

Geosintéticos en carreteras: Planteamientos para su aplicación en las capas de firme

Antonio Baamonde Roca; Ignacio Pérez Pérez; Manuel F. Herrador
Universidade da Coruña. E. T. S. I. Caminos, Campus de Elviña, s/n, 15071 A Coruña, Spain

Resumen

Este artículo realiza un acercamiento general a la utilización actual de los geosintéticos en el diseño y construcción de carreteras. Una vez hecho ese acercamiento general se presentan planteamientos para la aplicación de este tipo de materiales en el diseño del firme de las carreteras en nuestro país. Finalmente se presentan las conclusiones y futuros desarrollos para avanzar en la utilización de esta tecnología en las capas de firme a nivel nacional.

Palabras clave: *Geosintéticos; Geotextiles; Geomallas; Carreteras; Refuerzo de capas de firme.*

Abstract

This paper takes a general approach of geosynthetics in the design and roads construction current use. Afterward proposals for the implementation of these materials in the design of road surfaces in our country are presented. Finally, conclusions and future developments to advance the use of this technology in pavement layers nationwide are presented.

Keywords: *Geosynthetics; Geotextiles; Geogrids; Roads; Pavement layers strengthening.*

1. Introducción

Durante los últimos treinta años la proliferación del empleo de geosintéticos en numerosos campos de la construcción se ha venido extendiendo alrededor del globo de forma exponencial. Su uso ha brindado a la ingeniería un amplio rango de posibilidades para construir de forma más simple y económica, cuidando mejor los recursos medioambientales y utilizando los materiales naturales de manera óptima.

Dentro de este contexto, este artículo tiene por objeto establecer un breve acercamiento a la utilización de geosintéticos como refuerzo de capas de firme de carreteras. Aunque esta aplicación no es novedosa, ya que se tiene conocimiento de experiencias en este sentido desde hace años, en nuestro país no goza a día de hoy del soporte científico – técnico equiparable al de otras de las aplicaciones de este tipo de materiales en carreteras, tales como la funciones de separación, filtro o drenaje recogidas en la normativa española.

2. Utilización de geosintéticos en carreteras

El grado de penetración del empleo de soluciones de ingeniería que contemplan el uso de geosintéticos en la construcción de obras lineales en general y de carreteras en particular es tal que hoy en día se puede afirmar que en los países desarrollados o en vías de desarrollo prácticamente en el 100% de los proyectos se emplea algún tipo de geosintético para mejorar las condiciones de la obra [1].

2.1. Tipos y funciones tecnológicas de los geosintéticos utilizados en carreteras

La elección de entre los distintos tipos de geosintéticos depende de la función que deben desempeñar en cada caso y cuál es el motivo de su instalación.

Las funciones tecnológicas de los geosintéticos utilizados en carreteras comúnmente aceptadas son [2;3]:

- **Filtro:** el material permite el paso de fluidos a través suyo pero al mismo tiempo retiene el suelo y otras partículas sujetas a fuerzas hidrodinámicas, esta función es característica de los geotextiles.

- **Separación:** consiste en la separación de dos capas de suelo de diferentes propiedades físicas (granulometría, consistencia, densidad, etc.) evitando permanentemente la mezcla de material, esta función también es desempeñada por los geotextiles.
- **Refuerzo:** en esta función se aprovecha el comportamiento a tracción del geosintético para mejorar las propiedades mecánicas de una capa del suelo, con el fin de controlar los esfuerzos tangenciales tanto en la fase de construcción como en la de servicio.
- **Drenaje:** esta función, propia de los geotextiles, aprovecha la aptitud de los mismos para la conducción de líquidos y gases a través de su plano lo que permite la evacuación del aire y el agua del suelo en el que se emplea.
- **Protección:** consiste en la protección permanente de sistemas de impermeabilización con geomembranas contra daños mecánicos (perforaciones y desgaste) en la etapa de construcción y posteriormente.
- **Impermeabilización:** esta función se consigue desarrollar mediante la impregnación de un geotextil con asfalto u otro material impermeabilizante sintético.

