



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

métodos &
materiales

Publicación Anual • Volumen 6 • Núm 1 • Diciembre 2016 • ISSN impreso: 2215-342X
ISSN electrónico: 2215-4558

Estudio de la adherencia entre capa de pavimentos, interponiendo geosintéticos

SIZE REDUCTION METHOD FOR LABORATORY TESTING IN HOT MIX ASPHALT

Dr. Hector Luis Delbono

Universidad Tecnológica Nacional
La Plata, Argentina
delbonoluis@hotmail.com

Ing. Enrique Alberto Fensel

Universidad Tecnológica Nacional
La Plata, Argentina
efensel@frlp.utn.edu.ar

Sr. Luciano Cepeda

Universidad Tecnológica Nacional
La Plata, Argentina
cepedaluciano@live.com

Fecha de recepción: 29 de Enero de 2016 / **Fecha de aprobación:** 11 de Enero de 2017

Índices y Bases de Datos:

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

 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 impreso: 2215-342X. ISSN electrónico: 2215-4558

Estudio de la adherencia entre capa de pavimentos, interponiendo geosintéticos

SIZE REDUCTION METHOD FOR LABORATORY TESTING IN HOT MIX ASPHALT

Dr. Hector Luis Delbono
Universidad Tecnológica Nacional
La Plata, Argentina
delbonoluis@hotmail.com

Ing. Enrique Alberto Fensel
Universidad Tecnológica Nacional
La Plata, Argentina
efensel@frlp.utn.edu.ar

Sr. Luciano Cepeda
Universidad Tecnológica Nacional
La Plata, Argentina
cepedaluciano@live.com

Fecha de recepción: 29 de Enero de 2016 / **Fecha de aprobación:** 11 de Enero de 2017

RESUMEN

En un sistema multicapa, como puede considerarse un pavimento con capas de distintos materiales, los movimientos entre capas son un origen importante de fisuras. Cuando la adherencia entre capas es escasa, la carpeta de rodamiento suele fisurarse de manera temprana con incremento en su deformación ante las sollicitaciones del tránsito debido al consumo de energía interna del material, derivándose en problemas de fatiga, fisuras de arriba hacia abajo (top- down).

En este contexto se planteó el estudio de la adherencia entre distintos sustratos (base de hormigón y base asfáltica), interponiendo diferentes materiales geosintéticos, utilizando como agente de adhesión una emulsión asfáltica modificada, y colocando sobre éste una capa de mezcla asfáltica convencional CAC D20, que actúa como refuerzo en la rehabilitación de pavimentos deteriorados. Se considera como referencia la adherencia entre capas sin la colocación de ningún material geosintético.

Para cuantificar la resistencia a la adherencia se utilizó el ensayo de corte LCB (Laboratorio de Caminos de Barcelona), y el ensayo de adherencia por tracción directa, implementados en el LEMaC, Centro de Investigaciones Viales de la Universidad Tecnológica Nacional de La Plata.

Los ensayos presentan la carga y deformación en la interfase de los materiales, encontrando en los resultados que la adherencia se ve beneficiada o perjudicada, dependiendo del tipo de material geosintético y el sustrato donde se lo aplique. PALABRAS CLAVE: Adherencia, Interfase, Geosintéticos, Mezcla asfáltica, Hormigón.

ABSTRACT

In a multilayer system, as a pavement with layers of different materials, movements between layers are an important source of cracks. When the adhesion between layers is poor, often cracking appear early with increasing deformation at the loads of traffic due to consumption of internal energy of the material, causing problems fatigue cracks from top to bottom (top- down).

In this context the study of adherence between different substrates (base concrete and asphalt base), interposing different geosynthetic materials, using as a bonding agent a modified asphalt emulsion, and placing thereon a layer of conventional asphalt CAC D20, acting as reinforcement in rehabilitating deteriorated of pavements was proposed. It is considered as a reference intercoat adhesion without placing any geosynthetic material.

To quantify the adhesion it was used strength test cut LCB (Laboratorio de Caminos de Barcelona), and the adhesion test traction implemented in the LEMaC, Highway Research Center of the National Technological University of La Plata is used.

