

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



*Una Institución Adventista*

**Influencia del refuerzo de la malla geosintética en el interfaz de las capas de un pavimento flexible**

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Civil

Por:

Alexandra Maylle Paima

Asesor:

Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana

**Lima, noviembre 2020**

# DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

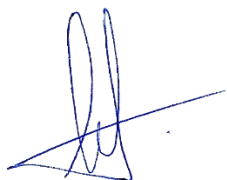
Fiorella Maira Zapata Antesana, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “INFLUENCIA DEL REFUERZO DE LA MALLA GEOSINTÉTICA EN EL INTERFAZ DE LAS CAPAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE” constituye la memoria que presenta la estudiante Alexandra Maylle Paima para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en LIMA, a los 30, noviembre del 2020.



Fiorella Maira Zapata Antesana

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....26.....día(s) del mes de.....Noviembre.....del año 2020 siendo las.....17:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): ..... Ing. Ferrer Canaza Rojas....., el (la) secretario(a): ..... Mg. Leonel Chahuares Paucar..... y los demás miembros: ..... Ing. Carlos Franck Yoctun Rios y el (la) asesor(a)... Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Influencia del refuerzo de la malla geosintética en el interfaz de las capas de un pavimento flexible". de los (las) egresados (as):

.....a)..... **ALEXANDRA MAYLLE PAIMA**.....

.....b).....

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

..... **INGENIERÍA CIVIL**.....  
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): ..... **ALEXANDRA MAYLLE PAIMA**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	
APROBADO	15	B-	BUENO	MUY BUENO


Candidato/a (b): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ... al.... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente  
Ing. Ferrer Canaza  
Rojas

  
\_\_\_\_\_  
Secretario  
Mg. Leonel Chahuares  
Paucar

\_\_\_\_\_  
Asesor  
Ing. Fiorella Maira  
Zapata Antesana

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Ing. Carlos Franck  
Yoctun Rios

\_\_\_\_\_  
Candidato (a)  
Alexandra Maylle  
Paima

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)

# Influencia del refuerzo de la malla geosintética en el interfaz de las capas de un pavimento flexible

## Influence of the reinforcement of the geosynthetic mesh on the interface of the layers of a flexible pavement

ALEXANDRA MAYLLE PAIMA\*

*EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú.*

### Resumen

Las fallas en los pavimentos, producidos por el tráfico vehicular y las cargas ambientales están asociados con el tiempo de vida útil de un pavimento flexible, esto se debe a la falta de mantenimiento. Para prolongar el tiempo de vida útil de un pavimento, se tiene que incrementar su capacidad de soporte, para esto una de las alternativas es aumentar los espesores del pavimento y la segunda es reforzar las capas de la estructura, hacerlas más rígidas para que esta pueda adquirir mayor capacidad de soporte ante las tensiones verticales generadas por el tráfico, esto con la finalidad de reducir los esfuerzos que llegan a las capas de un pavimento, especialmente a la subrasante. En el presente artículo, se investigó el desempeño y el rendimiento de los geosintéticos como refuerzo de un pavimento flexible ubicados en el interfaz de las capas de la estructura para la mejora de la resistencia a los asentamientos, mediante revisiones bibliográficas. Los resultados de las diferentes investigaciones muestran que incluir este material ayuda a reducir los asentamientos en las capas hasta en un 53 %, esta mejora en el rendimiento genera que la vida útil de las capas del pavimento se prolongue.

*Palabras clave:* Asentamiento, Geosintéticos, Interfaz, Pavimento Flexible, Resistencia.

---

### Abstract

The pavement failures, produced by vehicular traffic and environmental loads are associated with the useful life of a flexible pavement, this is due to the lack of maintenance. To extend the useful life of a pavement, its support capacity has to be increased, for this one of the alternatives is to increase the thickness of the pavement and the second is to reinforce the layers of the structure, make them more rigid so that it can acquire greater bearing capacity against vertical stresses generated by traffic, this in order to reduce the stresses that reach the layers of a pavement, especially the subgrade. In the present article, the performance and performance of geosynthetics as reinforcement of a flexible pavement located at the interface of the layers of the structure to improve resistance to settlements was investigated through bibliographic reviews. The results of the different investigations show that including this material helps to reduce the settlements in the layers by up to 53%, this improvement in the performance generates that the useful life of the pavement layers is prolonged.

*Keywords:* Settlement, Geosynthetics, Interface, Flexible Pavement, Strength

---

Autor de correspondencia: Maylle Paima Alexandra  
Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica  
E-mail: [alexandramaylle@upeu.edu.pe](mailto:alexandramaylle@upeu.edu.pe)

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional es una de las principales causas de las fallas en los pavimentos, esto se debe, a las cargas excesivas que genera el tráfico vehicular ya sea por la sobrepoblación o por un inadecuado sistema de red vial. Asimismo, el aumento del tráfico vehicular debido al crecimiento demográfico genera una mayor carga vertical al subsuelo (subrasante), en esta condición el subsuelo tiende a no soportar mayores esfuerzos verticales ejercidas por las ruedas del vehículo, generando la formación de grietas, fisuras y deformaciones a lo largo del pavimento flexible. (Vijayasimhan Sivapriya & Ganesh-Kumar, 2019). Sin embargo, en los últimos años el uso de geosintéticos ha venido revolucionando la construcción, especialmente en obras de carreteras (Sicha Flores, 2018). Esto principalmente se debe a su capacidad de rigidez y resistencia al corte. En el país la implementación de geosintéticos en la construcción de carreteras es limitado, es por ello que en el presente artículo se dio a conocer la resistencia a la formación de asentamientos al ubicar los geosintéticos en diferentes interfaces de las capas de un pavimento, para luego ser analizados en función a la profundidad de asentamiento y a la relación de reducción de asentamientos RRR. Teniendo como finalidad, identificar en que ubicación el refuerzo del geosintético presenta menores asentamientos permitiendo así prolongar el tiempo de vida útil al incrementar el número de ciclos de carga y reducir el costo al extender los periodos de mantenimiento.