En la mayoría de los casos en que se utilizan geosintéticos éstos cumplen simultáneamente varias funciones, aunque siempre habrá una principal que determine el tipo a emplear. En la Tabla 1 se presentan los distintos tipos de geosintéticos y sus aplicaciones principales en la construcción o rehabilitación de carreteras.

Tabla 1: Tipos y funciones de geosintéticos en carreteras [2;3]

TIPO DE GEOSINTÉTICO	FUNCIONES
Geotextiles	<p>Impedir contaminación entre capas de la estructura por el efecto de las cargas dinámicas y el arrastre del agua.</p> <p>Resistir los esfuerzos de tensión del material disminuyendo los espesores de diseño y los volúmenes de movimiento de tierras.</p> <p>Evitar el taponamiento por colmatación de estructuras de drenaje.</p> <p>Evitar la aparición de grietas por reflexión en la capa de rodadura al actuar como una interfase de separación entre la capa de rodadura nueva y la capa antigua fisurada.</p>
Geomallas	<p>Reducir el espesor de las capas estructurales del firme o mejorar las especificaciones de las mismas.</p> <p>Reducir la formación de roderas por esfuerzo cortante y asentamientos diferenciales en el firme en general y las capas de pavimentación en particular.</p> <p>Conferir mayor durabilidad a la estructura de firme.</p> <p>Mejorar la capacidad portante, resistencia a movimientos y deformaciones laterales de la estructura de firme.</p> <p>Evitar la aparición de grietas por reflexión al absorber esfuerzos cortantes y tensiones causadas por efecto de las cargas actuantes sobre el área de influencia de las fisuras del pavimento anterior.</p>
Geocélulas / Geoesteras	<p>Facilitar métodos constructivos por medio de sus facilidades de instalación y su versatilidad.</p> <p>Reducir empuje sobre estructuras de contención: a) amortiguando cargas y b) reduciendo la densidad del relleno.</p> <p>Absorber deformaciones por efecto de las cargas estáticas y dinámicas en la estructura de pavimento.</p>
Geodrenes	<p>Captar y conducir agua intersticial de la estructura dirigiéndola hacia los elementos de conducción superficiales.</p> <p>Captar fluidos en profundidad.</p>

Estas funciones y aplicaciones de los distintos tipos de geosintéticos son hoy en día aceptadas convencionalmente en todo el mundo y quedan recogidas en la bibliografía específica tanto nacional [2] como internacional [3]. Sin embargo es cierto que no todas ellas están comúnmente extendidas en la práctica constructiva nacional y que, en particular las relativas al refuerzo de las capas de firme, prácticamente no son tenidas en cuenta ni en los manuales ni

en la normativa o recomendaciones españolas tal y como se verá en los próximos apartados de este artículo.

2.2. Usos más frecuentes de geosintéticos en carreteras

Los usos más frecuentes de geosintéticos en la construcción de obras lineales en general y carreteras en particular a día de hoy en nuestro país están encaminados a resolver problemas constructivos asociados directa o indirectamente al tratamiento del terreno que se pueden agrupar en estos cuatro apartados:

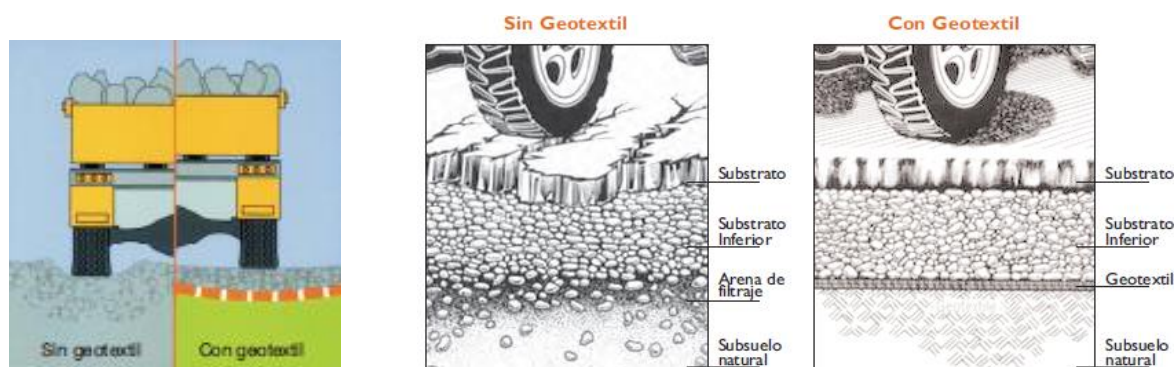
- Terraplenes sobre suelos blandos
- Estabilidad de taludes
- Muros de contención
- Drenaje de paramentos y de plataforma

