

Aporte de Geosintético en Diferente Nivel de Una Capa de Refuerzo Asfáltico Ante El Reflejo de Fisuras

Contribution of Geosynthetic at Different Levels of an Asphalt Reinforcement Layer to Mitigate the Reflection of Cracks

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Héctor Delbono ^{1, *}, José Rivera ¹, Enrique Fensel ¹

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, Berisso, Argentina.

Historial del artículo:

Recibido
14-11-2023
Aceptado
16-04-2024
Publicado
25-08-2024

Palabras Clave:
Geosintético
Refuerzo Asfáltico
Reflejo de Fisura
Rehabilitación

Article history:

Received
14-11-2023
Accepted
16-04-2024
Available
25-08-2024

Keywords:
Geosynthetic
Asphalt
Reinforcement
Reflection of Crack
Rehabilitation

Resumen

Las cargas repetidas de vehículos y las condiciones ambientales generan sobre los pavimentos un deterioro progresivo sobre la estructura. Estas solicitaciones actúan disminuyendo las propiedades mecánicas, ocasionando pérdida estructural y funcional del pavimento. El fenómeno de fisuración refleja, donde las fisuras existentes de un pavimento envejecido crecen hacia la superficie de la nueva capa colocada como refuerzo, es uno de los problemas comunes y de difícil control, debido a las solicitaciones mencionadas, por el breve lapso en el que se produce.

El presente trabajo valora el comportamiento de un sistema de capas asfálticas, representando una capa envejecida y una capa de refuerzo, posicionando un material geosintético en diferentes niveles del refuerzo, sometiendo el sistema a carga dinámica. Se observa que el geosintético retarda la progresión de una fisura, alcanzando mayor efectividad cuando se localiza lo más cercano a la fibra más traccionada de la capa de refuerzo asfáltico.

Abstract

Repeated vehicle loads and environmental conditions cause progressive deterioration of pavement structures. These stresses act to diminish mechanical properties, resulting in structural and functional loss of the pavement. The phenomenon of reflective cracking, where existing cracks in aged pavement propagate to the surface of the newly placed reinforcement layer, is a common and challenging issue to control due to the aforementioned stresses and the short time span in which it occurs.

This study evaluates the behavior of an asphalt layer system, representing an aged layer and a reinforcement layer, by positioning a geosynthetic material at different levels of the reinforcement and subjecting the system to dynamic loading. It is observed that the geosynthetic delays the progression of a crack, achieving greater effectiveness when located as close as possible to the most tensioned fiber of the asphalt reinforcement layer.

* Corresponding author at: Héctor Luis Delbono, Universidad Tecnológica, Facultad Regional La Plata, Av. Calle 60 y 124, Berisso, Argentina. E-mail address: hdelbono@frlp.utn.edu.ar

RIOCI

journal homepage: <https://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/index>

Vol. 12, no. 02, pp. 1–6, Agosto 2024

1. Introducción.

Las fisuras en superficie es uno de los problemas más comunes en los pavimentos. Estas afectan la apariencia de la estructura, pero pueden ocasionar problemas estructurales significativos (Al-Qadi et al., 2003). Esto es una de las principales preocupaciones de los organismos viales y el de mayor preocupación actualmente dentro de la ingeniería de pavimentos (Peshkin, 2004).

Se denomina reflejo de fisura al fenómeno por el cual se propagan las fisuras pre existentes, en capas inferiores o que se generan en coincidencia con movimiento de juntas de un pavimento envejecido, hacia la nueva capa colocada como refuerzo por efecto del tránsito y/o de las solicitaciones ambientales, reflejando la patología de las mismas en la capa superior (Virgili, 2009), Figura 1.