## DESARROLLO

Para el desarrollo de esta investigación se tomó en cuenta diversas metodologías para determinar los asentamientos máximos en relación a los ciclos de carga para pavimentos reforzados y no reforzados. Entre ellas están pruebas de carga de placa de laboratorio (Rajagopal, Chandramouli, Parayil, & Iniyar, 2014) (Montanelli, Zhao, & Rimoldi, 1997), pruebas de campo a escala real y análisis de elementos finitos (Imjai, Pilakoutas, & Guadagnini, 2019), pruebas de carga de rueda de laboratorio a gran escala (Collin J.G., 1996) y pruebas de carga de rueda de campo a gran escala (Webster, 1992).

### Primera Investigación

(Rajagopal et al., 2014), investigó la mejora de la resistencia y rigidez de la capa base de un pavimento flexible mediante la realización de pruebas de cargas de placa de laboratorio en un tanque de acero rígido, donde se analizaron secciones que constan de una capa base granular de diferentes espesores 50, 100 y 150mm y una capa subrasante de 500mm. Los materiales de refuerzo se ubicaron en el interfaz de la capa base y subrasante, como se muestra en la Figura 1.

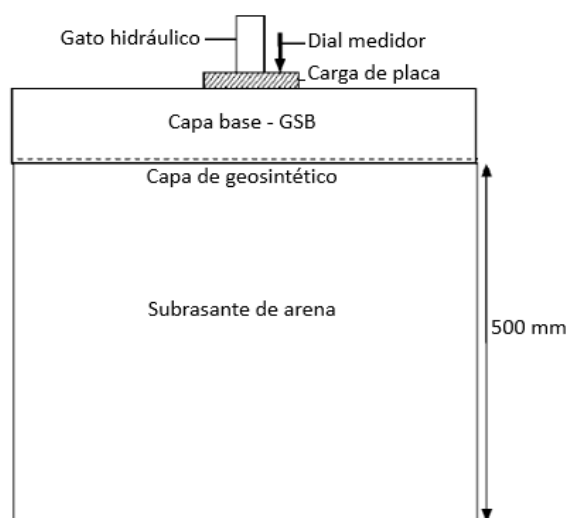


Figura 1 Sección típica de prueba. Fuente: (Rajagopal et al., 2014)

La carga fue aplicada a la placa a través de un gato hidráulico, esta carga cíclica se aplicó a una frecuencia de 0 a 7 Hz durante 50000 ciclos, una vez terminada la aplicación de la carga se midió con un dial los asentamientos superficiales de la sección y para medir los asentamientos en la subrasante, se retiró la capa base cuidadosamente, estos están detallados en la Tabla 1.

Tabla 1 Asentamientos máximos al final de 50000 ciclos de carga (carga de tráfico). Fuente: (Rajagopal et al., 2014)

Espesor de la capa base (mm)	Presión aplicada (KPa)	Asentamiento Máximo (mm)			
		UR	GT	GG+GT	GC+GT
50	610	23.17	14.48	10.49	8.08
100	725	39.18	24.50	19.88	15.20
150	930	46.12	28.61	24.60	20.90

\*UR: no reforzada, GT: geotextil, GG+GT: geomalla + geotextil, GC+GT: geocelda + geotextil

La Tabla 1 muestra los resultados de los asentamientos máximos para los tres espesores expuestos a 50000 ciclos de carga, se observa que la estructura reforzada con geosintéticos muestran mayor resistencia a la formación de asentamientos en comparación con la sección no reforzada. También se observa que los asentamientos van en incremento en relación a mayor espesor de la capa base y a mayor aplicación de carga. A partir de los resultados, concluyeron que tanto la resistencia como la rigidez de la estructura del pavimento son mejoradas por el refuerzo de geosintéticos, al igual que el rendimiento bajo cargas repetidas y que el aporte de la geocelda es mucho mayor a comparación de los demás refuerzos como se observa en la Figura 2.(Rajagopal et al., 2014). Sin embargo, para este artículo solo se analizaron el geotextil y la geomalla como material de refuerzo.

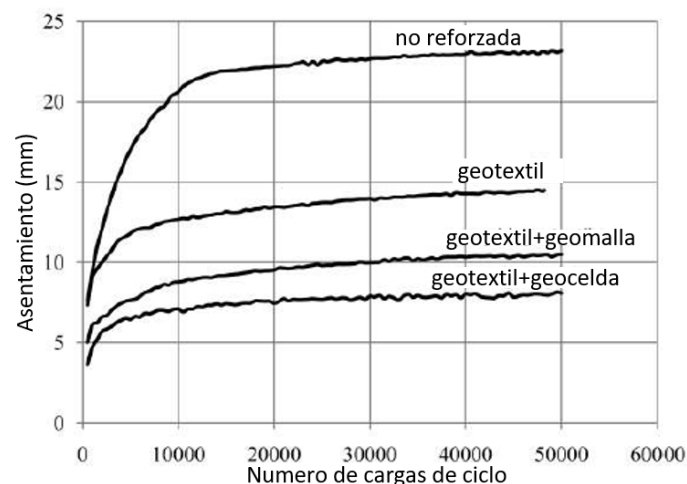


Figura 2 Variación del asentamiento con número de repeticiones de carga. Fuente: (Rajagopal et al., 2014)

