

**DISEÑO DE PAVIMENTO
FLEXIBLE**

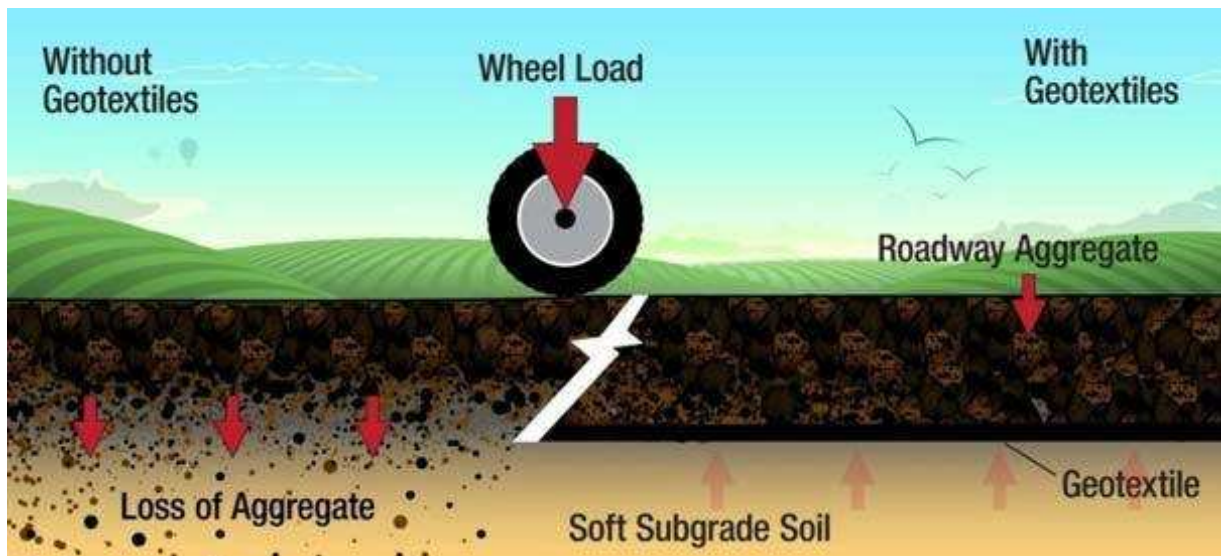
Las razones por las que los Geosintéticos se utilizan en el diseño de la vía pública son simples: reducen los materiales, tiempo y costos de construcción al mismo tiempo que se aumenta la vida útil de la vía.

La aplicación más común de los Geosintéticos es en las avenidas y construcción de pavimentos. Los Geotextiles se colocan sobre la subrasante incrementando la estabilidad y mejorando el rendimiento de pavimentos construidos.

Otra de las principales funciones del material en la construcción es la mitigación del refuerzo tensionante en el fondo de la capa base y a través de la superficie de la subrasante. Sin el uso de Geosintéticos estas tensiones provocarían la aparición de grietas que se irán desarrollando a lo largo de la base. Debido a las cargas de los vehículos, dichas grietas permitirán que los materiales finos migren de la subrasante hacia la capa base al mismo tiempo que los agregados de ésta capa migren hacia la capa inferior. El efecto de este movimiento de partículas es la reducción de la resistencia y el grosor de la capa base por los materiales contaminados.

La pérdida de resistencia en la base progresará proporcionalmente a la formación de grietas y así mismo el ancho y la profundidad de dichas grietas aumentará durante la vida útil del pavimento.

Ésta mitigación de tensión puede lograrse utilizando Geotextiles y Geomallas con altos módulos de tensión a bajos esfuerzos (es decir 1% y 2%) y alta capacidad de fricción.



La adición de un Geosintético como una capa de refuerzo dentro de una sección de pavimento flexible permite recibir una mayor carga sin aumento a la deformación de la superficie.

Los Geosintéticos refuerzan la sección de pavimento a través de: restricción lateral, aumento de la capacidad de carga y soporte de la membrana a tensión. Utilizar un Geosintético debajo de la capa base de agregado de una sección de pavimento aumenta su estabilidad. Este atributo es comúnmente llamado restricción lateral, el cual resulta en la reducción de las tensiones cortantes y ejerce presión sobre el subsuelo subyacente. La capacidad total de soporte de un sistema de pavimento flexible puede incrementarse con la capacidad a la tensión de un Geosintético, forzando a la zona potencial de falla a presentarse con esfuerzos más grandes, es decir, en condiciones más críticas.