The load and deformation at the interfase of materials, were tested and a result it was observed that adhesion is favorably or unfavorably affected, depending on the type of geosynthetic material and the substrate where it is applied.

KEYWORDS: Adherence, interfase, Geosynthetic, Asphalt mix, Concrete.

1. INTRODUCCIÓN

La adherencia entre capas garantiza el buen desempeño de un paquete estructural, haciendo que este trabaje solidariamente, (Figura 1a). La falta de adhesión entre capas se traduce en una mala distribución de las tensiones generadas por el tránsito, en el espesor total del pavimento, (Figura 1b). (Ricci 2011).

Cuando dos capas trabajan monóticamente, siendo su interfase ligada rígidamente por el efecto de la adherencia, una única línea neutra pasa a gobernar el comportamiento mecánico del pavimento.

El que la línea neutra baje, dependerá de las propiedades elásticas y espesores de las capas. Cuanto mayor es el espesor o más rígida es la capa de base, mayor es lo que descenderá la línea neutra y menores serán las tensiones de tracción producidas por la flexión en la base de la primera capa.

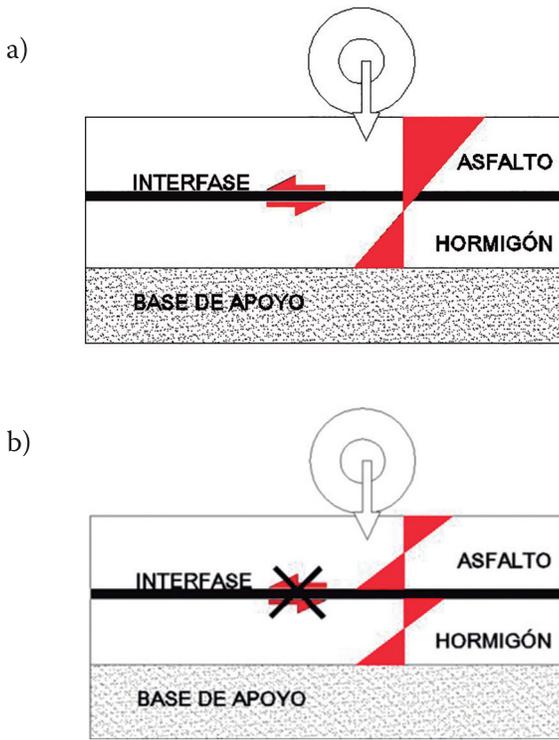


Figura 1. Distribución de tensiones en un pavimento; a) bien adherido, b) sin adherir.

Los materiales geosintéticos no son introducidos entre las capas de un pavimento para generar mayor adherencia, sino para evitar o reducir el fenómeno de fisuración refleja; fenómeno que se da en la rehabilitación de un pavimento, donde una fisura existente en el pavimento deteriorado se propaga a la nueva capa colocada como refuerzo, por efecto

de la carga del tránsito y el clima. Esta situación permite el ingreso de agua de lluvia a las capas subyacentes haciendo que el deterioro se evidencie a corto plazo, alcanzando rápidamente la capa de refuerzo el nivel de deterioro que se pretendía restaurar. (Figura 2).

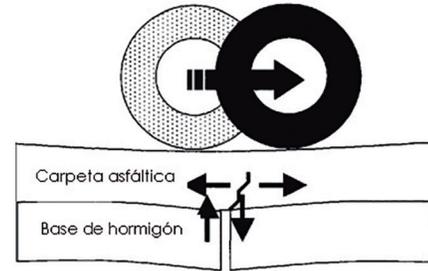


Figura 2. Mecanismo de fisuración de un pavimento.

Son varios los factores que afectan la adherencia, entre ellos una mala aplicación del riego de liga, el uso de geosintéticos no bien seleccionados, una deficiente compactación y/o temperatura de la mezcla de refuerzo. La Figura 3a Y 3b presentan la falla por adherencia en pavimentos asfálticos.



Figura 3a y 3b. Falla por mala adherencia entre capas.