Las bases científico – técnicas de estas aplicaciones están recogidas y documentadas por la bibliografía específica sobre geosintéticos, tales como las publicaciones ya referenciadas “Manual de Geosintéticos en la Construcción de Muros y Terraplenes” [2] y “Designing with Geosynthetics” [3], mientras que su empleo en el diseño de soluciones constructivas concretas es descrito en múltiples publicaciones técnicas de diversos campos como la geotecnia (mejora del terreno y estabilización de taludes), proyecto y construcción de carreteras, de muros, de explanaciones y drenajes, etc. Dentro de estas últimas se señala, sin ánimo de ser exhaustivo, las siguientes publicaciones nacionales con el objeto de ofrecer la posibilidad de su consulta para profundizar en estos temas:

- “Manual de técnicas de mejora del terreno” [4] y “Manual de estabilización y revegetación de taludes” [5]; desarrollados ambos en la Escuela de Ingeniería de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid, al igual que el ya referenciado con anterioridad “Manual de Geosintéticos en la Construcción de Muros y Terraplenes” [2].
- “Doce lecciones sobre geotecnia de infraestructuras lineales del transporte” [6], publicado en el marco de la Asociación Técnica de Carreteras.
- “Ingeniería de carreteras” [7], texto de referencia habitual en las escuelas de ingeniería españolas.
- “Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carreteras” [8], que forma parte de las Instrucciones de Construcción del **Ministerio de Fomento**.

Por otro lado estas aplicaciones también son recogidas habitualmente en los catálogos y manuales prácticos de múltiples fabricantes y suministradores de este tipo de materiales, donde describen de forma específica sus productos y muestran los métodos generales para su puesta en obra [9; 10].

Figura 1: Funcionamiento de geotextiles bajo cargas de tráfico [9]



2.3. Repaso a la normativa y especificaciones españolas referentes a utilización de geosintéticos en carreteras

Haciendo un repaso a las especificaciones españolas que podrían hacer referencia a la utilización de geosintéticos en carreteras se confirma que, tal y como se ha señalado con anterioridad, éstas no proporcionan prácticamente base documental alguna para su utilización en las capas del firme apareciendo sin embargo alguna otra aplicación de uso más extendido.

En el “*Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes*”, **PG-3** [11], del **Ministerio de Fomento** se recogen las condiciones técnicas normalizadas de los Geotextiles a utilizar como materiales básicos en su Artículo 290. También se recogen, dentro de su parte dedicada al drenaje, en el Artículo 422, las condiciones para los geotextiles a utilizar como elemento de separación y filtro. Sin embargo no se hacen más referencias de importancia a ningún tipo de geosintético en el resto de capítulos incluyendo, lógicamente, los de la parte dedicada a los firmes.

Dentro de las instrucciones de drenaje, tal y como ya se mencionó, se encuentran menciones y diseños que incorporan geosintéticos como solución en las “*Recomendaciones para el drenaje subterráneo en obras de carreteras*” del **Ministerio de Fomento** [8].