Los Geosintéticos también pueden reforzar una sección de pavimento flexible con el apoyo de una membrana extensible sobre subrasante en suelos muy suaves.

Para realizar esta función, el propio peso del espesor de la capa de pavimento debe anclar el Geosintético a lo largo del perímetro, fuera de la zona de tráfico. La fuerza tensionante en dirección transversal del Geosintéticos en su baja deformación, junto con una alta fricción permiten que las cargas de las ruedas actúen como un efecto trampolín.

Una de las funciones principales de los Geotextiles utilizados en la construcción de vías es la separación entre los materiales que se emplean. Al usar Geotextiles no tejidos y tejidos de alta permisividad también se ofrece el beneficio de filtración y drenaje dentro de la función de separación.

Éstos Geotextiles permiten el paso del agua al mismo tiempo que impiden a las partículas finas el migrar de la subrasante a la capa superior, manteniendo cada sección íntegra a lo largo de la vida útil del pavimento. La función de drenaje y filtración es vital para el funcionamiento del Geosintético en la construcción de una vía, así como el disipar rápidamente cualquier presión de poro que se presente. Sin un Geosintético que ofrezca filtración y drenaje, el esfuerzo cortante y la capacidad de carga pueden ser excedidas.

Sólo los Geotextiles de alta permisividad ($>0,2 \text{ s}^{-1}$) deber ser utilizados para subrasante con cantidades significativas de finos ($>15\%$), en suelos húmedos o suelos que serán saturados en algún punto de la vida útil de la carretera. Mientras que los Geotextiles pueden proporcionar las funciones de separación, filtración y drenaje, sus bajos módulos de tensión pueden permitir deformaciones superficiales excesivas que no son apropiados para pavimentos flexibles, a menos que se utilicen en combinación con una geomalla biaxial.

Por esta razón, los geotextiles de multifilamento son la solución preferida de Geosintéticos en el diseño de pavimentos flexibles y para la construcción con índices bajos de CBR (California Bearing Ratio). Estos materiales ofrecen valores ideales de tensión con niveles bajos de deformación, superiores a geomallas biaxiales y multiaxiales, aunado con el beneficio de filtración y drenaje. Un efecto secundario de estos beneficios es un coeficiente de drenaje aumentado para la capa de agregado colocada sobre el geotextil.

La fuerza del suelo en subrasante que proporciona un Geosintético a lo largo de la vía también tiene un impacto en la liberación de esfuerzos de tensión y en la disipación de la presión del poro. Entre más blando sea el suelo de la subrasante, más fuerzas tensionantes son movilizados en el Geosintético y también será mayor el exceso de volumen de agua que será expulsado de la vía a lo largo de su vida útil.

Las Geomallas no se consideran generalmente adecuadas para aplicaciones de separación debido al gran tamaño de sus aberturas, por lo tanto no deben ser utilizadas en condiciones de suelo blandas sin usar también un Geotextil de filtración. Si una Geomalla es utilizada sobre suelos de subrasante con un CBR menor a 3, se deberá colocar un separador no tejido AASHTO clase 2 debajo de la Geomalla con el fin de proveer la función de drenaje y separación necesarios. Los suelos más blandos (CBR <1%) requerirán un Geotextil no tejido más fuerte.

El nivel de tensión y separación de los geosintéticos utilizados en diseño y construcción vial pueden variar en función del producto. La tabla 1, muestra ésta ventaja en la forma de un porcentaje de reducción estimado en la capa base sin refuerzo contra un espesor de agregado en la capa base reforzada con Geotextiles de multifilamento.

Tabla 1: Reducción de Espesor de la Capa Base Estimada Usando Geotextiles tejidos de multifilamento.