Hace tiempo que se vienen utilizando los materiales geosintéticos en tareas de pavimentación de obra nueva y repavimentación asfáltica, (Figura 4). Dentro de estos materiales utilizados como retardadores de la fisuración refleja, se pueden reconocer a los geotextiles embebidos en asfalto, los cuales cumplen adicionalmente la función como barrera impermeable de la humedad; y las geogrillas o geomallas empleadas como refuerzo al ser utilizadas entre capas.

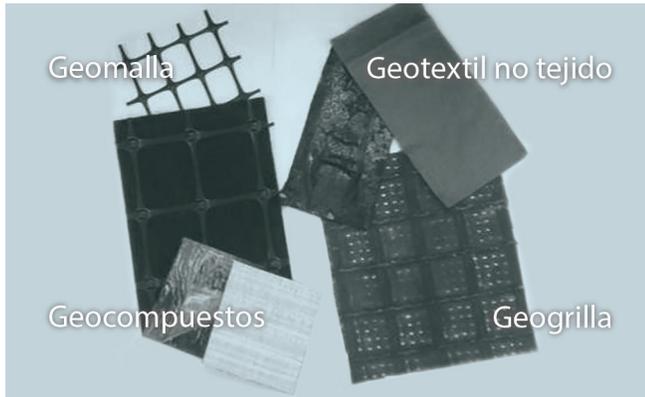


Figura 4. Productos geosintéticos utilizados como sistemas anti-reflejo de fisuras.

Actualmente nuevos geosintéticos se han desarrollado en busca de mejorar las propiedades deseadas en cuanto a la adherencia y el reflejo de fisura, dentro de ellos se encuentran los geocompuestos, que combinan las propiedades de dos o más estratos con diferentes composiciones poliméricas, (Figura 5). Estos materiales pueden ser utilizados sobre pavimentos rígidos en forma directa, previo riego de liga con la dotación aconsejada por el proveedor del material geosintético.

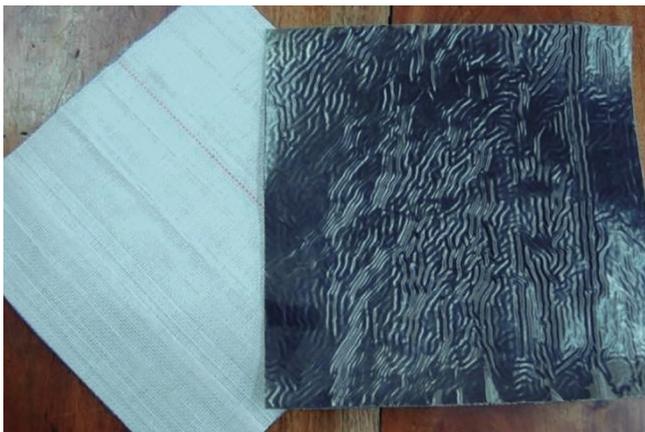


Figura 5. Nuevo material Geocompuesto, constituido por un geotextil tejido en polipropileno adosado a una membrana asfáltica con film protector.

Muchas veces se ha planteado el tema de la adherencia entre capas cuando se ejecutan los refuerzos asfálticos o las pavimentaciones con sistemas multicapas. Sin embargo, poco se sabe del comportamiento de la adherencia entre diferentes capas cuando entre ellas se intercala un material geosintético.

Es por ello que al utilizar capas intermedias de membranas de refuerzo o S.A.M.I. de su sigla en inglés Stress Absorber Membrane Interlayer (Al-QADI I., 2004), es importante la elección y dotación del ligante, como así también el proceso constructivo, a fin de minimizar los efectos negativos en la adherencia entre capas (RAAB 2004).

Según Montestruque (2015) la adherencia entre capas asfálticas es importante para el desempeño exitoso del pavimento. De no estar adheridas las capas, la vida de la estructura se reduce en un 90% (Dragomir y Petit 2011).

En este sentido, un gran número de investigaciones han sido desarrolladas en el desempeño de mezclas asfálticas donde para el diseño de proyectos se asume que existe una adherencia perfecta entre capas siendo que la experiencia en campo no es así según las valoraciones realizadas en campo y laboratorio por Delbono (2014).

