

Geosintéticos en Vialidades Municipales

Jesús De La Fuente Cardona, Ingeniero Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.

RESUMEN

Los últimos 30 años se ha visto la contribución de los Geosintéticos en el mejoramiento de las carreteras, pero nunca se ha pensado que hay un nicho en las vialidades municipales en donde existen problemas con las estructuras de pavimento. Por lo que en el presente artículo se presentan casos de estudios y experiencias realizadas en el área metropolitana de Monterrey, específicamente en el municipio de San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Uno de los casos, es una vialidad la cual tenía muchas particularidades desde técnicas hasta sociales, ya que es una vialidad por donde transita un alto porcentaje de vehículos pesados y contaba con varios años de antecedentes malos, y mediante la utilización de la geomalla multiaxial pudimos contribuir en un impacto social positivo al mejorar la vialidad para el beneficio de la población. Para el segundo caso dentro del mismo municipio, se iba a colocar un pavimento flexible sobre una estructura de un pavimento de adoquines existente, por lo que se utilizó geomalla fibra de vidrio (interlayer) con la finalidad de poder evitar la reflexión de grietas hacia la nueva estructura de pavimento. Estos demuestran que los Geosintéticos pueden contribuir en pequeñas y grandes obras de infraestructura.

ABSTRACT

Within, the past 30 years, there have been contributions of Geosynthetics with regards to the improvement of roads. Conversely, the application of Geosynthetics specifically with municipal roads has not been seen, especially given the fact that municipal roads experience problems with pavement structures. This article therefore presents locations of which could benefit from Geosynthetics. For instance, the article mentions a road in the municipality of San Nicolas de los Garza (located within the Monterrey Metropolitan Area). This road has many peculiarities. These range from technical, to social, (as it is a road through which a high percentage of heavy vehicles) as well a turbulent history. The article outlines that by using the multi-axial geogrid one could contribute to a positive social impact by improving roads for the benefit of the population. The second case in the article touches on the impact of Geosynthetics on a smaller scale within the same municipality. It mentions the positive impacts of having a flexible pavement reinforced with interlayer on top of the existing one (cobble paving). This would help to avoid the reflection of cracks towards the new pavement structure. In all, this article give insight as to how Geosynthetics can contribute to both small and large infrastructure works.

Palabras Claves: Vialidades Municipales, Capas intermedias, Geomalla, México, Geosintéticos

Uso de Geosintéticos en Vías Terrestres

Los geosintéticos mejoran el desempeño de los pavimentos, que a menudo se colocan dentro de la capa de base granular o en la interfaz de base hidráulica-subrasante. Para un espesor de base hidráulica dado y una profundidad de ahuellamiento permitida, la capacidad de Ejes Equivalentes (ESAL's) se puede aumentar mediante el uso de geomallas multiaxiales, siendo menor el ahuellamiento para el pavimento reforzado. Otra alternativa incluye la reducción en la cantidad de material de base hidráulica en la construcción del pavimento, en la medida que, para el mismo diseño, el desempeño de la estructura de pavimento no reforzada tendrá mayor espesor y un pavimento reforzado con geomalla multiaxial será de menor espesor.

La evaluación de los efectos asociados con el uso de geosintéticos en aplicaciones pavimentadas se basa en pruebas de pavimento realizadas tanto en laboratorios de pequeña escala como en pruebas en campo a escala real. A continuación, se presentan una breve descripción de los mecanismos. El refuerzo de la geomalla proporciona y mejora las estructuras de pavimento a través de 4 mecanismos principales:

- Trabazón mecánica – La geomalla multiaxial genera una trabazón mecánica con el agregado granular en su interfaz con la subrasante/terreno natural y evita el movimiento lateral del agregado granular.
- Refuerzo – La inclusión de una geomalla multiaxial proporciona resistencia a la tracción en el pavimento, con un alto modulo en la zona tensada de la capa de base hidráulica.
- Confinamiento - La geomalla proporciona un plano de confinamiento uniforme debajo del agregado granular y limita la cantidad de ahuellamiento.
- Separación – La geomalla multiaxial evita que la capa de base hidráulica mantenga un espesor constante debido a que evita que el material granular se incruste en la subrasante/terreno natural.