En cuanto a las instrucciones específicas para el proyecto y la construcción de firmes de carretera se debe señalar que en la Instrucción 6.1 IC sobre Secciones de Firmes del **Ministerio de Fomento** [12] de nuevo se hace mención, aunque de soslayo, a la utilización de geotextiles como elementos separadores y filtro que garanticen el correcto funcionamiento del drenaje profundo del firme. Por último, en la Instrucción 6.3 IC sobre Rehabilitación de Firmes del **Ministerio de Fomento** [13] se encuentran las únicas menciones al empleo de geosintéticos en las capas del firme de carretera. Por un lado, se refieren al uso de geotextiles como un posible sistema antirreflexión de fisuras en la rehabilitación de pavimentos de hormigón únicamente en el caso de refuerzos de los mismos con mezclas bituminosas de pequeño espesor. Por otro lado, a la utilización de láminas impermeables en ensanches de firmes existentes como aspecto constructivo a tener en cuenta para mejorar la zona de contacto entre la parte antigua y la parte ampliada de la plataforma.

3. Aplicación de geosintéticos en capas de firme

La idea de reforzar las capas de firme no es reciente, así, según recoge la publicación “*Designing with Geosynthetics*” [3], un primer intento de uso de fibras en el refuerzo de una estructura de pavimentación fue realizado en 1926 por el **Departamento de Vías** de Carolina del Sur en Estados Unidos. El ensayo consistió en disponer una gruesa capa de algodón sobre la capa de base del pavimento flexible para luego verter asfalto caliente sobre la fibra y protegerlo con una delgada capa de arena. Los resultados del experimento fueron publicados en 1935, mostrando una reducción de las fallas localizadas y el agrietamiento en la estructura y buenas condiciones de servicio antes de que la fibra se deteriorara completamente. Este proyecto demostró la relevancia de usar cuerpos ajenos al material, que consigan mejorar el comportamiento del conjunto, tal y como se utilizan hoy en día las fibras sintéticas.

A continuación se presenta un planteamiento general para la aplicación de los geosintéticos en este campo señalando tanto las posibles ventajas que podrían aportar como las dudas técnicas e inconvenientes que, a día de hoy, todavía surgen en nuestro país con respecto a su utilización.

3.1. Planteamiento general de aplicación de geosintéticos como refuerzo de firmes

El deterioro de los firmes de carretera derivado de la aparición de fisuras o grietas origina una serie de perturbaciones en su funcionalidad tales como la aparición de irregularidades en la capa de rodadura que suponen la disminución del nivel de confort de los ocupantes del vehículo, el desgaste acelerado de las suspensiones y los neumáticos del mismo, la reducción de la estabilidad en las curvas, etc. Además la penetración del agua de lluvia o nieve a través de estas fisuras supone una pérdida progresiva de las propiedades del firme que termina por perder su capacidad portante y sus condiciones para la circulación del tráfico. Este fenómeno

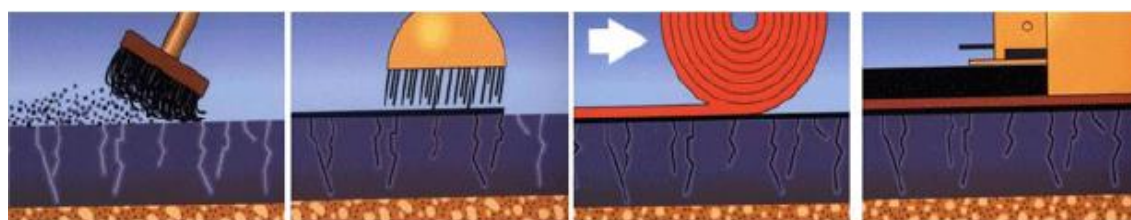
está producido en general por las sobrecargas repetitivas del tráfico y se puede ver favorecido, entre otras cosas, por asientos diferenciales de las capas subyacentes e incluso por diferencias térmicas superficiales del propio pavimento. Los mayores problemas de conservación asociados al mismo comienzan a ponerse de manifiesto cuando las fisuras que se inician en las capas inferiores aparecen en las capas superiores.

Por otro lado, en el caso de firmes rígidos o incluso semi-rígidos con capas de mezclas bituminosas sobre capas, base o sub-base, con conglomerante hidráulico este hecho se hace todavía más patente ya que se producen movimientos horizontales de esas losas inferiores debidos cambios térmicos diarios o estacionales e incluso a la retracción. Estos movimientos causan altas deformaciones en las capas de aglomerado superiores en los lugares donde se sitúan las juntas de las losas inferiores que se traducen indefectiblemente en la aparición de grietas de reflexión.