Fuerza subrasante CBR (%)	Reducción estimada Curso Base (Por ciento) resultante de la inclusión Mirafi® Geosintéticos debajo del Curso Base		
	H2Ri	RS580i	RS380i
15.0	26%	24%	20%
10.0	31%	29%	26%
5.0	40%	39%	34%
2.5	46%	45%	40%
1.0	57%	56%	51%

Notas: ¹ Las estimaciones son para suelos de baja plasticidad en subrasante; solo asfalto y capas de base; y ESAL de <1,500,000. ³ El espesor mínimo recomendado para la base no será inferior a 6"

la práctica estándar recomienda que la medición del CBR (ASTM D1883) en el laboratorio debe ser utilizada para cuantificar la fuerza de un suelo en subrasante, pero las prácticas varían según el sitio. El valor CBR no es una medición de campo, sino más bien una prueba de fuerza de suelos en laboratorio. Las muestras CBR deberán ser tomadas en ubicaciones múltiples a lo largo de la vía, utilizando el valor más bajo en el diseño.

Los diseños de pavimentos flexibles se pueden lograr utilizando diferentes métodos, pero a pesar de las muchas ediciones del método de la Asociación Americana de Carreteras y Transportes del Estado (AASHTO), continua siendo el más utilizados y aceptado en Estados Unidos.

En el proceso de diseño de pavimentos flexibles AASHTO, las cargas de tráfico, frecuencia, dirección, factores de carga de camiones, fuerza de subrasante, nivel de confianza, deterioro del pavimento, sistema de materiales en pavimento, espesor del material, capacidad de drenaje y la contribución estructural son todos considerados en el análisis. El objetivo del análisis es determinar el valor del número estructural requerido (SN) para el proyecto de apoyo al nivel previsto de tráfico. El SN se calcula multiplicando el espesor de capa individual (D), por los coeficientes estructurales (A), y coeficientes de drenaje (m) para cada capa de material. Luego se suma el valor de cada capa para conseguir un SN total para el pavimento flexible en su sección transversal.

Un ejemplo de cálculo de SN para un número de capas "n" en un sistema de pavimentos se muestra a continuación:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + \dots + a_n \times D_n \times m_n$$

El beneficio que proporcionará un Geosintético a la vía se explica fácilmente en el cálculo de SN, incorporando un coeficiente estructural de geosintéticos (GSC) en los cálculos. En los EE.UU, un Geosintético es usualmente colocado en la superficie de la subrasante, por tanto la ventaja estructural es típicamente aplicada a las capas base o sub-base colocadas y compactadas junto con el Geosintético. Sin embargo, estudios recientes han mostrado que este sistema de pavimento beneficia de la incorporación de los geotextiles Mirafi RSi-Serie en la sección transversal.

Otras capas de pavimento (es decir, la superficie de asfalto y capas de base) reciben un beneficio similar a la capa construida directamente sobre el Geosintético. El cálculo de SN para un pavimento flexible de dos capas que se construirá sobre un Geosintético utilizando una base de agregado y una capa superficial de asfalto es el siguiente:

$$SN_G = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 \times GSC$$

A continuación se muestra un ejemplo de cálculo de diseño que proporciona un análisis de los ahorros calculados en la cantidad de agregado necesario relacionados con el ahorro de costos para una sección típica del pavimento sobre suelos de subrasante suave usando geotextil tejido multifilamente serie RS-i.

Ejemplo de Analisis:

Una sección de pavimento que requiere un SN de 5.0 se va a construir sobre una subrasante blanda con un valor de CBR de 1.0; el espesor máximo de mezcla de asfalto en caliente (HMA) es de 4,5 pulgadas incluyendo tanto superficie como base. El Tráfico total de la vida útil del pavimento es 1,120,000 ESAL's. Calcular los ahorros de costo por milla de carril que resulta del uso de Mirafi® RS580i en la sección de pavimento, por debajo de la capa de base agregada.

Dado:

Coefficiente de superficie HMA estructural (a_1) = 0,43
Espesor de superficie HMA (D_1) = 1,0 pulgadas
Coefficiente estructural de base HMA (a_2) = 0,38
Espesor de la base HMA (D_2) = 3,0 pulgadas
Coefficiente estructural de Base de agregado (a_3) = 0,14
Gradación de agregado de base contiene 10% finos (10% pasa el tamiz N° 200)
Coefficiente de drenaje en base sin Geotextil (m_3) = 0.90
CBR de Subrasante = 1.0%
El suelo de la subrasante es de baja elasticidad, arena limosa con mica (ML)
Total de ESAL = 1,120,000

Solución:

1. Calcular el curso base de agregado requerido para lograr un SN de 5.0 sin Geosintéticos, utilizando cálculos AASHTO SN:

$$\begin{aligned} \text{SN} = 5.0 &= a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \\ 5.0 &= 0.43 \times 1.0'' + 0.38 \times 3.0 + 0.14 \times D_3 \times 0.90 \\ D_3 &= 27.22'' \end{aligned}$$

$$\text{SN real} = 0.43 \times 1.0'' + 0.38 \times 3.0'' + 0.14 \times 27.22'' \times 0.90 = 5.0$$

27.25" de agregado se requiere sin un Geosintético.

