



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**USO DE GEOMALLAS Y SU IMPORTANCIA EN LA
CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS EN LA PROVINCIA
DE PISCO, 2017**

PRESENTADO POR:

SARMIENTO MORALES, JESÚS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ICA - PERÚ

2017

DEDICATORIA:

Esta tesis en primer lugar la dedico a Dios por guiarme en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO:

A mis padres, quienes con su esfuerzo y dedicación contribuyeron en mi formación profesional.

RECONOCIMIENTO:

A mis profesores, a las autoridades de la Universidad "Alas Peruanas" filial Ica, en especial a la Escuela profesional de Ingeniería civil.

ÍNDICE

CARATULA	i
DEDICATORIA:.....	ii
AGRADECIMIENTO:.....	iii
RECONOCIMIENTO:.....	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	xi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	13
1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.2.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	15
1.2.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	15
1.3 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.3.1 PROBLEMA GENERAL.....	15
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.4.1 OBJETIVO GENERAL:.....	16
1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	16
1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL	16
1.5.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	16
1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:.....	17
1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ..	19
1.6.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	21
2.2	BASES TEÓRICAS.....	23
2.2.1	MARCO HISTÓRICO	23
2.2.2	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	26
2.2.3	CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (MÉTODO AASHTO).....	39
2.2.4	GEOMALLAS COMO REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	49
2.2.5	ANÁLISIS SOCIODEMOGRÁFICOS DE LA PROVINCIA DE PISCO 99	
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	106

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS107

3.1	ANÁLISIS DE TABLAS Y GRÁFICOS	107
3.1.1	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	117
3.2	CONCLUSIONES.....	119
3.3	RECOMENDACIONES	120
3.4	FUENTES DE INFORMACIÓN	122
3.5	ANEXOS	124
3.5.1	ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	124
3.5.2	ANEXO 02: INSTRUMENTOS.....	125
3.5.3	ANEXO 03: LISTA DE PROFESIONALES ENCUESTADOS.....	127
3.5.4	ANEXO 04: MAPA DE VÍAS DE LA PROVINCIA DE PISCO.....	128
3.5.1	ANEXO 05: PANEL FOTOGRÁFICO	130

RESUMEN

USO DE GEOMALLAS Y SU IMPORTANCIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS EN LA PROVINCIA DE PISCO, 2017.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la importancia del uso de Geomallas en la construcción de pavimentos en la provincia de Pisco, 2017.

El estudio de la importancia del uso de geosintéticos, en específico el uso de Geomallas, que se planteó realizar en la presente tesis, sirve de base para contribuir a desarrollar conocimientos en la ejecución de obras de pavimentación, de tal manera que éste, no solo permita identificar los impactos ambientales y financieros desde la fase de estudios, planificación y preparación de un proyecto. Sino también permita conocer las propiedades de las geomallas disponibles en el mercado, para ello se hizo una clasificación de las mismas, se mostraron sus aplicaciones típicas y los beneficios que estos permiten lograr dentro de la estructura de un pavimento flexible asfáltico.

Uno de los campos de aplicación que ha tenido un mayor grado de desarrollo en la ingeniería vial, es el uso de los geosintéticos en obras tales como construcción y la rehabilitación de pavimentos. Las aplicaciones de geomallas constituyen una innovadora solución estructural desde un punto de vista técnico.

Estos sistemas están diseñados para trabajar como un compuesto estructural suelo-geomalla y/o carpeta asfáltica - geomalla que al actuar en forma conjunta generan una estructura más estable; por ello, es de suma importancia el correcto conocimiento sobre las propiedades de este tipo de materiales, de su aplicación, instalación, beneficios, funciones a desempeñar, brindando de esta forma ahorros sustanciales en la ejecución y/o el mantenimiento de las obras viales que se ejecuten en nuestro país.

El diseño de la investigación pertenece a una investigación prospectiva, no experimental de corte transversal. La investigación se inicia de manera exploratoria de cada uno de los procesos que abarca el uso de las Geomallas en la construcción de pavimentos flexibles. La investigación considera una muestra no probabilística por conveniencia y quedó conformado por 30 especialistas.

Para realizar la recolección de datos, que contribuya al tema de investigación se empleó un cuestionario que constan de 10 ítems los que fueron aplicados a 30 Ingenieros civiles.

La valoración de la utilización de Geomallas en la provincia de Pisco se ve limitada en unción al refuerzo, confinamiento y la separación de capas.

PALABRAS CLAVES:

Geomallas, pavimentos, construcción.

ABSTRACT

IMPORTANCE OF THE USE OF GEOGRID IN THE CONSTRUCTION OF PAVEMENTS IN THE PROVINCE OF PISCO, 2017.

The present research had as objective to evaluate the importance of the use of Geomallas in the construction of pavements in the province of Pisco, 2017.

The study of the importance of the use of geosynthetics, specifically the use of Geomallas, which was proposed in this thesis, serves as a basis to contribute to the development of knowledge, through a model of environmental management and financial management in the execution area of paving works, so that it not only allows the identification of environmental and financial impacts from the study, planning and preparation phase of a project. But also allows to know the properties of the geogrids available in the market at the moment, for it was made a classification of the same, showed their typical applications and the benefits that these allow to achieve within the structure of a pavement asphaltic.

One of the fields of application that has had a greater degree of development in road engineering is the use of geosynthetics in works such as construction and the rehabilitation of pavements. The geogrid applications are an innovative structural solution from a technical point of view, with good support from our engineering department and supported by multiple applications worldwide and nationally in all fields of construction.

These systems are designed to work as a structural composite soil-geogrid and / or asphalt-geogrid folder that together act to generate a more stable structure; For this reason, the correct knowledge about the properties of this type of materials, their application, installation, benefits, functions are essential, thus providing substantial savings in the execution and / or maintenance of road works that are implemented in our country.

The design of the research belongs to a prospective, non-experimental cross-sectional investigation. The investigation begins in an exploratory way of each one of the processes that includes the use of Geogrids in the construction of flexible pavements. The research considers a non-probabilistic sample for convenience and was conformed by 30 specialists.

To perform the data collection, which contributes to the research topic was used a questionnaire consisting of 10 items which were applied to 30 civil engineers.

The valuation of the use of Geogrids in the province of Pisco is limited in unction to the reinforcement, confinement and the separation of layers.

KEYWORDS:

Geogrids, pavements, construction.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Pisco, se encuentra en continuo desarrollo económico y social, por lo que el sistema de redes viales es de vital importancia, no sólo facilitan la comercialización y transporte; también permite proveer acceso a los servicios que responden a una demanda efectiva de la comunidad. No obstante, la selección de tecnologías y materiales apropiados durante la construcción de proyectos de pavimentación pueden ser las claves de un correcto mantenimiento y, por tanto, de la durabilidad y sostenibilidad de la infraestructura, generando un mejor nivel de vida del poblador beneficiado.

La mayor parte de la red vial de la provincia de Pisco, no está preparada para soportar la carga vial a la que es sometida, por lo que es necesario implementar una red mucho más eficiente, durable y económica, que sea capaz de soportar las cargas, volúmenes de tráfico y contrarrestar factores de deterioros externos.

Por lo que el uso de geomallas en las obras de pavimentación ha tenido un mayor grado de aplicación en la ingeniería vial, ya que estas tienen impactos financieros – ambientales fuertemente positivos, pues minimizan los espesores de movimiento de tierra, y, sobre todo, aumenta el tiempo de vida útil del pavimento.

De esta manera, las geomallas son utilizadas en las carreteras en tres aplicaciones principales. La primera es el refuerzo del pavimento flexible mediante la restricción del desplazamiento, mejora de la capacidad portante, efecto de la membrana tensionada y el control de agrietamientos; la segunda, es el confinamiento y la tercera es la separación de capas en el pavimento asfáltico. Sin duda, la geomalla brinda beneficios que hasta hace una década era improbable pensar en que sólo un material nos permitiría conseguir todos estos beneficios, pues para lograrlo era necesario el uso de diversos materiales, sin que los resultados fuese totalmente satisfactoria.

Por último, debemos tener en cuenta que este novedoso material geosintético nos ofrece una solución práctica y económicamente atractiva, ya que tiene una amplia capacidad de lograr una reducción en el impacto ambiental, como ya lo mencionamos anteriormente; sin embargo, no mencionamos cuáles son los principales aspectos que justifican el uso de un material tan altamente desarrollado. De esta manera, podemos decir que el uso de geomallas en las carreteras permite que sean más eficientes, durables; y permite la reducción en el uso agregado natural, la reducción en los volúmenes de excavación, la reducción en el número de camiones y de energía que se requiere para la compactación, la reducción de problemas de asentamiento de la superficie y el temprano deterioro de los pavimentos de carreteras.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la provincia de Pisco, la mayoría de los pavimentos existentes ya cumplieron su periodo de vida o se han deteriorado, esto debido a diversos factores tales como el aumento de tráfico, deficiencias en los procesos constructivos, diseños inadecuados, mala calidad y dosificación de materiales; mala evaluación de la subrasante, factores ambientales (nivel freático, inundaciones, lluvias y sales), deficiente mantenimiento y falta de conservación. Por lo que no está preparada para soportar las cargas viales dinámicas a la que es sometida debido a la locomoción de los vehículos, cargas que excitan la aparición de grietas, que, junto con el agua, aceleran el proceso de deterioro del pavimento flexible.

La coexistencia de grietas impide la transmisión de los esfuerzos colaterales provocados por la tarea del tráfico, reduciendo las participaciones mecánicas de las capas que la consienten. Para pretender retrasar este anómalo, se han empleado carpetas asfálticas con grandes espesores, lo cual simboliza una medida anti económica, y de poco conocimiento, ya que la transmisión de esfuerzos cortantes entre ambas capas es imperceptible, producido primariamente por una interrupción entre estas, que en ciertos casos puede estimular hasta huidas entre la capa superior e inferior, al mismo tiempo de originar una elevada altura en la carretera y reduciendo el área de rodadura.

Con un sistema de refuerzo lo que se busca es lograr un aumento en la durabilidad de la estructura del pavimento y en el servicio de transporte de todo el conjunto. La utilización de la geomalla surge como solución práctica en los años ochenta en Estados Unidos de Norte América.

Las geomallas pueden ser flexibles de hilos de poliéster, nylon o bien fibra de vidrio de alta densidad, elaborados con polietileno de alta densidad y polipropileno, formadas por una red regular de elementos tensiles de tracción acoplados en forma completa, con aberturas, uniones y costillas lo suficientemente grandes como para permitir una traba mecánica importante entre el suelo, el material y agregados circundantes, funcionando como refuerzo, agregando resistencia a las deformaciones, aumentando la capacidad de soporte a las capas que conforman la estructura del pavimento flexible y permite una alta interacción con el agregado que compone la mezcla, lo cual aumenta la resistencia a la tensión en la capa asfáltica, incrementando así la resistencia al reflejo de los agrietamientos, con lo cual se reducen los costos de mantenimiento y se aumenta la vida útil.

