

ESTUDIO DE LA ADHERENCIA ENTRE CAPA DE PAVIMENTOS, INTERPONIENDO GEOSINTÉTICOS

* Hector Luis Delbono ¹, Enrique Alberto Fensel ², Luciano Cepeda ³

1.2.3 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, LEMaC: Centro de Investigaciones Viales, Avenida 60 y 124. Tel/Fax: +54 221-4890413 La Plata, Bs As, Argentina.

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 solicitaciones 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 materiales geosintéticos de diferentes composición polimérica, utilizando como agente de adhesión una emulsión asfáltica modificada de rotura rápida de comercialización nacional, y colocando sobre éste una capa de mezcla asfáltica convencional CAC D19, que actúa como refuerzo en la rehabilitación de pavimentos deteriorados. Se considera como sistema de 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, resultando difícil definir límites en los ensayos de una buena o mala adherencia, ello dependerá del sistema adoptado pudiendo 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.

Se determinó un coeficiente de adherencia (CA_d), comparando el sistema con geosintético, con el sistema de referencia (contacto íntimo hormigón – mezcla asfáltica) encontrando el geosintético adecuado a ser aplicado, según el pavimento, para lograr el mayor beneficio.

INTRODUCCIÓN

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

Cuando dos capas trabajan monolíticamente, 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.

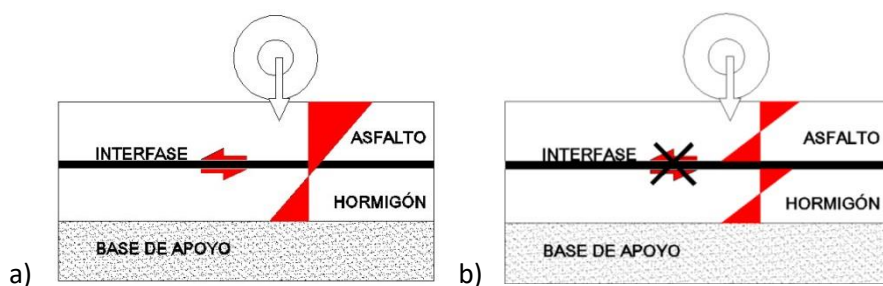


Figura 1. Distribución de tensiones en un pavimento; a) bien adherido, b) sin adherir

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). La Figura 3 presenta la falla por adherencia en pavimentos.

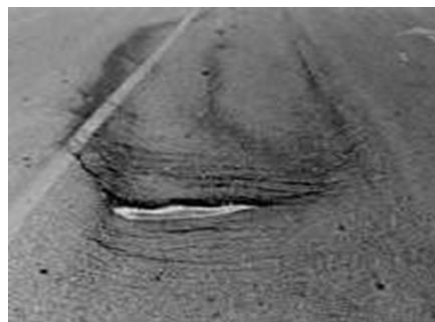
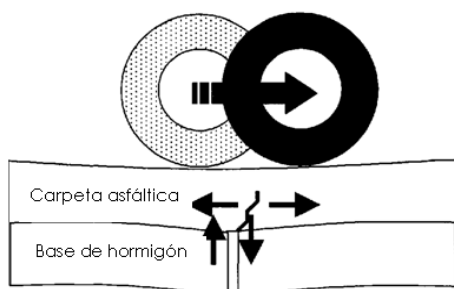


Figura 2. Mecanismo de fisuración del pavimento **Figura 3.** Falla por mala adherencia entre capas

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 refuerzo o S.A.M.I. de su sigla en inglés Stress absorber Membrane Interlayer, es importante la elección y dotación del ligante, como así también el proceso constructivo, a fin de minimizar efectos negativos en la adherencia entre capas.

METODOLOGÍA

A raíz de la problemática planteada, el objetivo de este trabajo que se basa en valorar la adherencia en la interfase de distintos sustratos (base de hormigón con refuerzo asfáltico y base asfáltica con refuerzo asfáltico, Figura 4), interponiendo diferentes materiales geosintéticos de diferente composición polimérica, utilizando como agente de adhesión una emulsión asfáltica modificada de rotura rápida de comercialización nacional. Estos 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.



Figura 4. Conformado de probetas de diferente sustrato;

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 5), 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 las cercanías inmediata de uno de los apoyos.

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 ensayo permite medir la resistencia de adherencia en la interfase de especímenes compuestos.

b) Ensayo de adherencia por tracción directa

Otro de los ensayos implementados en el LEMaC es el ensayo por tracción directa (Figura 6), 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 5. Equipo de ensayo



Figura 6. Ensayo a tracción directa

Para el presente trabajo se conformaron los siguientes sistemas:

Sistema 1 (referencia): Base de hormigón + emulsión asfáltica modificada + capa asfáltica.

Sistema 2 (referencia): Base asfáltica + emulsión asfáltica modificada + capa asfáltica.

Sistema 3: Base de hormigón + emulsión asfáltica + geotextil no tejido + emulsión asfáltica modificada de impregnación + capa asfáltica.

Sistema 4: Base asfáltica + emulsión asfáltica modificada + geotextil no tejido + emulsión asfáltica modificada de impregnación + capa asfáltica.

Sistema 5: Base de hormigón + emulsión asfáltica modificada + geogrilla + capa asfáltica.

Sistema 6: Base asfáltica + emulsión asfáltica modificada + geogrilla + capa asfáltica.