Además concluyeron que la inclusión de este material hace que las tensiones lleguen de menor magnitud a la capa inferior, esto debido a que el geosintético permite que las cargas se distribuyan en un área más grande de la subrasante, generando así que el diámetro de expansión de asentamiento sea mucho mayor, lo cual conduce a menores presiones transmitidas a la subrasante.(Rajagopal et al., 2014)

## Segunda Investigación

(Imjai et al., 2019), investigaron el desempeño del refuerzo geosintético para la resistencia a los asentamientos, realizaron pruebas de campo a escala real y análisis de elementos finitos, donde se analizó secciones que constan de una carpeta asfáltica de 100mm, una capa base confinada de 100mm, una capa base de roca triturada de 200mm y una subrasante de 1000mm, como se muestra en la Figura 3. Los materiales de refuerzo se ubicaron por secciones, P1 (sin refuerzo), P2 (geotextil, en el interfaz de la carpeta asfáltica y la base confinada), P3 (geotextil, en el interfaz de la base confinada y la base de roca triturada) y P4 (geotextil en el interfaz de la carpeta asfáltica y la base confinada y geomalla en el interfaz de la capa base de roca triturada y subrasante).

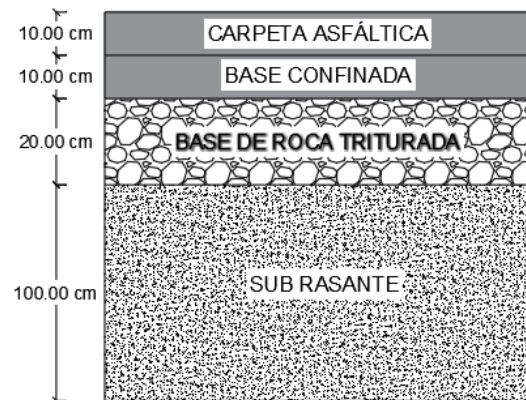


Figura 3 Sección típica de la investigación. Fuente: (Imjai et al., 2019)

Se realizaron una serie de pruebas de cargas de ruedas para el análisis en campo, utilizando un camión de prueba preespecificado, con cargas totales de 20, 30 y 40 toneladas en dirección del tráfico, estas cargas actuaron sobre los ejes de cada camión con magnitudes de 78.50 KN, 117.60 KN y 124.50 KN respectivamente. Para el análisis de elementos finitos se utilizó el modelo FE de deformación plana bidimensional para simular las respuestas estructurales y para obtener dichos resultados se utilizaron las mismas cargas de las pruebas en campo. (Imjai et al., 2019)

Para medir los asentamientos provocados por la aplicación de las cargas de tráfico se utilizaron un teodolito de estación total, pusieron dos puntos de referencia (BM) en la superficie para medir los asentamientos superficiales (SPO) y debajo de la carpeta asfáltica a 100 mm para medir los asentamientos de placa (SPL). Para ello se instalaron 16 puntos de asentamiento hechos de pernos a lo largo de las secciones de prueba y para los asentamientos de placa se pusieron una tubería de acero de 3" y una varilla de acero de 20mm de diámetro soldado a la tubería. En resumen, los asentamientos se midieron a partir del SPO y SPL. (Imjai et al., 2019)

Tabla 2 Resultados de la segunda investigación. Fuente: (Imjai et al., 2019)

Muestras	Asentamiento (mm)		RRR
	SPL	SPO	
P1	10.5	23.2	1.00
P2	8.2	19.4	0.84
P3	11.0	20.5	0.88
P4	7.2	17.2	0.74

\*SPO: Asentamiento en un punto de la superficie, SPL: Placas de asentamiento en el interfaz de las capas de un pavimento.

Los resultados de la Tabla 2, muestran que el refuerzo ayudo a reducir los asentamientos. Los asentamientos superficiales (SPO) de cada sección oscilaron entre 17.2mm y 23.2mm, la sección no

reforzada (P1) logro la mayor deformación superficial en comparación con las secciones reforzadas. También se observa que los asentamientos en las placas (SPL) se reducen en mayor magnitud a diferencia de las otras secciones incluyendo dos capas de refuerzo de material geosintético. La mejor configuración fue la sección P4 debido a que muestra resultados más favorables en términos de SPO y SPL, esto se debe al hecho de que el geotextil fue colocado en la parte inferior de la carpeta asfáltica donde se desarrolla con mayor eficacia el efecto de la membrana de tensión, también se debió al hecho de que al usar una geomalla debajo de la capa base la deformación general de la carretera pavimentada se reduce significativamente. (Imjai et al., 2019).

El rendimiento de los geosintéticos se analizó con la mejora de la resistencia a la formación de asentamientos y este valor se determinó de la mínima relación de reducción de asentamientos (RRR).

Esta investigación concluye que los geosintéticos reducen significativamente las tensiones verticales transmitidas a la capa base y subrasante, lo cual resulta en beneficio a largo plazo, el mismo hecho hace que el pavimento logre aumentar los periodos de mantenimiento y extender su vida útil. Finalmente, menciona que el rendimiento de los geosintéticos como refuerzo depende de las características del material como su posición reforzada. (Imjai et al., 2019)

### Tercera investigación

(Montanelli et al., 1997), investigaron la contribución estructural del refuerzo geosintético, para ello realizaron un programa experimental de laboratorio a gran escala, definieron una sección típica (Figura 4) cuyo espesor de la carpeta asfáltica es de 75 mm, de la base es 300mm y la subrasante de 450mm, donde se colocó una capa geosintética en la mitad de la sección de la caja, mientras que la otra mitad se dejó sin refuerzo como se muestra en la Figura 5.