La red vial de Pisco sufre un constante deterioro, causado por el incremento en el parque vehicular, así como por el aumento de las cargas que soporta la estructura del pavimento, debido a que ésta, cuenta con un rango inferior de resistencia a carga vehicular comparado con otras provincias y se encuentran con suelos de baja capacidad portante, los cuales necesitan de excavaciones muy profundas y volúmenes considerables de suelo de relleno; siendo las geomallas son una solución adecuada puesto que permiten, además de distribuir uniformemente las cargas, reducir grandes masas de excavación de material de suelo malo.

Por tal motivo, es necesario proponer una solución práctica para poder construir vías más resistentes y eficientes, prolongando así, la vida útil de las mismas sin que esto simbolice complicaciones en el proceso constructivo o procedimientos más largos con costos excesivos.

Como una alternativa, en el diseño de pavimentos flexibles se encuentra la geomalla, utilizada recientemente en proyectos de ingeniería, pero sobre todo de infraestructura vial como refuerzo de la estructura del pavimento flexible, reduciendo espesores de las capas, prolongando la vida útil de la misma y logrando un pavimento más eficiente.

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La investigación se lleva a cabo en la provincia de Pisco.



1.2.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

El tiempo en que se llevó a cabo esta investigación fue durante el año 2016 - 2017.

1.3 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida el uso de Geomallas es importante en la construcción de pavimentos en la provincia de Pisco, 2017?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Determinar la medida en que el uso de Geomallas es importante en la construcción e pavimentos en la provincia de Pisco, 2017.

1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

Si se usa Geomallas entonces será de gran importancia en la construcción de pavimentos en la provincia de Pisco, 2017

1.5.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Operacionalización de la Variable (X): GEOMALLAS

VARIABLE 1	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
GEOMALLAS	REFUERZO	Restricción del desplazamiento lateral	ALTA MEDIA BAJA
		Mejora de la calidad de soporte	
		Efecto de la membrana tensionada	
		controlar del agrietamiento en la carpeta asfáltica	
	CONFINAMIENTO	Refuerzo de las estructuras granulares	
		Refuerzo de confinamiento	
	SEPARACIÓN DE CAPAS	Características iniciales	
		Falla de deformación	

1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

a) TIPO DE INVESTIGACIÓN

En general el estudio realizado es de tipo, aplicada ya que se tomará el conocimiento existente y se investigará en una realidad concreta.

b) NIVEL DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo y correlacional que pertenecen a los niveles II y III. Sánchez (1996).

La presente investigación se llevó a cabo en dos niveles:

A nivel descriptivo, porque se busca describir y analizar cada una de las variables (describir la importancia de las Geomallas y construcción de pavimentos).

A nivel correlacional, dado que las variables presentan relaciones entre ellas, por lo que busca establecer cuáles son estas y como los cambios en una se asocian con la otra). Es decir, asociar la aplicación de Geomallas y la construcción de pavimentos.

1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

a) MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se inicia de manera exploratoria de cada uno de los procesos que abarca el ciclo de vida de la construcción para poder analizar los aspectos técnicos y poder establecer la metodología del uso Geomallas.

b) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación pertenece a una investigación prospectiva, no experimental de corte transversal, porque son estudios que se realizan sin manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. Decimos que nuestra investigación es transversal porque recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único y es prospectiva porque se recogerán los datos de hechos a partir del inicio de la presente investigación. En esta investigación se observará y describirá las opiniones de los especialistas en la temática en la ciudad de Pisco.

1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

a) POBLACIÓN

Según Hernández, Fernández y Baptista (2006: 235), *“la población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (...). Las poblaciones deben situarse claramente en torno a sus características de contenido, de lugar y en el tiempo”*.

La población objeto de la presente investigación estuvo compuesta por 30 especialistas en las construcciones de pavimentos entre ellos serán los Ingenieros civiles, Ingenieros ambientales y Arquitectos.

b) MUESTRA

La investigación considera una muestra tipo censal; es decir se seleccionó la muestra con la totalidad de la población y quienes presentan las características de la investigación, quedó conformado por 30 especialistas mencionados en la población de estudio.

1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

a) TÉCNICAS

- Datos Bibliográficos

(Libros, artículos científicos, experiencia profesional)

i) La identificación de los aspectos generales en las obras de construcción de pavimentos con la aplicación de Geomallas con el fin de evaluar sus características, en el ámbito de la provincia de Pisco. Con esta identificación y evaluación se plantea reconocer medidas a partir de las cuales, se podrán controlar y aplicar los mismos.

- Datos estadísticos: Es la obtención de la información producida por los especialistas relacionados a la aplicación de Geomallas, así como del reporte de los diarios locales referentes a estos mecanismos.

b) INSTRUMENTOS

Para realizar la recolección de datos, que contribuya al tema de investigación se empleó un cuestionario (sondeo de opiniones, ver anexo 02). Para dicho estudio se tomará una muestra conformada por 30 especialistas en la construcción en el distrito de Pisco para identificar las dificultades internas que los trabajadores enfrentan en los procesos constructivos de pavimentos.

- Los instrumentos constan de 10 ítems distribuidos en la primera variable y segunda variable respectivamente.

- Las tablas de procesamiento de datos para tabular, y procesar los resultados de las encuestas a los asociados de la muestra.

- Las fichas bibliográficas, para registrar la indagación de bases teóricas del estudio.

- El informe de juicio de expertos, aplicado a especialistas en construcción.

1.6.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

a) JUSTIFICACIÓN:

El estudio de la importancia del uso de geosintéticos, en específico el uso de Geomallas, que se planteó realizar en la presente tesis, sirve de base para contribuir a desarrollar conocimientos en la ejecución de obras de pavimentación, de tal manera que éste, no solo permita identificar los impactos ambientales y financieros desde la fase de estudios, planificación y preparación de un proyecto. Sino también permita conocer las propiedades de las geomallas disponibles en el mercado. Estableciendo procedimientos para realizar el seguimiento durante el proceso constructivo, donde se incorporen programas y guías; con la finalidad de que fomente el uso de las geomallas y se reduzcan los costos de mantenimiento logrando el aumento de la vida útil mediante el uso de Geomallas, con el consiguiente ahorro económico y mínimas interrupciones en las vías.

b) IMPORTANCIA

Mediante esta investigación se pueden establecer estrategias y mecanismos adecuados para que los pavimentos sean construidos con geomallas y así contribuir con el mayor tiempo de vida de los pavimentos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Orrego (2014). Análisis técnico – económico del uso de Geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles.

El presente trabajo consiste en el análisis del uso de geosintéticos, en específico las Geomallas, como refuerzo de bases granulares dentro de una estructura de pavimento flexible. Lo que se busca es determinar si son una alternativa económicamente viable sin disminuir la capacidad estructural de la vía proyectada en el proyecto analizado. Con este propósito se realizó un diseño de tres alternativas bajo los mismos parámetros de diseño: la primera alternativa es una sección convencional o no reforzada; mientras que las dos alternativas adicionales consisten en secciones reforzadas con Geomallas biaxiales y multiaxiales respectivamente.

Para poder obtener un diseño alternativo óptimo es necesario conocer las propiedades de las geomallas disponibles en el mercado actualmente, para ello se hizo una clasificación de las mismas y se mostraron sus aplicaciones típicas. Así mismo, se describieron los mecanismos de refuerzo relacionados con el uso de geomallas dentro de estructuras de pavimento y los beneficios que estos permiten lograr.

Luego, se hizo una recopilación de las metodologías de diseño que se utilizaron para el caso de estudio presentado y las investigaciones que permitieron obtener los factores necesarios para realizar el diseño de las secciones reforzadas con geomallas.

Con esta información como base se procedió al diseño de las estructuras de pavimentos para nueve diferentes secciones. Esto permitió hacer un análisis más completo de los diferentes factores que influyen en el resultado final

obtenido con el uso de las Geomallas como refuerzo; así como encontrar las condiciones óptimas donde esta alternativa es económica y técnicamente mejor.

Por último, se muestra un modelo de especificación técnica, de acuerdo a los lineamientos de las especificaciones generales presentadas por el MTC, que puede servir como punto de partida para su inclusión dentro de los productos a usarse dentro de los proyectos nacionales bajo su gestión.

Caballero (2006). Utilización de la Geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible

Esta investigación tuvo como objetivo conocer las ventajas del uso de las geomallas y de la aplicación técnica de la misma como alternativa para el refuerzo de la estructura del pavimento flexible, en la red vial de Guatemala. La mayor parte de la red vial de Guatemala, por su estructura física no está preparada para soportar la carga vial a la que está siendo sometida, y debido a esto es que sufre deterioros constantes, por lo que es necesario implementar una red mucho más eficiente, resistente y segura que sea capaz de soportar las cargas y volúmenes de tráfico que se tienen en la actualidad.

La utilización de la geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible, es un método moderno que se está utilizando a nivel mundial para reducir espesores de las capas, prolongando la vida útil del pavimento, logrando vías de comunicación más eficientes y duraderas.

Se describen los criterios a considerar para el diseño de estructuras de pavimentos flexibles utilizando la geomalla bi-axial como refuerzo y los diferentes tipos de geomallas disponibles en el mercado con sus distintas aplicaciones.

Tapia y col (2006). Diseño de un pavimento utilizando Geomallas en tramo de la carretera bajada de Chanduy – Aguas Verdes – Pocito

El presente trabajo se realiza el diseño de un tramo de la carretera Bajada de Chanduy – Aguas verdes – Pocito, utilizando Geomallas que es un

geosintético que mejora la capacidad estructural de un pavimento. El tramo comprendido desde la abscisa 2+90 hasta la abscisa 3+600 de esta carretera presenta baja capacidad de soporte por lo que se hace necesario el uso de este material. Se muestra en primer lugar la metodología de diseño por el método AASHTO comparando los espesores de cada pavimento con respecto a los que resulten de la metodología de diseño utilizando la geomalla. Con esto se pretende comprobar las ventajas que ofrecen las Geomallas referente a cantidades de material, transporte y tiempo de construcción de una obra, que se traducen en menor costo en comparación con el método de diseño tradicional.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 MARCO HISTÓRICO

A lo largo de la historia, se ha confirmado que, desde la antigüedad, se ha intentado aumentar la capacidad soporte de los suelos blandos y uno de los tantos métodos pensados para lograr tal objetivo fue la incorporación de algún tipo de elemento dentro del suelo para mejorar sus propiedades mecánicas.

