

Estado del arte para el correcto uso de los geosintéticos en la rehabilitación de firmes de carretera



Correct use of geosynthetics in road pavement rehabilitation state of the art

Grupo de Trabajo GT-5 "Uso de Geosintéticos"

Comité de Firmes de la Asociación Técnica de Carreteras

El objetivo de este artículo es llenar las lagunas existentes en estos momentos en la utilización de geosintéticos en firmes de carreteras, ayudando al proyectista a elegir la mejor solución para su problema y a comprender de una forma sencilla y didáctica cuando es posible, o no, plantearse el empleo de un geosintético; proporcionar al aplicador (empresa constructora o de conservación) las herramientas necesarias para colocar de una forma eficiente y económica estos productos, así como las precauciones elementales que debe observar para conseguir los mejores resultados; y proporcionar a las Direcciones de Obra los criterios y la información necesarias para poder controlar la calidad de los productos utilizados y del resultado final de la solución elegida.

Aunque su empleo más habitual sea la rehabilitación de firmes de carretera con la finalidad principal de mejorar sus prestaciones controlando la propagación de fisuras hacia la superficie y evitando la entrada de agua hacia las capas inferiores, las soluciones aquí propuestas pueden emplearse desde las fases iniciales en firmes de nueva construcción, como medida de control de posibles fisuras procedentes de las capas inferiores (como, por ejemplo, las tratadas con conglomerantes hidráulicos o losas de hormigón) o procedentes de las capas superiores como sucede en regiones con fuertes gradientes térmicos y capas de rodadura con comportamiento frágil a bajas temperaturas (-5°C), en las que la fisuración es del tipo "top-down".

The aim of this article is to fill the gaps that currently exist in the use of geosynthetics in road pavements, helping the designer to choose the best solution for his problem and to understand in a simple and didactic way when it is possible, or not, to consider the use of a geosynthetic; providing the applicator (construction or maintenance company) with the necessary tools to lay these products efficiently and economically, as well as the basic precautions to be observed to achieve the best results; and providing site management with the necessary criteria and information to be able to control the quality of the products used and the final result of the chosen solution.

Although most commonly used in the rehabilitation of road pavements with the main purpose of improving their performance by controlling the propagation of cracks towards the surface and preventing water ingress into the bottom layers, the solutions proposed here can be used from the initial stages in new pavements, as a measure to control possible cracking from the lower layers (e.g. those treated with hydraulic binders or concrete slabs) or from the upper layers, as in regions with strong thermal gradients and wearing courses with brittle behaviour at low temperatures (-5°C), where cracking is of the "top-down" type.

Prologo

El Comité de firmes de la Asociación Técnica de Carreteras tiene en su seno un grupo de trabajo dedicado a la aplicación de los geosintéticos en los firmes, lo que puede aportarles beneficios de cara a su durabilidad. Muchos son los aspectos que se pretenden analizar en este grupo de trabajo, ya que muchas son las incógnitas y los desconocimientos que aún existen sobre su empleo, tanto en el campo del diseño, colocación y ensayo como en el de su sostenibilidad. Los resultados se integrarán dentro del conjunto de conclusiones que, en otros grupos de trabajo, se están estudiando con el objetivo de pre-

sentar una panorámica de tecnologías aplicables en el campo de los firmes y sus condiciones óptimas de empleo.

Los geosintéticos llevan utilizándose en las carreteras españolas desde hace décadas. La irrupción de los geosintéticos con función de refuerzo es más reciente, pero su uso aumenta cada año, especialmente con función de antireflexión de fisuras en labores de conservación. Como en otros ámbitos, la técnica va por delante de la normativa que la regula, dándose el caso de que estamos empleando en nuestras carreteras materiales muy diversos, con características, calidades y tecnologías, en algunos

casos discutibles. La falta de manuales y referencias normalizadas conlleva cierta confusión a la hora de prescribirlos y dudas en el control de calidad y puesta en obra de estos materiales.

La idea principal de este artículo es poner las bases para que algunos puedan aprender lo que son los geosintéticos, otros puedan consolidar sus conocimientos y otros puedan cambiar la apreciación que tenían sobre ellos. Son materiales tecnológicos, que pueden diseñarse para resolver determinados problemas de los firmes, y que serán eficaces y eficientes siempre que hayan sido elegidos y colocados en obra de manera adecuada.

Fco Javier Payán de Tejada González
Presidente del Comité de Firmes de la Asociación Técnica de Carreteras

1. Funciones

Las diferentes funciones que pueden cumplir los geosintéticos que se emplean en la rehabilitación de firmes, descritas en la norma UNE-EN 15381 [1]¹, son el refuerzo, la barrera intercapas y la relajación de tensiones. Es importante conocer las necesidades de cada sección para elegir correctamente el tipo de geosintético a utilizar:

Función de refuerzo (R)

La función de refuerzo exige que el geosintético tenga una elevada resistencia a tracción y una baja deformación, lo que implica un elevado módulo de elasticidad, compatible con la aplicación que se le quiera dar.

Es importante considerar la influencia en los geosintéticos empleados de los distintos factores:

- Agentes químicos.
- Agentes biológicos.
- Daños mecánicos durante la puesta en obra.