La geomalla se colocó sobre la capa de tierra suelta, la cual simula la capa subrasante, esta fue doblada en los extremos para que sirva como anclaje ante la aplicación de cargas. Para la obtención de los asentamientos se aplicaron 300000 ciclos de carga a través de una placa, con una frecuencia de 5 a 10 Hz y la carga oscilaba de 0 a 40 KN con una presión máxima aplicada equivalente de 570 KPa. Los asentamientos verticales se registraron en función al número de ciclos junto con la deformación permanente de la sección, estos asentamientos se midieron debajo de la placa de carga con un transductor dentro del pistón.

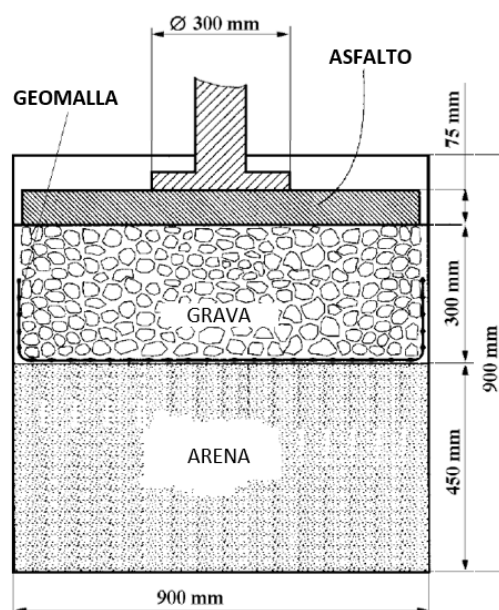


Figura 4 Sección típica para el programa experimental. Fuente: (Montanelli et al., 1997)



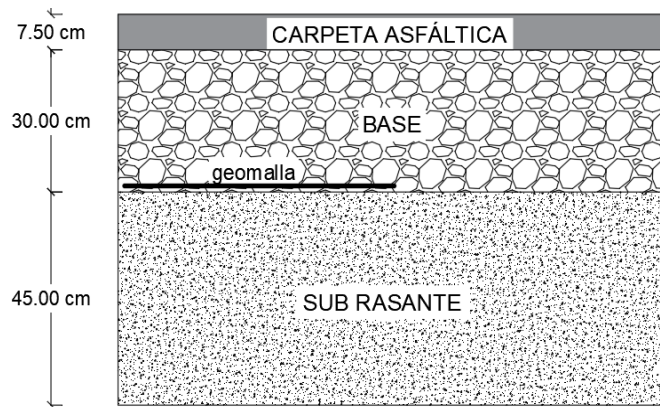


Figura 5 Ubicación de la geomalla en la sección para el programa experimental. Fuente: Elaboración Propia

La Figura 6, muestra los resultados de los asentamientos en función a los ciclos de carga, también muestra cómo influye los diferentes espesores de la capa base en el desempeño de un pavimento, se puede notar que la capa base reforzada al estar expuesta a ciertos números de cargas de ciclos el asentamiento vertical disminuye a comparación de una capa no reforzada. (Montanelli et al., 1997). Sin embargo, para analizar del rendimiento del geosintético en esta investigación se tomaron en cuenta los asentamientos para la sección reforzada y no reforzada de 300mm de espesor de la base a los 50000 ciclos de carga.

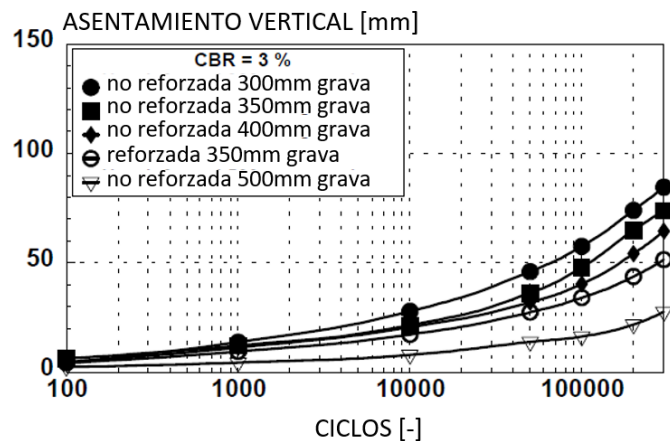


Figura 6 Comparaciones entre secciones no reforzadas y reforzadas. Fuente: (Montanelli et al., 1997)

Esta investigación concluye que el refuerzo de la geomalla colocado en la interfaz base y subrasante aumenta la vida útil de la sección pavimentada, esto se da debido a que el material proporciona una distribución de carga más uniforme, y al mismo tiempo su inclusión permite la reducción del asentamiento máximo, tanto en las interfaces asfalto/base como de base/subrasante. (Montanelli et al., 1997)

#### Cuarta Investigación

(Collin J.G., 1996), en esta investigación compararon la mejora del rendimiento (ciclos de carga a una deformación predeterminada) de un pavimento, para ello realizaron pruebas de carga de carreteras de laboratorio a gran escala, donde analizaron tres secciones de prueba que constan de una carpeta asfáltica de 50mm, una capa base de 150mm a 460mm y una subrasante de 450mm de espesor, dos de estas reforzadas con geosintéticos, geomallas rígidas A y B, la primera con menor resistencia que la otra, colocadas en el interfaz de la capa base / subrasante y la tercera sección no tenía refuerzo, esta sirvió como sección de control, como se muestra en la Figura 8.