Es así como podemos encontrar intentos de “suelo reforzado” desde los inicios de la civilización. Los babilonios manipularon las ramas de palmera entrelazadas con el fin de retener el material durante la construcción de sus obras verticales y de forma similar, en la Muralla China, se usaron ramas de plantas, entre ellas palmeras, para reforzar la arcilla y la arena en algunas partes o secciones; existen pruebas del uso de troncos con el fin de estabilizar suelos arcillosos o pantanosos, o intentos por edificar taludes con una mayor pendiente usando fibras naturales o vegetación como refuerzo. Lo anterior permitió evidenciar con hechos que por medio del confinamiento lateral de los materiales se lograba suministrar resistencia de los mismos a la tracción. En otros casos, las culturas antiguas colocaban troncos de madera en forma perpendicular, lo cual es considerado como el principio de los geosintéticos conocidos en la actualidad como geo celdas y geomallas, siendo su función

principal la de brindar el confinamiento lateral y la resistencia a tracción en suelos.

Sin embargo, el desarrollo de fibras sintéticas hizo posible un mayor progreso de esta aplicación ya que brindaban una ventaja muy importante: las fibras naturales manipuladas eran propensas a la biodegradación por parte de la matriz donde se encontraba mientras que las fibras fabricadas en base a polímeros presentaban una resistencia mucho mayor.

Bien sabemos que, un suelo adecuadamente compactado, presenta generalmente buena resistencia a la compresión, pero no a la tracción. La técnica de Refuerzo de Suelos consiste, básicamente, en intercalar capas de materiales resistentes a la tracción en una masa de suelo, para obtener un material compuesto más estable.

A mediados de mil ochocientos se desarrollan los primitivos polímeros sintéticos. Un polímero es una macromolécula (generalmente orgánica) formada por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros. Los polímeros naturales más conocidos son el ADN, las proteínas y la celulosa. A partir de estas se desarrollan polímeros sintéticos en laboratorios; dentro de los más usados actualmente podemos mencionar el nylon, el poliestireno, el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno, etc.

El uso de estos materiales permitió la creación de una nueva clase de materiales: los geosintéticos. La norma ASTM D4439 define un geosintéticos como “un material planar fabricado a partir de materiales poliméricos usado en unión con el suelo, roca, tierra u otro material relacionado con la ingeniería geotécnico y que es parte de un proyecto realizado por el hombre”.

La estructura, la composición y el comportamiento molecular de los polímeros utilizados para formar este material tienen una influencia directa en sus propiedades físicas, mecánicas, hidráulicas, y en su comportamiento. Los primeros materiales en desarrollarse fueron los geotextiles, un conjunto de

textiles desarrollados como “telas filtrantes”. Estos alcanzaron gran popularidad durante los años 1950s ya que se empezaron a utilizar como una alternativa al uso de material granular en aplicaciones de drenaje y control de erosión. Años después, en Francia, se dan los primeros intentos del uso de geosintéticos en vías no pavimentadas, debajo de balastos (ferrocarriles), dentro de terraplenes y como refuerzo de presas de tierra; en estos casos se buscaba que el material cumpla las funciones de separación y refuerzo.

Existe una gran diversidad de geomallas de acuerdo con su proceso de fabricación, el material del que están hechas, el tipo de unión con el que se fabrican, etc. Cada una de estas tiene diferentes propiedades y beneficios de acuerdo a la aplicación en las que se use.

En el año 1979, el Dr. Brian Mercer, junto con otros, publicó la patente de este nuevo material e impulsó su uso como refuerzo de suelos en diferentes aplicaciones. Asimismo, buscó la participación de universidades y entidades en el Reino Unido a través de la investigación; buscando desarrollar soluciones aplicadas a la ingeniería civil que permitan la utilización de estos materiales.

Las investigaciones realizadas concluyeron que se pueden lograr soluciones sencillas, confiables y muy rentables con el uso de estos materiales, en comparación con soluciones tradicionales. Por lo que alcanzan una gran popularidad rápidamente y actualmente son un material utilizado en una gran cantidad de obras alrededor del mundo.

En este caso, las geomallas de las que se tratarán en el presente trabajo tienen su origen en la empresa CIDELSA, es una empresa peruana con presencia activa desde hace 50 años atendiendo a los sectores de minería, petróleo, construcción, agricultura, industrias diversas, y organismos gubernamentales, cubriendo grandes proyectos de infraestructura y arquitectónicos.

2.2.2 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y SUS CARACTERÍSTICAS

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas vehiculares provocadas por el tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe de funcionar eficientemente, además de ser cómoda para el usuario. La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico derivado de un diseño, ya que cuando se determinan los espesores de las capas, el objetivo es darle el espesor mínimo aceptable que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior.

La resistencia de las diferentes capas no sólo dependerá del material que las constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo, siendo dos factores importantes la compactación y la humedad.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida útil de entre diez y quince años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento constante para poder cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente, de la sub rasante, la sub base, la base, y la carpeta de rodadura o carpeta asfáltica.

2.2.2.1 Sub rasante

I. Definición

La sub-rasante es la capa de terreno natural de una carretera, que soporta la estructura del pavimento, se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño correspondiente al tránsito previsto. De su capacidad soporte depende el espesor que debe de tener toda la estructura del pavimento. Es considerada como la cimentación del pavimento.

II. Características principales de la subrasante

La principal función de la sub-rasante, es soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas de tránsito provenientes de las capas superiores del pavimento, de manera que el terreno natural sea capaz de soportarlas.

Si el terreno de la sub rasante es malo, por ejemplo: Tiene un alto contenido de materia orgánica, constituido por materias vegetales parcialmente carbonizadas o fangosas, generalmente de una textura fibrosa, de color café oscuro o negro, y/o basuras o impurezas que puedan ser perjudiciales para la cimentación de las estructuras del pavimento, debe de desecharse este material y sustituirse por otro de mejor calidad.

De igual manera si el terreno de la sub rasante está formado por un suelo fino, limoso o arcilloso, susceptible de saturación, deberá de colocarse una capa de sub base de material granular seleccionado antes de proceder con el tendido de las capas superiores.

Si el terreno está formado por un suelo bien graduado que no ofrezca peligro de saturación, o bien formado por un material de granulometría gruesa, existe la posibilidad que no se requiera de una capa de sub base.

Por último, si el terreno tiene un valor soporte elevado y no existe la posibilidad de saturación de agua, no existiría la necesidad de conformar una estructura de pavimento como tal, omitiendo la colocación de la sub base y la base, colocando únicamente la carpeta de rodadura.

Ya que la sub rasante es considerada como la cimentación del pavimento, una mejor calidad de materiales con los que se cuente en esta capa, ayudará a la reducción de las capas de la estructura del

pavimento, logrando así un ahorro en los costos de construcción sin disminuir la calidad y vida útil de la misma.

III. Materiales adecuados para subrasante mejorada

En los casos en que se haga un vaciado y se trabaje una sub-rasante mejorada, los materiales adecuados son suelos de preferencia granulares con menos de tres por ciento de hinchamiento de acuerdo con el ensayo AASHTO T 193 (CBR), que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentran en el tramo o sección que se esté trabajando y que, además, no sean inadecuados para sub rasante, de acuerdo a lo indicado anteriormente.

En las áreas en que se necesita reacondicionar la sub-rasante, se debe de proceder a escarificar el suelo hasta una profundidad de 200 milímetros.

La sub-rasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con un contenido de humedad dentro de, más menos, tres por ciento de la humedad óptima, hasta lograr noventa y cinco por ciento de compactación respecto a la densidad máxima, según el método AASHTO T-180 (Proctor modificado).

Los materiales a estabilizar deben ser los existentes en la sub-rasante, y no deben de contener partículas mayores de 70 milímetros, materias vegetales, o basura.

Los materiales a utilizar para la estabilización de la sub-rasante pueden ser, cal hidratada, cal viva, granza de cal, lechada de cal o compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos, cemento y otros materiales procedentes de préstamo¹.

¹ Dirección General de Caminos, Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes.

El agua a usar en las operaciones debe de ser clara, libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia vegetal y demás sustancias que afecten el desempeño de la sub-rasante.

2.2.2.2 Sub base

I. Definición de sub base

La sub-base es la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que la sub rasante las pueda soportar.

II. Características principales de la capa de sub base

La capa de sub-base controla la ascensión capilar del agua proveniente de los niveles freáticos cercanos, o bien de otras fuentes, protegiendo así, el pavimento contra los hinchamientos que se puedan producir.

En países en donde existen épocas de helada, este hinchamiento se produce por el congelamiento del agua capilar, fenómeno que se observa especialmente en suelos limosos donde la ascensión del agua es considerable.

Controla y elimina en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener la materia de la sub-rasante, además de funcionar como una capa de drenaje para la estructura del pavimento.

La sub-base puede tener un espesor compactado variable por tramos, de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso dicho espesor compactado puede ser menor de cien milímetros ni mayor de setecientos milímetros.

III. Materiales adecuados para la capa sub base

La capa de sub-base puede estar constituida por materiales de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que deba tener mayor capacidad soporte que el terreno de la sub-rasante. Estos pueden ser, arena, grava, granzón o residuos del material de cantera.

En algunos casos es posible emplear para la sub-base el material de la sub-rasante, mezclado con cemento.

Los materiales que forman la capa de sub-base, deben tener un límite líquido inferior a treinta y cinco por ciento y su índice plástico no mayor de seis por ciento.

Ya que la función principal de la sub-base es servir como capa de drenaje, el material e emplearse debe de ser granular, y la cantidad de material fino, en este caso limo y arcilla, que pase por el tamiz número doscientos, no debe de ser mayor del ocho por ciento.

El tamaño máximo de las piedras que contenga el material de sub-base, no debe exceder setenta milímetros, ni exceder de la mitad del espesor de la capa. El material de sub-base, no debe tener más del cincuenta por ciento en peso, de partículas que pasen el tamiz 0.425 mm, ni más del veinticinco por ciento en peso, de partículas que pasen el tamiz 0.075 mm.²

La porción que pasa por el tamiz 0.425 mm, no debe tener un índice de plasticidad AASHTO T-90, mayor de seis ni un límite líquido, AASHTO t-89, mayor de veinticinco, determinados ambos, sobre una muestra preparada en húmedo, AASHTO, T-146.

Cuando existan varios bancos de materiales como alternativas para el uso del mismo como material de sub-base, dentro de las condiciones normales de acarreo, se debe utilizar el material que

² Dirección General de Caminos, Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes

tenga un mayor valor soporte, menor porcentaje que pase por el Tamiz 0.0075 mm, menor índice de plasticidad y mayor equivalente de arena, para así garantizar la calidad de la capa de sub-base.