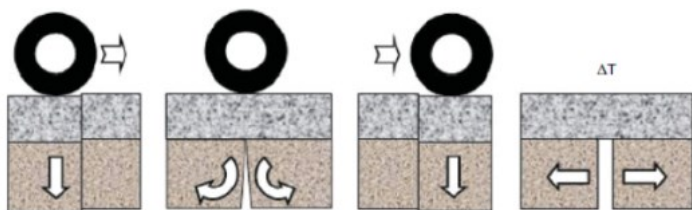


Figura 1. Solicitaciones en la estructura del pavimento (Fuente: Firgili, 2009).

Debido al efecto de solicitaciones diversas, en los bordes de una fisura existente se genera la concentración de tensiones que por fatiga de la capa de refuerzo asfáltico transfiere los movimientos, dándose lugar al inicio y rápido crecimiento de la fisura en dirección a la superficie (Laerte, 1993).

En el LEMaC Centro de Investigaciones Viales de la Universidad Tecnológica Nacional de La Facultad Regional La Plata (UTN FRLP), asociado a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires (CIC PBA), se realizan trabajos que involucran la innovación de materiales en los pavimentos, a través de proyectos de innovación tecnológica y convenios con empresas del sector productivo (con aplicación en obra y su seguimiento).

En experiencias previas realizadas en el LEMaC, se analiza el efecto de la utilización de geosintéticos ante el ahuellamiento (deformación producida en correspondencia con la huella de circulación del tránsito). En dichas experiencias se evidencia que los geosintéticos reducen el potencial ahuellamiento y que cuanto más cercano se ubiquen de la superficie en el refuerzo sería más favorable (Delbono, 2016).

No obstante, se presume que lo precedente de produciría en sentido inverso. Es decir, se prevé que cuanto más profundo se ubique en el refuerzo el geosintéticos, mayor sería su beneficio en cuanto a retardo de fisuras.

El presente trabajo pretende, por lo tanto, verificar esta consideración, como una herramienta necesaria para contrastar ambos efectos y arribar a una conclusión conjunta, que queda por fuera de los alcances.

2. Metodología.

Para analizar el efecto de un geosintético, dentro de amplia gama de productos en el mercado, se selecciona uno y se diseña un sistema que involucra los materiales que se describen a continuación.

2.1. Mezcla asfáltica.

Se selecciona un concreto asfáltico en caliente del tipo convencional denso y con tamaño máximo de 19 mm, denominado CAC D19, tanto para la base como el refuerzo. Dicho concreto se caracteriza mediante las exigencias dispuestas en el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina (PETP DNV) (DNV, 2017).

Las características de la mezcla se presentan en la Tabla 1, de acuerdo con el ensayo Marshall (75 golpes por cara) según norma VN-E9-86 (DNV, 2008).

Tabla 1. Parámetros de la mezcla asfáltica utilizada

Ensayo	Unidad	Resultado	Exigencia
Densidad Marshall	g/cm ³	2,347	-
Densidad Rice	g/cm ³	2,432	-
Asfalto promedio	%	4,9	-
Vacíos en la mezcla	%	3,5	3 – 5
Relación Betún - Vacíos	%	77	65 – 78*
Vacíos de agregado mineral	%	15	> 14
Estabilidad	kN	10,2	> 10
Relación Estabilidad-Fluencia	kN/mm	3,5	2,5 – 4,5

* Estos valores límites dependen en rigor del nivel de tránsito solicitante. Se expresa el rango máximo para capa de rodamiento en la Tabla.

2.2. Emulsión de liga.

Se emplea una Emulsión asfáltica Catiónica de Rotura Rápida Modificada con polímero del Tipo SBS (ECRR-M) para unir los materiales. Sobre la misma se realizan los ensayos de caracterización presentados en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de la emulsión ECRR-M.

