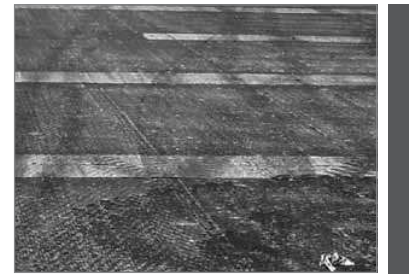


Sistema de membrana antifisuras con geocompuesto, una metodología de evaluación



Membrane System Antireflective Cracking with Geocomposite, a evaluation methodology

Gerardo BOTASSO
Luis RICCI
Enrique FENSEL
Luis DELBONO
Julián RIVERA

LEMaC Centro de Investigaciones Viales
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata
(1900, La Plata, República Argentina)

RESUMEN

Las fisuras en los pavimentos rígidos pueden ser originadas por varios motivos. Se constituyen en planos donde el esfuerzo transmitido es cero, y en conjunto con las juntas de dilatación o de construcción constituyen verdaderos planos de discontinuidad en la capa de rodadura.

Una de las principales falencias de las reparaciones en pavimentos rígidos, es el reflejo de las fisuras existentes o de las juntas del hormigón en la capa de mezcla asfáltica que se coloca como refuerzo.

Las S.A.M.I. ("Stress Absorber Membrane Interlayer"), actúan redireccionando localmente las fisuras ascendentes del pavimento envejecido, y permiten absorber parte de la energía de propagación. En cualquiera de sus tipos se busca lograr una interfase viscoelástica e impermeable.

El presente trabajo consta en la evaluación de un geocompuesto empleado como S.A.M.I. mediante "Modelo de reflejo de fisuras con Wheel Tracking Test" y "Valoración de Adherencia con ensayo LCB" (Laboratorio de Caminos de Barcelona).

Palabras clave: S.A.M.I, Geosintético, Fisura refleja, Hormigón, Capa de rodadura, Pavimento rígido, Conservación, Pista de laboratorio.

ABSTRACT

Rigid pavement cracking can be origin by several reasons. They are constituted in surfaces where the transmitted effort is zero, and in conjunction with the expansion joints are real discontinuity levels in the pavement road surfaces.

One of the main failures in rigid pavements repairing is the crack or joint seals reflection in the asphalt concrete overlays added.

The Stress Absorber Membrane Interlayer (S.A.M.I.) act re-directing the cracks and handling the movements of underlying pavement absorbing part of the energy. In any case the goal is to develop a viscoelastic surface that completely blocks water intrusion.

The present work is based on the evaluation of a geocomposite used as a S.A.M.I. through a "Wheel Tracking Test crack reflection model" and an "Adherence Evaluation Test of LCB" (Laboratorio de Caminos de Barcelona).

Key words: S.A.M.I., Geosynthetic, Reflex figure, Concrete, Surface course, Rigid pavement, Maintenance, Wheel tracking test.

LA PROPAGACIÓN DE FISURAS

La acción combinada del tránsito^(a) y del clima lleva a los pavimentos rígidos, tarde o temprano, a fisurarse indefectiblemente. Una vez que se produce la fisura, la misma se propaga y aumenta en extensión, severidad e intensidad, llevando, eventualmente, a la disgregación de la zona aledaña a la fisura. Por medio de esos efectos, la velocidad de deterioro del pavimento es usualmente acelerada después del inicio de la fisuración.

La solución tradicional de rehabilitación es la aplicación de una capa de concreto^(b) asfáltico superpuesta al pavimento fisurado, siendo de carácter temporario debido a la propagación de las fisuras de capas antiguas sobre las nuevas. La propagación de las fisuras tiende a perjudicar el desempeño del pavimento restaurado, comprometiendo su vida de servicio y llevando a vidas extremadamente cortas en el caso de rehabilitaciones ejecutadas por medio de recapados^(c) simples. En esencia, el fenómeno de propagación de fisuras en nada difiere del proceso de fisuración normal por fatiga de un revestimiento asfáltico.

La secuencia para la ocurrencia de la ruptura por fatiga de una capa asfáltica se inicia con la unión de microfisuras inherentes a la mezcla asfáltica, que por un proceso continuo de propagación originarán las macrofisuras. Posteriormente, se tiene el crecimiento de la fisura en un plano perpendicular al de la dirección de la tensión principal de tracción, esto ocurre cuando la tensión en la extremidad de la fisura sobrepasa la tensión cohesiva teórica del material. La tercera y última fase se caracteriza por la fractura final, donde la fisura alcanza un tamaño crítico que imposibilita su crecimiento de forma estable atravesando todo el espesor de la capa asfáltica. Así, el aumento del espesor de la capa redundará en un incremento de la vida de servicio, para igual deformación de tracción ϵ en la fibra inferior de la capa asfáltica, en razón de que el espesor que deberá atravesar la fisura será mayor, requiriendo un número adicional de ciclos de carga.

Estudios teóricos y evidencias experimentales indican que la propagación de las fisuras es afectada por los siguientes parámetros:

- El espesor de la capa asfáltica de recapado y sus propiedades mecánicas (deformabilidad elástica bajo cargas debidas al tránsito, parámetros de fractura que describan la propagación de fisuras por fatiga, etc.), en función de la temperatura;

- Las cargas del tránsito (frecuencias, presión de las llantas, etc.) y la distribución de las sollicitaciones con la hora del día y por consiguiente, con la temperatura;
- Las tensiones y deformaciones a que la capa de recapado estará sometida en función de los movimientos por causas térmicas de la capa fisurada subyacente;
- La configuración de las fisuras del pavimento existente y su severidad;
- La estructura del pavimento existente (espesores y propiedades resilientes de las capas);
- El espesor total de las capas fisuradas;
- La variación estacional de las temperaturas del revestimiento asfáltico; y
- Las condiciones de interfase entre la capa de recapado y el pavimento subyacente, incluyendo la presencia eventual de capas especiales intermedias (tales como membranas de asfalto-caucho, asfalto-polímero, geotextil-asfalto, mezclas abiertas, entre otras).