IV. Colocación y tendido

El material puede ser colocado en pilas por medio de camiones de volteo, formando camellones, sobre la sub-rasante, previamente preparada y acondicionada. Este debe ser tendido en capas no mayores de trescientos milímetros ni menores de cien milímetros.

Si el espesor de la sub-base requerida, es mayor de trescientos milímetros, el material debe de ser colocado en dos o más capas, nunca menores de cien milímetros, no permitiéndose la colocación de la capa siguiente, antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior.

El material suelto de sub-base colocado, debe corresponder en cantidad, al espesor de la capa a tender en el ancho total establecido en la sección típica de pavimentación, tomando en cuenta la reducción de volumen debido a la compactación. La distancia máxima que puede ser colocado el material de sub-base, medida desde el extremo anterior cubierto con la base, no debe ser mayor de dos kilómetros.

Después de haberse colocado y tendido el material, cuando no se use maquinaria especial esparcidora y conformadora, debe procederse a su homogenización, mezclando el material en todo su espesor mediante la utilización de equipo apropiado, pudiéndose efectuar con motoniveladora o por otro método que produzca una mezcla homogénea.

El material de sub-base debe esparcirse, homogenizarse y conformarse, agregándole la cantidad de agua necesaria para lograr su compactación, cuya operación puede efectuarse simultáneamente.

Cuando se usa maquinaria especial esparcidora y conformadora, el material debe ser humedecido previamente en la planta de producción del mismo, pudiéndose en este caso, proceder a su compactación inmediata. La capa de sub-base debe conformarse, ajustándose a los alineamientos y secciones típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100 % de densidad máxima, según el método AASHTO T-180 (Proctor modificado).

Esta se debe de efectuar por cada dos mil metros cúbicos de material de sub-base, o cuando haya evidencia de que las características del material han cambiado o se inicie la utilización de un nuevo banco. Cuando el espesor a compactar exceda de trescientos milímetros, el material debe de ser colocado, tendido y compactado en dos o más capas, nunca menores de cien milímetros

Se debe efectuar un ensayo de valor soporte del suelo por cada quinientos metros cúbicos producidos, al iniciar la explotación de cada banco, hasta y llegar a tres mil metros cúbicos, y posteriormente un ensayo por cada tres mil metros cúbicos colocados.

Se debe realizar un ensayo de granulometría, por cada quinientos metros cúbicos de los primeros tres mil producidos al iniciar la explotación de cada banco, seguidamente se debe efectuar un ensayo cada tres mil metros cúbicos colocados de material de sub-base.

Con relación a la compactación se establece una tolerancia del 3% con respecto al porcentaje de compactación especificado, para aceptación de la capa de sub-base. Efectuar un ensayo representativo por cada cuatrocientos metros cuadrados de cada una de las capas que se compacten. La densidad de campo de preferencia no debe de efectuarse a una distancia menor de veinte metros en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se esté controlando.

De preferencia, el control de compactación debe realizarse entre las orillas interiores de hombros, a una distancia mayor de un metro del borde de la sub-base y siguiendo un orden alternado: de derecha, centro e izquierda del eje.

La conformación de la superficie de la sub-base terminada, debe verificarse mediante la utilización de un cordel delgado, atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de estas se coloca directamente sobre trompos de construcción contiguos, transversal y longitudinalmente, verificando con una regla graduada la altura del cordel, no aceptando irregularidades mayores de quince milímetros respecto a la cota de superficie correspondiente de la sub-base.

El valor máximo de deflexión aceptable para la superficie de la capa de sub-base, no debe ser mayor de dos milímetros, respecto a un punto dado, a una distancia no mayor de tres metros, en cualquier dirección, medido con la viga Benkelman.

2.2.2.3 Base

I. Definición de base

La capa de base es la capa encargada de absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos, y de repartirlos uniformemente a las capas de sub-base y sub-rasante.

II. Características principales de la capa base

Las bases pueden ser granulares, formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados para construir una base integrante de un pavimento, o bien estar formadas por mezclas bituminosas o estabilizadas con cemento u otro material ligante.

El material pétreo que se emplee en la base deberá de llenar los siguientes requisitos:

- Resistencia a los cambios de temperatura y humedad.
- Carecer de cambios de volúmenes perjudiciales
- Un porcentaje de desgaste inferior a cincuenta, de acuerdo al ensayo de la máquina de los ángeles.
- La fracción del material que pase por el tamiz cuarenta, debe de tener un límite líquido menor del veinticinco por ciento y un índice plástico inferior a seis.
- Un CBR superior a 70 %, cuando se cumple el 95 % de la densidad máxima sea obtenida del ensayo AASHTO T- 180 (Proctor modificado).

III. Materiales adecuados para la capa base

El material de base granular consistente preferiblemente de piedra o grava clasificada sin triturar, o bien producto de una trituración parcial, cuando sea necesario, para cumplir con los requisitos de graduación, combinado con arena y material de relleno para formar una capa de base que llene los siguientes requisitos.

Debe de tener un CBR de setenta, ejecutado sobre una muestra saturada a noventa y cinco por ciento de compactación y un hinchamiento máximo de cero puntos cinco por ciento.

La porción de agregado retenida en el tamiz número cuatro, no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de cincuenta a quinientas revoluciones.

No más del veinticinco por ciento en peso del material retenido en el tamiz número cuatro, deben de ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces es espesor promedio de las mismas.

Al igual que en las otras capas, el material de base granular, tiene que estar exento de impurezas, tales como, materia vegetal, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas puedan causar fallas en la estructura del pavimento.

IV. Colocación y tendido

El material de base debe depositarse sobre la sub base, previamente preparada y aceptada, ya sea directamente con camión de volteo, tendiéndolo con motoniveladora o por medio de equipo especial que asegura la distribución de una capa de material uniforme, acondicionándolo en un ancho no menor de tres metros.

El espesor de la capa a tender, no debe ser mayor de trescientos milímetros ni menor de cien. Cubriendo distancias no mayores de cuatro kilómetros, medida desde el extremo anterior de la capa terminada.

Después de colocado y tendido el material de base granular, se procede a su homogenización con la humedad adecuada, mezclando el material mediante la utilización de maquinaria y equipo adecuado, por ejemplo, con la motoniveladora.

Previamente a la compactación de la capa de base granular, se debe humedecer adecuadamente el material. Esto se puede efectuar en la planta, antes de ser acarreado y tendido, procediendo en este caso con la compactación inmediata. En el caso en que el material se humedezca después de tendido, debe mezclarse hasta lograr un humedecimiento homogéneo, que permita la compactación del mismo, el riego del agua puede efectuarse simultáneamente al momento de realizar la mezcla del material.

Si los ensayos de valor soporte, abrasión, partículas planas, graduación, plasticidad y equivalente de arena, no llenan los valores especificados, después de verificar en tramos no mayores de

quinientos metros, en más del veinticinco por ciento de los ensayos, se debe de hacer las correcciones necesarias. Se establece una tolerancia del tres por ciento respecto al porcentaje de compactación para la aceptación de la capa de base granular. Efectuando ensayos representativos cada cuatrocientos metros cuadrados de cada una de las capas que se compacten.

Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una distancia menor de veinte metros en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se esté trabajando. De preferencia el control de compactación debe hacerse en la franja de mayor circulación del tránsito para el cual se diseñó, y siguiendo un orden, es decir: alternando de derecha, centro e izquierda del eje.

La conformación de la superficie de la base terminada, debe verificarse mediante la utilización de un cordel delgado, atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de éstas se coloca directamente sobre trompos de construcción contiguos, transversal y longitudinalmente, verificando con una regla graduada la altura del cordel, no aceptando irregularidades mayores de diez milímetros respecto a la cota de superficie correspondiente de la sub-base.

Si en las disposiciones especiales del proyecto, no se establece un valor específico, el valor máximo de deflexión aceptable para la capa de base granular es de uno punto cinco milímetros, a una distancia no mayor de tres metros, en cualquier dirección, realizando una prueba de campo por cada cuatrocientos metros cuadrados de base granular compactada. De preferencia, se hace en la franja de mayor circulación del tránsito previsto, alternando de derecha a izquierda del eje, medido con la viga Benkelman.

2.2.2.4 Carpeta de rodadura

I. Definición de carpeta de rodadura

También conocida como carpeta asfáltica, la carpeta de rodadura es la capa de la estructura del pavimento flexible elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico, que protege la base, impermeabilizando la superficie, evitando de esta manera posibles infiltraciones del agua de lluvia, que podría saturar parcial o totalmente las capas inferiores que conforman la estructura del pavimento flexible. Además de evitar el desgaste y deterioro de la base como consecuencia del tránsito vehicular al cual está sirviendo.

II. características principales de la carpeta de rodadura

El concreto asfáltico es el sistema para construcción de vías, que consiste en la elaboración en planta, en caliente, de una mezcla en proporciones controladas de materiales derivados del petróleo, polvo mineral, cemento asfáltico y aditivos, para obtener un producto uniforme y duradero de alta resistencia que se pueda tender y compactar, en una o varias capas.

III. Materiales adecuados para la carpeta de rodadura

El asfalto de petróleo, es obtenido directamente por refinación del petróleo de base asfáltica. Este material ligante puede ser semisólido o sólido, de color negro, que se vuelve líquido al exponerlo a altas temperaturas. Sus constituyentes principales son betunes. Los betunes son mezclas de hidrocarburos naturales, que pueden ser gaseosos, líquidos, semisólidos o sólidos, todos completamente solubles.

El cemento asfáltico, es un asfalto refinado, o bien una combinación de aceite fluidificante, con una consistencia apropiada para trabajos de pavimentación. El aceite fluidificante es un aceite viscoso, espeso, obtenido como producto de la destilación de productos volátiles

livianos que se encuentran en el petróleo crudo. Se utiliza generalmente para ablandar los asfaltos muy duros.

El asfalto líquido es un cemento asfáltico rebajado mediante la adición de un fluidificante, que cuando se encuentra expuesto a la intemperie, se evapora el fluidificante y queda únicamente el cemento asfáltico, de los cuales existen tres tipos:

- Asfalto líquido de curado rápido (RC – CUT-Backs)
- Asfalto líquido de curado medio (MC – CUT – Backs)
- Asfalto líquido de curado lento (SC – Road Oil)

El alquitrán es un material bituminoso, viscoso o fluido, obtenido como producto de la destilación destructiva de materias orgánicas tales como, carbón, lignito, madera y materia vegetal,

El material pétreo, debe de consistir en piedra o grava, clasificada y triturada, ya sea total o parcialmente, combinada con arena de río y/o polvo de trituración y material de relleno, para lograr un material pétreo de buena calidad.