Por lo tanto las funciones básicas de aplicación de geosintéticos en las capas de firme son la de refuerzo, utilizando geotextiles o geomallas como elementos que aseguren un reparto de cargas más homogéneo, la de impermeabilización, utilizando para ello geotextiles impermeables o impregnados con ligante y la de antirreflexión de fisuras. (Figura 2).

A priori la función de refuerzo parece razonable asociarla más bien a las capas base del firme mientras que la de impermeabilización pudiera ser más interesante en las capas intermedias, bajo la rodadura y, en cualquier caso, parece de forma intuitiva especialmente adecuado para las capas subyacentes a capas drenantes. También se podría pensar en utilizar un material que pudiese combinar ambas funciones y determinar su ubicación óptima en cada caso de diseño.

Figura 2: Esquema típico de ejecución de geosintéticos como elemento antirreflexión de fisuras en rehabilitación de pavimentos [10]



- (a) Limpieza y preparado de la superficie del pavimento existente
- (b) Riego con emulsión bituminosa
- (c) Extensión de geosintético de forma que quede completamente impregnado de emulsión y pegado a la superficie del pavimento.
- (d) Extendido de mezclas bituminosas utilizando extendedora.

3.2. Estudio de implantación y diseño de geosintéticos en capas de firme

Las funciones de los geosintéticos planteadas de forma general en el apartado anterior se vienen aplicando en capas de firme en todo el mundo desde hace más de veinticinco años mejorando el rendimiento global del pavimento y consiguiendo incrementar su vida útil.

Tradicionalmente está muy extendida su aplicación como elementos de sistemas anti-remonte de fisuras e impermeabilizantes en rehabilitaciones de firmes. El sistema consiste básicamente en colocar sobre la capa de rodadura fisurada del pavimento existente un geosintético sobre el que a continuación se extienden nuevas capas de mezclas bituminosas. De esta forma se puede conseguir, por un lado, que las grietas y fisuras del firme preexistente no remonten sobre las nuevas capas de aglomerado y, por otro lado, que el agua procedente de la infiltración penetre por las grietas y fisuras del firme antiguo deteriorando las capas subyacentes [10;14] (Figuras 2 y3). Este tipo de soluciones se pueden utilizar tanto de forma sistemática para la rehabilitación de tramos de carretera dañados como en la reparación de zonas más localizadas o incluso puntuales como blandones o baches.

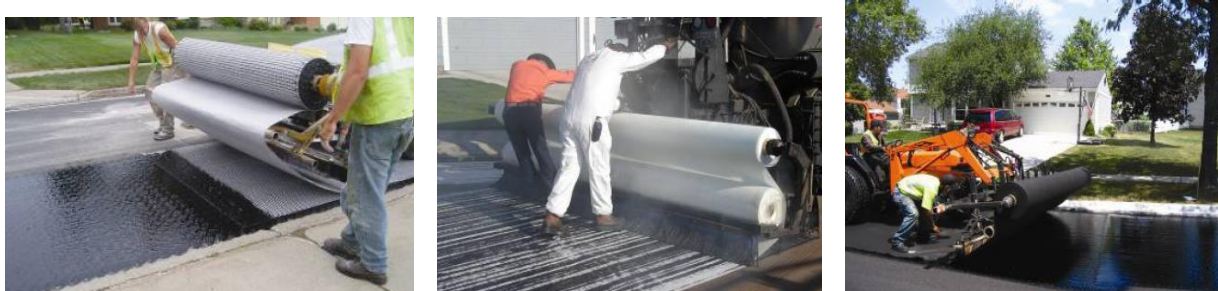
Se debe recordar también, tal y como se señalaba con anterioridad cuando se hizo el repaso a la normativa española, que la utilización de una lámina impermeable está especialmente indicada en los ensanches de la sección transversal del firme con el fin de evitar que se produzcan filtraciones por la zona de contacto de la plataforma antigua y la ampliada [13].