La fisuración asociada a la fatiga ocurre cuando las fuerzas de flexión y cortante que se producen en el pavimento, debido a las cargas del tráfico, producen la rotura del aglomerado asfáltico. La fisuración asociada a la temperatura ocurre cuando se produce un movimiento horizontal debido a la expansión y contracción térmica, creándose tensiones de tracción que también producen su rotura.

La función de refuerzo mediante la introducción de una geomalla, per-

mitirá armar las mezclas bituminosas en dos direcciones, dotándolas de una mayor resistencia a tracción, de forma que puedan absorber los esfuerzos por fatiga y térmicos antes mencionados. Debido a esto, en algunos países se aprovecha el efecto de refuerzo de la geomalla para reducir los espesores de las capas del firme [2], ya que la función refuerzo de este tipo de materiales permite mantener la vida útil del firme, disminuyendo el espesor de la capa de mezcla bituminosa.

En el caso de recrecido de firmes en el que las capas inferiores

¹ El título correcto de esta norma es "Geotextiles and products relacionados. Características requeridas para su uso en firmes y refuerzos bituminosos" (Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in pavements and asphalt overlays).

presentan fisuración, la geomalla, al tener más rigidez que la mezcla bituminosa, absorberá la fisura y la redirigirá lateralmente, de forma que los mismos se propagarán a lo largo del elemento de refuerzo hasta que su energía se disipe, mejorando el comportamiento del conjunto del firme, que retrasará la aparición de estas fisuras en la superficie, evitando que se cree una vía preferente de entrada de agua y el progresivo deterioro de la estructura.

Función de barrera intercapa (B)

Esta función la aporta principalmente el betún que impregna el geotextil no tejido, bien de manera individual al saturarse el geotextil con el betún del riego de adherencia, bien formando parte de un geocompuesto como uno de los elementos que lo conforman. Estas actuaciones tienen una alta dotación de ligante bituminoso, lo que les permite proporcionar una elevada impermeabilidad al conjunto, evitando que el agua penetre hacia capas inferiores del paquete asfáltico.

Función de relajación de tensiones (STR)

Establece una capa elástica entre el firme antiguo y la capa de recocado que permita amortiguar y aliviar las tensiones que conllevan la propagación de la fisura. Va asociada a la función barrera intercapa y la presentan los geotextiles no tejidos y geocompuestos, que constituyen una membrana de absorción de tensiones o SRL (Stress Relief Layer).

En el epígrafe 290.2.5. del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, art. 290 del PG-3 [3] actualizado en mayo de 2018, se definen las 3 funciones (refuerzo, relajación

Tabla 1.

Funciones	Tipos de Geosintéticos		
	Geotextil no tejido (GTX-NW)	Geomalla (GGR)	Geocompuesto (GCO)
Refuerzo (R)	-	X	X
Barrera intercapa (B)	X	-	X
Relajación de tensiones (STR)	X	-	X

de tensiones y barrera intercapas) desempeñadas en obras de carretera por los geosintéticos en la rehabilitación de pavimentos. En este epígrafe encontraremos la tabla 290.3 que indica las propiedades a exigir a los geotextiles y productos relacionados, incluyendo sus correspondientes normas de ensayo siguiendo la norma europea de aplicación UNE-EN 15381.

La antireflexión de fisuras no es una función en sí de los geosintéticos [4], es la consecuencia de:

- Solo la función de refuerzo.
- La combinación de las tres funciones: refuerzo + barrera intercapa + relajación de tensiones.
- La combinación de las funciones de barrera intercapa + relajación de tensiones.

Por supuesto, contando siempre con un espesor necesario y determinado, de recocado de mezcla bituminosa. (Tabla 1)

2. Tipología

Dentro de los múltiples tipos de geosintéticos que existen, esta Guía se va a centrar exclusivamente en aquellos que se utilizan en capas de firmes de carretera con contacto con mezclas bituminosas por ambas caras o por la cara superior, sin que en ningún caso esté en contacto con una capa granular del firme.

En la rehabilitación de firmes se emplean los siguientes tipos de geosintéticos:

- Geotextiles no tejidos. Saturando el geotextil con betún se confecciona una capa para impermeabilizar el firme y relajar las tensiones intercapa (SRL (Stress Relief Layer).
- Geomallas biaxiales para la función de refuerzo, complementadas con un elemento auxiliar para favorecer su instalación. Este elemento auxiliar puede ser:
 - Un geotextil no tejido ligero, que aporte superficie específica que favorezca la adherencia al soporte, y que pueda, o no, tener recubrimiento bituminoso. Este geotextil no cumple la función de barrera intercapa porque no tiene la capacidad de retención de betún necesaria para cumplir esa función.
 - Un recubrimiento de la geomalla con betún oxidado (mínimo 150 g/m²), que favorezca la adherencia al soporte por termofusión de este durante su instalación.
- Geocompuestos formados por una geomalla biaxial y un geotextil no tejido. pudiendo estar el conjunto recubierto o no. La función que realiza es triple: Refuerzo + Relajación de tensiones + Barrera intercapas (impermeable por saturación con betún del geotextil no tejido).