Ensayo	Unidad	Norma IRAM	Resultado
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C	SSF	6721	33,7
Residuo asfáltico por destilación	g/100g	6719	65,3
Asentamiento	g/100g	6716	1,7
Contenido de agua	g/100g	6719	37,5
Carga de partículas	-	6690	Positiva
Residuo sobre tamiz IRAM 850 mm	g/100g	6717	0,06
Penetración de residuo a 25 °C	0,1 mm	6576	70
Ductilidad de residuo a 25 °C	cm	6579	>100

2.3. Material geosintético.

Se selecciona un geocompuesto, conformado por fibras en poliéster unidas a una manta en polipropileno ultra liviano, de malla cuadrada de 40x40 mm, conocido como grilla de poliéster para repavimentación, Figura 2.

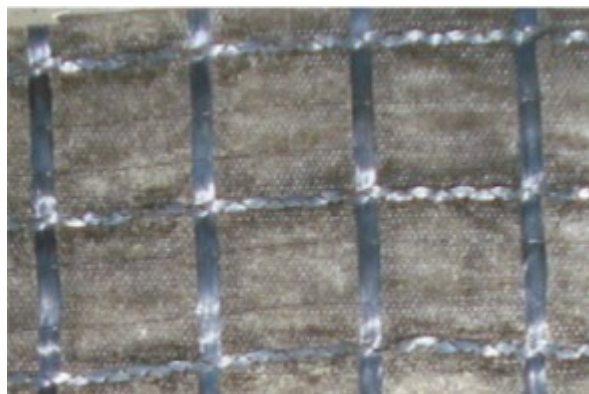


Figura 2. Geocompuesto

El geocompuesto se desempeña trabajando a tracción, absorbiendo las tensiones que se generan en la capa de refuerzo en la cual se instala, mediante un mecanismo de costura que brindan las fibras dispuestas en dirección longitudinal a la vía y transversal a la misma, sobre las fisuras existentes en un pavimento deteriorado o cuando se lo ubica en correspondencia con juntas de un pavimento de hormigón (Delbono, 2015). Por ello, se los produce con resistencias que varían en ambas direcciones según la función a desempeñar y la dirección predominante de la sollicitación a la cual estarán expuestos. Dado lo señalado, en primera instancia se realiza el ensayo de tracción sobre el geocompuesto según la norma IRAM 78012 (IRAM, 2001), utilizando un equipo de tracción, el cual, a través de su software de registro continuo, brinda la curva Tensión vs.

Deformación del material.

Los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados a tracción de la geomalla.

Dirección de ensayo	Carga Max kN/m	Deformación máxima mm	Deformación rotura mm
Paralela al rollo	31,79	19,26	23,06
Transversal al rollo	25,25	15,88	20,36

2.4. Sistema en estudio.

Para valorar la posición efectiva del geocompuesto se diseña el sistema, como se presenta en la Figura 4, se utiliza un molde de 30x30 cm de lado. Allí, se compacta la capa inferior de mezcla asfáltica, cuyo espesor es variable de acuerdo con la posición relativa en que se coloca el geocompuesto. Luego, se deja enfriar la capa y se aplica el riego de emulsión asfáltica en una dotación de 0,5 l/m². Paso seguido, según experiencias previas de adherencia entre capas, cuando corta/rompe la emulsión se coloca el geocompuesto, cuidando que no queden arrugas. Finalmente, se compacta la capa superior de mezcla asfáltica hasta alcanzar 120 mm de espesor de la probeta en total. La compactación se realiza con un equipo Roller Compact (Figura 3a) específico de moldeo, que se acondiciona previamente a 160 °C, efectuando 24 pasadas.

Elaboradas las probetas (Figura 3b), se les realiza un corte de 2 cm de altura desde la base, la que representa una fisura o junta bajo la ubicación del geocompuesto. Luego, se procede a cortarlas en forma transversal a la “fisura” creada, quedando así tres probetas de dimensiones de 10 cm de ancho por 30 cm de largo.



Figura 3. a) Equipo Roller Compact; b) Probetas elaboradas.