Además, el refuerzo con geomalla multiaxiales demuestra los siguientes beneficios:

- Filtración – Si la granulometría de la subrasante/terreno natural cumple con los requisitos de granulometría el agua no podrá transportar los finos desde abajo hacia la capa de material granular confinado.
- Efecto Membrana Tensionada – Se moviliza a muy bajas tensiones si es una capa de espesor granular delgada y se produce un ahuellamiento profundo de la subrasante/terreno natural.

Tabla 1. Especificación de geomalla multiaxial usada en el diseño

Parámetros	Especificación			
	Longitudinal	Diagonal	Transversal	General
Espaciamiento entre costillas, mm (pulg.)	40 (1.60)	40 (1.60)		
Profundidad media de costilla, mm (pulg.)		1.60 (0.06)	1.60 (0.06)	
Ancho medio de costilla, mm (pulg.)		1.0 (0.04)	1.0 (0.04)	
Forma de Costilla				Rectangular
Forma de apertura				Triangular
Eficiencia en la unión, %				93
Rigidez radial a baja tensión, kN/m @ 0.5 % de tensión (lb/ft @ 0.5% de tensión)				300 (20,580)

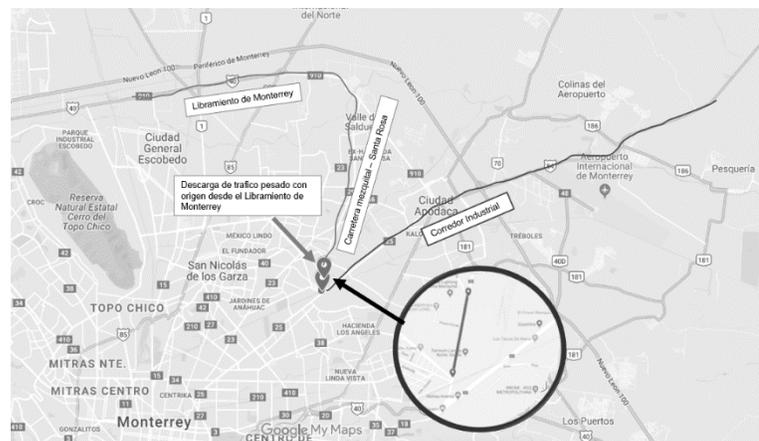
Carretera Mezquital – Santa Rosa

1. Introducción

La Carretera Mezquital – Santa Rosa cuenta con una longitud de 9.2, esta carretera es de alto flujo de tráfico pesado, debido a su conexión con el corredor Industrial (Av. Lopez Mateos) con el Libramiento Monterrey que es una carretera con conexiones a los principales corredores comerciales del país.

De los 9.2 km de largo que tiene la carretera, 8.3 km se encuentran dentro del municipio de Apodaca, mientras que los 0.85 km se localizan en el municipio de San Nicolas de los Garza.

Figura 1. Ubicación de la Carretera Mezquital – Santa Rosa



2. Antecedentes

La carretera Mezquital – Santa Rosa en el tramo comprendido al municipio de San Nicolas de los Garza el cual abarca 850 metros de longitud, ha tenido deficiencias estructurales a lo largo de muchos años, debido a una serie de variables como el aumento en el tráfico pesado, mala calidad de los materiales utilizados, drenaje deficiente, deformaciones permanentes, etc. Todas estas variables han tenido a la estructura del pavimento deficiente estructuralmente, como se muestra en las figuras 2,3 y 4.