Estos geosintéticos se definen de acuerdo con la norma UNE-EN-ISO 10318-1 [5] de la siguiente manera:

Geosintético (GSY):

Término genérico para describir un producto en el que al menos uno de sus componentes está fabricado con un polímero sintético o natural en forma de una lámina, tira o banda o estructura tridimensional, que se emplea en contacto tanto con suelos y/u otros materiales en aplicaciones geotécnicas y de ingeniería civil (figura 1).

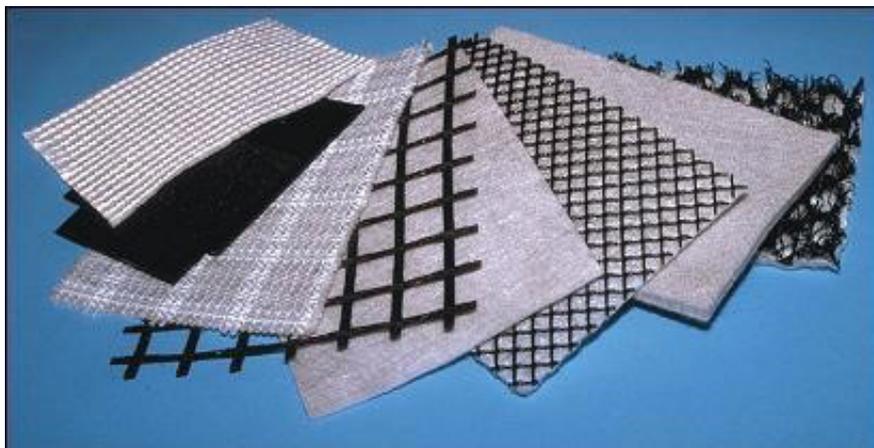


Figura 1. Gama geosintéticos (GSY)

Geotextil no-tejido (GTX-NW):

Geotextil fabricado de fibras, filamentos u otros elementos orientados regularmente o aleatoriamente, unidos de forma mecánica y/o química y/o térmicamente (figura 2).

Los que se contemplan en este caso son de polipropileno que presentan una retención de betún óptima y cuyas funciones principales son constituir una barrera intercapa y relajar las tensiones en el plano en el que se colocan (SAMI = Stress Absorbing Membrane Interlayer).



Figura 2. Geotextil no tejido (GTX-NW)

Geomalla (GGR):

Estructura plana polimérica que consiste en una red abierta regular de elementos que actúan por tracción, integralmente conectados, que pueden ensamblarse por extrusión, ligado o entrelazado, y cuyas aberturas son mayores que sus elementos constitutivos (figura 3).

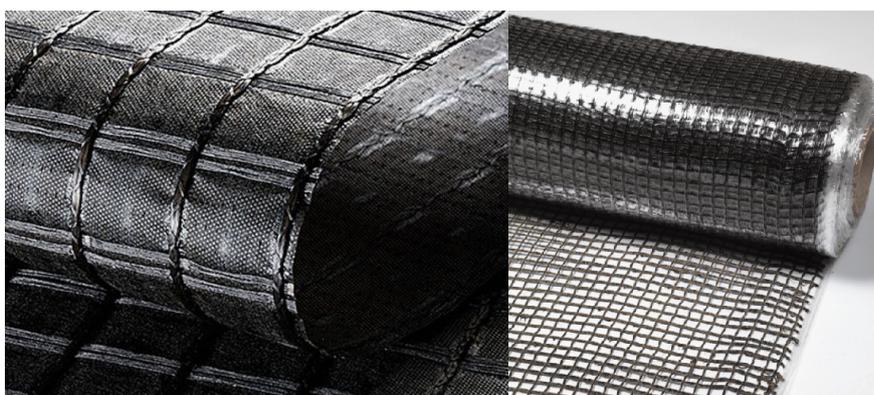


Figura 3. Geomalla (GGR) con geotextil no tejido ligero y con betún oxidado

Según su forma de trabajo se pueden dividir en:

- Uniaxiales: son estructuras bidimensionales cuya dirección de refuerzo principal es la longitudinal (la del sentido de fabricación), mientras que el refuerzo que aporta la dirección transversal no será relevante.

- Biaxiales: son estructuras bidimensionales con refuerzo en ambas direcciones (longitudinal y transversal, y en las que el refuerzo en la dirección transversal será al menos igual al de la dirección longitudinal).

Este tipo de materiales proporcionan una función de refuerzo, ya que

poseen una elevada resistencia a tracción y baja deformación.

En un sistema antirreflexión de fisuras se deben emplear las geomallas biaxiales, puesto que la acción de las cargas del tráfico que se transmite a las capas del firme se hace en al menos dos direcciones, longitudinal y transversal al eje de la vía.

Geocompuesto (GCO):

Material ensamblado que se fabrica utilizando, al menos, un producto geosintético entre sus componentes (figuras 4 y 5).

Para su aplicación en la rehabilitación de firmes de carreteras el geocompuesto debe estar formado por una geomalla biaxial (función de refuerzo) y un geotextil no tejido (función de relajación de tensiones y barrera intercapas).