2. OBJETIVOS

A raíz de la problemática planteada, el objetivo de este trabajo que se basa en valorar la adherencia en la interfase de distintos sustratos, (Figura 6), interponiendo diferentes materiales geosintéticos, utilizando como agente de adhesión una emulsión asfáltica modificada de rotura rápida de comercialización nacional. Los sistemas fueron comparados con el sistema de referencia, el cual se compone por un sustrato de hormigón o asfáltico, regado con emulsión asfáltica modificada y una capa de mezcla asfáltica de refuerzo, con lo cual se puede determinar un factor de eficiencia entre los sistemas que poseen material geosintético y los sistemas de referencia.

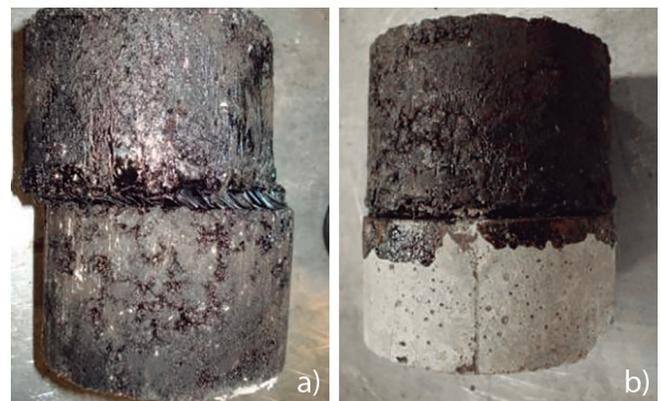




Figura 6. Conformado de probetas de diferente sustrato: a) base de hormigón, b) base asfáltica, c) juego de probetas.

3. METODOLOGIA

a) Ensayo de adherencia por corte

Para valorar la adherencia entre capas, se utilizó la metodología de ensayo de corte LCB, basado en la norma española NLT-382/08.

El método consiste en colocar un espécimen de ensayo en posición horizontal, apoyado en dos puntos como una viga simplemente apoyada (Figura 7), al que se le aplica una carga P centrada de tal modo que el espécimen esté sometido a flexión, y que la sollicitación en el plano de debilidad (plano de unión de las capas) sea un esfuerzo cortante con un valor de carga equivalente a $P/2$. El plano de debilidad, sobre el cual se desea efectuar la determinación quedará en la cercanía inmediata de uno de los apoyos.

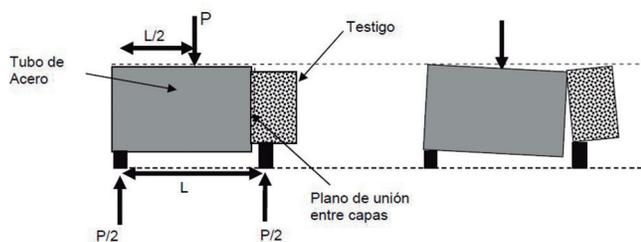


Figura 7. Esquema de cargas sobre la probeta.

La Figura 8 presenta el equipo de ensayo implementado para generar la carga en la interfase de las capas.



Figura 8. Equipo de ensayo.

El ensayo se efectúa con una velocidad de avance de 1,27 mm/min a temperatura ambiente (22 ± 2 °C aproximadamente).

Durante el ensayo se registran los valores de carga y deformación en las distintas instancias del mismo. El registro de carga se efectúa mediante la transmisión de datos de una celda de carga a un ordenador. La medición de las deformaciones se efectúa por medio de un LVDT, (transformador usado para medir desplazamientos lineales).

El ensayo permite medir la resistencia de adherencia en la interfase de especímenes compuestos. Los especímenes pueden ser confeccionados en laboratorio o ser núcleos calados extraídos del pavimento, se trata de especímenes cilíndricos de 101,6 mm (4 pulgadas) de diámetro, similares a las probetas para ensayo Marshall, de altura variable de acuerdo al espesor del geosintético.

b) Ensayo de adherencia por tracción directa

Otro de los ensayos implementados en el LEMaC es el ensayo por tracción directa, el mismo consiste en colocar la probeta verticalmente sujeta por una mordaza en cada extremo, generando una fuerza de tracción. Se realizó el ensayo a tracción directa ajustando la velocidad de la máquina a 1,27 mm/min al igual que la velocidad de adherencia por corte LCB. El software registra la carga y deformación de la probeta.

