como es obvio, de los ligantes disponibles localmente.

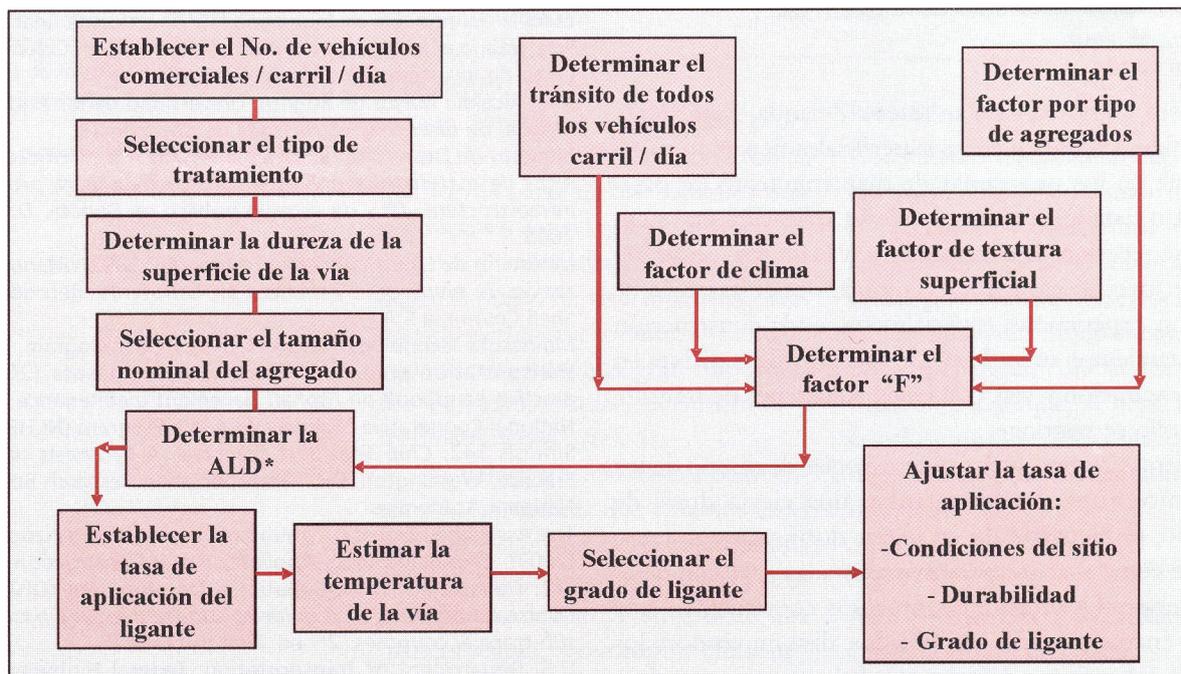
Una vez seleccionados el tamaño nominal del agregado y el tipo de ligante, es posible determinar la tasa de aplicación de los mismos. El método de diseño se basa, con algunas modificaciones, en el propuesto por Jackson (1963), el cual se fundamenta en el concepto expuesto inicialmente por Hanson (1934), que relaciona los vacíos en la capa del tratamiento con la cantidad de ligante necesario para mantener fijas las partículas en su sitio. Los mejores resultados se alcanzan cuando un 50 a 70% de los vacíos en la capa compactada se encuentran llenos de ligante.

De acuerdo con las anteriores consideraciones, la tasa de aplicación del ligante se determina mediante la siguiente ecuación:

$$R = 0,625 + (F * 0,023) + [0,0375 + (F * 0,0011)] ALD$$

Donde: R = tasa de aplicación del ligante (kg/m<sup>2</sup>)

F = factor de ponderación que tiene en cuenta el tránsito, las condiciones de la superficie existente, las condiciones climáticas y el tipo de agregados.



\*ALD: Dimensión mínima promedio.

**Figura 4.** Etapas principales para el diseño de un tratamiento superficial.

ALD = mínima dimensión promedio del agregado, determinada en función de la dimensión media del agregado y de su índice de aplanamiento (mm).

Igualmente, el método recomienda ajustes en la tasa de aplicación del ligante, dependiendo del tránsito y de la geometría de la vía.