2. Calcular el espesor total de agregado requerido para lograr el mismo SN con Mirafi® RS580i, usando los mismos cálculos AASHTO SN:

El GSC de RS580i para el CBR de la subrasante de proyecto y condición de tráfico es 2.286

$$\begin{aligned} \text{SN} = 5.0 &= 0.43 \times 1.0'' + 0.38 \times 3.0'' + 0.14 \times D_{3R} \times 0.90 \times 2.286 \\ \text{Despejando } D_{3R} : D_{3R} &= 11.91'' \end{aligned}$$

Sólo 12.0 "de agregado se requiere con **Mirafi® RS580i**.

Ahoros:

El espesor de la capa de base se puede reducir en aproximadamente 15.25" utilizando RS580i. Si el costo de agregado es de \$30/ton, simplemente los ahorros globales de costos de material por sí solos sería de aproximadamente \$ 163.000 por millas de carril (12 ft de ancho de carril, 5280 ft/milla, 135 lb/ft³ de densidad).

Conclusión

El ejemplo anterior sólo muestra los ahorros en costos de materiales de agregados que pueden ser producidos usando Mirafi® RS580i en un pavimento flexible. Otros beneficios de Mirafi® RSi y serie HP son ahorros del coste de la construcción en corte, el transporte y los costos de mano de obra, así como acortar plazos de construcción. El ahorro a largo plazo son el incremento de la vida útil del pavimento y una reducción en los costos de mantenimiento y rehabilitación.

A veces el uso de un Geotextil RSi o H2Ri hace que un proyecto que parezca imposible se vuelva factible.

REFERENCIAS:

- 1.vHamilton, J. M., Pearce, R. A., "Guidelines for Design of Flexible Pavements Using Mirafi® Woven Stabilization Fabrics," Law Engineering, Houston, TX 1981
- 2.vBarenberg, E. J., Dowland, James H. Jr., and Hales, John H., "Evaluation of Soil Aggregate Systems with Mirafi® Fabric," Civil Engineering Studies, Department of Civil Engineering, University of Illinois, 1975
- 3.vUS Department of Transportation, Federal Highways Administration, National Highway Institute, Course No. 132013, "Geosynthetic Design and Construction Guidelines Reference Manual, Chapter 5," Publication No. NHI-06-116, February 2007
4. American Association of State Highway and Transportation Officials, "Interim Guide for the Design of Pavement Structures," 1972 and later.
5. Christopher, B. R. and Lacina, B. A., "Roadway Subgrade Stabilization Study", Proceedings of GeoAmericas 2008, Cancun, Mexico, 2008, International Geosynthetic Society, pp. 1013–1021.
- 6.vPerkins, S. W., Christopher, B. R., Lacina, B. A., "Mechanistic-Empirical Design Method for Unpaved Roads Using Geosynthetics," *Proceedings of the 4th European Geosynthetics Conference*, Edinburgh, Scotland, Paper No. 228
7. Christopher, B. R., Perkins, S. W., Lacina, B. A., Marr, W. A., "Pore Water Pressure Influence on Geosynthetic Stabilized Subgrade Performance," *Proceedings, 2009 Geosynthetics Conference*, Salt Lake City, Utah, February 2009,
8. Berg, R.R., Christopher, B.R. and Perkins, S.W., 2000, "Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate Base/Subbase Courses of Pavement Structures - GMA White Paper II, Geosynthetic Materials Association, Roseville, MN, June 2000
- 9.vCalifornia Department of Transportation, Basheer, I., "Guide for Designing Subgrade Enhancement Geotextiles," December 10, 2008
- 10.Saghebfar, M., Mustaque, H., Lacina, B. A., Odgers, B., "Investigation of Bearing Capacity of Geotextile-Reinforced Paved Roads," *Proceedings, Mid-Continent Transportation Research Symposium*, Ames, IA, August 2013