Figura 4. Geocompuesto (GCO) con recubrimiento bituminoso

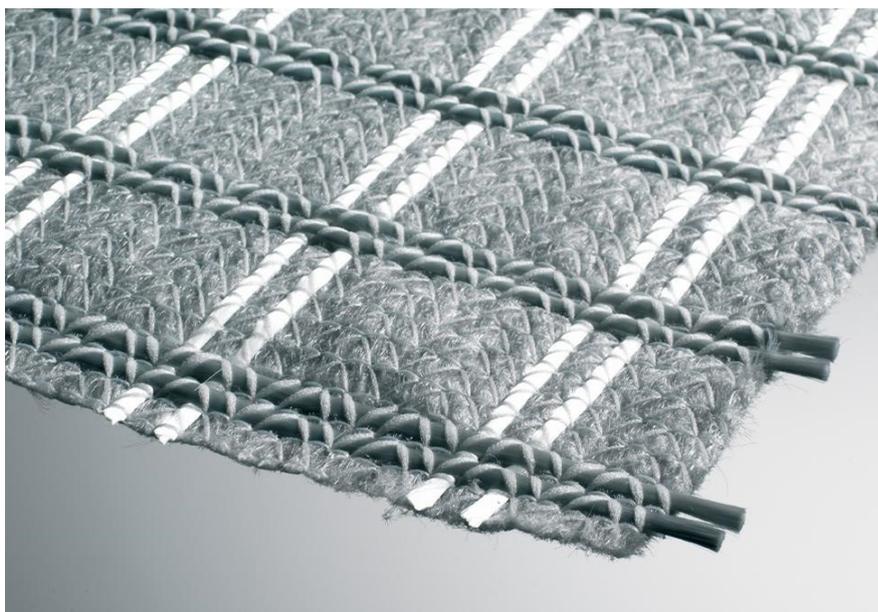


Figura 5. Geocompuesto (GCO) sin recubrimiento bituminoso

3. Materias primas de fabricación

Los polímeros más empleados en la fabricación de los geosintéticos utilizados para su uso en rehabilitación de firmes son: (Tabla 5)

4. Campos de empleo: ventajas y desventajas

Podríamos centrarnos en los siguientes campos principales de empleo de los geosintéticos en rehabilitación de firme o en obra nueva de carreteras.

Rehabilitación de firmes flexibles mediante fresado y reposición.

Se suele llevar a cabo en los siguientes casos:

- Zonas en las que el firme está agrietado o con "piel de cocodrilo".
- Rehabilitación de firmes envejecidos que deban ser totalmente repuestos.
- Calles con limitaciones topográficas o de cota para un recrecido estándar.
- Para la realización de juntas de construcción de firmes nuevos con los ya existentes (ensanche de carreteras existentes).

- Para reducir el peso necesario en los puentes en los que se va a reponer el firme.
- Zonas donde se debe mantener el gálibo.
- Para correcciones de pendiente en las capas de base.
- Para fresado de pozos y arquetas en travesías o zonas urbanas.
- Para eliminar baches o defectos producidos por el extendido de mezclas asfálticas.

Se puede aplicar un geotextil no tejido, una geomalla o un geocompuesto, dependiendo de la función que se quiera conseguir (ver el apartado de funciones).

Rehabilitación del firme en regiones con fuertes gradiente térmicos y capas de rodadura con comportamiento frágil a bajas temperaturas (-5°C)

En estos casos, la fisuración es del tipo "top-down cracking" es decir, aparecen desde la superficie y se propagan hacia el interior del pavimento. Esta patología se puede resolver de dos maneras diferentes:

- Utilizando la función de barrera intercapa del geotextil o geocompuesto, para combatir los efectos de dicha fisuración evitando la entrada de agua en el interior de las capas bituminosas y, por tanto, evitando también la acción del hielo en dichas fisuras que acelera el deterioro del firme.

Tabla 1.

Materia prima	Tipos de Geosintéticos			Observaciones
	Geotextil no tejido (GTX-NW)	Geomalla (GGR)	Geocompuesto (GCO)	
Polipropileno	X	—	—	No se debe emplear para cumplir la función de refuerzo por su falta de estabilidad térmica a la temperatura de puesta en obra de las mezclas bituminosas.
Poliéster	—	X	X	No puede estar en contacto con hormigones y materiales tratados con cemento por su falta de estabilidad química para valores de pH superiores a 9.
Fibra de vidrio	—	X	X	Debe ser resistente a los álcalis para su uso sobre hormigón. Debe estar protegida para reducir sus daños mecánicos en la puesta en obra.
Fibra de carbono	—	X	—	Buena resistencia a daños químicos.
Polivinil alcohol	—	X	X	Buena resistencia a daños químicos.
Fibra de basalto	—	—	X	Buena resistencia a daños químicos

- Utilizando la función de refuerzo mediante el empleo de geomallas, armando la capa de firme, de manera que haya un reparto de esfuerzos en toda la superficie que prevengan y retrasen la aparición de dichas fisuras (vías de entrada de agua).