Por este último parámetro es que se deben evaluar las propiedades de una capa intermedia eventualmente aplicada (espesor, propiedades de resistencia y deformabilidad) y el mecanismo por el cual esa capa actuará en el atraso de la propagación de las fisuras que para el caso del sistema geotextil-asfalto consiste en un redireccionamiento en la horizontal de la fisura, y un microfisuramiento cuando se usa arena-asfalto por ejemplo.

Diversas técnicas vienen siendo ensayadas desde varias décadas en el sentido de encontrar una solución que sea económicamente más eficaz que el recapado simple. Cuando las intervenciones de mantenimiento con recapado simple intentan alcanzar una vida de servicio del orden de los 10 años, el aumento del espesor de la capa asfáltica tiende a llevar a costos de rehabilitación elevados. Las nuevas técnicas involucran el uso de capas intermedias especiales, colocadas entre la capa de recapado y el pavimento fisurado con funciones como:

- Absorción de tensiones: cuando la concentración de tensiones en la extremidad de las fisuras es soportada por un material intermedio de elevada ductilidad, el cual no se rompe y alivia las tensiones para la capa de recapado superior;

(a) En España suele emplearse el término *tráfico*.

(b) En España, es usual emplear *mezcla* o *aglomerado asfáltico*.

(c) Generalmente se utiliza *refuerzo* en España.

- Bloqueo de desplazamientos: cuando las deflexiones diferenciales entre las paredes de las fisuras no llevan a deformaciones cortantes en la capa de recapado, por haber sido atenuadas por una capa granular intermedia;
- Desacoplamiento térmico: cuando los movimientos térmicos de la capa fisurada subyacente no son transferidos para la capa de recapado, debido a una adhesión parcial;
- Desvío de fisuras: cuando la fisuración es redireccionada en forma horizontal o cuando una fisura se distribuye en una serie de microfisuras.

La estructura de un pavimento está sujeta a dos tipos de sollicitaciones mecánicas, las cargas de tránsito y las cargas de origen térmico. La mayoría de los autores consideran el esquema de las sollicitaciones de la siguiente forma:

- Modo I, de apertura, ilustrado en la Figura 1b (debido al tránsito) y 1d (debido al efecto térmico);
- Modo II, de corte puro, Figura 1a y 1c.

Los procedimientos mecanísticos han sido capaces de modelar los efectos de fatiga bajo cargas repetidas observados experimentalmente, a través de los principios de la mecánica de la fractura, que permite una previsión de la vida de fatiga considerando la progresión de la fisura.

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene por objeto analizar la eficiencia de un geocompuesto como retardador de fisuras reflejas, empleado en los procesos de rehabilitación de pavimentos rígidos con pavimentos flexibles. Se posee experiencia en la utilización de dicho producto, en cuanto a su rendimiento, pero hasta el momento no se han establecido parámetros mensurables, siendo solamente la observación visual al paso del tiempo lo que ha ratificado que, cuando se lo ha utilizado, la propagación de fisuras ha disminuido en el tiempo, constituyéndose en un eficaz agente anti-reflexión cuando integra membranas del tipo S.A.M.I. (Foto 1).

(a) *Ligante* modificado es el término usualmente empleado en España.

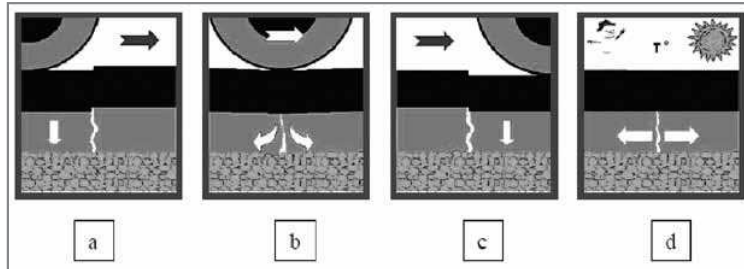


Figura 1. Sollicitaciones de las fisuras de un pavimento.



Foto 1. Colocación del S.A.M.I. con un geocompuesto en juntas.

SISTEMAS DE MEMBRANAS ANTIFISURAS S.A.M.I. (“STRESS ABSORBER MEMBRANE INTERLAYER”)

Generalmente se define como S.A.M.I. (“*Stress Absorber Membrane Interlayer*”), a una membrana absorbente de los esfuerzos mecánicos combinados que se concentran en las fisuras y grietas en pavimentos existentes deteriorados y que se desean rehabilitar para prolongar su vida útil.

Las S.A.M.I. actúan redireccionando localmente las fisuras ascendentes del pavimento envejecido, y permiten absorber parte de la energía de propagación. En cualquiera de sus tipos se busca lograr una interfase viscoelástica e impermeable.

La S.A.M.I. empleada en la investigación consta de un geocompuesto tipo sándwich de geotextil tejido y asfalto^(a) modificado (en este caso modificado con polímeros). Este tipo de solución S.A.M.I., al igual que el

geotextil embebido en asfalto, combina las excelentes propiedades viscoelásticas de asfaltos modificados, con las elevadas resistencias a las tensiones de tracción que pueden brindar los geotextiles tejidos^(a) (Foto 1).

En comparación con este otro, el sistema del geocompuesto, posee dos ventajas que se destacan. Una de ellas es la de ser un producto prefabricado, eliminando de esta manera la fuente de posibles errores humanos ante la colocación inadecuada de los riegos sobre el geotextil que le dan su capacidad impermeable y adherente. La segunda de las ventajas reside en la utilización de geotextiles tejidos, éste tipo de material geosintético posee características resistentes (resistencia a la tracción) que superan en gran medida a los geotextiles no tejidos^(b).



Foto 2. Equipo de "Wheel Tracking Test" (pista de laboratorio) disponible en el LEMaC.