Sistema 7: Base de hormigón + emulsión asfáltica modificada + geocompuesto + emulsión asfáltica modificada + capa asfáltica.

Sistema 8: Base asfáltica + emulsión asfáltica modificada + geocompuesto + emulsión asfáltica modificada + capa asfáltica.

Se conformaron series de tres probetas 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).

Es así que se adoptó un riego sobre capa asfáltica de $0,5 l/m^2$ y la dotación sobre el hormigón fue de $0,9 l/m^2$. El porcentaje de residuo de la emulsión modificada es de 65,3%

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1 para la adherencia por corte, mientras que la Tabla 2 presenta los resultados de adherencia para los sistemas sometidos a tracción directa.

Tabla 1. Adherencia entre capas por corte

Sistemas	Carga aplicada (Kg)	Carga en la interfase (Kg)	Deformación (mm)	Tensión (Mpa)	Trabajo (Kg.mm)
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 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 2. Adherencia entre capas por tracción directa

Sistemas	Carga máx. (Kg)	Deformación a carga máx. (mm)	Tensión a carga máx. (MPa)	Trabajo (Kg.mm)
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 (CA_d), comparando la tensión de adherencia de la muestra con material geosintético, con la tensión de adherencia máxima obtenida entre contacto íntimo hormigón – mezcla (Tabla 3).

Tabla 3. Coeficiente de Adherencia

Sistemas	CA _d (por corte)	CA _d (por tracción)
Sistema 1 (Referencia)	1,00	1,00
Sistema 2 (Referencia)	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 7 y Figura 8 muestra la ejecución de los ensayos

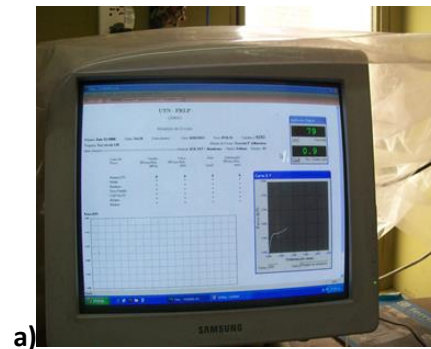
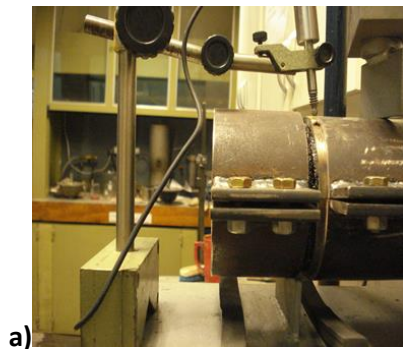


Figura 5. Ensayo de adherencia LCB**Figura 6.** Ensayo por tracción directa

Consideraciones

Se diseñaron en laboratorio los materiales componentes de los sistemas (mezcla asfáltica convencional tipo CAC D20, y hormigón H-21) utilizando geosintéticos con diferente estructura y de distinta composición polimérica (poliéster y polipropileno), analizando la adherencia que se logra al interponer estos tipos de materiales, ampliamente utilizados como sistemas anti-reflejo de fisuras, comparándolos con el sistema que no considera ningún material intermedio entre capas.

Para el sistema 3 y sistema 4, con geotextil no tejido, se realizó un primer riego del 80% de la dotación total prevista para la base y saturar previamente el material geosintético, ejecutándose un segundo riego sobre el geosintético del 20% para adherir la capa superior. La dotación fue la misma que para los demás sistemas, se debe tener presente que para estos tipos de materiales, según sea su gramaje, requieren una dotación mayor para generar adicionalmente como ventaja, una barrera impermeable al agua.

Una consideración importante a tener en cuenta cuando se interpone una geogrilla con malla de polipropileno (sistema 5 y sistema 6) es que el material en polipropileno que posee la geogrilla, debe fundir con la temperatura de compactación de la mezcla (150°C), permitiendo el contacto entre los sustratos.

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, pudiendo determinarse 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.

CONCLUSIÓN

1. 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 estructura del material geosintético.

2. 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.
3. En ambos ensayos, En el caso donde el material geosintético se coloca entre capas asfáltica, independientemente de su composición química y conformación estructural, la adherencia se redujo comparativamente con el sistema de referencia.
4. Para el caso de los sistemas de referencia, se evidencia que la adherencia alcanzada por el sistema 2, base asfáltica-capa asfáltica, es un 47% superior a la alcanzada por el sistema 1, base de hormigón-capa asfáltica, esto se debe a la afinidad entre los materiales.
5. 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.
6. 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.

REFERENCIAS

Campana J. M. y Blas Rozada Perret (2002). 'Consideración de la adherencia entre capas asfálticas en el análisis estructural'. XXXII Reunión del Asfalto. Editorial CILA 2002. 5p. Argentina.

Delbono H. L., et al, (2014). 'Estudio de grillas poliméricas como sistemas anti reflejo de fisuras bajo solicitaciones dinámicas'. Tesis Doctoral en Ingeniería mención Materiales, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata (inédita), 379 p. ISBN: 978-987-1896-38-7. <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.

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. Maestría en Ingeniería del Transporte – Orientación Vial, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA). Argentina. <http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2012/08/Tesis-Posgrado-LuisRicci.pdf>

Sota J. D. et al, (2003). 'Desarrollo de adherencia entre capas en Whitetopping: análisis del ensayo LCB y aplicación en un pavimento en servicio'. LEMaC – Centro de Investigaciones Viales. La Plata. Argentina.