En cuanto a la tasa de aplicación del agregado, suponiendo que éste tiene una masa unitaria suelta de  $1,35 \text{ t/m}^3$ , el método presenta la expresión que se muestra a continuación, aun cuando reconoce que ésta es simplemente una guía y que la mejor manera de estimar el valor de la tasa de aplicación del agregado es mediante pesajes repetidos (mínimo 10) del agregado extendido o aplicado, en una sola capa, sobre un recipiente de área conocida.

$$Q = 1,364 * ALD$$

Donde: Q = tasa de aplicación del agregado ( $\text{kg/m}^2$ )  
ALD = mínima dimensión promedio del agregado (mm).

Se aprecia así que la metodología de diseño de tratamientos superficiales propuesto por el TRL frente al método de Linckenheyl o regla del décimo expuesto, es mucho más elaborado, aunque sigue presentando una cierta dosis de empirismo que continúa obligando a realizar ajustes a las dosificaciones de ligante y agregado, directamente en obra, aun cuando éstos sean menores.

## REFLEXIONES

• En países como Australia, Nueva Zelanda, Suráfrica y Reino Unido, los tratamientos superficiales tienen un papel importante en los programas de mantenimiento de pavimentos. En Estados Unidos, donde su aplicación no es tan extensa, se reconoce la necesidad de avanzar más en su desarrollo e investigación. En Colombia, donde también se cuenta con experiencias, especialmente en la construcción de los tratamientos superficiales como capa de rodadura en vías de penetración y vías con bajos volúmenes de tránsito, su desarrollo se restringe.

• Si bien es cierto que las metodologías de diseño de los tratamientos superficiales guardan una cierta dosis de empirismo, se ha avanzado en lograr dosificaciones, tanto de ligante como de agregado, más ajustadas a las condiciones de campo. Igualmente los procesos constructivos hoy en día se encuentran más tecnificados, disminuyéndose los riesgos de aplicaciones defectuosas. Así se pone en evidencia que en la actualidad los tratamientos superficiales se pueden diseñar y construir en forma confiable.

• Dado que los tratamientos superficiales son, junto con las lechadas asfálticas, una de las técnicas más desarrolladas que se contemplan como alternativa para el mantenimiento de pavimentos existentes, entonces ¿a qué técnica o técnicas se circunscriben las políticas de mantenimiento en el medio colombiano y en especial en las principales agencias viales, como el INV y el IDU, si no se contemplan estas alternativas dentro de sus especificaciones? O si se contemplan, ¿se limita su uso?

• Igualmente, si en el mismo *Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con bajos volúmenes de tránsito*, del INV, se incluyen los tratamientos superficiales y las lechadas asfálticas como alternativas para conformar capas de rodadura, ¿por qué éstos no se contemplaron como alternativas técnica y económicamente viables en el plan 2500?

• Finalmente, un país como Colombia no se puede dar el lujo de invertir en la apropiación e implementación de nuevas tecnologías, si una vez logradas las experiencias, éstas simplemente se abandonan.

## REFERENCIAS

- Colombia, Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías (1996). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, artículos 430 y 431.
- Colombia, Ministerio de Transporte – Instituto Nacional de Vías (1997). *Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito*.
- Escuela Colombiana de Ingeniería (1989). “Emulsiones asfálticas en Colombia”. Proyecto de investigación patrocinado parcialmente por Colciencias.
- Escuela Colombiana de Ingeniería (1995). Informe final. “Desarrollo y estado actual de las emulsiones asfálticas en Colombia”. Proyecto de investigación convenio ICP\_ASJ-330-94.
- IDU, Alcaldía Mayor de Bogotá, Universidad de los Andes (1994). *Manual de diseño de estructuras de pavimentos*.
- Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) (2005). *Especificaciones técnicas de materiales y procesos constructivos para proyectos en infraestructura vial y de espacio público en Bogotá, D.C.* IDU-ET-2005.
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (1992). *Manual de utilización de emulsiones asfálticas en carreteras*. Reproducción de Shell Colombia S.A.
- Minnesota Technology Transfer Center / LTAP program, Center for transportation studies, University of Minnesota (2000). *Best practice handbook on asphalt pavement maintenance*.
- National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) (2005). Síntesis 342. *Chip Seal Best Practices*. A Synthesis of Highway Practice. Washington, D.C.: Transportation Research Board of the National Academies.
- The Associated General Contractors of America, Arizona Chapter (2003). *Chip Seal Guide, Application and Construction*.
- TRL, Department for International Development (DFID) (2000). *Overseas Road Note 3: A guide to surface dressing in tropical and sub-tropical countries*, 2<sup>nd</sup> ed. First published.
- U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (2002). *Pavement Preservation Technology in France, South Africa, and Australia*. International Technology Exchange Program. October