EVALUACIÓN DE SISTEMAS S.A.M.I. MEDIANTE MODELOS DE LABORATORIO

Los distintos modelos de laboratorio utilizados en la evaluación de propagación de fisuras se caracterizan por ser modelos dinámicos donde la aplicación de carga se repite con cierta frecuencia a lo largo de un número determinado de ciclos. Generándose de esta manera una sollicitación repetida semejante a las que se pueda dar en los caminos por cargas de tránsito o cargas térmicas.

Dentro de los principales modelos de laboratorio de uso en la actualidad en distintos países del mundo se ha decidido emplear los que se describen a continuación.

1. Modelo de reflejo de fisuras con "Wheel Tracking Test"

Este modelo ha sido especialmente diseñado para el presente trabajo de investigación y transferencia tecnológica. Utilizando el equipo de "Wheel Tracking Test" (pista de laboratorio), se pueden simular las condiciones de tránsito a las cuales se encuentra sometido el sistema multicapa o paquete estructural (Foto 2).

Se confeccionan probetas especiales, con dos sustratos de hormigón separados 1,0 cm (simulando la fisura existente), sobre los cuales se ejecuta el riego de imprima-

ción de acuerdo a la circunstancia de obra. Se colocan sobre dichas capas el producto geocompuesto a ensayar, se lo riega con un nuevo riego de liga^(c) y se coloca una capa de mezcla asfáltica.

En la posición de ensayo, estas probetas descansan sobre dos apoyos rígidos móviles entre los cuales se colocará un lecho de goma, brindando de esta manera la capacidad de deformación y trabajo de la junta ante las sollicitaciones del ensayo, que simulan la carga dinámica del tránsito. Se evalúa el tiempo en que tarda en reflejarse la fisura hasta la superficie de rodamiento y se registran los distintos estadios de su evolución. Esta condición se compara con probetas de similares características pero sin la incorporación del producto geocompuesto.

Existen experiencias utilizando el equipo de "Wheel Tracking Test" en la Universidad de San Pablo, desarrollados por el Doctor Montestruque con el nombre de "Crack Propagation in Wheel Tracking Test" (propagación de fisuras en la pista de laboratorio).

2. Valoración de adherencia con ensayo LCB (Laboratorio de Caminos de Barcelona)

En un sistema multicapa como constituyen los pavimentos, los movimientos relativos entre las capas componentes son un origen importante de fisuras. Cuando la adhe-

(a) Geotextil tejido: geotextil producido por el entrecruzamiento, normalmente en ángulo recto (urdimbre y trama) de uno o muchos hilos, fibras, filamentos u otros elementos.
 (b) Geotextil no tejido de fibra cortada: geotextil producido por el entrecruzamiento de uno o muchos hilos, filamentos u otros elementos. Geotextil no tejido de fibra cortada: geotextil que se presenta en forma de manto o fieltro manufacturado de fibras u otros elementos orientadas(os) direccionalmente o al azar y ligadas(os) de forma mecánica, térmica o química.
 (c) Riego de adherencia en España.

rencia entre capas asfálticas no es buena, la carpeta de rodadura^(a) suele fisurarse de manera temprana, ante las solicitaciones del tránsito. Esta falta de vínculo se traduce también, en una mala o nula distribución de tensiones en el espesor total del pavimento.

Es por ello que se considera importante valorar este parámetro mediante el ensayo LCB (ver Figura 2). Dicho ensayo consta de someter a testigos o probetas confeccionadas en laboratorio a un esfuerzo de corte por flexión y calcular la tensión de adherencia que se genera en el plano de discontinuidad. Para lo cual se confeccionan probetas de 10,0 cm de diámetro con los paquetes estructurales a evaluar, tanto para la circunstancia del geocompuesto incorporado como sin incorporar.

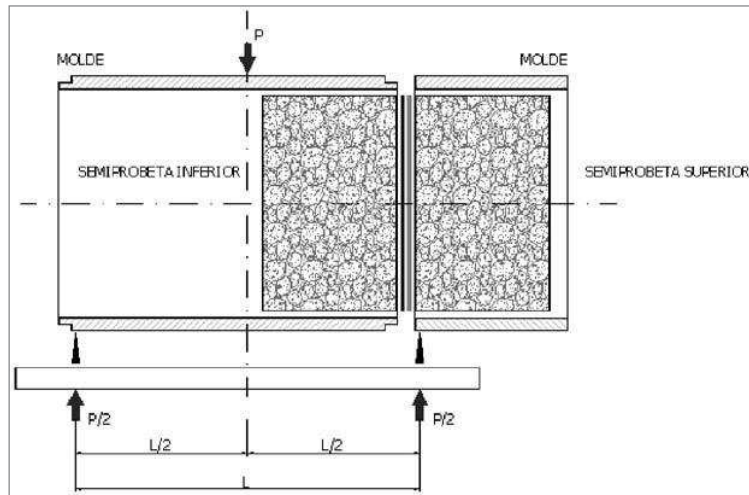


Figura 2. Esquema de ensayo LCB y distribución de esfuerzos.

MODELO DE REFLEJO DE FISURAS CON “WHEEL TRACKING TEST” EXPERIENCIAS

El ensayo de “Wheel Tracking Test” (ver Foto 2) ha surgido del campo vial como una metodología para estudiar las deformaciones plásticas (ahuellamiento) en pavimentos asfálticos, el mismo se caracteriza por aplicar una carga dinámica a través de una rueda, la que simula las condiciones de tránsito, sobre una probeta prismática de 30 cm de lado y 5 cm de espesor. Durante el ensayo se registran las deformaciones verticales sufridas por la mezcla a lo largo de 10.000 ciclos de carga. Dicho ensayo se efectúa a 60 °C.

La carga de la rueda es de 700 Newton, los cuales se aplican con una frecuencia de movimiento de 26,5 ciclos por minuto. Las características de la rueda están dadas por su diámetro 200 mm, su ancho 50 mm, el espesor de la cubierta 20 mm y la dureza de la cubierta 80 IRHD. Bajo estas características cumple con el Método BS EN 12697-22.