Figura 2. Condiciones de la carretera



Figura 3. Tráfico Pesado



Figura 4. Camión atascado en bache



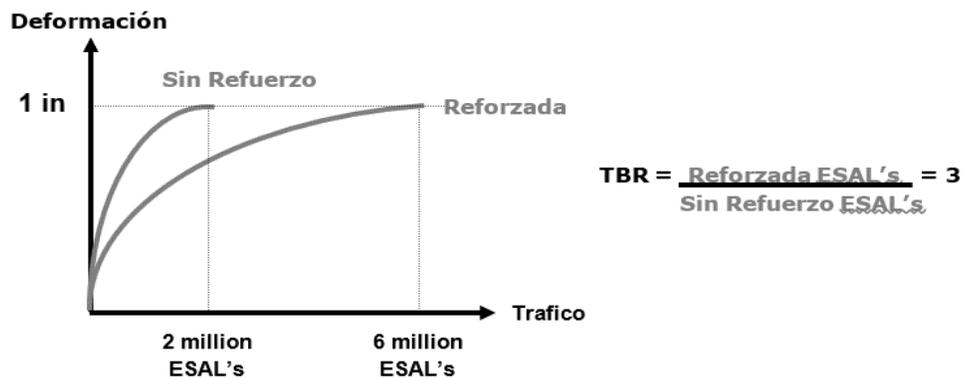
Como se puede apreciar en las figuras anteriores la carretera en este tramo era intransitable por los grandes baches o porque no llamarlos cráteres, porque literalmente eso parecían, en la figura 4 se ve un camión al borde del volcamiento debido a que se quedó atascado en el bache.

3. Metodología

El documento AASHTO PP46-01 que ahora se ha oficializado con el documento AASHTO R50-09 proporciona guías de diseño para pavimentos flexibles reforzados con geomallas. Al igual que la Guía de Diseño AASHTO 93, el documento R50-09 es una metodología de diseño de naturaleza empírica y se limita a aplicaciones ya demostradas como útiles. Recomienda identificar casos históricos similares como soporte para ayudar a estimar el beneficio potencial del refuerzo. Este beneficio es solo aplicable a una geomalla específica y no se puede extrapolar a otros tipos de geomalla.

El beneficio estructural de la geomalla es calculado en forma de TBR (Traffic Benefit Ratio). El TBR es la relación que existe entre el número de aplicaciones de carga que resiste una sección reforzada para llegar a un criterio de falla contra el número de aplicaciones de carga que resiste una sección similar sin refuerzo para llegar al mismo criterio de falla.

Figura 5. Grafica del Relación Tráfico / Beneficio



La metodología de diseño R50-09 sigue la guía de diseño AASHTO 93 para calcular el número de ciclos de vida que una sección soportará antes de llegar a la falla. A este número de ciclos de vida (ESAL's) se le aplica el TBR encontrando cual sería el número de ciclos de vida que una sección similar reforzada con geomallas resistirá antes de llegar a la falla.

Ecuación 1. Fórmula para le cálculo de ejes equivalentes (ESAL 's)

$$\log W_{18} = \left(Z_R \times S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07 \right) * TBR$$

También se pueden reducir espesores de las capas estructurales del pavimento utilizando la reducción de la capa base (Base Course Reduction, BCR). La reducción de la capa base se define como un porcentaje del espesor de la base o subbase en un pavimento reforzado comparado con un espesor de base o subbase de un pavimento no reforzado de tal forma que ambas estructuras resistan el mismo número de ciclos de carga para un mismo criterio de falla.

4. Diseño

En base a la exploración geotécnica se obtuvo el siguiente perfil estratigráfico, en donde se puede observar en la Tabla 2, los espesores existentes encontrado en la estructura de pavimento.

Figura 6. Perfil Estratigráfico

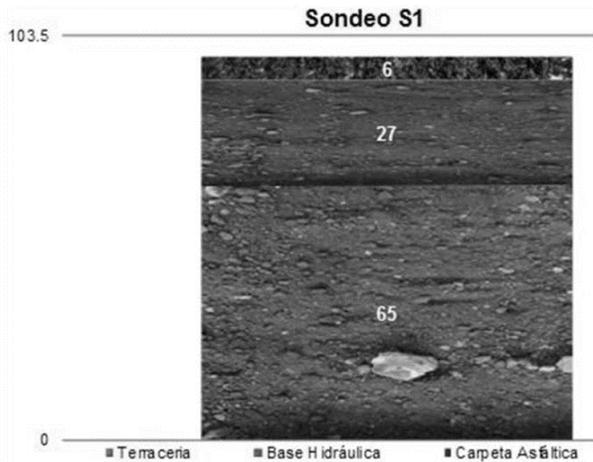
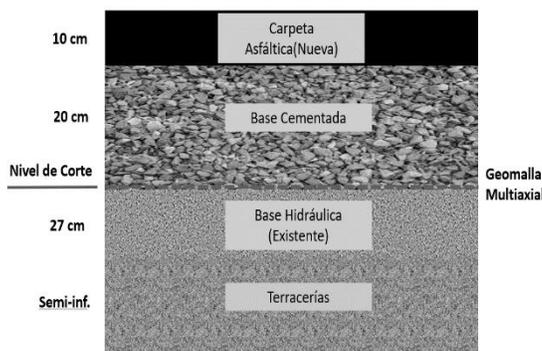