La temperatura del ensayo fue de 25 °C a una humedad relativa de 63 %.

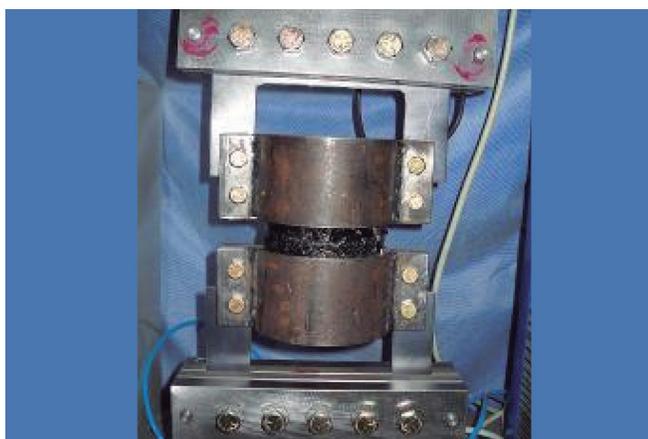


Figura 9: Ensayo a tracción directa

Para el presente trabajo se conformaron los sistemas descritos en la Tabla 1:

Tabla 1. Descripción de los sistemas confeccionados para los ensayos	
Sistemas	Descripción del sistema
1	(referencia hormigón): Base de hormigón + emulsión asfáltica modificada + capa asfáltica.
2	(referencia asfalto): Base asfáltica + emulsión asfáltica modificada + capa asfáltica.
3	Base de hormigón + emulsión asfáltica + geotextil no tejido + emulsión asfáltica modificada de impregnación+ capa asfáltica.
4	Base asfáltica + emulsión asfáltica modificada + geotextil no tejido + emulsión asfáltica modificada de impregnación + capa asfáltica.
5A	Base de hormigón + emulsión asfáltica modificada + geogrilla + capa asfáltica.
5B	Base de hormigón + emulsión asfáltica modificada + geogrilla con polipropileno sin fundir + capa asfáltica.
6	Base asfáltica + emulsión asfáltica modificada + geogrilla + capa asfáltica.
7	Base de hormigón + emulsión asfáltica modificada + geocompuesto + emulsión asfáltica modificada + capa asfáltica.
8	Base asfáltica + emulsión asfáltica modificada + geocompuesto + emulsión asfáltica modificada + capa asfáltica.

Se conformaron series de tres especímenes a ensayar por cada sistema indicado.

La dotación del riego de emulsión asfáltica modificada fue obtenida de acuerdo a las recomendaciones del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina, bajo el título de tratamiento bituminoso superficial de sellado, sección D.III, el cual recomienda para cada tipo de geosintético y sustrato la dotación necesaria (l/m^2).

El porcentaje de residuo de la emulsión modificada es de 65,3%

Es así que se adoptó un riego sobre capa asfáltica de $0,5 l/m^2$ y la dotación sobre el hormigón fue de $0,9 l/m^2$.

En los ensayos se determinó el trabajo (área bajo la curva) y la tensión de adherencia en la interfase de los sistemas.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2 para la adherencia por corte, mientras que la Tabla 3 presenta los resultados de adherencia para los sistemas sometidos a tracción directa.

Tabla 2. Descripción de los sistemas confeccionados para los ensayos					
Sistemas	Carga aplicada (Kg)	Carga en la interfase (Kg)	Deformación (mm)	Tensión (MPa)	Trabajo (Kgmm)
Sistema 1	381,01	190,51	0,55	0,22	156,33
Sistema 2	804,62	402,31	1,42	0,47	599,40
Sistema 3	109,75	54,88	0,52	0,06	136,42
Sistema 4	152,60	76,30	1,69	0,09	158,31
Sistema 5	443,49	221,75	0,79	0,26	306,83
Sistema 5 B	117,58	58,79	0,62	0,07	61,5
Sistema 6	554,34	277,17	0,82	0,33	383,95
Sistema 7	220,39	110,20	1,68	0,13	394,12
Sistema 8	212,39	106,19	1,50	0,12	306,10