La Figura 4 presenta la ubicación del material geocompuesto dentro del sistema; en el 1º esquema el material se sitúa a 40 mm desde la base, quedando de 80 mm el espesor de mezcla asfáltica compactada sobre el geocompuesto; en el 2º esquema el geocompuesto se encuentra ubicado a 60 mm desde la base,

siendo de 40 mm el espesor de mezcla asfáltica compactada sobre el geocompuesto, mientras que en el 3º esquema el geocompuesto se sitúa a 80 mm, quedando de 40 mm el espesor de mezcla asfáltica compactada sobre el mismo.

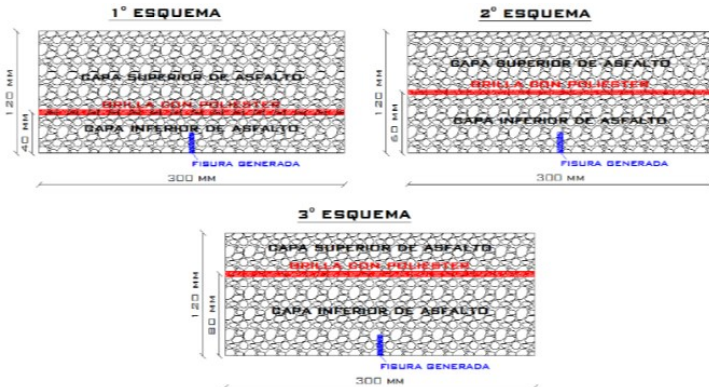


Figura 4. Esquemas de ubicación del geocompuesto.

2.5. Ensayo del sistema.

Se colocan las probetas en el sistema de apoyo (Figura 5a), materializado por varillas metálicas de acero liso de 25 mm de diámetro en los extremos, acondicionándose durante cuatro horas a una temperatura 25 °C en el equipo de ensayo (Figura 5b), para ser finalmente ensayadas bajo una carga de 500 kg a una frecuencia de 1 Hz.

El apoyo brinda la capacidad de deformación y trabajo de la fisura ante las solicitaciones del ensayo, que simulan la carga dinámica del tránsito.

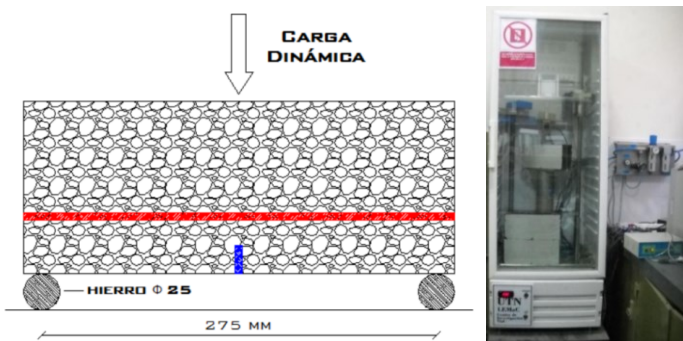


Figura 5. a) Sistema de apoyo; b) Equipo de ensayo.

3. Análisis de resultados.

La Tabla 4 presenta los ciclos de carga necesarios para que la fisura propague a la superficie del sistema, considerando los diferentes niveles en que se sitúa el geocompuesto en la capa de refuerzo. Los mismos se comparan con la probeta que no presenta la interposición del geosintético.

La última columna de la Tabla 4 presenta la relación según ubicación del material geocompuesto (RU). Esta relación se determina mediante la Ecuación 1, como el cociente entre el número de ciclos que provocan la falla en las probetas con geosintético (Nr) y el el número de ciclos que provocan la falla en probetas sin geosintético (Nn).

$$RU = \frac{N_r}{N_n} \quad (1)$$

donde:

RU = coeficiente de efectividad del geosintético.

Nr = número de ciclos de carga que generan la falla en probetas con geosintético.

Nn = número de ciclos de carga que generan la falla en probetas sin geosintético "Referencia".