Tabla 2. Espesores existentes

Capa	Espesor, mm
Carpeta Asfáltica	6
Base Hidráulica	270
Terracerías	650

Figura 7. Sección mecánicamente reforzada con geomalla multiaxial



Como se puede observar de las diferentes alternativas que se analizaron, se utilizó la mostrada en la Figura 7, que es una sección reforzada mecánicamente con geomalla multiaxial, la cual se eligió por ser la más rápida en construcción y por lo ahorros económicos que generaba, al evitar ir más abajo en la estructura del pavimento, así como el aumento de la vida útil.

5. Construcción

Se removió los materiales existentes de las capas, carpeta asfáltica y de la base hidráulica existente por lo que una vez abierto, se compactó el desplante para tener una superficie uniforme para colocar la geomalla multiaxial, que se colocaron varios rollos a lo ancho para abarcar el ancho total de la carretera, posteriormente se coloca la base cementada de 20 cm, posterior 7 cm de carpeta asfáltica y por último una capa de rodadura de 3 cm de espesor. La vialidad fue reconstruida en varios tramos debido a que no se podía cerrar por completo la carretera, y se optó por la ejecución en cierres parciales.

Figura 8. Colocación de la geomalla multiaxial



Figura 9. Geomalla multiaxial colocada



Figura 10. Colocación de Base Cementada



Figura 11. Colocación de capa de rodadura



Calle Porfirio Díaz

Uso de Geomallas de Fibra de Vidrio (interlayers) en sobrecarpetas

Muchos pavimentos, que se consideran estructuralmente sanos después de la construcción de una sobrecarpeta, exhiben prematuramente un patrón de agrietamiento similar al que existía en el pavimento que le subyace. Esta propagación de un patrón de agrietamiento existente, a partir de las discontinuidades del pavimento antiguo, dentro de la nueva sobrecarpeta se denomina reflexión de grietas.

La reflexión de grietas destruye la continuidad superficial, disminuye la resistencia estructural y permite la entrada de agua hacia las capas inferiores del pavimento. De allí, los problemas que debilitaron el pavimento antiguo se extienden hacia arriba a la nueva sobrecarpeta.

El agrietamiento en la superficie nueva se debe a la incapacidad de la sobrecarpeta a soportar los esfuerzos de corte y tensión creados por los movimientos del pavimento subyacente. Este movimiento puede ser causado ya sea por la carga del tráfico (presión de los neumáticos) o por la carga térmica (expansión y contracción).

El agrietamiento asociado a la fatiga ocurre cuando las fuerzas de corte y flexión debidas a las cargas de tráfico pesado crean esfuerzos que exceden la resistencia a la fractura de la sobrecarpeta asfáltica. Este es un problema de estabilidad estructural.

6. Introducción

La vialidad Porfirio Díaz, se localiza en casco municipal de San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, en donde se requerirá la modernización de las vialidades alrededor del centro del municipio. Como en la mayoría de los municipios en todo México, los pavimentos del centro de cada uno de los municipios son de adoquines, lo cual para este proyecto el reto era ver cómo solucionar la reflexión de grietas hacia la nueva carpeta asfáltica, que se colocaría encima de este pavimento viejo.

Figura 12. Ubicación de los tramos con Geomalla Fibra de Vidrio



7. Metodología

Durante muchos años, los ingenieros han investigado el uso de capas intermedias dentro de la sobrecarpeta para reducir los efectos de la reflexión de grietas. Las capas intermedias pueden amortiguar el esfuerzo, aliviar las deformaciones y proporcionar refuerzo a la tensión al asfalto.