Nota: los resultados son promedio de tres determinaciones para cada sistema

Tabla 3. Adherencia entre capas por tracción directa

Sistemas	Carga máx. (Kg)	Deformación carga máx. (mm)	Tensión a carga máx. (MPa)	Trabajo (Kgmm)
Sistema 1	46,14	0,53	0,054	268,44
Sistema 2	433,81	2,48	0,516	986,06
Sistema 3	90,78	1,60	0,106	349,51
Sistema 4	154,20	0,98	0,181	247,06
Sistema 5	209,68	1,87	0,246	507,60
Sistema 6	234,39	1,37	0,281	342,80
Sistema 7	166,90	1,15	0,168	349,51
Sistema 8	173,20	1,61	0,203	315,11

Nota: los resultados son promedio de tres determinaciones para cada sistema

Se puede determinar un coeficiente de adherencia, comparando la tensión de adherencia de la muestra con material geosintético, con la tensión de adherencia máxima obtenida entre contacto íntimo hormigón – mezcla.

$$CA_{Ad} = \frac{\tau_{Ad1}}{\tau_{Admax}}$$

Donde:

CA_{Ad} = Coeficiente de Adherencia = (adimensional)

τ_{Ad1} = Tensión de adherencia de la muestra con material geosintético = (kg/cm²)

τ_{Admax} = Tensión de adherencia máxima entre contacto íntimo hormigón – mezcla = (kg/cm²)

Tabla 4. Coeficiente de Adherencia

Sistemas	CA _{Ad} (por corte)	CA _{Ad} (por tracción)
Sistema 1	1,00	1,00
Sistema 2	1,00	1,00
Sistema 3	0,27	1,95
Sistema 4	0,38	0,35
Sistema 5	1,18	1,85
Sistema 6	0,70	0,42
Sistema 7	0,59	3,09
Sistema 8	0,21	0,39

La Figura 10 muestra la secuencia del ensayo de adherencia por corte, donde la probeta es colocada en el molde para ser ensayada, la Figura 11 indica la curva carga vs deformación que arroja el software del ensayo LCB y la Figura 12 deja ver la probeta ya ensayada.

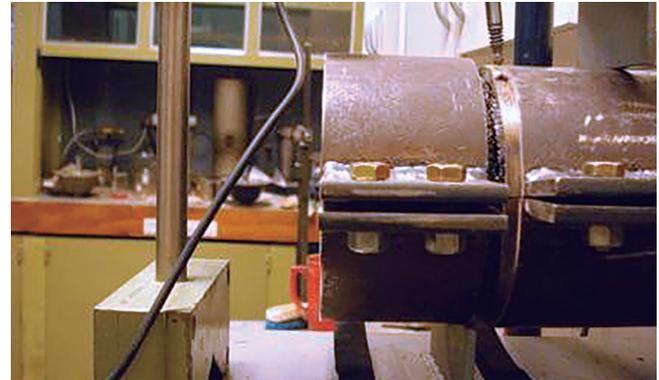


Figura 10. Ensayo de probeta.

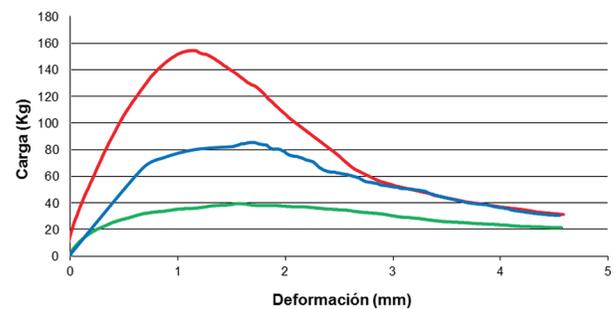


Figura 11. Gráfica Tensión – Deformación.



Figura 12. Finalización del ensayo.