Sin embargo si se reflexiona sobre los principios planteados respecto a sus posibles funciones y el éxito experimentado en su aplicación se llega a la conclusión de que podría ser muy ventajoso estudiar la posibilidad de la implantación de geosintéticos como un elemento más a considerar desde la fase inicial del diseño del firme de carreteras.

En cualquier caso es evidente que para la aplicación de los geosintéticos en capas de firme hay que avanzar más en el conocimiento y estudio del tipo de material que sería más adecuado utilizar en cada caso de diseño y establecer unos criterios justificados técnicamente al respecto. A día de hoy en nuestro país se dispone, como se vino señalando desde el principio de este artículo, de poca documentación técnica sobre este tema debiendo acudir para su justificación a bibliografía internacional [3], y a confiar para la elección concreta del geosintético y su puesta en obra de la información que proporcionan los catálogos de los fabricantes y suministradores [9; 10]. Esta realidad limita en la práctica su aplicación sistemática y supone, tal vez, el inconveniente más relevante para su implantación.

Otros inconvenientes a tener en cuenta para su uso son los derivados, por un lado, de la propia naturaleza del material, como pueden ser la durabilidad o la temperatura límite que pueden soportar sin perder sus propiedades, y, por otro lado, de su colocación específica en las capas de firme, como son los posibles problemas de adherencia entre capas o los de su puesta en obra en general.

Figura 3: Puesta en obra de geosintéticos en capas de firme [14]



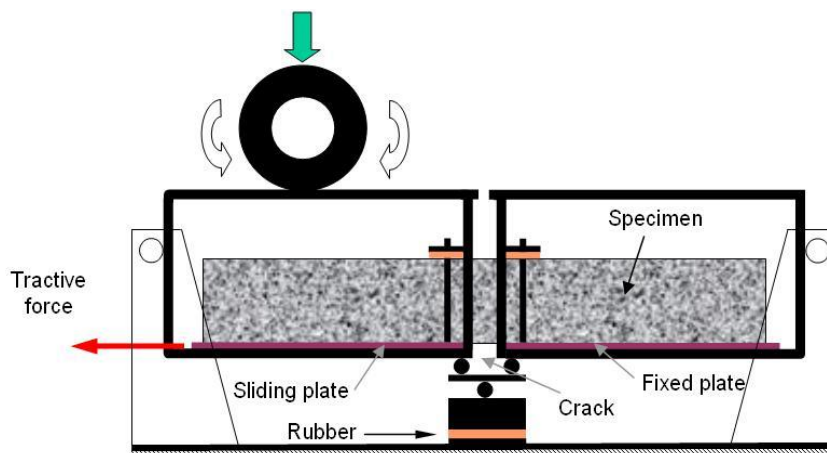
4. Divulgación y futuros desarrollos

Como se viene señalando, la utilización de geosintéticos en capas de firme en nuestro país se está viendo condicionada por la falta de divulgación de su base científica en el día a día del mundo de la construcción. Para que este tipo de soluciones se conviertan en práctica habitual es fundamental dar a conocer sus fundamentos técnicos y corroborar su eficacia y eficiencia económica. Para ello que habría que analizar en profundidad los planteamientos y formulaciones al respecto de la bibliografía internacional [3;15]. También, podría ser adecuado repasar la documentación desarrollada por el “*Geosynthetic Institute*” [16] y estudiar los avances que en este sentido se han venido realizando en los últimos años en **Estados Unidos**, analizando la documentación científica desarrollada por los diferentes Departamentos de Transportes de los distintos Estados (“*Department of Transportation*”, **DOTs**) y en algunos otros países como Bélgica, Canadá y Finlandia. En particular se recomiendan varios informes realizados por los **DOTs** de California [14], Texas [17], Minnesota [18], Nevada [19] y Mississippi [20].

Una vez analizado en profundidad y difundido el estado del arte actual de la aplicación de geosintéticos para el refuerzo de las capas de firme en carreteras habría que trasponer a nuestra realidad nacional este conocimiento y contrastar con ensayos y experiencias de ejecución documentadas su validez y alcance en nuestras redes de carreteras.