Los métodos de laboratorio convencionales para la medición de la resistencia a la fractura de una mezcla asfáltica se hacen por medio del ensayo a la fatiga flexional de una viga. La carga a flexión simula la acción del tráfico sobre la sobrecarpeta. Desafortunadamente, es difícil predecir el desempeño de estos mismos materiales bajo el efecto de la edad y las condiciones de endurecimiento y carga térmica.

El único aparato que parece capaz de simular los efectos de los ciclos de temperatura es el Probador de Sobrecarpetas (Overlay Tester) del Instituto de Transporte de Texas (Texas Transportation Institute, TTI) en la Universidad de Texas A&M. En el TTI se han probado los efectos de muchos materiales en capas intermedias de variadas resistencias, configuraciones, riegos de liga y cantidades colocadas.

También se realizan ensayos de fatiga de vigas, distinguiendo al TTI como la primera institución de investigación capaz de predecir los efectos tanto de la carga térmica como de la flexional. El ensayo por separado de cada modo de fractura permite una investigación más cuidadosa de las propiedades y posiciones óptimas del refuerzo intermedio dentro de las sobrecarpeta. El TTI ha adoptado este enfoque para reducir o eliminar la tasa de reducción del agrietamiento a través de una sobrecarpeta. Esto lleva directamente a reglas y guías más efectivas y a límites en las especificaciones sobre el uso de capas intermedias.

Universidad de Nottingham (University of Nottingham)

El estudio de la Universidad de Nottingham se ocupa del agrietamiento por reflexión, con y sin refuerzo de geomalla fibra de vidrio. El método estima el crecimiento de una grieta en tres modos de carga específicos que inducen daños por grietas, con dos programas (OLCRACK para la reflexión de grietas inducido por el tráfico y THERMCR para la reflexión de grietas por cambios térmicos).

OLCRACK es un programa de diseño que permite el diseño de sobrecarpetas reforzadas contra el agrietamiento de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, fue diseñado en la Universidad de Nottingham por Thom (2000). El programa estima la propagación de grietas utilizando la relación entre la tensión de tracción en la zona de grieta y los coeficientes de material (fatiga). El enfoque es similar a la ley de París, excepto que el factor de intensidad de la tensión es reemplazado por la tensión en la zona agrietada.

El programa de diseño ofrece dos opciones: la primera considera dos capas de asfalto sobre el pavimento existente, mientras que la segunda considera una capa de asfalto con refuerzo sobre el pavimento existente.

Se ha utilizado para demostrar los beneficios de las sobrecarpetas reforzadas sobre un pavimento agrietado, porque considera muchos de los factores que intervienen en el inicio y la propagación de la grieta.

8. Diseño

El análisis que se realizó fue en base a que se colocarían 8 cm de carpeta asfáltica nuevo encima de la estructura del pavimento viejo de adoquín.

Figura 13. Condiciones del pavimento de adoquines



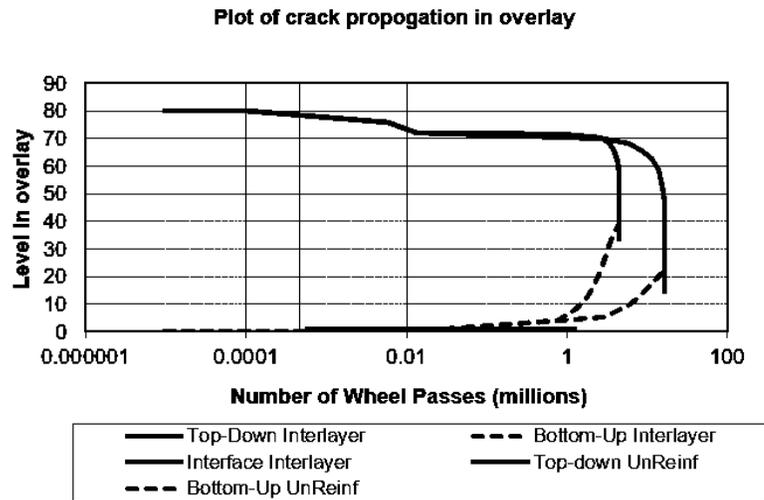
La solución consistió en utilizar una geomalla fibra de vidrio de las siguientes características:

Tabla 3. Especificación de la Geomalla Fibra de Vidrio

Parámetros	Valores
Apertura de la malla (centro a centro), mm (pulg.)	25 x 25 (1 x 1)
Recubrimiento	Polímero Elastomérico
Masa / unidad de área, g/m ² (oz/yd ²)	405 (12.0)
Punto de fusión, °C (°F)	232 (450)
Resistencia a la tensión (MD x CD), kN/m (lb/pulg.)	100 x 100 (560 x 506)
Elongación a la ruptura, %	<3
Resistencia a la tensión @2% de tensión, kN/m, (lb/pulg.)	80 x 80 (456 x 456)

A continuación, se presentan los resultados del diseño utilizando el programa OLCRACK, en donde muestra el beneficio de utilizar una geomalla fibra de vidrio, teniendo un mejoramiento de hasta 3 veces más la retardación en la aparición de las grietas.

Figura 14. Resultados de la reflexión de grietas (obtenido del programa OLCRACK)



9. Construcción

Se realizo un pequeño fresado de la superficie del pavimento viejo, posteriormente se realizo una limpieza de la superficie, continuando con riego de liga para colocar una carpeta asfáltica de 4 cm de espesor, posterior a esa capa se procedió a colocar la geomalla fibra de vidrios la cual traía adhesivo sensible a la presión que se activo con un par de pasadas del compactador de neumáticos y se verifico que se haya adherido bien a la superficie, posteriormente a eso se coloco un riego de liga para posteriormente culminar con los 4 cm de espesor de carpeta asfáltica para tener un total de 8 cm.

Figura 15. Colocación de Geomalla Fibra de Vidrio

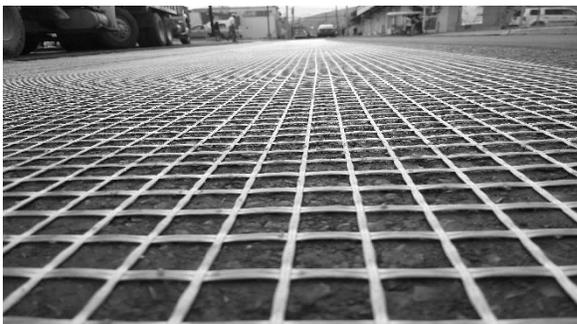


Figura 16. Pavimento terminado



10. Conclusiones

Para el primer caso, más allá de los beneficios que se han mencionado de las geomallas multiaxiales, el proyecto en sí tenía una presión social fuerte y la prensa estaba ejerciendo presión sobre el alcalde para resolver ese problema de inmediato por la demanda d ellos habitantes, ya que era casi intransitable esa carretera. Dado las condiciones en las que se encontraba este proyecto la solución con geosintéticos fue idónea por la rapidez, económica y vida útil de la estructura a comparación con cualquier otra alternativa que se analizó.

Para el segundo caso, dadas las condiciones de un pavimento agrietado y de adoquines la reflexión de grietas iba a tener su aparición al corto plazo, al utilizar una geomalla fibra de vidrio, casi se triplico de acuerdo a los análisis el tiempo para la reflexión de grietas. Quedo demostrado en una visita 8 meses después de la instalación, en donde se verifico que en las zonas donde no se utilizó la geomalla, empezó a reflejarse los patrones de grietas de las estructuras del pavimento de adoquines, mientras que para la zona reforzada seguía sin presentar un patrón de grietas.

Estos proyectos no serán los más grandes de infraestructura en donde se hayan utilizado geosintéticos, pero lo particular de cada uno lo hace importante por el gran beneficio que trae, tanto económico como social, en este último concepto, se ve reflejado en tener vialidades en óptimas condiciones y en la reducción de los tiempos de construcción, haciendo que el tráfico por una vialidad cerrada sea el menor impacto posible para no mermar la productividad de la sociedad con tiempos muertos en el tráfico. .

11. Referencias

AASHTO (1993). Guide for the design of pavement structures; The American Association of State Highway and Transportation Officials

AASHTO (2006). Standard Practice for Geotextiles – M288, Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing. 25th Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.