Aplicaron cargas de rueda en movimiento que simulaban el tráfico de la carretera, estas cargas se aplicaron a la sección del pavimento a través de un solo neumático de 230mm de ancho y un diámetro de 0.50m. Se aplicó una carga de 20KN al neumático cuando viajaba desde el extremo sur de la caja hasta el extremo norte. Una vez terminada la aplicación de cargas se midieron los asentamientos en la superficie, el método utilizado fue colocar una barrera de aluminio a lo largo de la superficie del pavimento en ubicaciones predeterminadas y medir desde la barrera con un calibre micrométrico hasta la superficie del pavimento. (Collin J.G., 1996)

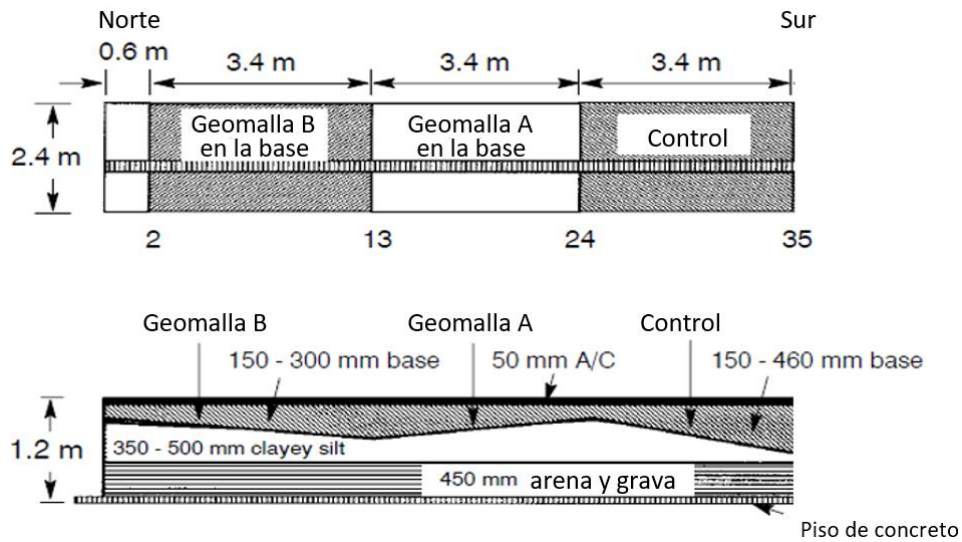


Figura 7 Configuración de prueba de la Universidad de Alaska. Fuente: (Collin J.G., 1996)

En esta investigación compararon el comportamiento de dos tipos de geomalla rígidas A (menor resistencia), B (mayor resistencia) y una sección no reforzada en las secciones de un pavimento con espesores de 180mm, 235mm, y 290mm de capa base, el espesor de la capa se redujo para cada sección de prueba para poder evaluar el rendimiento de una variedad de espesores. (Collin J.G., 1996)

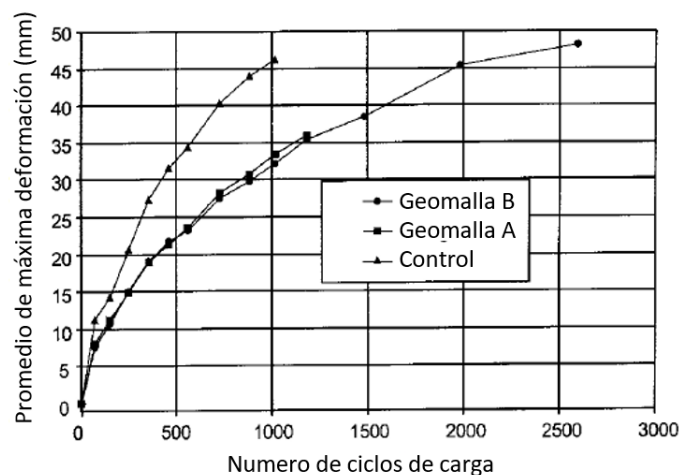


Figura 8 Deformación versus número de cargas de ciclo para 180 mm de base de agregado. Fuente: (Collin J.G., 1996)

En la Figura 7, 9 y 10, se observa la diferencia del rendimiento de las secciones reforzadas y no reforzadas, se pudo identificar que la sección con mayor espesor soporta mayor cantidad de cargas de ciclo para una determina profundidad de asentamiento máximo. Para ser más precisa, se necesita aplicar mayor cantidad de numero de cargas de ciclo para llegar a un asentamiento similar al de la capa base reforzada de 180mm. Para cada espesor de base y una misma deformación, la sección reforzada

con geomalla B puede soportar más ciclos de carga que la sección reforzada con la geomalla A, y la sección reforzada con la geomalla A puede soportar más cargas de ciclo que la sección de control. En la Figura se observa que para las secciones de base muy delgadas (180mm) la falla ocurre rápidamente y que la inclusión del refuerzo tiene una menor capacidad de resistencia. (Collin J.G., 1996)

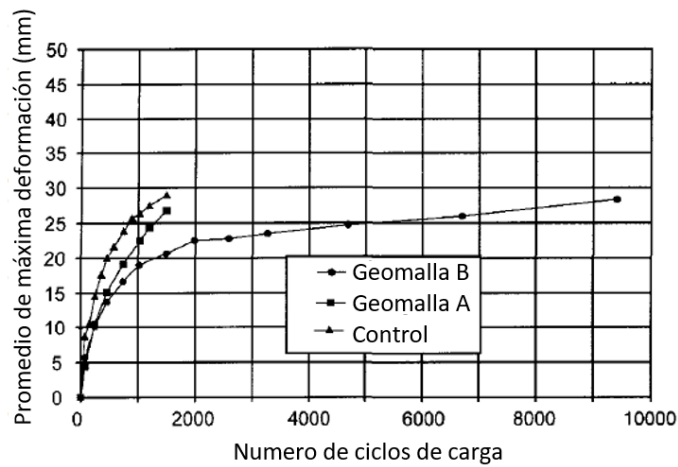


Figura 9 Deformación versus número de cargas de ciclo para 235 mm de base de agregado. Fuente: (Collin J.G., 1996)