En este sentido se debe señalar que en los últimos años este tema está generando novedosas investigaciones en nuestro país. Un ejemplo es el desarrollo de un proyecto de I+D+i entre los años 2004 y 2006 en el **Laboratorio de Caminos** de la **Universidad Politécnica de Madrid**. Este proyecto consistió en elaborar el aparato de laboratorio denominado “*Wheel Reflective Cracking*” (**WRC**), capaz de simular el fenómeno de la reflexión de fisuras en firmes y con el que poder evaluar la efectividad de los geotextiles [21]. Otro ejemplo es el proyecto de I+D+i realizado en el año 2006 por el **Grupo de Investigación de la Construcción** de la **Universidad de Cantabria**. Esta experiencia radicó en evaluar el deterioro sufrido por un tramo de vía rehabilita con y sin la incorporación de un sistema anti-remonte de fisuras [22]. El mismo se llevó a cabo aprovechando la rehabilitación de un tramo de la carretera **CA-231**: Corban-Liendres. También, cabe la pena mencionar un trabajo realizado por la **Universidad Tecnológica Nacional de La Plata** (Argentina). En éste se evaluó un geocompuesto como sistema anti-fisuras mediante el Modelo de reflexión de fisuras con el aparato “*Wheel Tracking Test*” y la valoración de Adherencia con el ensayo **LCB** (Laboratorio de Caminos de Barcelona) [23].

Figura 4. Diagrama del ensayo WRC (Wheel Reflective Cracking) [21].



5. Conclusiones

- La utilización de geosintéticos en soluciones de ingeniería en general es una práctica absolutamente extendida en todo el mundo, hecho que se hace todavía más patente si nos fijamos en la construcción de carreteras.
- Su empleo en nuestro país está también totalmente generalizado y extendido en aplicaciones asociadas directa o indirectamente al tratamiento del terreno pero no sucede lo mismo con su utilización en capas de firme.
- Los principales condicionantes que motivan esta escasa implantación de los geosintéticos como elementos del firme en nuestro país, tanto en la fase de diseño como en la práctica constructiva habitual podrían ser:
 - La falta de base científica suficientemente extendida en el día a día del mundo de la construcción nacional.
 - Su tradicional asociación a soluciones de rehabilitación para firmes rígidos, con capas de firme compuestas por hormigón hidráulico, menos comunes en nuestros proyectos de carretera que los firmes flexibles, con todas sus capas a partir de mezclas bituminosas en caliente, o los semi-rígidos, que incorporan capas tratadas con cemento en su sub-base.
- Sin embargo éstos no parecen argumentos suficientemente razonables para invalidar la posibilidad del estudio de su implantación para la construcción o rehabilitación de firmes

flexibles o semi-rígidos por lo que debe avanzarse tanto en la divulgación de la base científica como en el desarrollo de nuevas investigaciones que aporten soporte técnico a este tipo de soluciones.

- Por lo tanto parece lógico tener en consideración el estudio y desarrollo de este tipo de tecnología para su implantación en firmes de carretera y no descartar de entrada las múltiples ventajas, avaladas por la experiencia y documentación internacionales, que podría aportar en la calidad y en la durabilidad de nuestras carreteras.
- En este mismo sentido, señalar, por último, que la implantación de geosintéticos en capas de firme puede ser muy favorable desde el punto de vista económico ya que la mejora en la durabilidad de los firmes supondría importantes reducciones de costes de conservación y reposición a largo plazo.