Rehabilitación mediante recrecido de mezclas bituminosas sobre firmes rígidos o semirrígidos existentes

La norma 6.3 IC "Rehabilitación de firmes" de la Instrucción de Carreteras [6], publicada en diciembre de 2003, incluye un apartado breve sobre "Sistemas antirreflexión de fisuras" dentro del epígrafe sobre "Recrecimiento con mezcla bituminosa" donde se mencionan los geotextiles impregnados como un tratamiento de pequeño espesor para controlar la propagación de fisuras producidas por movimientos horizontales cuando se realiza un recrecimiento con mezclas bituminosas para rehabilitación

estructural de un pavimento de hormigón.

En este caso, la función refuerzo es la prioritaria por lo que son las geomallas biaxiales con elemento auxiliar para facilitar su instalación, los geosintéticos de mayor empleo en este campo. La función refuerzo pudiera necesitar o no de las funciones de barrera intercapa y relajación de tensiones en el plano que proporciona el geotextil que conforma los geocompuestos. Es claro, que el geotextil no tejido no será de aplicación ya que no aporta la función refuerzo.

Ampliación de la sección transversal

También en el apartado de "Ampliación de la sección transversal" de la norma 6.3 IC "Rehabilitación de firmes" de la Instrucción de Carreteras [6] se presenta la figura 6 "Esquema de sección tipo de ensanche de firme" donde se indica la colocación de una "lámina resistente impermeable de 1m de ancho" pero sin ninguna explicación adicional en el texto lo que, obviamente, conlleva a confusión y a aplicaciones incorrectas de los geosintéticos. Las carencias de la instrucción vigente a nivel nacional

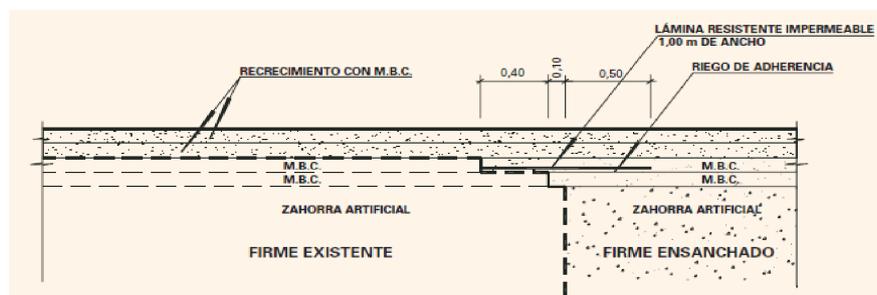


Figura 6. Esquema de sección tipo de ensanche de firme

son grandes, ya que aparte de lo ya comentado, no se discretiza en qué tipo de pavimento debe usarse, ni se valoran soluciones diferenciadas en función de las necesidades y obliga a que sea a ancho completo.

La diferencia de comportamiento estructural entre la carretera antigua y la recién construida propiciará la aparición de una fisura en la junta, por ello, se necesita aportar la función de refuerzo, por lo que el geosintético a requerir será una geomalla o un geocompuesto, que reparta las cargas en ese punto y las transfiera. El geocompuesto aportará un carácter impermeable adicional a la solución, que lo dará el betún que se aplica para la saturación del geotextil no tejido.

Rehabilitación y refuerzo del firme o secciones de nueva construcción reduciendo espesores de capas bituminosas

La reducción de espesores de capas bituminosas en una sección de rehabilitación y refuerzo de un firme existente es una de las ventajas que puede proporcionar el empleo de geosintéticos e incluso es una solución beneficiosa desde el punto de vista de la sostenibilidad y de la economía si se considera en proyecto como obra nueva de carretera siempre y cuando se tenga en cuenta la vida de servicio para la que se dimensiona el firme.

5. Control de calidad

Control de procedencia de los geosintéticos

Se llevará a cabo la verificación de que los valores y prestaciones declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplen las especificaciones establecidas en el Pliego del proyecto. Independien-

temente de la aceptación de la veracidad de las propiedades referidas en la declaración de prestaciones para el marcado CE, se podrán realizar comprobaciones y ensayos sobre los geosintéticos suministrados a la obra, con el fin de asegurar las propiedades y calidad requerida por el proyecto. El marcado CE es obligatorio y no supone un certificado de calidad.

Los sistemas de gestión de calidad deben cumplir a su vez los requisitos de la UNE-EN ISO 9001 [8].

Por el control de recepción, en la entrega se debe verificar que el material va acompañado de un albarán que incluya la información relevante, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 10320 [9] "Identificación in situ" y que los geosintéticos se encuentran debidamente marcados.

El albarán debe incluir, al menos, la fecha de fabricación y de suministro, la cantidad que se suministra, la identificación del vehículo que lo transporta, la referencia del pedido y las instrucciones de manipulación y almacenamiento.

El etiquetado debe contener al menos (Figura 7):

- El símbolo del marcado CE y el número de identificación del organismo de certificación (bajo el símbolo CE en la figura 7).
- Los dos últimos dígitos del año en el que se fija el marcado (junto a las funciones en la figura 7).
- La denominación comercial y fecha de la declaración de prestaciones.
- Referencia a la norma europea correspondiente y funciones previstas
- La información sobre las características esenciales incluidas en la norma UNE-EN 15381 [1], indicando el valor medio y tolerancia correspondiente a un nivel de confianza del 95%, y la información sobre la durabilidad y peligrosidad del material.