La mezcla debe ser transportada de la planta al lugar de su colocación preservándola del polvo y la lluvia, evitando la pérdida de temperatura durante el trayecto. Antes de proceder con la colocación de la mezcla, la superficie debe de estar preparada por medio de un riego de liga.

La mezcla transportada debe de colocarse y tenderse con máquina pavimentadora, que permita ajustar espesores y anchos, asegurando su uniformidad en una sola operación, en un ancho no menor de tres metros, y espesores no mayores de quince centímetros por capa, a una temperatura no menor de ciento cuarenta grados centígrados.

Se debe de lograr una compactación del noventa y ocho por ciento, según el método de diseño, procurando completarla antes que la

temperatura de la capa alcance los ochenta y cinco grados centígrados y nunca en capas mayores de quince centímetros

2.2.3 CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (MÉTODO AASHTO)

2.2.3.1 Variables en función del tiempo

Dentro de las consideraciones que deben tomarse en cuenta para el diseño de estructuras de pavimento flexible, es necesario analizar el comportamiento de éstos, debido al tránsito ya que éste, se incrementa conforme el desarrollo tecnológico y el crecimiento demográfico lo que conlleva a un incremento en la cantidad de ejes y cargas que soporta la estructura del pavimento flexible. Por tal motivo es importante la correcta selección de los factores de diseño, así como tener conocimiento sobre el tránsito a servir, clasificación de la carretera, selección de los materiales y procesos de construcción, entre otros. Existen dos variables en función del tiempo a considerar para el diseño de pavimentos flexibles, el período de diseño y la vida útil del pavimento.

i. Período de diseño

El período de diseño para la estructura del pavimento flexible es el tiempo total que cada estrategia de diseño debe cubrir. Este puede ser igual a la vida útil del proyecto, pero en casos en donde se prevén reconstrucciones a lo largo del tiempo, el período de diseño comprende varios períodos de la vida útil del proyecto, el del pavimento original y el de los distintos refuerzos.

ii. Vida útil del pavimento

La vida útil del pavimento es el período de tiempo que transcurre entre la construcción o rehabilitación del pavimento y el momento en que

este alcanza su grado de serviciabilidad mínimo, y deja de ser cómodo y seguro para el usuario.

2.2.3.2 Variables en función del tránsito

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de los vehículos y un número determinado de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes, por lo tanto, para efectos de cálculo los ejes se transforman en un número de ejes equivalentes.

i. Tipo de tránsito a servir

- Para poder realizar el diseño de una estructura de pavimento es necesario conocer el tipo y la cantidad de vehículos que pasen por un punto dado. Para el efecto se realizan estudios de volúmenes de tránsito, que pueden ser obtenidos a partir de censos en el lugar de la futura construcción, o bien mediante censos en lugares próximos.

Es primordial tener muy en cuenta al momento de hacer el diseño, lo siguiente: tránsito medio diario, tránsito medio diario de camiones, la tasa de crecimiento del tránsito, así como la distribución por dirección en cada sentido del camino y si fuese carretera con más de dos vías, la distribución vehicular en cada una de ellas, tomando en cuenta que el tránsito puede variar según el día de la semana, las estaciones, y época del año.

Es importante que, al efectuar una evaluación de tránsito para una carretera determinada, se tome en cuenta la localización geográfica de la misma dentro del complejo de la red vial y áreas que la circundan, con el objeto de visualizar, en la medida de lo posible, los futuros desarrollos de complejos habitacionales, e industriales, por

ejemplo, que contribuirán más adelante con el incremento en el flujo vehicular de la carretera proyectada.

En general se puede decir que el total del flujo vehicular para un tramo dado, es exactamente la mitad para cada dirección del tránsito, sin embargo, es de mayor importancia la diferencia de peso existente entre los vehículos que van en una y otra dirección, como puede ser el caso de una fábrica cercana o un puerto, por ejemplo.

Para lograr tomar en cuenta todas estas diferencias en el volumen y tipo de tránsito, es necesario obtener un número equivalente de ejes para una determinada carga.

ii. Ejes equivalentes

Las diferentes cargas que actúan sobre la estructura de un pavimento, debido a la gran variedad de vehículos que circulan sobre la misma, producen a su vez diferentes esfuerzos de tensión y deformaciones, dando como resultado diferentes tipos de fallas. Para poder tomar en cuenta estas diferencias, el volumen total de tránsito se transforma en un número equivalente de ejes, de una determinada carga, que a su vez producirá el mismo daño que toda la composición del tránsito mixto de los vehículos. Esta carga uniformizada es de ochenta kN o diez y ocho kips y la conversión se hace a través de los factores equivalentes de carga.

El factor equivalente de carga, es un valor que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una carga dada de un tipo de eje y la producida por el eje equivalente. Este factor cambia de acuerdo al tipo del pavimento flexible, dado que cada uno responde de manera diferente a una carga aplicada.

Existen trece clases distintas de vehículos para el cálculo de los ejes equivalentes de carga:

- Motocicletas
- Automóviles
- Otros vehículos de dos ejes y cuatro ruedas
- Ómnibus
- Camiones simples de dos ejes
- Camiones simples de tres ejes
- Camiones simples de cuatro o más ejes
- Camiones semi remolques de cuatro o menos ejes
- Camiones semi remolques de cinco ejes
- Camiones semi remolques de seis o más ejes
- Camiones con acoplado de cinco o más ejes
- Camiones con acoplado de seis ejes
- Camiones con acoplado de siete o más ejes

Así como la distribución del tipo de camiones es importante, lo es también la de los pesos, debiendo conocer el peso total del camión y la distribución por ejes de este peso. Esto se puede determinar por medio de estaciones de control de cargas ubicadas en puntos estratégicos a lo largo de la red vial, logrando de este modo obtener la siguiente información:

- Volumen de camiones por cada tipo
- Tasa de crecimiento para cada tipo de camión
- Factores de distribución por eje, de cada tipo de camión

Los vehículos livianos tienen una incidencia muy pequeña en el cálculo de ejes equivalentes de carga y pueden ser despreciados, sin embargo, los vehículos pesados tienen una incidencia muy grande, y cualquier variación en la cantidad de los mismos puede arrojar diferencias significativas en el valor final.

Últimamente el número de camiones se está elevando considerablemente con respecto al de los automóviles y sus respectivas cargas, por consiguiente. Todo esto trae como consecuencia un fuerte incremento en el número de ejes equivalentes de carga, por lo que se hace necesario encontrar una solución para reforzar las estructuras del pavimento que se planean construir en el futuro.

2.2.3.3 Serviciabilidad de la estructura

El índice de serviciabilidad de un pavimento, es un valor de apreciación, con el cual se valúa las condiciones de la carpeta de rodadura del mismo, y se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado, indicando el grado de comodidad que tiene el usuario para el desplazamiento natural de un vehículo, este índice resulta de la relación entre las cargas aplicadas y el deterioro de la estructura del pavimento.

Se clasifica, para una estructura de pavimento flexible, con un valor de cinco a un pavimento en buenas condiciones, y cero para uno de malas condiciones. A la diferencia entre estos dos valores se lo conoce como la pérdida de serviciabilidad de la estructura.

Actualmente, para medir el deterioro de la carpeta de rodadura del pavimento flexible, se utiliza el índice internacional de rugosidad, para lo cual se utiliza un equipo montado en un vehículo que va midiendo los altibajos de la misma y los suma, por lo que al final se obtiene un valor acumulado en metros por kilómetro.

En el diseño del pavimento se elige la serviciabilidad inicial, en función del diseño del pavimento y de la calidad de construcción y la final en función de la categoría del camino y el criterio del diseñador.

2.2.3.4 Propiedades de los materiales a utilizar

Si el esfuerzo de tensión horizontal es excesivo pueden resultar grietas en la capa de rodadura. Si la fuerza vertical de compresión es excesiva resultarán deformaciones permanentes en la estructura del pavimento debido a la sobre carga en la sub-rasante. Una excesiva deformación de las capas solamente puede ser controlada por las limitaciones de las propiedades de los materiales.

Todos los materiales están caracterizados por el módulo de elasticidad, llamado módulo dinámico para el caso de las mezclas asfálticas, y módulo de resiliencia para los materiales granulares sin tratar y los materiales de suelos.

El módulo dinámico para mezclas de asfalto es dependiente de la temperatura sobre el pavimento, para simular los efectos de la temperatura y sus cambios a través del año, se utilizan tres distribuciones típicas del promedio mensual de temperatura que a su vez representan tres regiones típicas, esto aplicable sobre todo en países en donde los cambios de temperatura son significativos dependiendo de las estaciones del año.

El módulo dinámico es función directa del tiempo de fraguado y un período de seis meses es utilizado para la elaboración de las tablas de diseño, ya que períodos de fraguado arriba de los 24 meses no tienen ninguna influencia significativa sobre el espesor.

Cuando se utiliza cemento como material estabilizador, es conveniente saber la cantidad máxima a utilizar, en función de los cambios físicos que experimentan los suelos, ya que una cantidad alta de cemento, hace que los materiales obtengan altos valores de resistencia mecánica, así como contracciones fuertes que se traducen en agrietamientos, que más adelante se reflejan en la carpeta de rodadura.

En general, se puede concluir que cuando no se cuenta con suelos adecuados para la estructura del pavimento, tales como sub-rasantes, sub-bases, y bases, que cumplan con las exigencias o especificaciones, y que económicamente sea necesario recurrir al uso de productos estabilizadores, es conveniente que los materiales de cada una de las capas ya estabilizadas estén acorde con la capacidad de esfuerzo de las otras capas contiguas, ya que no es conveniente que una capa sea rígida y otra flexible, o bien que una capa impermeable quede bajo a una permeable.

2.2.3.5 Drenajes

La humedad es una característica muy especial de los pavimentos, ya que esta reviste de gran importancia sobre las propiedades de los materiales que conforman la estructura de un pavimento flexible, pero sobre todo en el comportamiento de los mismos. Por tal motivo se hace necesario analizar los distintos métodos por medio de los cuales se pretende reducir o eliminar el agua en la estructura de un pavimento flexible.

La evacuación del agua en los pavimentos flexibles es considerada como parte primordial del diseño de carreteras. El exceso de agua en combinación con el incremento del volumen de tránsito y de cargas, junto con el transcurrir del tiempo, se combinan para ocasionar daño a la estructura del pavimento flexible. Esta puede penetrar en la estructura del pavimento por medio de las grietas, juntas o bien por infiltración del pavimento.