6. Referencias bibliográficas

- [1] Smith, R. (2000). *The Potential Market for Sisal and Henequen Geotextiles*. Alternative Applications for Sisal and Henequen, Technical Paper 14. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Common Fund for Commodities (CFC). Roma, Italia.
- [2] Vicente, A. (2001). *Manual de Geosintéticos en la Construcción de Muros y Terraplenes*. U.D. Proyectos. E.T.S.I. Minas. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- [3] Koerner, R. M. (1999). *Designing with Geosynthetics*. Prentice Hall. New Jersey, USA.
- [4] Bielza, A. (1999). *Manual de Técnicas de Mejora del Terreno*. E.T.S.I. Minas. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- [5] López, C.(Editor). (1999). *Manual de Estabilización y Revegetación de Taludes*. E.T.S.I. Minas. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- [6] Oteo, C. (2009). *Doce lecciones sobre geotecnia de infraestructuras lineales el transporte*. Asociación Técnica de Carreteras. Madrid.
- [7] Kraemer, C.; Pardillo, J.M.; Rocci, S.; Romana, M.G.; Sánchez, V.; del Val, M.A. (2004). *Ingeniería de Carreteras, Volumen 2*. MCGRAW – HILL.
- [8] Dirección General de Carreteras. (2003). *Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carreteras. Orden Circular 17/2003. Instrucciones de Construcción*. Ministerio de Fomento – Gobierno de España.
- [9] <http://www.terratest.es/> TMA Terratest Medioambiente. *Geotextiles y Geocompuestos*.
- [10] <http://www.geotexan.com/>. GEOTEXAN. *Dossier de Geosintéticos*
- [11] Ministerio de Fomento (2002). *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras (PG-3)*. Ministerio de Fomento – Gobierno de España.
- [12] Ministerio de Fomento. (2003). *Norma 6.1 IC Secciones de Firme de la Instrucción de Carreteras*. Ministerio de Fomento – Gobierno de España.
- [13] Ministerio de Fomento. (2003). *Norma 6.3 IC Rehabilitación de Firmes de la Instrucción de Carreteras*. Ministerio de Fomento – Gobierno de España.
- [14] Caltrans Division of Maintenance. (2009). *Maintenace Technical Advisory Guide - Chapter 12: Interlayers*. MTAG, Volume I – Flexible Pavement Preservation Second Edition. State of California Department of Transportation. Office of Pavement Preservation. Division of Maintenance. Sacramento, California, USA.
- [15] Delmas, Ph.; Gourc, J.P.; Girar, H. (Editores). (2003) *Geosynthetics: State of the Art, Recent Developments*. Aa Balkema. USA.
- [16] <http://www.geosynthetic-institute.org/>. Geosynthetic Institute. Folsom, PA, USA.
- [17] Trevino, M.; Dossey, T; McCullough, B.F.; Yildirim, Y. (2004) *Applicability of Asphalt Concrete Overlays on Continuously Reinforced Concrete Pavements*. Center of Transportation Research. University of Texas. Austin, Texas, USA.
- [18] Watson, M.; Marastanu, M.O.; Khazanovich, L.; Balbo, J.T. (2009) *Design and Construction Guidelines for Thermally Insulated Concrete Pavements*. Minnesota Department of Transportation. Saint Paul, Minnesota, USA.
- [19] Hajj, E.Y.; Sebaaly, P.E.; Loria, L.; Morian, N.E. (2007) *Refelctive Cracking of Flexible Pavements. Phase I: Review of literature and the performance of the various techniques in Nevada*. Nevada Department of Transportation – Materials Division. University of Nevada Reno – Department of Civil and Environmental Engineering. Reno, Nevada, USA.

- [20] Amini, F. (2005) *Potential Applications of Paving Fabrics to Reduce Reflective Cracking*. Department of Civil & Environmental Engineering Jackson State University. Jackson State University, Jackson, Mississippi.
- [21] Priego, J.N.; Gallego, J.; Pérez, I. (2007) *Application of the wheel reflective cracking test for assessing geosynthetics in anti-reflection pavement cracking Systems*. Geosynthetics International 14 No. 1.
- [22] <http://www.giteco.unican.es/> . GITECO. Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción. Universidad de Cantabria.
- [23] Botasso, G.; Ricci, L.; Fensel, E.; Delbono, L.; Rivera, J. (2011) *Sistema de membrana antifisuras con geocompuesto, una metodología de evaluación*. Carreteras, Asociación Española de la Carretera, 4ª Época – Núm. 175 – Enero/Febrero 2011.