Además, se deben hacer verificaciones sencillas y prácticas como es la comparación visual de muestras del material recibido con el ofertado y adquirido.

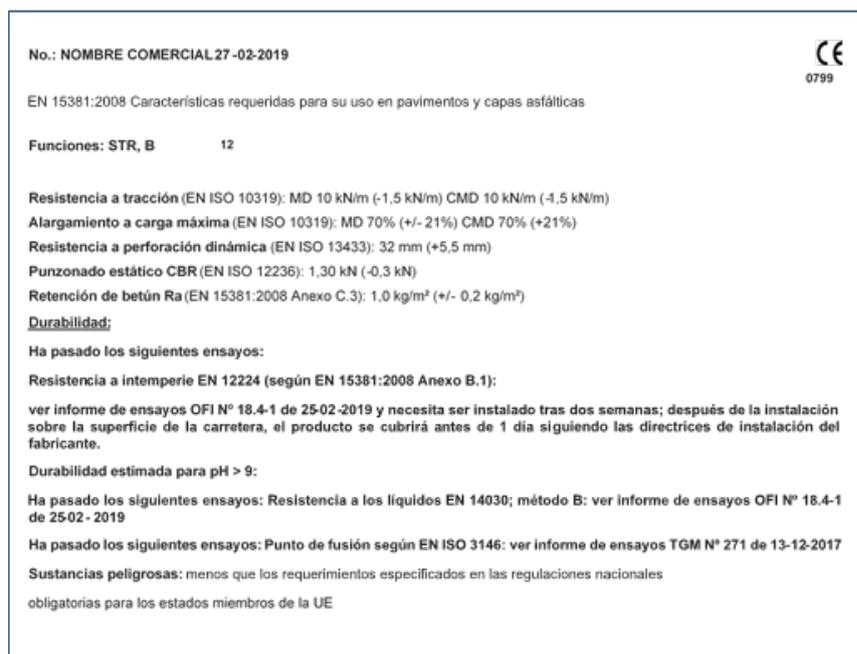


Figura 7. Ejemplo de etiqueta de geotextil no tejido

Control de calidad de los geosintéticos

A realizar por el fabricante por requerimiento para el marcado CE:

- Ensayos iniciales de tipo (UNE EN 15381 [1]).
- Ensayos de control de producción (UNE EN 15381 [1]).

A realizar por el contratista y el cliente (Administración o promotor):

- Control del transporte y almacenamiento, se debe realizar según las instrucciones del fabricante. El PG-3 [3] da indicaciones.
- Control "in situ", incluyendo la recepción del material y la puesta en obra (Informe Técnico UNE-CEN/TR 15019 IN para Geotextiles y productos relacionados - Control de calidad in situ [7]).

El artículo 290 del PG-3 [3] incorpora, en sus especificaciones de control de calidad, los criterios básicos de ambos documentos.

Los Pliegos de Prescripciones deben incluir un sistema de comprobación de características por lotes. La definición de los lotes debe señalar su tamaño y las características a verificar.

Los ensayos que, en cualquier caso y como mínimo, se deben realizar son:

- Un ensayo mecánico que suele ser el de resistencia a tracción - alargamiento para geomallas y geocompuestos (UNE-EN ISO 10319 [10]).
- El ensayo de retención de betún para los geotextiles no tejidos y los geocompuestos (UNE-EN 15381 [1], Anexo C).

Control de ejecución

Durante la colocación en obra se debe inspeccionar que la instalación del producto se hace de acuerdo con

el proyecto y las especificaciones correspondientes y en particular se ha de comprobar que:

- El material se ha instalado como muestran los planos y las especificaciones.
- La cara superior del material está efectivamente arriba.
- La máquina de extendido sigue la dirección adecuada.
- Si es necesario el solape, hay suficiente solape entre rollos, la dirección de solape es correcta y se encuentran en el lugar indicado.
- La dotación de betún residual para garantizar la adherencia es la adecuada, especialmente en zonas peraltadas, en las que podría producirse escurrimiento del riego.

También se debe comprobar que las condiciones climáticas en cuanto a temperatura o lluvia/humedad cumplen las especificaciones.

Es conveniente verificar que durante la instalación del producto no se daña el material, por lo que es recomendable colocar muestras de referencia que se extraen posteriormente para comprobar el estado del material. La toma de muestras se realiza de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 13437 [12].

6. Directrices de instalación

1. Almacenaje del material

Los rollos de geosintético deberán mantenerse secos y envueltos correctamente, almacenados en lugares elevados del suelo y protegidos con cubierta impermeable.

2. Trabajos de preparación de la superficie

La superficie donde se instala el geosintético debe estar seca, limpia

y libre de material suelto. Se deberán rellenar baches y sellar grietas de anchura superior a 4 mm o bien extender una capa de regularización de mezcla bituminosa.