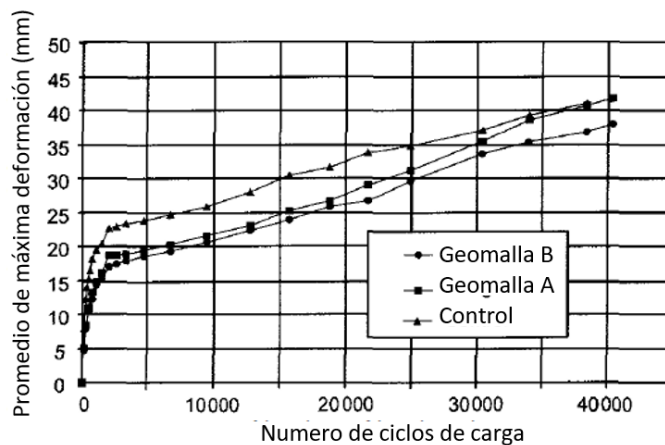


Figura 10 Deformación versus número de cargas de ciclo para 290 mm de base de agregado. Fuente: (Collin J.G., 1996)

Esta investigación llegó a la conclusión que el refuerzo de la geomalla rígida colocada entre una capa base y una subrasante de un pavimento flexible expuestas a cargas de tráfico puede aumentar sustancialmente el rendimiento de un pavimento y que la inclusión de este refuerzo disminuye las deformaciones iniciales que ocurren durante los primeros ciclos de carga. (Collin J.G., 1996)

### Quinta Investigación

(Webster, 1992), investigaron la mejora del rendimiento (ciclos de carga a una deformación predeterminada) de un pavimento, para ello realizaron pruebas de campo a gran escala de secciones de pavimentos reforzados, donde analizaron seis secciones que constan de una carpeta asfáltica de 50mm, capa base 355mm y una subrasante de 450mm de espesor, dos de ellas son reforzadas con geosintéticos, geomallas rígidas A y B, de polipropileno perforadas y estiradas, una geomalla de polipropileno biorientada y tres geomallas de poliéster tejido, ubicadas en el interfaz base/ subrasante.

Utilizaron como pruebas de tráfico, una sola carga de neumático de 130 KN para determinar la resistencia a los asentamientos en pavimentos flexibles con curso de base reforzadas con geomallas.

Las medidas de deformación superficial se tomaron después de la aplicación de los números de ciclos de carga en cada sección de prueba. (Webster, 1992)

En la Figura 11, se puede ver que los valores de deformación luego de aplicar 1000 ciclos de carga fueron 83mm para la sección no reforzada, 49mm para la sección reforzada con la geomalla tipo A y 39mm para la geomalla tipo B, con estos valores se evidencio que usar este material como refuerzo mejora el rendimiento de la sección del pavimento reforzado en relación a una mayor resistencia a la formación de surcos. (Webster, 1992)

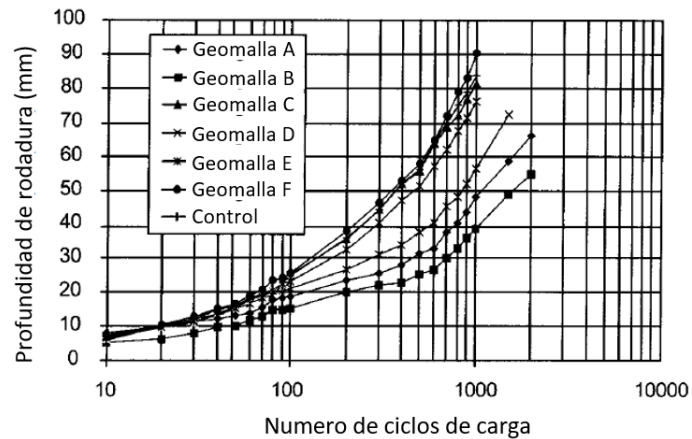


Figura 11 Asentamiento vs número de ciclos de carga para una sección de pavimento que comprende 50mm de carpeta asfáltica, 355mm de base agregada y un valor de CBR de la subrasante de 3%. Fuente: (Webster, 1992)

## DISCUSIÓN

En todas las investigaciones se evidencio que un pavimento flexible mejora su rendimiento cuando esta reforzado. Para establecer una relación con los resultados presentados en la Tabla 3 se definió variables en común para luego analizar la influencia de los geosintéticos en el interfaz de un pavimento flexible, estas son:

- Ubicación del geosintético
- Aporte del geotextil
- Carga de ciclo
- Asentamiento
- Espesor de la capa
- Relación de reducción de asentamiento (RRR)

### Ubicación del geosintético

De las investigaciones presentadas todos los resultados tuvieron mejores respuestas cuando el material geosintético (geomalla) estaba en el interfaz capa base / subrasante. Sin embargo, cabe mencionar que se pueden obtener resultados mucho más favorables al incluir doble material de refuerzo como es el caso de la primera y segunda investigación.

### Aporte del geotextil

En el primer caso usaron geotextil, la razón por la cual incluyeron este material en la investigación fue exclusivamente para separar la roca triturada del suelo fino, pero al analizar solo este refuerzo también se observa mejoras en los resultados. En el segundo caso se incluyó el geotextil debajo de la base

confinada porque las capas más cercanas a la base experimentan las tensiones laterales más altas lo que proporciona evidencia que los geosintéticos pueden reducir eficazmente la propagación lateral.