- Realizando un análisis cualitativo de los resultados se puede decir, que la rotura de probetas que poseen materiales geosintéticos intercalados es del tipo dúctil, propiciando la deformación luego de la carga máxima hasta alcanzar la separación total de la probeta. Esta situación observada hace que los sistemas que consideran un material geosintético absorban mayor trabajo, determinado como el área bajo la curva carga vs. deformación.
- Dependiendo del tipo de pavimento a rehabilitar (hormigón o asfáltico), la influencia de la adherencia se ve favorecida o perjudicada. Si lo que se busca es obtener el trabajo monolítico de la estructura, es imprescindible realizar las tareas necesarias para obtener el mejor beneficio sea cual fuere el sistema adoptado. La incorporación de los materiales geosintéticos se realiza con los fines de prevenir la fisuración refleja, siendo la adherencia un fenómeno no considerado debidamente en la bibliografía especializada.

6. CONCLUSIONES

- Se concluye para el ensayo de adherencia por corte que la geogrilla brinda mayor beneficio al permitir su estructura abierta el contacto íntimo entre capas, tomando mayor carga con menor deformación debido a que el agregado se acomoda entre las estructuras del material geosintético. Siempre que el polipropileno que tiene de base se funda con la temperatura de colocación y compactación de la mezcla asfáltica.
- Los materiales que recubren toda la superficie han reducido en todos los casos la adherencia por corte entre capas comparativamente con el sistema de referencia, el geosintético genera un plano de deslizamiento en la interfase de los materiales.
- En ambos ensayos, en el caso donde el material geosintético se coloca entre capas asfálticas, independientemente de su composición química y conformación estructural, la adherencia se redujo comparativamente con el sistema de referencia.
- Para el caso de los sistemas de referencia, se evidencia que la adherencia alcanzada por el sistema 2, base asfáltica-capas asfáltica, es un 47% superior a la alcanzada por el sistema 1, base de hormigón-capas asfáltica, esto se debe a la afinidad entre los materiales.
- Se concluye a través del coeficiente de adherencia determinado, Tabla 3, en el caso de los sistemas ejecutados sobre una base de hormigón, que para el ensayo por corte solo el sistema 5 fue el que proporcionó un beneficio,

mientras que en el caso del ensayo por tracción en la interfase, los sistemas 3,5 y 7 fueron los que brindaron una ventaja comparativamente con el sistema de referencia.

- Es difícil definir límites en los ensayos de una buena o mala adherencia. Ello dependerá del sistema adoptado y podrá establecerse su aceptación y/o rechazo realizando los ensayos y verificando los resultados logrados con el sistema de referencia que se establezca en cada proyecto.

7. REFERENCIAS

- Al-Qadi, I.; Lahouar, S.; Loulizi, A.; Elseifi, M. and Wilkes, J. (2004). *Effective Approach to Improve Pavement Drainage Layers*. Journal of Transportation Engineering, 130 (5), 658-664.
- Delbono H. L., et al, (2014). *Estudio de grillas poliméricas como sistemas anti-reflejo de fisuras bajo solicitaciones dinámicas*. (Tesis Doctoral), Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata (inédita), 379p. ISBN: 978-987-1896-38-7. Disponible en: <http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2014/12/parte-A.pdf>
- Dragomir L. Mihai; Petit Christopher (2011). *Thermal Shrinkage bending test in characterizing reinforcement advantages over bituminous mixtures*. Acta technica Napocensis: civil engineering & architecture. Vol. 54 N°1. p. 112-121.
- Montestruque G., et al, (2015). *Avaliação da aderência de geogrelhas entre camadas asfálticas*. Memorias XVIII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, ISBN 978-950-630-031-9. pp. 919-929. Bariloche, Argentina.
- Norma NLT-382/08 (2008). *Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante ensayo de corte*. Depósito Legal: M-57113-2008. ISBN: 978-84-7790-484. España.
- Rabb C.; Partl M. N. (2004). *Interlayer shear performance: experience with different pavement structure*. 3rd Eurasphalt & Eurobitume Congress Viena, Book 1, pp. 535-545.
- Ricci L. A. (2011). *Evaluación de la adherencia entre capas asfálticas con intercapa de Geosintético*. (Tesis de Maestría), Universidad de Buenos Aires. Disponible en: <http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2012/08/Tesis-Posgrado-LuisRicci.pdf>