Los efectos del agua cuando se encuentra atrapada dentro de la estructura del pavimento son:

- Reducción de la resistencia de los materiales granulares
- Reducción de la resistencia la capa de sub-rasante, sobre todo cuando esta permanece saturada durante mucho tiempo.
- Succiona los finos de los agregados de las capas, haciendo que las partículas del suelo se desplacen dando como resultado la pérdida de soporte por la erosión provocada.
- Cuando el agua está atrapada ocurre la degradación de la calidad del material del pavimento por efecto de la humedad, creando desvestimiento de las partículas del mismo.
- Diferencias en el desplazamiento producido por el hinchamiento de los suelos,
- Expansión y contracción debida al congelamiento del agua atrapada en los suelos, sin embargo, este fenómeno ocurre únicamente los países en donde ocurren heladas y / o cambios bruscos de temperatura.

Por tal motivo es indispensable encontrar soluciones a los problemas de humedad en los pavimentos, que consisten básicamente:

- Prevenir la penetración del agua dentro del pavimento
- Proveer de drenaje necesario para remover el exceso del agua rápidamente
- Construir pavimentos resistentes a los efectos combinados de cargas y agua.

Se debe siempre lograr que las capas de sub-rasante, sub-base y base que conforman la estructura del pavimento flexible estén protegidas de la acción del agua. Considerando las posibles fuentes,

es necesario interceptarlas lo mejor posible para evitar la entrada de ésta, a la estructura del pavimento.

Para evitar que el agua penetre dentro de la parte inferior de la estructura del pavimento flexible, es necesario construir drenajes para el control o reducción de los problemas causados por el agua, divididos en las siguientes categorías:

- Drenajes superficiales
- Sub-drenajes
- Estructuras de drenaje

Un buen drenaje mantiene la capacidad soporte de la sub-rasante, lo que hace un camino de mejor calidad, así como en determinado momento el uso de capas de menor espesor.

Existen dos formas para calcular el tiempo de drenaje para la capa de un pavimento, el primero es la aproximación del tiempo para drenar, en el cual se considera únicamente el agua de infiltración, y el segundo es el del caudal constante, considerando las fuentes de ingreso y egreso del agua, éstas se cuantifican y la base permeable se dimensiona para poder conducir el agua de estos caudales de diseño.

a) Método del tiempo para drenar

El agua de lluvia que se infiltra en la superficie de un pavimento flexible, llega hasta el nivel de la base, la cual al hacer contacto la satura completamente, de aquí que se debe tener en cuenta que la capa de base debe ser perfectamente permeable, ya que una vez termine de llover, el agua debe de escurrir saliendo de la base lo más rápido posible, con el fin de que la saturación de los materiales no cambie las características mecánicas de la capa.

El posible daño que pueda sufrir la estructura del pavimento, depende del tiempo que le tome al agua en escurrir, así como de las condiciones climáticas de la zona. Es conveniente que la estructura se drene en un lapso de media a una hora como máximo, con el objeto de minimizar los posibles daños, por el efecto de la presencia de humedad en las capas.

Para realizar en análisis correspondiente es necesario contar con los siguientes datos:

- Pendiente longitudinal
- Pendiente transversal
- Espesor de la capa a drenar
- Ancho de la base permeable

b) Método del caudal constante

Este método se basa en la suposición de que existe un caudal uniforme de filtración y que el sistema de drenaje debe diseñarse para drenar esta agua. Su mayor defecto es la dificultad de poder determinar la cantidad de agua que entra y sale a la estructura del pavimento, una solución real es la de evaluar todas las fuentes de agua que se mueven dentro del pavimento tales como:

- Caudal total de entrada
- Caudal de infiltración
- Caudal de entrada por efecto de la gravedad
- Caudal de entrada por flujo artesiano
- Caudal por derretimiento de hielo (no aplica para Guatemala)
- Caudal de salida por flujo vertical

Además, es necesario conocer las granulometrías y permeabilidades de los materiales que se tengan en el proyecto. Las bases que son permeables son excelentes para permitir la evacuación rápida del

agua de una estructura de pavimento. Estas bases pueden estar construidas con materiales estabilizados o no, ya que, en una buena base drenante, el agua libre no debe permanecer más de dos horas después de finalizada la lluvia.

Al efectuar la construcción de una carretera, es necesario prever un buen sistema de colectores longitudinales, (cunetas y contra cunetas), que tengan el diámetro requerido y relación directa con el aporte de agua de la estructura del pavimento, y evitar en lo posible que el agua a drenar no escurra sobre los taludes.

Un buen análisis del sistema de drenajes que se adecue a las condiciones del pavimento, aumenta la vida útil del mismo disminuyendo en gran parte la posibilidad de daños producidos por el agua.

2.2.4 GEOMALLAS COMO REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Las geomallas se utilizan principalmente para el refuerzo, se pueden combinar con geotextiles para proporcionar las mejores propiedades de cada material. Estos productos se llaman geo-compuestos.

Las geomallas están formadas por una red regular de elementos de tracción con aberturas de tamaño suficiente para ser una traba con el material de relleno circundante; están hechas de polímeros sintéticos, y de éstos, polipropileno, poliéster y polietileno son de lejos los más comunes. Estos polímeros son normalmente muy resistentes a degradación biológica y química.

Los polímeros menos utilizados con frecuencia incluyen fibra de vidrio para la estructura de la rejilla, El cloruro de polivinilo (PVC); también se utiliza para recubrir algunas geomallas fibras naturales como el algodón, el yute, etc. Debido a que estos productos son biodegradables, sólo son aplicaciones.

2.2.4.1 Aplicaciones de la Geomalla

El movimiento de tierras es cada vez más costoso, las cargas son cada vez más pesadas, y nos encontramos con grandes espesores de relleno. Para solucionar este y otros problemas, es necesario encontrar una solución práctica y económicamente atractiva para poder desarrollar los diferentes proyectos de ingeniería. Esta solución la constituye el uso e implementación de la geomalla, brindando tecnología de aplicación innovadora con productos alternativos que mejoran la construcción y el movimiento de tierras, entre otros, sirviendo a una gran variedad de mercados industriales y comerciales, centrado principalmente en los siguientes campos de aplicación:

- Taludes reforzados.
- Sistema de retención de taludes.
- Sistemas mineros.
- Sistemas costeros y fluviales
- Sistemas de gestión de residuos
- Refuerzo y estabilización de diques y terraplenes.
- Refuerzo de base y cimentaciones en suelos blandos.
- Refuerzo de rellenos y suelo en zonas industriales y comerciales.
- Ampliaciones de plataformas en patios de contenedores y pistas de aterrizaje.
- Vías pavimentadas y sin pavimentar.
- Muros de suelo reforzado.
- Sistema pasivo de protección de caída de piedras.
- Refuerzo de casas de adobe.
- Defensas ribereñas y costeras con geogaviones.

2.2.4.2 Sistemas de mejoramiento de caminos

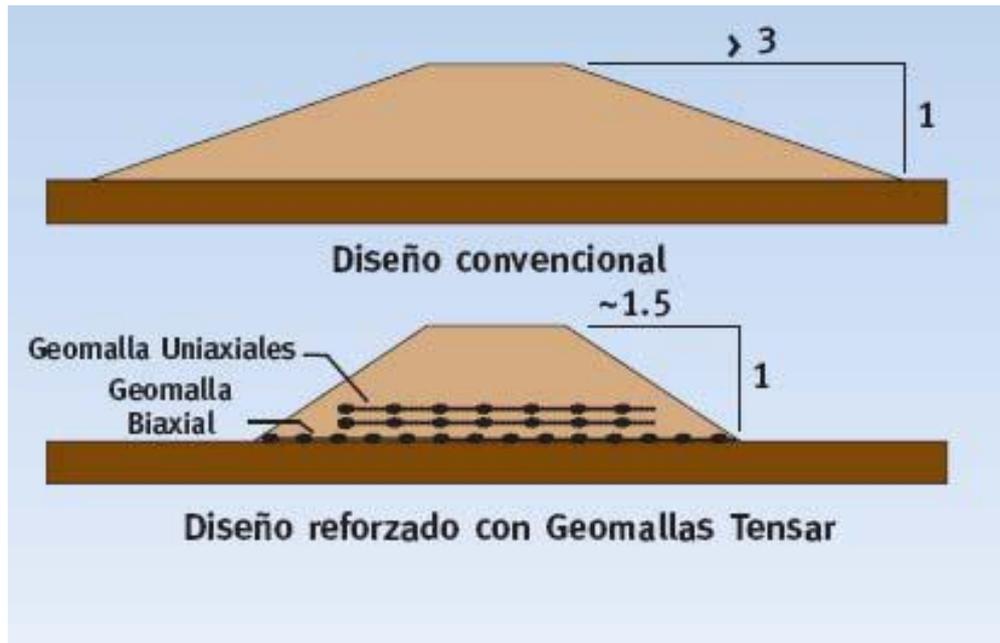
Ya sea que el sistema se utilice para mejorar la sub rasante, para reforzar la capa de base, o ambas, se obtiene como resultado un mejor rendimiento y economía de los pavimentos flexibles.



- Alarga la vida útil de las vías (caminos, pistas aéreas y vías férreas)
- Reduce la aparición de grietas reflejo en repavimentaciones.
- Permite pendientes totalmente verticales en muros de suelo reforzado con diferentes tipos de acabados (vegetados, simulando paredes de concreto, bloques decorativos etc.)
- Bajo costo en comparación con estructuras tradicionales.
- Disminuye los espesores de capas de pavimentos, y con ello los costos de acarreo y movimientos de tierra.
- Es de fácil transporte, manejo e instalación.