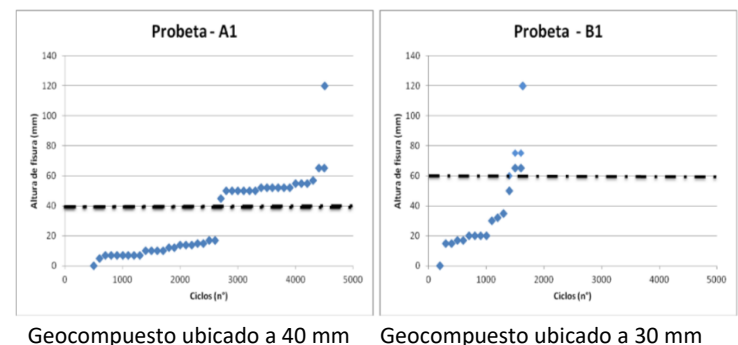
Tabla 4. Resultados de propagación de fisuras interponiendo un geocompuesto..

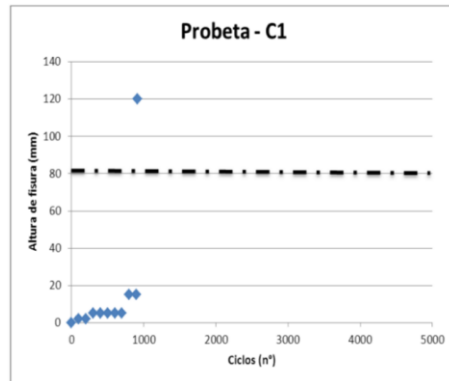
Ubicación desde la base (mm)	Ciclos de carga (nº)	RU (Nr/Nn)
Sin geosintético (referencia)	12	1
40 mm (probetas A)	3424	285
60 mm (probetas B)	1830	152
80 mm (probetas C)	792	66

Nota: los resultados son promedio de tres determinaciones por cada ubicación del geocompuesto.

Se observa que la mejor relación RU se alcanza para la posición del material geocompuesto en la posición de 40 mm desde la base. Contrariamente a lo supuesto para el caso de mitigar el efecto de ahuellamiento, donde la posición preferencial es la superior en el refuerzo.

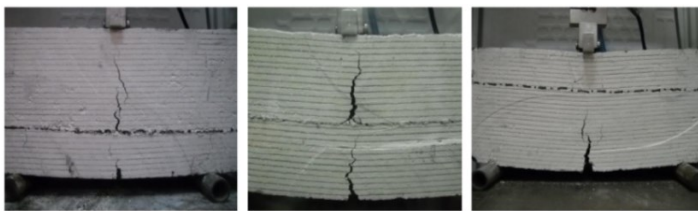
La Figura 6 presenta la altura, en milímetros, en que la fisura se va desarrollando para los ciclos de cargas aplicados. La Figura 7 presenta imágenes de los ensayos.





Geocompuesto ubicado a 80 mm

Figura 6. Recorrido de la fisura para cada nivel del geocompuesto.



40 mm

60 mm

80 mm

Figura 7. Propagación de fisura para diferente ubicación del geocompuesto.

En uno de los casos, donde el geocompuesto se ubica a 60 mm, se evidencia que en algún momento de la evolución de los ciclos de carga se genera la falla por adherencia entre los materiales que conforman el sistema. Esto es un factor importante en las determinaciones de los resultados, alcanzando en este caso en particular 1360 ciclos para propagar la fisura a la superficie, dato que no se considera en el promedio para esta ubicación; que de toda manera supera a los ciclos necesarios para cuando se sitúa el geocompuesto a los 80 mm desde la base.

La Figura 8 presenta en azul y en rojo el conteo de ciclos en la capa inferior y superior respectivamente.