Dado que la tipología de ensayo dinámico, junto con la manera de aplicar las cargas a través de una rueda, constituyen un modelo normalizado de cargas dinámicas sobre la estructura del pavimento, se ha decidido utilizar dicho equipamiento para evaluar las cualidades de antirreflejo de fisuras que puede llegar a brindar el geocompuesto.

1. Confección de probetas

Para el ensayo se han confeccionado dos series de probetas especiales, las primeras incorporan el producto geocompuesto como elemento retardador de fisuras, y se compararon con la segunda serie de probetas que no incorporan un elemento retardador de fisuras.

Para la primera serie de ensayos, se confeccionaron probetas especiales, con dos placas de hormigón separadas 1,0 cm; dicho hueco^(b) ha sido relleno con un sellador asfáltico con el objetivo de simular una junta real del pavimento de hormigón existente o una fisura que tenderá a su propagación en el plano vertical (ver Figura 3).

El hormigón de la losa fue dosificado *ad-hoc* para el trabajo de investigación. Como contralor^(c) se confeccionaron probetas de hormigón cilíndricas las cuales arrojaron una resistencia media a compresión de 39,6 MPa, constatándose que se alcanzaron resistencias típicas habitualmente utilizadas en los hormigones de pavimentación.

Sobre las losas de hormigón con la junta intermedia, se ejecutó el riego de imprimación de acuerdo a la circunstancia de obra, dotación de 0,25 l/m².

Una vez curado el riego se colocó sobre dichas capas el producto geocompuesto a ensayar, dando una leve compactación y ejecutándose sobre él un nuevo riego con una dotación de 0,25 l/m² (Figura 3).

(a) Capa de rodadura es el término usual en España.

(b) En España; hueco.

(c) En España; control, inspección.

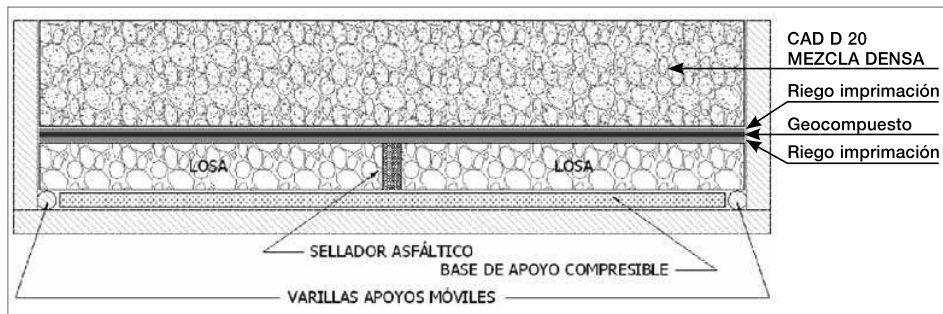


Figura 3. Esquema de confección de probetas y sistema de apoyo.

Una vez curado el segundo riego sobre el geocompuesto se colocó una mezcla asfáltica densa convencional CAC D20 y se compactó según las prácticas habituales en confección de probetas de "Wheel Tracking Test" mediante martillo neumático.

La segunda serie de probetas difieren en el tratamiento dado entre las losas de hormigón y la mezcla asfáltica de refuerzo. Sobre las losas de hormigón se aplicó un único riego de imprimación con el mismo producto utilizado en los riegos anteriores pero con una dotación de 0,9 l/m², según las recomendaciones dadas en el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad (República Argentina). Una vez curado el riego se colocó la mezcla asfáltica en iguales circunstancias que la serie de probetas anterior.

2. Sistema de apoyo

Ambas series de probetas, confeccionadas con los procedimientos descritos con anterioridad, se colocaron sobre un sistema de apoyo constituido por dos apoyos móviles en sus extremos (apoyo tipo doble), materializados por varillas metálicas de acero liso de 8 mm de diámetro, entre las cuales se colocó un lecho de goma cubriendo por completo el espacio libre entre los apoyos móviles (Figura 3).

Con esta base se ha buscado brindar la capacidad de deformación y trabajo de la junta ante las solicitaciones del ensayo, que simulan la carga dinámica del tránsito.

3. Procedimiento de ensayo

Cada probeta confeccionada con los procedimientos anteriores, y colocada en el sistema de apoyo descrito, se climatizó en la cámara del equipo de "Wheel Tracking Test" a 60 °C por un plazo mínimo de 4 horas. Una vez transcurrido el proceso de acondicionamiento térmico se procedió a ejecutar la aplicación de los ciclos de carga por un período mínimo de 200 min (5.300 ciclos)

o hasta que la fisura se haya propagado al nivel superficial de la mezcla asfáltica.

Se evaluó el tiempo que tardó la fisura en reflejarse en la superficie de rodamiento y se registraron los distintos estadios de su evolución, haciendo paradas cada 10 minutos de ensayo tomándose fotografías y midiendo la altura de la fisura.

Para una mejor visualización de la aparición de las fisuras y su posterior evolución, se pintó la cara expuesta de mezcla asfáltica con pintura a la cal, de tal manera que el color blanco sea un contraste al desarrollo de las fisuras.

Para una mejor visualización de la aparición de las fisuras y su posterior evolución, se pintó la cara expuesta de mezcla asfáltica con pintura a la cal, de tal manera que el color blanco sea un contraste al desarrollo de las fisuras.

4. Resultados obtenidos

4.1. Modelo sin Geocompuesto

De las probetas ensayadas sin producto geosintético se pudo obtener como resultado, que la aparición de la primera fisura en la mezcla asfáltica en correspondencia con la junta de las losas se produjo en promedio en un lapso de 6 minutos de iniciado el ensayo (ver Tabla 1).

La evolución de la fisura en todo el espesor de la mezcla asfáltica (50 mm) se dio para un tiempo promedio de 40 minutos (1.060 ciclos).