3. Aplicación del riego de adherencia: dotación, tipo y rotura

La dotación total del riego de adherencia para el correcto funcionamiento deberá ser indicada por el fabricante del geosintético suministrado. Si la superficie está fresada, rugosa o deteriorada, la dotación deberá incrementarse un 20%.

El riego debe ser homogéneo, por lo que se recomienda el uso de sistemas de control de riego automatizados, dejando el riego de forma manual solamente para pequeñas áreas puntuales.

El tipo de riego recomendado es la emulsión catiónica rápida termo-adherente modificada con polímeros, tipo C60BP3 TER (antes ECR1-m al 58-62% de betún) para capas de rodaduras o bien, tipo C60B3 TER para el resto de las capas del pavimento. Con tiempo frío, siguiendo el artículo 214 del PG-3 (Orden FOM/2523/2014), se recomienda una emulsión modificada con polímeros tipo C60BP2 TER. Se permite el uso de C60B2 TER (emulsión no modificada) en capas que no sean de rodadura y en tiempo frío, variando de la clase de 3 a 2 (índice de rotura < 110).

Antes de extender el geosintético, se deberá esperar a la rotura de la emulsión, que se aprecia por el cambio de color de marrón a negro y por la evaporación del agua, puesto que es el momento de mayor poder de adherencia.

4. Instalación del geosintético: extendido, solapes, fijaciones y otros detalles

El extendido puede ser manual (anchos de rollo < 2m) o mecánico

mediante un dispositivo facilitado o recomendado por el fabricante del geosintético (figura 8).

El geosintético deberá quedar en contacto total con la superficie de apoyo, debiendo eliminarse manualmente cualquier pliegue o arruga que se hubiera formado o bien sustituyendo ese paño.

La geomalla, ya sea la que forma parte del geocompuesto o la que lleve un elemento auxiliar de instalación, deberá quedar en la parte superior.

A las geomallas recubiertas con betún oxidado se les debe pasar por una zona de calentamiento que reblandecerá el betún que la reviste y, posteriormente, será compactada por rodillos, de manera que se garantice la adherencia al soporte (figura 9).

No deberá permitirse el tráfico de vehículos y maquinaria sobre el geosintético salvo los camiones de aglomerado y la extendidora cuyos conductores deberán trabajar bien sincronizados, evitando empujes, cambios de dirección y movimientos bruscos.

Para evitar que la extendidora origine arrollamientos, el inicio del primer rollo debe ser fijado convenientemente al terreno y la parte final de cada rollo deberá quedar por encima del inicio del rollo siguiente. El solape longitudinal y transversal deberá ser indicado por el fabricante



Figura 8. Extendido manual y mecánico

teniendo en cuenta que será necesaria la aplicación de riego adicional de forma manual en geotextiles no tejidos y geocompuestos. Cuantas menos zonas de solape se realicen, menor será el riesgo de fallos en la instalación.

5. Extendido de la capa de mezcla bituminosa

Para evitar cualquier contaminación o un posible exceso de humedad, el extendido deberá comenzar inmediatamente después de la instalación del geosintético.

Las juntas del extendido no deben coincidir con las juntas de los geosintéticos. En caso de extendido en tramos paralelos, mantener 20 cm de geotextil sin cubrir para prevenir juntas longitudinales de extendido.

El grado de compactación de la nueva capa bituminosa se consigue siguiendo los procedimientos habituales.

7. Conclusiones

El objetivo del empleo de geosintéticos en rehabilitación de firmes es retrasar la reflexión de fisuras en las nuevas capas de firme en los siguientes casos:

- Instalados sobre carreteras antiguas deterioradas (rehabilitación de firme), se busca retardar la reflexión de las fisuras preexistentes, con lo que la vida útil de la estructura se alarga, retrasando las actuaciones de reparación sobre la misma. El patrón de generación de fisuras cambia, produciéndose un mayor número de las mismas, pero con un tamaño muy inferior. Se habla en este caso de microfisuración del pavimento asfáltico.
- En las juntas existentes en los firmes rígidos sobre los que se va a extender una nueva capa de aglomerado. Aquí, también se pretende retrasar la propagación de las juntas existentes en el pa-