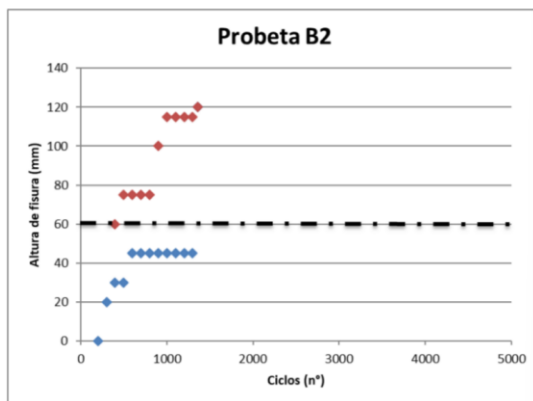


Figura 8. Ciclos necesarios con problema de adherencia entre capas.

4. Conclusiones.

Los resultados a tracción del material geocompuesto permiten una perspectiva en cuanto a la carga y deformación que el material es capaz de desarrollar para coser una fisura existente en un pavimento. En función del estado del pavimento y los movimientos que éste manifiesta, puede inferirse con qué tipo de geosintético se puede trabajar efectivamente, dentro de la amplia gama que el mercado ofrece.

El material geocompuesto logra el retraso en la progresión de la fisura que intenta propagar como consecuencia de la aplicación repetida de la carga. Dependiendo de la posición del material se logra una mayor efectividad del mismo según su ubicación dentro de la capa de refuerzo.

El nivel para el cual se obtiene el mejor comportamiento del geocompuesto es cuando se localiza en la parte inferior de la capa de refuerzo, a los 40 mm desde la base, donde cose la fisura que intenta propagar hacia la superficie.

La adherencia entre las capas es un factor importante en el comportamiento del paquete estructural. En particular cuando se considera un geosintético debe estar adecuadamente adherido con las capas para poder absorber la energía de propagación de la fisura. De lo contrario, las capas se comportan en forma individual, lo que se traduce en una mala o nula distribución de tensiones en el espesor total del pavimento, reduciendo su vida útil.

5. Referencias.

- Al-Qadi, I. L., Elseifi, M. A., Leonard, D. (2003). Development of an overlay design model for reflective cracking with and without steel reinforcement. Journal of the Association of Asphalt Pavement Technologists, 72: 388-423.
- Delbono H. L. (2015). Estudio de grillas poliméricas en sistemas anti-reflejo de fisuras bajo solicitaciones dinámicas. Tesis Doctoral. ISBN: 978-987-1896-38-7. La Plata. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata.
- Delbono H. L. (2016). Primeras experiencias en el ahuellamiento (roderas) y fisuración refleja, en pavimentos de hormigón con refuerzo asfáltico, utilizando materiales geosintéticos. Revista técnica de la asociación española de carreteras. 4, 206: 72 – 80.
- Dirección Nacional de Vialidad (2017). Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/petg_8.pdf
- Norma de ensayo de Vialidad Nacional (2008). VN – E9 – 86. Ensayo de Estabilidad y Fluencia por el Método Marshall.

Dirección Nacional de Vialidad. Dirección Nacional de Vialidad – Edición 2008 1º Distrito Buenos Aires. Argentina.

- Norma IRAM (2001). IRAM 78012. Ensayo de tracción con probetas anchas. Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). Primera edición 20-4-2001.
- Laerte, G. M. (1993). El uso de geotextiles en repavimentación asfáltica. Una experiencia resiente. El fenomeno de la fisuración en los pavimentos. Las fisuras reflejas. Asociacion Argentina de carreteras, 140: 57-66.
http://www.aacarreteras.org.ar/uploads/pdf/pdf_Revts/140.pdf
- Peshkin, D. G., Hoerner T. E., Smith K. D., Bruinsma J. E. and Seeds S. B. (2004). Pavement Preservation: Design and Construction of Quality Preventive Maintenance Treatments, Reference Manual, National Highway Institute, Federal Highway Administration, NHI Course 131103, FHWA-NHI-04-171. Washington, DC.
- Virgili A., Canestrari F., Grilli A., Santagata F. A. (2009). Repeated load test on bituminous systems reinforced with geosynthetics. Geotextiles and Geomembranes, 27: 187-195.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0266114408001076>