Los valores presentados en la Tabla 1 son el promedio de tres determinaciones.

En la Foto 3 se presenta uno de los ensayos representativos de la evolución de las fisuras.

Como puede observarse la evolución de las fisuras no es sólo en sentido longitudinal sino también en el ancho de las mismas. Por lo que se han determinado mediciones mediante lupa de su espesor (ver Tabla 2).

Tiempo de aparición de 1ª Fisura	Tiempo de propagación Total	Cantidad de Ciclos
[min]	[min]	[n°]
6,00	40,00	1060

Tabla 1. Resultados de ensayos WTT en probetas sin Geocompuesto.

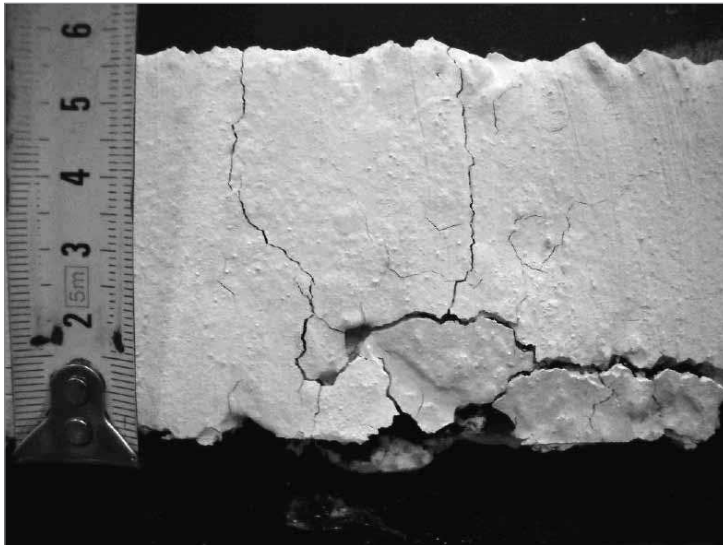


Foto 3. Ensayo WTT en probeta sin Geocompuesto (Minuto 180, hfisura = 50 mm).

Fisura 1: Espesor en la parte superior 0.1 mm
Fisura 1: Espesor en la parte inferior 0.5 mm
Fisura 2: Espesor en la parte superior 0.2 mm
Fisura 2: Espesor en la parte inferior 0.3 mm

Tabla 2. Espesores de fisuras al finalizar el ensayo en probetas sin geocompuesto.

Tiempo de aparición de 1ª Fisura	Tiempo de propagación Total	Cantidad de Ciclos
[min]	[min]	[n]
15,00	sin evolución pasados los 200 min	5300

Tabla 3. Resultados de ensayos WTT en probetas con Geocompuesto.

4.2. Modelo con geocompuesto

De las probetas ensayadas con producto geocompuesto se pudo obtener como resultado, que la aparición de la primera fisura en la mezcla asfáltica en correspondencia con la junta de las losas se produjo en promedio en un lapso de 15 minutos de iniciado el ensayo en el tercio inferior de la capa asfáltica (ver Tabla 3).

Se quintuplicó el tiempo de exposición a carga dinámica en relación al máximo alcanzado en el modelo sin sistema antirreflejo de fisuras. Se recuerda que en la Tabla 1 el tiempo en que apareció la fisura en forma superficial atravesando toda la capa de rodamiento fue de 40 minutos.

Para este modelo, con el sistema antirreflejo de fisuras, se monitoreó la propagación de la fisura hasta un tiempo de 5 veces los cuarenta minutos, o sea 200 minutos. Durante este lapso las fisuras iniciadas después de los 15 minutos de aplicada la sollicitación experimentaron variaciones en su ancho pero no se propagaron más allá del primer tercio del espesor de la capa de rodadura. Como se puede observar en la Foto 4 el plano de fisuración se inició en la sección de la junta y luego se propagó en forma paralela al plano de la rasante, dentro del tercio inferior de la capa de rodadura.

5. Análisis Comparativo

Como valor comparativo, más allá de la evidencia fotográfica presentada, se pueden confeccionar las Curvas de Evolución de Fisuras, hfisura (altura de fisura) versus tiempo.

La gráfica de la Figura 4 permite visualizar la ventaja de la incorporación del geocompuesto como retardador de las fisuras.

6. Discusión de resultados y Conclusiones

La modelización se ha realizado considerando la experiencia de la Universidad de San Pablo, aunque con características propias concernientes al equipo de "Wheel Tracking Test" disponible en el LEMaC, bajo norma BS EN 12697-22.

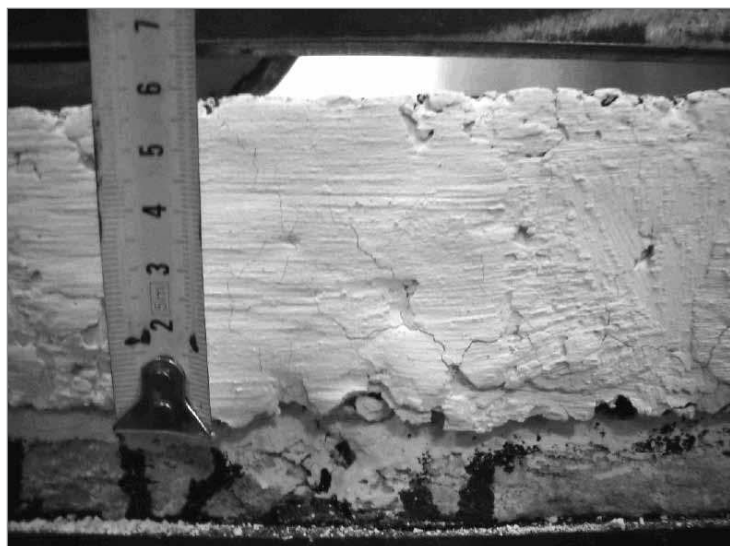


Foto 4. Ensayo WTT en probeta con Geocompuesto (Minuto 180, hfisura = 50 mm).