AASHTO (2009). Standard Practice for Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate Base Course of Flexible Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Publication R 50-09, Washington, D.C.

Alberta Transportation and Utilities (1997). Pavement Design Manual, 1st Edition

Tensar International Corporation (2010), "Tensar TriAx[®] Geogrid Paved Applications Design Method", Tensar International Corporation, Atlanta, GA

Nisku Roads - Roadway Rehabilitation, prepared by Williams Engineering Canada Inc., dated March, 2010

Saint-Gobain Technical Fabrics, Tecnología Avanzada de Fibra de Vidrio para Sobrecarpetas en Pavimento Asfáltico, Manual Técnico Glasgrid

Nottingham University, OLCRACK Spreadsheet

Al-Qadi, I. L., Dessouky, S.H., Kwon, J. and Tutumluer, E. (2008). "Geogrid in Flexible Pavements: Validated Mechanism," Transportation Research Record 2045, TRB, National Research Council, Washington, DC, USA, pp. 102-109.

Barksdale, R.D., Brown, S.F. & Chan, F. (1989). "Potential Benefits of Geosynthetics in Flexible Pavement Systems." National Cooperative Highway Research Program Report 315. Transportation Research Board, Washington, D.C.

Caltrans (2012). "Aggregate Base Enhancement with Biaxial Geogrid for Flexible Pavements Guidelines for Project Selection and Design". California Department of Transportation, Pavement Program, office of Concrete Pavements and Pavement Foundations

Collin, J.G., Kinney, T.C. & Fu, X. (1996). "full Scale Highway Load Test of Flexible Pavement Systems with Geogrid Reinforced Base Course." Geosynthetics International, Vol. 3, No.4. pp. 537-549.

FHWA, (2008) Geosynthetics Design & Construction Guidelines, Publication No. FHWA NHI-07-092.

Gabr, M. (2001). "Cyclic Plate Loading Test on Geogrid Reinforced Roads." Research Report to Tensar International Corporation., NC State University.

GMA (2000). GMA White Paper II: Geosynthetic Reinforcement of Aggregate Base/Subbase Courses of Pavement Structures. Geosynthetic Materials Association, Industrial Fabrics Association International.

J. Han, J. (2013). "Experimental Study of Innovative Geogrid Products for Subgrade Improvement," Research Report to Tensar International Corporation., University of Kansas.

Kwon, J. and Tutumluer, E. (2009). "Geogrid Paved Applications with Aggregate Interlock and Modeling of the Associated Stiffness Enhancement in Mechanistic Pavement Analysis," Presented at the 88th Annual Meeting of Transportation Research Board (TRB), accepted for publication in the Transportation Research Record.

Kwon, J., Tutumluer, E., and Konietzky, H., (2008). "Aggregate Base Residual Stresses Affecting Geogrid Reinforced Flexible Pavement Response," International Journal of Pavement Engineering, Volume 9, Issue 4, pages 275-285.

Perkins, S.W. & Ismeik, M. (1997). "A Synthesis and Evaluation of Geosynthetic-Reinforced Base Layers in Flexible Pavements: Part I. "Geosynthetics International, vol. 4, No. 6, pp. 549-604.

Perkins, S.W. (1999). "Geosynthetic Reinforcement of Flexible Pavements: Laboratory Based Pavement Test Sections." Final Report, FHWA/MT-99-001/8138. United States Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C.

Tensar (1996). "Design Guideline for Flexible Pavements with Tensar Geogrid Base Layers." Tensar Technical Note, TTN: BR96, p. 77. The Tensar Corporation, Atlanta, Georgia.

Wayne, M.H., Kwon, J. and Boudreau, R.L. (2011c). "Resilient Modulus, Repeated Load Permanent Deformation and Plate Load Testing of a Mechanically Stabilized Crushed Miscellaneous Base material," Transportation Research Board, 90th Annual Meeting, Washington, D.C.

Wayne, M.H., Kwon, J. and Boudreau, R.L. (2011a). "Field and Laboratory Evaluation of a Mechanically Stabilized Salvaged Base Course Used in the Construction of US 12 Marmarth, North Dakota," 2011 Mid-Continent Transportation Research Symposium, Iowa State University, Ames, Iowa.