Tabla 3 Resumen de los resultados de las investigaciones. Fuente: Elaboración Propia

INVESTIGACIÓN	VARIABLE	ESPESOR BASE	GEOSINTÉTICOS	ASENTAMIENTO	RRR
Primera	Asentamiento (mm) a 50000 ciclos de carga	50 mm	No reforzada	23.17 mm	1.00
			Geotextil	14.48 mm	0.62
			Geotextil + Geomalla	10.49 mm	0.45
		100 mm	No reforzada	39.18 mm	1.00
			Geotextil	24.50 mm	0.63
			Geotextil + Geomalla	19.88 mm	0.51
		150 mm	No reforzada	46.12 mm	1.00
			Geotextil	28.61 mm	0.62
			Geotextil + Geomalla	24.60 mm	0.53
Segunda	SPO (Asentamiento en un punto de la superficie)	200 mm	No reforzada	23.20 mm	1.00
			Geotextil	19.40 mm	0.84
			Geotextil	20.50 mm	0.88
			Geotextil y Geomalla	17.20 mm	0.74
Tercera	Asentamiento (mm) a 50000 cargas de ciclo	300 mm	No reforzada	47.00 mm	1.00
			Geomalla	27.00 mm	0.57
Cuarta	1014 ciclos de carga	180 mm	No reforzada	47.00 mm	1.00
			Geomalla A	34.00 mm	0.72
			Geomalla B	32.00 mm	0.68
	1486 ciclos de carga	235 mm	No reforzada	29.00 mm	1.00
			Geomalla A	26.00 mm	0.90
			Geomalla B	20.00 mm	0.69
	38348 ciclos de carga	290 mm	No reforzada	42.00 mm	1.00
			Geomalla A	42.00 mm	1.00
Quinta	Asentamiento (mm) a 1000 ciclos de carga	355 mm	Geomalla B	38.00 mm	0.90
			No reforzada	83.00 mm	1.00
			Geomalla A	49.00 mm	0.59
			Geomalla B	39.00 mm	0.47

RRR: Relación de reducción de asentamientos

Tabla 4 Relación de la primera y tercera investigación. Fuente: Elaboración Propia

Investigación	CBR sub rasante	Ciclos de carga	Espesor de la base	Refuerzo	Asentamiento (mm)	
					No Reforzada	Reforzada
Primera	8%	50000	150 mm	Geotextil + Geomalla	46.12	24.60
Tercera	3%	50000	300 mm	Geomalla	47.00	27.00

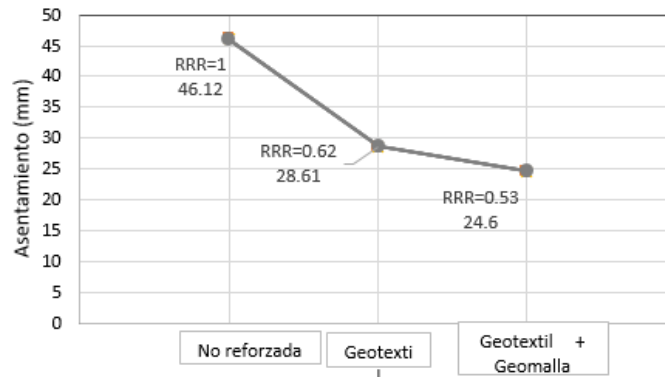


Figura 12 Resultados de la primera investigación, fuente: Elaboración Propia

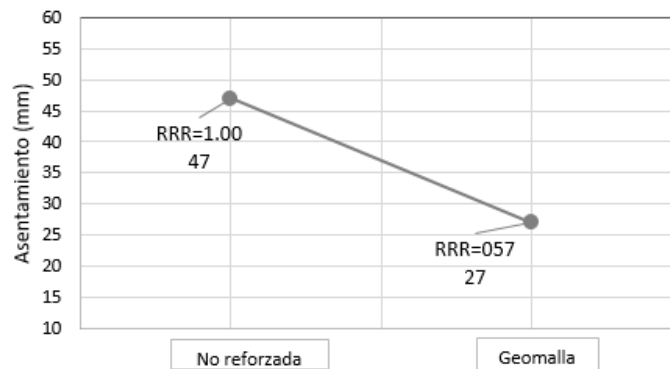


Figura 13 Resultados de la tercera investigación. Fuente: Elaboración Propia

### Cargas de ciclo

Como se muestra en la tabla 3 con esta variable se evidencio que un pavimento reforzado soporta mayor cantidad de número de ciclos para lograr el mismo asentamiento que un pavimento no reforzado lo cual implica mayor resistencia a la formación de asentamientos.

### Asentamiento

De las investigaciones, todas las secciones reforzadas ayudaron a mejorar la resistencia a los asentamientos. Como se muestra en la tabla 3, en la figura 12 y 13 esta resistencia tiene mayor magnitud cuando el material de refuerzo es una geomalla y está ubicada en el interfaz de la capa base y subrasante. De todos los resultados presentados la quinta investigación tuvo el mayor porcentaje de reducción de asentamiento, con un 53%, seguido de la primera, tercera, cuarta y segunda investigación, con un 46.7%, 42.5%, 32% y 25.9%, respectivamente. Comparando la primera y la tercera investigación se tuvo resultados similares en términos de porcentaje de reducción de asentamiento.

En la Tabla 4 se observa que tanto para las secciones reforzadas como no reforzadas los valores de los asentamientos en ambos casos son similares, ambas investigaciones usaron la misma prueba de carga de placa de laboratorio a gran escala como metodología y el mismo número de ciclos de carga para obtener estos resultados. Sin embargo, se observa que los valores de CBR y los espesores de la capa base no son semejantes, esto se debe a que en la primera investigación usaron mayor capacidad de soporte (CBR) en la subrasante y un segundo material de refuerzo (geotextil), lo cual implica que no se necesita aumentar el espesor para resistir lo mismo que la tercera investigación.

En esta última investigación sucede lo contrario, ya que se necesitó incrementar el espesor de la capa base para soportar el mismo número de carga, esto se dio porque la sección contaba con un porcentaje de CBR débil.