Se ha desarrollado un sistema de losas con apoyos tipo doble y con una base de goma, que simula el movimiento de losas bajo cargas.

La necesidad de mantener el modelo calefaccionado a 60 °C, tal cual lo indica el ensayo de WTT, se debió a que el espesor de 5 cm de la mezcla CAC D 20 a temperaturas de laboratorio (22 °C) actúa como una losa rígida ante la magnitud de la sollicitación.

Las técnicas de aplicación de los riegos han sido representativas de la colocación en obra. A su vez la compactación fue la utilizada en el procedimiento del WTT.

Para las condiciones *con* y *sin* tratamiento antirreflejo de fisuras, se procuró que la única variable fuese los cambios en la *interfase* entre el sistema rígido (losas) y el flexible (CAC D 20). Buscando de esta forma establecer como *blanco* de la investigación al sistema sin membrana.

Se realizaron nuevos diseños de moldes de WTT, con la particularidad de que al momento del ensayo el lateral del molde de la cara visible fue retirado para poder observar la formación y el avance de las fisuras.

En estas condiciones el equipo con el programa informático de ensayo registró las deformaciones plásticas del sistema, las cuales no se informan por no ser objeto de las observaciones propuestas en el método.

Se pintó la cara visible de las probetas, con el objeto de evidenciar, en forma clara, la formación de las fisuras, como así también su avance en el espesor de la mezcla, y las variaciones en el espesor de la fisura propiamente dicha.

Como síntesis de lo observado se puede decir que:

- La primera fisura en el modelo sin sistema antirreflejo aparece a los 6 minutos, mientras que en el modelo con sistema antirreflejo aparece a los 15 minutos.
- La fisura en sistema sin tratamiento antirreflejo atravesó todo el espesor de la capa asfáltica en 40 minutos.
- La fisura en el sistema con tratamiento antirreflejo, no se desarrolló mas allá que el tercio inferior de la capa

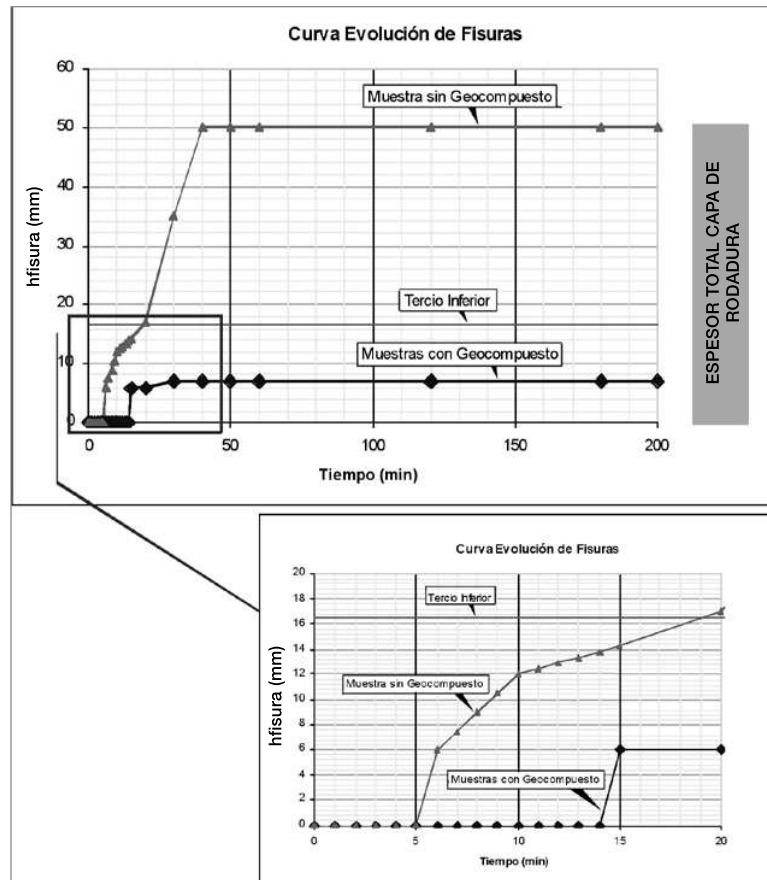


Figura 4. Curvas de Evolución de Fisuras.

asfáltica, pasados los 200 minutos de ensayo equivalentes a 5.300 ciclos.

De esta forma se puede decir que la fisura en la fibra más traccionada de la mezcla asfáltica CAC D 20 aparece con un retardo 2,5 veces superior en comparación con el *blanco*.

En el sistema tratado con S.A.M.I., la fisura experimento un redireccionamiento en forma paralela a la fibra más traccionada, entendiéndose que esto es producto del efecto de costura brindado por el geocompuesto, el cual está constituido por dos capas intercaladas de asfalto modificado y geotextil tejido, impidiendo así el avance de la fisura hacia la fibra superior comprimida.

VALORACIÓN DE ADHERENCIA MEDIANTE ENSAYO LCB. EXPERIENCIAS

En un sistema multicapas como el estudiado, los movimientos relativos entre las capas componentes son un origen importante de fisuras. Cuando la adherencia entre

capas asfálticas no es buena, la carpeta de rodamiento suele fisurarse de manera temprana, ante las solicitaciones del tránsito. Esta falta de vínculo se traduce también, en una mala o nula distribución de tensiones en el espesor total del pavimento.

Es por ello que se considera importante valorar este parámetro mediante el ensayo LCB (ensayo de adherencia desarrollado en el Laboratorio de Caminos de Barcelona). Dicho ensayo somete a testigos o probetas confeccionadas en laboratorio a un esfuerzo de corte por flexión y permite valorar la tensión de adherencia que se genera en el plano de discontinuidad. A tal efecto se confeccionan probetas de 10,0 cm de diámetro con los paquetes estructurales a evaluar, tanto para la circunstancia del geocompuesto incorporado como sin incorporar.