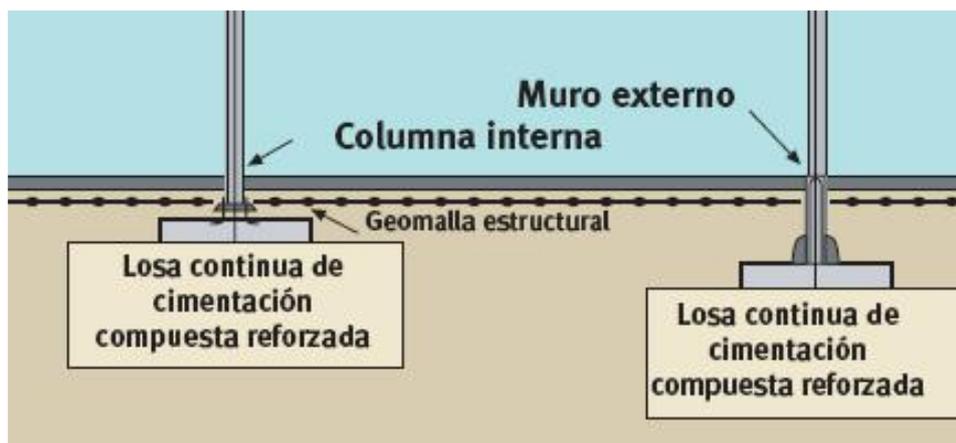
i. Taludes reforzados

El sistema minimiza la “superficie” del terraplén, así como sus requisitos de relleno y potencial de asentamiento.



ii. Sistemas de mejoramiento de cimentación

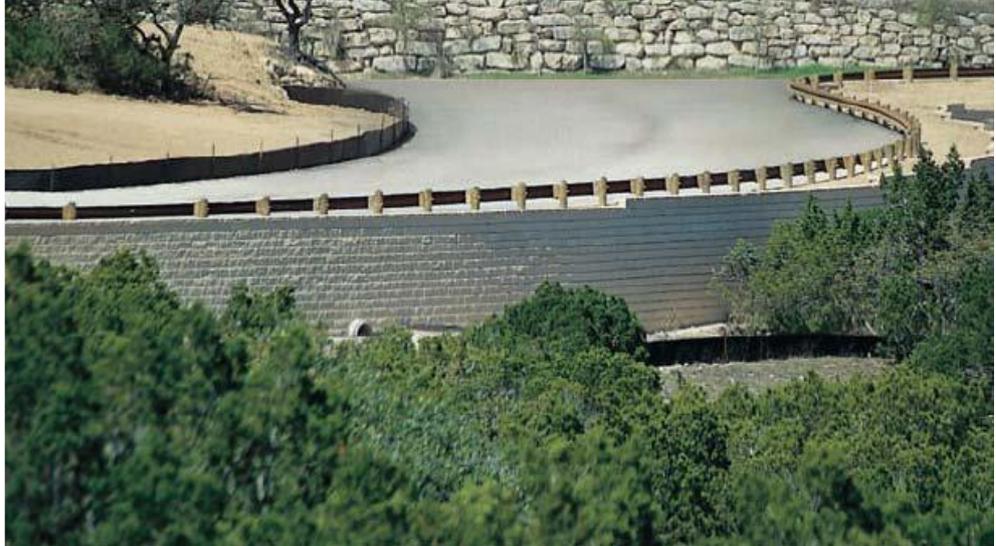
Los suelos débiles y variables representan una amenaza importante para el rendimiento de la cimentación de cualquier estructura. El sistema crea un compuesto estructural de relleno y geomalla, que interactúan para formar una plataforma reforzada sobre suelos débiles y compresibles.



iii. Sistema de muros de retención

Es un sistema de muros de retención segmentales que cuentan con una conexión mecánica positiva ofreciendo soluciones estructurales,

de jardinería y ornamentales, para centros comerciales, industria, residencia y transporte.



iv. Sistema de muros de retención temporales

Los muros temporales son necesarios para muchos tipos de construcción por fases, con este sistema se utilizan materiales menos costosos, mano de obra menos calificada y equipo liviano.



v. Sistema de retención de taludes

Este sistema crea estructuras de retención de tierras de aspecto natural y estructuralmente estables en forma de taludes de mucha pendiente.



vi. Sistemas mineros

La sub-rasante estabilizada con geomalla mejora el transporte hacia y desde el interior de la mina, reduciendo de manera significativa el mantenimiento del camino. Dentro de la mina en los puntos de transferencia evita que las piedras flojas caigan.



vii. Sistemas costeros y fluviales

Los sistemas costeros y fluviales son una familia de estructuras marinas que se utilizan en aplicaciones de construcción y protección, en el agua y dentro de ella, utilizados generalmente para,

- (a) cimientos de estructuras costeras,
- (b) protección contra la erosión y socavación de orillas de arroyos, canales, costas y dunas,
- (c) como capa subyacente para terraplenes en condiciones sumergidas y de suelo blando.



viii. Sistemas de gestión de residuos

El sistema de gestión de residuos reconfigura los depósitos de confinamiento en función de las condiciones del lugar. Puede utilizarse para (a) construir vertederos sobre cimentaciones marginales, (b) soportar estructuralmente vertederos nuevos contruidos sobre vertederos existentes, (c) construir taludes seguros, estructuralmente estables y de mayor inclinación para reducir los requisitos de tierra y aumentar la capacidad.



2.2.4.3 Principios de Diseño De La Carretera Usando Geomallas

Ciertos principios de diseño son frecuentes a todos los tipos de carreteras, independientemente del diseño o el tipo de geosintético (es decir, geotextil o geomalla). Básicamente, el diseño de carretera implica un estudio de cada uno de los componentes del sistema, (superficie, subbase, base agregada y carpeta asfáltica) detallando su comportamiento bajo carga de tráfico y su capacidad para llevar bajo diferentes condiciones climáticas y ambientales.

Todos los sistemas de carreteras permanentes o temporales, derivan su apoyo de los suelos subterráneos subyacentes. Así, cuando se colocan en la interfaz de subbase, las funciones geosintéticas son similares. Sin embargo, debido a diferentes prestaciones requisitos, las metodologías de diseño de las carreteras temporales no deberían ser iguales al de las carreteras permanentes. El diseño temporal de la carretera generalmente permite que se produzca vida de diseño, ya que los surcos no necesariamente perjudican el servicio. Obviamente, no son aceptables en las carreteras permanentes.

2.2.4.4 La Geomalla como refuerzo de la subrasante

En suelos blandos las sub-rasantes débiles representan un problema común en la construcción de pavimentos, el fallo de la misma conduce al deterioro rápido de la estructura del pavimento flexible.

Tradicionalmente, estas sub-rasantes débiles, pobres o contaminadas han sido removidas para ser reemplazadas con relleno de material importado, o bien estabilizadas químicamente. Sin embargo, estas opciones son sumamente caras y consumen mucho tiempo durante el proceso constructivo.

Con la incorporación de la geomalla se aumenta el rendimiento de la sub-rasante, formando una estructura de pavimento flexible más resistente, dando a la misma una capa de cimentación estable y mucho más resistente, actuando como una plataforma constructiva, mejorando la compactación, reduciendo la oscilación y el punzonamiento maximizando la capacidad de carga de la sub-rasante, además de reducir costos y tiempos provocados por el movimiento de tierras.³

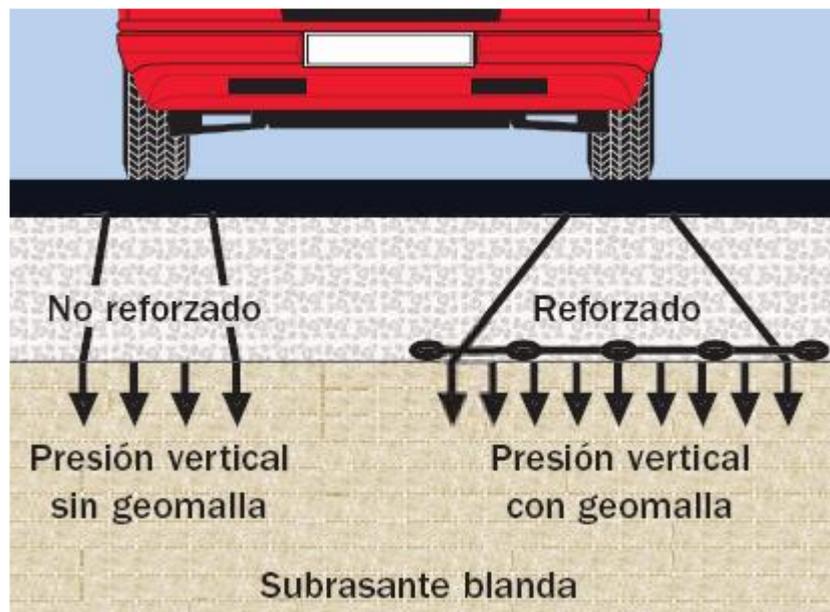


³ US, Army Corps of Engineers, Geotechnical Laboratory

Esto se logra mediante la distribución de cargas de manera más eficiente, reduciendo la presión sobre la sub-rasante, mejorando de este modo su desempeño, utilizando el mismo principio de las raquetas para nieve, que soportan el peso de un hombre sobre la nieve blanda, transformando la carga puntual en una carga distribuida.



La geomalla debe tener la capacidad de distribuir cargas eficazmente sobre la sub-rasante, de manera amplia y pareja, debe de existir una interacción compleja entre la geomalla y el material.



En la medida en que la resistencia de la sub-rasante se incrementa, la aplicación de la geomalla va de estabilización mecánica de la misma, a refuerzo.

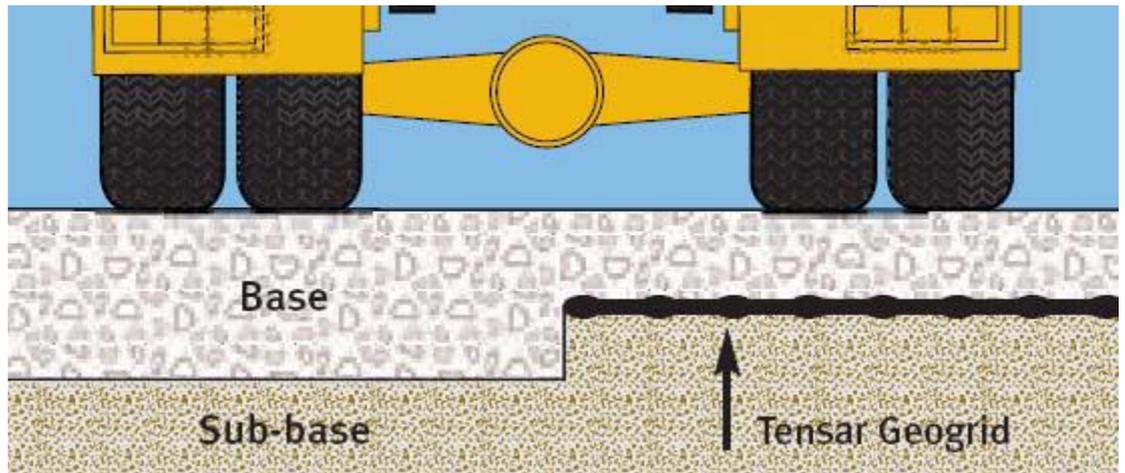
de la capa de base granular, en general, la utilización de la geomallas se recomienda para sub-rasantes, en los rangos de:

- CBR, entre cero y dos, para permitir la construcción de una plataforma de trabajo (mejoramiento de la sub-rasante) y proteger la sub-rasante ante fallas por capacidad soporte.
- CBR entre dos y cuatro, para garantizar la estabilidad de las capas granulares.
- CBR, mayor a cuatro, para reducir el espesor de las capas de base granular y aumentar la vida útil de la estructura del pavimento flexible.