#### Espesor de la capa

En la Tabla 3, se observa que los espesores de las capas de cada investigación varían de acuerdo a las propiedades de cada sección y el tipo de refuerzo utilizado. Interpretándose que se usan menores espesores con la finalidad de que los materiales que formen parte de la estructura del pavimento y los geosintéticos logren cubrir la resistencia que se obtiene con el espesor faltante.

#### Relación de reducción de asentamientos (RRR)

De la figura 12 y 13 se tiene que la Relación de Reducción de asentamientos disminuye con la inclusión del geosintético en el interfaz de las capas de un pavimento flexible.

Como se muestra en la tabla 3, en todas las investigaciones disminuye la relación de reducción de asentamientos para las secciones reforzadas, esta variación va desde 0.45 a 0.74 siendo todos resultados de las investigaciones que presentaron el mínimo valor de RRR para el caso de una y varias configuraciones (ubicación, cantidad y tipo de refuerzo)

### **CONCLUSIONES**

En el presente artículo se llegó a la conclusión de que incluir este material de refuerzo disminuye la profundidad de asentamientos con el cual se logró evidenciar que reforzar un pavimento flexible con este material incrementa la resistencia a la tracción.

Asimismo, se llegó a la conclusión de que la reducción de los asentamientos varía desde un 25.9% al 53%, esto se dio por diferentes situaciones, las cuales fueron: las metodologías que utilizaron los autores en sus investigaciones, las propiedades de los materiales de las capas, los geosintéticos utilizados, la resistencia de la subrasante (CBR), el número de ciclos de carga, las presiones a las que fueron sometidas y a los espesores de la capa base.

El valor de RRR permitió cuantificar la resistencia a la reducción de asentamientos de un pavimento reforzado con geosintéticos, de todas las investigaciones la mínima relación fue de 0.45 la cual pertenece a la primera investigación.

De la revisión bibliográfica se pudo identificar que la reducción de los asentamientos se debe principalmente a que la capa reforzada soporta mayor número de cargas de ciclo, lo cual genera que se transfiera menores tensiones verticales a las capas inferiores, esto resulta en gran beneficio a largo plazo para estas capas incrementando su tiempo de vida útil. Además, de que su desempeño como refuerzo depende de sus características en especial su rigidez, su abertura, la cual hace que las capas tengan una mejor redistribución de carga, en un área más amplia y de manera uniforme. Y por último su posición, el cual adquiere mayor beneficio al ser ubicado en el interfaz de la capa base/subrasante según las investigaciones presentadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- American association of state highway and transportati officials. (2004). AASHTO guide for desig of pavement structures. *Proceedings of the International Conference on Sustainable Waste Management and Recycling: Construction Demolition Waste*, pp. 63–70.
- Bathurst, R. J. (n.d.). Clasificación de los Geosintéticos. *IGS*, 2. Retrieved from <https://www.geosyntheticssociety.org/wp-content/plugins/resources/documents/Classification/Espanol.pdf>
- Collin J.G., K. T. C. and X. F. (1996). FULL SCALE HIGHWAY LOAD TEST OF FLEXIBLE PAVEMENT SYSTEMS WITH GEOGRID REINFORCED BASE COURSES. *Industrial Fabrics Association International*, 3(2), 1–13.
- Fiorini García, A. R. (2007). *Aplicación de geosintéticos en la construcción de carreteras*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Godinho Gonçalves, M. M. N. (n.d.). The use of geomaterials reinforcement techniques in road pavements subgrade. *Tecnico Lisboa*, 1–9.
- Imjai, T., Pilakoutas, K., & Guadagnini, M. (2019). Performance of geosynthetic-reinforced flexible pavements in full-scale field trials. *ScienceDirect*, 47(2), 217–229. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2018.12.012>
- Kari Benites, M., & Olortegui Herrer, J. R. (2019). *Propuesta de diseño de pavimento flexible reforzado con Geomalla en la interfaz subrasante - subbase utilizando la metodología Giroud – Han , para mejorar el tramo de la carretera ( vía )*. 30. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10757/626363>
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2013). Manual de Carreteras - Conservación Vial. In *Diario El Peruano*.
- Montanelli, F., Zhao, A., & Rimoldi, P. (1997). Geosynthetic-reinforced pavement system: testing and design. *Geosynthetics '97. Proc. Conference, Long Beach, 1997. Vol.2*, 619–632.
- Rajagopal, K., Chandramouli, S., Parayil, A., & Iniyan, K. (2014). Studies on geosynthetic-reinforced road pavement structures. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 8(3), 287–298. <https://doi.org/10.1179/1939787914Y.0000000042>
- Sicha Flores, G. G. (2018). Diseño con geosintéticos para la función de separación, filtrción y refuerzo en pavimentos flexibles (Pontifica Universidad Católica del Perú). <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- TENSAR. (2016). Geomalla TENSAR® TriAx® (TX). *TENSAR*, 8. Retrieved from <http://www.tdmcolombia.co/pdf/geomalla-tensar-tdm-colombia.pdf>
- Vijayasimhan Sivapriya, S., & Ganesh-Kumar, S. (2019). Functional and cost- benefits of geosynthetics as subgrade reinforcement in the design of flexible pavement. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(51), 39–49. <https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n51.2019.9082>
- Vila Ormeño, C. A., & Tamayo Pereir, R. (2011). *Distribución de productos geosintéticos en el Perú* (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10757/620784>
- Webster, S. L. (1992). *Geogrid Reinforce Base Courses for Flexible Pavements for Light Aircraft: Test Section Construction, Behavior Under Traffic, Laboratory Tests and Design Criteria*.
- Zornberg, J. G. (2012). Geosynthetic-reinforced Pavement Systems. *Fifth European Geosynthetics Conference, EuroGeo5*, 49–61. Retrieved from [www.eurogeo5.org](http://www.eurogeo5.org)