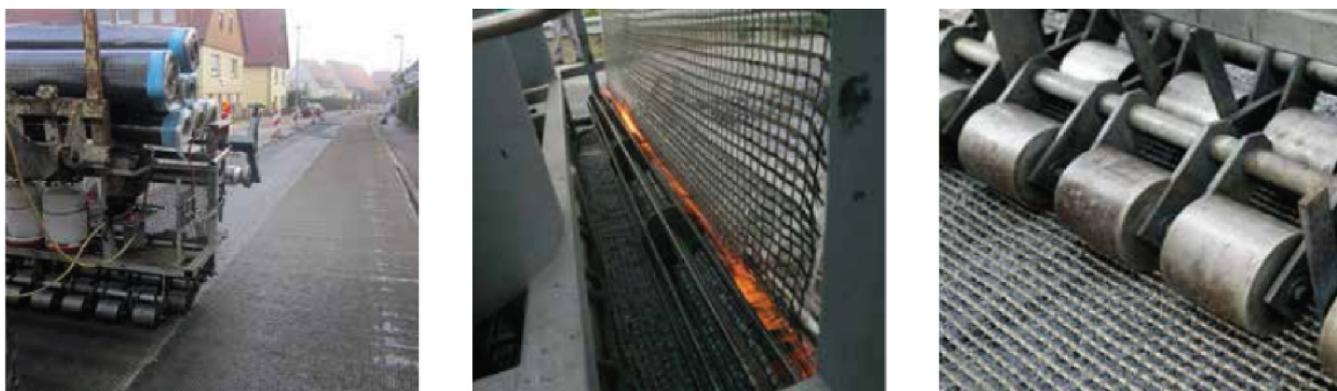


Figura 9. Extendido mecánico, Calentamiento del betún y compactado con rodillos

vimiento rígido a través del pavimento bituminoso.

- En ampliaciones de carriles, sobrecanchos o elementos intermedios de distinta rigidez, reforzando las juntas generadas.

Cuando se extiende una mezcla bituminosa sobre un pavimento, es necesario que ésta quede perfectamente adherida a la anterior, lo que significa que en la zona de contacto se debe alcanzar una resistencia al corte mayor que la que se va a producir durante su vida en servicio. Es importante que esta propiedad se mantenga a lo largo de la vida útil del firme.

La introducción de cualquier tipo de geosintético entre dos capas de mezcla bituminosa disminuye la adherencia entre éstas en comparación con la que alcanzarían sin este tipo de productos. Por esta razón, si el geosintético colocado busca aportar la función de refuerzo, se debe garantizar que la adherencia sea correcta para un óptimo funcionamiento. Las geomallas presentan un alto índice de huecos (forma de cuadrícula abierta: apertura de malla) precisamente para que exista una mayor imbricación y adherencia entre capas.

La falta de adherencia y rozamiento entre capas puede provocar que el geosintético deslice. Las razones por las que esto puede llegar a ocurrir son: dosificación y/o tipo de riego incorrectos, la instalación se realiza antes de la rotura de la emulsión, la superficie sobre la que se aplica está sucia o la puesta en obra del geosintético no es la adecuada.

Cuando se utilizan geomallas, el riego de adherencia entre capas de mezclas bituminosas necesita una dotación de betún residual menor que la necesaria en los geotextiles no tejidos y geocompuestos. Esto es así porque las geomallas aportan la fun-

ción de refuerzo y no las funciones de barrera intercapa y relajación de tensiones en el plano (por lo que no tienen que saturar el geosintético), solo garantizar la adherencia entre capas. Siempre se deberán seguir las indicaciones del fabricante para cada producto particular.

El módulo elástico de la materia prima de fabricación de la geomalla así como sus características mecánicas, deben ser compatibles con la aplicación para la que estén definidos.

Cuando queremos realizar la función de barrera intercapa, la norma europea de aplicación UNE-EN 15381 [1] en su Anexo C indica, con base en la especificación americana AASHTO M288, que la retención mínima de betún debe ser 0,9 Kg/m² para asegurar la saturación del geotextil no tejido / geocompuesto y la integridad de su instalación.

En el caso del uso de geocompuestos, dependiendo de la aplicación para la que se han diseñado, los materiales que lo conforman serán diferentes, siendo siempre uno de ellos el elemento de refuerzo, geomalla biaxial de diferentes materias primas y características tenso-deformacionales, y otro el elemento continuo de relajación de tensiones y barrera intercapa: geotextil no tejido.

8. Bibliografía

- [1] UNE-EN 15381:2008; Geotextiles y productos relacionados. Características requeridas para su uso en pavimentos y cubiertas asfálticas. UNE, Madrid, febrero, 2015.
- [2] Geosynthetic Design & Construction Guidelines Reference Manual. FHWA 2008.
- [3] Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).
- [4] Guidelines for Using Geosynthetics with HMA Overlays to Reduce Reflective Cracking. Texas Transportation Institute. 2003
- [5] UNE-EN ISO 10318-1:2015/A1:2019; Geosintéticos. Parte 1: Términos y definiciones.
- [6] Norma 6.3 IC: Rehabilitación de Firmes, de la Instrucción de Carreteras. ORDEN FOM/3459/2003, de 28 de noviembre. Ministerio de Fomento. BOE, 12 de diciembre de 2003.
- [7] Informe Técnico UNE-CEN/TR 15019 IN para Geotextiles y productos relacionados - Control de calidad in situ.
- [8] UNE-EN ISO 9001 Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.
- [9] UNE-EN ISO 10320 Geosintéticos. Identificación en obra.
- [10] UNE-EN ISO 10319:2015. Geosintéticos. Ensayo de tracción de bandas anchas.
- [11] UNE-EN ISO 9864. Geosintéticos. Método de ensayo para la determinación de la masa por unidad de superficie de geotextiles y productos relacionados.
- [12] UNE-EN ISO 13437. Geosintéticos. Instalación y extracción de muestras del terreno para la evaluación de la durabilidad.
- [13] AASHTO M288-06 Geotextile Specification for Highway Applications. ❖