A diferencia del modelo de reflejo de fisuras con "Wheel Tracking Test", este ensayo se encuentra disponible en forma normalizada y ha sido utilizado por la Comunidad Europea, como así también se encuentra difundido dentro del ámbito vial de nuestro país.

El modelo con su programa informático y registro continuo de medición se ha empleado por los autores en investigaciones consolidadas en el ámbito de los geosintéticos de repavimentación.

1. Confección de probetas

Del mismo modo que en los ensayos de WTT, se han confeccionado dos series de probetas especiales, las primeras incorporan el producto geocompuesto como elemento retardador de fisuras, a las cuales se comparó con la segunda serie de probetas que no incorporan un elemento retardador de fisuras, de esta forma se ha observado si el producto ofrece además ventajas desde el punto de vista de la adherencia.

Se confeccionaron un mínimo de tres probetas de ensayo por cada una de las dos condiciones a evaluar. La serie de probetas sin geocompuesto, se la ha denominado con las siglas HM, seguidas del número de probetas. Obteniéndose las probetas HM1, HM2, y HM3. La serie de probetas con geocompuesto, se la ha denominado con las siglas HGM, seguidas del número de probetas. Obteniéndose las probetas HGM1, HGM2, y HGM3.

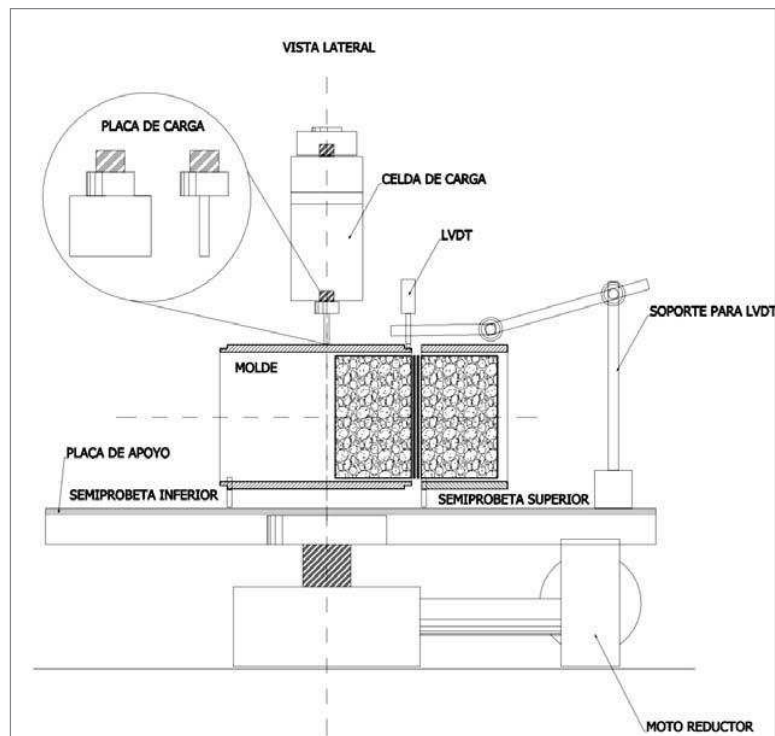


Figura 5. Vista lateral de equipo para el ensayo de corte por flexión LCB.

Las probetas poseen dimensiones similares a las probetas Marshall (101,6 mm de diámetro) pero con el doble de su altura, y están constituidas por:

- En el caso de las probetas con geocompuesto incorporado: una capa del hormigón elaborado *ad-hoc* de 5 cm de espesor (el mismo hormigón diseñado para las probetas de WTT), un riego de imprimación de 0,25 l/m² de dotación, el geocompuesto propiamente dicho, un segundo riego de imprimación de 0,25 l/m² de dotación y la capa de mezcla asfáltica en caliente.
- En el caso de las probetas sin geocompuesto incorporado: una capa del hormigón elaborado *ad-hoc* de 5 cm de espesor, un riego de imprimación de 0,90 l/m² de dotación, y la capa de mezcla asfáltica en caliente.

2. Procedimiento de ensayo

Se coloca un espécimen de ensayo en posición horizontal, apoyado en dos puntos como una viga simplemente apoyada. El plano de debilidad, sobre el cual se desea efectuar la determinación debe quedar en las cercanías de uno de los apoyos, como puede observarse en la Figura 5. Se aplica una carga centrada P de tal modo que el espécimen esté sometido a una flexión, y que la sollicitación en el plano de debilidad sea un esfuerzo cortante

Deformación corresp. a Carga Máxima	Valor de Carga Máxima	τ corresp. a Carga Máxima	τ corresp. a Carga Máxima
[mm]	[kg]	[kg/cm ²]	[MPa]
0,00	7,03	0,09	0,01
Relación Carga Máxima-Deformación	Relación τ Máxima-Deformación	Relación τ Máxima-Deformación	Area debajo de la curva
			TRABAJO
[kg/mm]	[kg/cm ² /mm]	[Mpa/mm]	[kg.mm]
70271,07	866,76	85,00	1,39

Tabla 4. Resultados de ensayos LCB en probetas sin Geocompuesto.

Deformación corresp. a Carga Máxima	Valor de Carga Máxima	τ corresp. a Carga Máxima	τ corresp. a Carga Máxima
[mm]	[kg]	[kg/cm ²]	[MPa]
2,71	126,49	1,56	0,15
Relación Carga Máxima-Deformación	Relación τ Máxima-Deformación	Relación τ Máxima-Deformación	Area debajo de la curva
			TRABAJO
[kg/mm]	[kg/cm ² /mm]	[Mpa/mm]	[kg.mm]
46,71	0,58	0,06	519,63

Tabla 5. Resultados de ensayos LCB en probetas con Geocompuesto

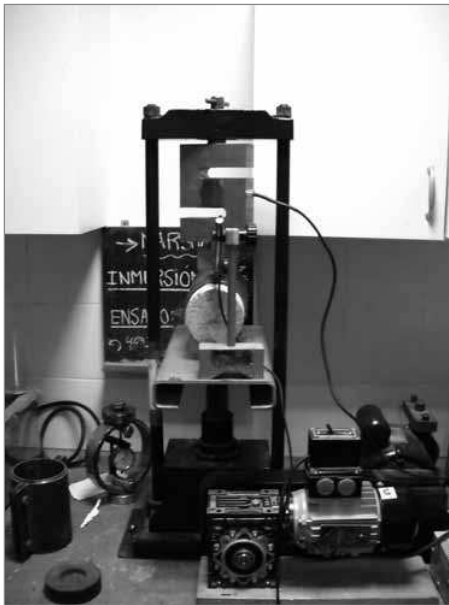


Foto 5. Ensayo LCB realizado sobre una probeta con geocompuesto.

con un valor de carga equivalente a P/2. El ensayo se efectúa con una velocidad de avance de 1,27 mm/min, hasta la rotura del espécimen (ver Foto 5).

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

3. Resultados obtenidos

3.1. Modelo sin Geocompuesto

De las probetas ensayadas sin producto geocompuesto sólo se pudieron obtener resultados de una probeta de ensayo, ya que la baja adherencia existente entre el hormigón y la mezcla asfáltica no permitía que los especímenes fueran ensayados, separándose las capas componentes al momento de ser ubicados sobre el dispositivo de ensayo (Tabla 4).

No se presentan curvas *Tensión vs Deformación* dado que los valores de trabajo son despreciables.

3.2. Modelo con Geocompuesto

En comparación con la serie de probetas anteriores, las probetas ensayadas con el producto geocompuesto han demostrado un mejor comportamiento ante la adherencia, como se puede observar en la Tabla 5 y la Figura 6.

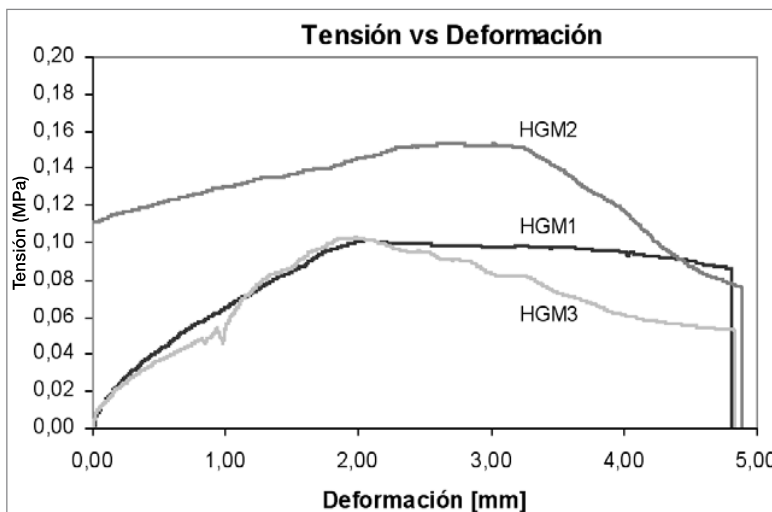


Figura 6. Curvas Tensión vs Deformación del ensayo LCB en probetas con Geocompuesto.

4. Conclusiones del ensayo

Las probetas con producto geocompuesto incorporado han mostrado

mejor comportamiento a la adherencia, dado que los valores de carga última han sido superiores en todos los casos, del mismo modo que presentaron una resistencia residual luego de finalizado el ensayo, y una rotura dúctil que se traduce en grandes deformaciones antes del colapso.

En todos los casos, una vez finalizado el ensayo, el geocompuesto ha quedado adherido al sustrato de hormigón, dado que las características del mastic asfáltico propician su adherencia.

A forma de resumen se puede decir que las probetas con producto geocompuesto han logrado tensiones de adherencia en promedio del orden de los 1,21 kg/cm² y desplazamientos correspondientes a cargas máximas del orden de 2,28 mm.

En cambio las probetas sin producto geocompuesto han logrado tensiones de adherencia del orden de 0,09 kg/cm² y desplazamientos correspondientes a cargas máximas despreciables.

BIBLIOGRAFÍA

- I. "Implementación computacional de un modelo para la previsión de la propagación de fisuras en recapados asfálticos". DSc. Régis Martins Rodrigues, MSc. Guillermo Montestruque Vilchez. Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Centro Técnico Aeroespacial (CTA). Brasil. 2010.
- II. "Curso de Actualización de Diseño Estructural de Caminos Método AASHTO '93". Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña. Argentina. 1998.
- III. "Evaluación de métodos de diseño de sobrecapas asfálticas contra reflejo de grietas". MSc. Luis Loria, PhD. Elie Y. Hajj, MSc. Alejandro Navas, PhD, P.E. Peter E. Sebaaly. XV CILA Congreso Ibero-Latino Americano de Asfalto. Portugal. 2009.
- IV. "Membrana Antifisuras de Arena Asfalto en Repavimentaciones. Comportamiento Estructural". Noste, Cainelli, Tosticarelli. XXXV Reunión del Asfalto. Argentina. 2008.
- V. "Malla Metálica para la Reflexión de Grietas en Recapados Asfálticos". Pardo Rojas, Canata Zaror. Provia 2002. Chile. 2002.
- VI. "Geotextiles en Repavimentación Asfáltica – Balance y Perspectivas Actuales de su Aplicación en la República Argentina". Rodríguez, Dal Farra, Ing. Rodríguez Carlos. Comisión Permanente del Asfalto. Argentina. 1998.
- VII. "GlasGrid Sistema de Refuerzo de Pavimento". Tensar International Corporation. EEUU. 2008.
- VIII. "Ensayo de corte LCB para la medida de la adherencia entre las capas asfálticas". Pérez Jiménez, Félix Edmundo; Borrás Gonzales, Juan Manuel; Recasens, Rodrigo. XI CILA. España. 2001. 