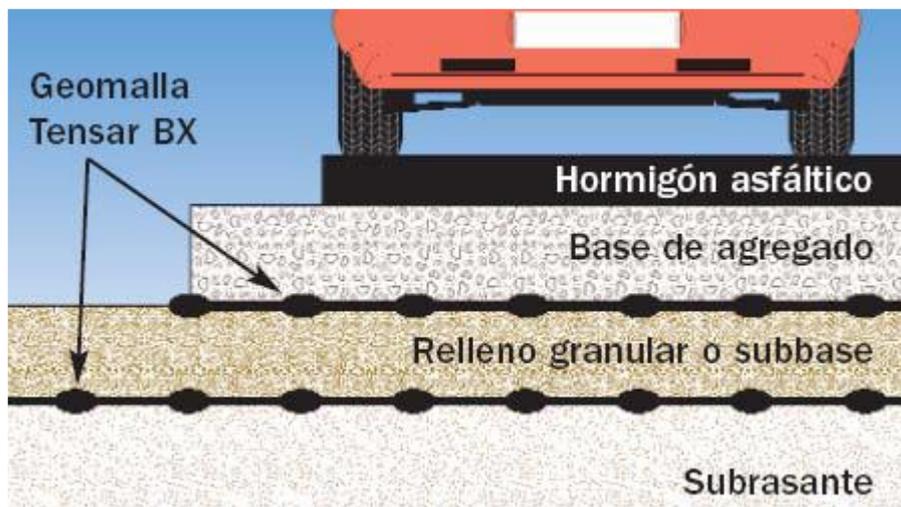
2.2.4.5 La Geomalla como refuerzo de la base de la estructura del pavimento flexible

Con frecuencia, las estructuras de pavimento flexible fallan prematuramente porque el material de la capa de base se esparce lateralmente de los senderos de las ruedas, produciendo el ahuellamiento, alejándose de las cargas del tránsito. Dando como resultado la rotura de la superficie del pavimento.

Se ha podido demostrar que la utilización de la geomalla aumenta significativamente la vida útil de la estructura del pavimento flexible, además de contribuir con la reducción de las capas de base, y aumentar la capacidad soporte de la misma, dando como resultado un ahorro significativo en los costos tanto de construcción como de operación.



Las geomallas han sido utilizadas con éxito como refuerzo de estructuras granulares en pavimentos flexibles desde el año de 1980 en Estados Unidos. Este tipo de refuerzo se ha definido como refuerzo de base, como efecto de restricción lateral o de refuerzo de confinamiento, debido a la unión que se genera en la interacción del suelo granular con la geomalla. El agregado no reforzado se desplaza lateralmente bajo las cargas del tráfico, causando el ahuellamiento, y finalmente el fallo de la estructura del pavimento flexible.



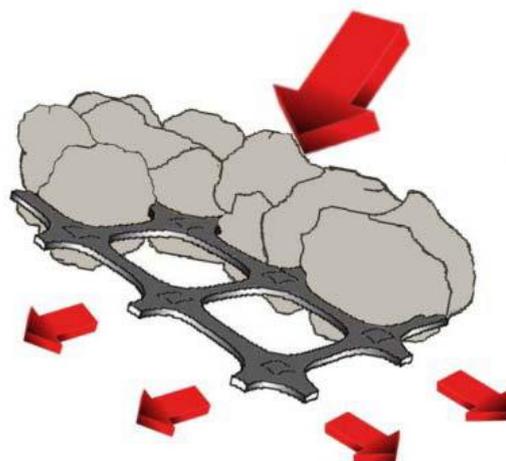
La restricción al desplazamiento lateral hace referencia al confinamiento que restringe el desplazamiento del material granular ante la aplicación de cargas. Dado que la mayoría de los materiales utilizados para lo construcción de pavimentos flexibles son esfuerzo –

dependientes, la restricción al desplazamiento lateral hace que queden trabajando permanentemente a compresión, obteniendo como resultado un aumento en el módulo mecánico de la capa de base, lo que significa una mayor capacidad soporte y de distribución de esfuerzo, por lo tanto, menores deformaciones sobre la subrasante.

La geomalla actúa como una barrera que controla la superficie inferior de la envolvente de falla que se genera, confinándola completamente a la capa de base granular, que ofrece mayor resistencia que la subrasante.

El refuerzo a tensión que ejerce la geomalla interactuando con el suelo y el mecanismo vertical resultante, están en función del módulo de deformación elástico de la geomalla y de la restricción lateral al movimiento del suelo granular, utilizando para ello, de preferencia suelos granulares con mayor cantidad de partículas angulares, para obtener un mayor efecto de refuerzo como resultado de la interacción de las partículas y la geomalla

Las capas reforzadas con geomalla resisten este movimiento lateral y brindan un mejor desempeño a largo plazo.



La colocación de una o varias capas de geomalla dentro o en el fondo de la capa de base, permite la interacción por cortante entre el

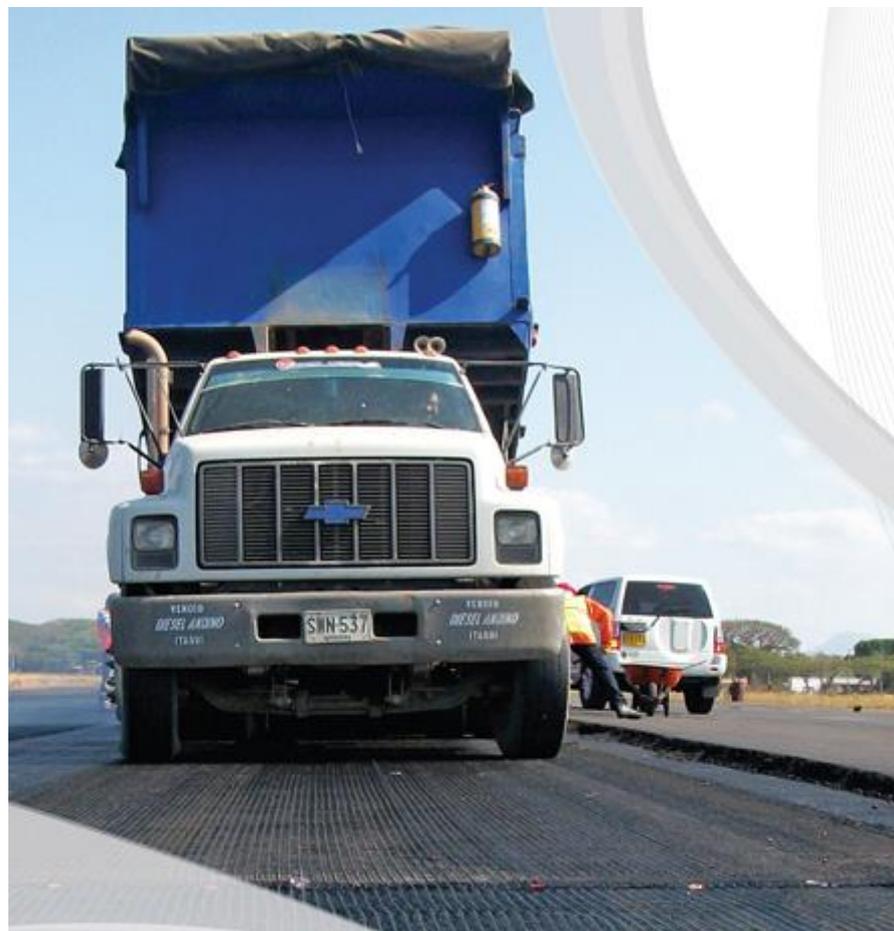
agregado y la geomalla, a medida que la base trata de desplazarse lateralmente. La carga por cortante es transmitida desde el agregado de la capa granular hacia la geomalla y la coloca en tensión. La relativamente alta rigidez de la geomalla actúa para retardar el desarrollo de la deformación por tensión en el material adyacente a esta. Una deformación lateral más pequeña de la base se traduce en menor deformación vertical de la superficie de rodadura.

Cuando se diseña un refuerzo de la estructura granular de un pavimento flexible, debe tenerse en cuenta que las aperturas de la geomalla permitan una buena interacción con el suelo y especialmente que garantice una baja deformación a lo largo de la vida útil de la misma, ante la permanente repetición de cargas dinámicas, que exigen a la geomalla mantener su resistencia a la tensión, para no permitir deformaciones en la estructura del pavimento flexible.

2.2.4.6 La Geomalla usada como refuerzo en la carpeta asfáltica del pavimento flexible

Para el refuerzo de las carpetas asfálticas de carreteras, vías urbanas y aeropuertos, se utiliza Geomallas biaxiales de poliéster de alta tenacidad PET de alto módulo elástico y resistente a altas temperaturas, las cuales están diseñadas para reforzar, retardar la propagación de fisuras y controlar el agrietamiento generado en la carpeta asfáltica originadas por los esfuerzos y deformaciones. Estas, colocadas dentro de una aplicación apropiada de mezcla asfáltica generan una interface elástica de alto módulo que permite absorber los efectos de corte, flexión y tensión producidos por el impacto y rodamiento de los vehículos en su recorrido; de esta forma controlan el deterioro de los pavimentos de carreteras, prolongando de esta manera la vida útil del pavimento.

Para el mejoramiento y rehabilitación de un pavimento existente, es necesario verificar previamente el estado de las capas constitutivas de la estructura y el grado de deterioro de la superficie. No deben presentar daños asociados con problemas estructurales de las capas del pavimento y/o deficiencias de capacidad de carga de la subrasante, condición que debe quedar establecida por el diseñador y/o en los documentos del proyecto, pues en dichos casos se ameritaría otro tipo de intervenciones, a mayor profundidad, como reemplazos y reconstrucciones.



2.2.4.7 Tipos de Geomallas y sus características

Las geomallas pueden ser flexibles de hilos de poliéster, nylon o fibra de vidrio de alta tenacidad, u homogéneos de alta densidad fabricados con polietileno, polipropileno, o bien fibra de vidrio para casos especiales.

La geomalla es una red regular de elementos tensiles conectados integralmente, con una geometría de apertura suficiente para permitir una traba mecánica importante con el suelo, agregados y material que le rodea.

Para todos los tipos de geomalla el porcentaje del área abierta debe estar entre el cincuenta y ochenta por ciento, según recomendación del Cuerpo de Ingenieros de los Estado Unidos.

Todas las geomallas deberán tener una resistencia mínima en las costillas, o juntas, de cuarenta libras, si esto no se cumple entonces deberá tener una masa mínima de 8 onzas por yarda cuadrada, y una rigidez flexional de 30.000 mg-cm.

Las mallas de polietileno y de polipropileno, deben contar con los tratamientos antioxidantes para estabilizarlos dentro del proceso de fabricación, para protegerlos durante la construcción y su vida útil, introduciendo la cantidad de carbón necesario para lograr dicho efecto.

Las Geomallas Uniaxiales y Biaxiales tiene como propiedad principal: La alta resistencia a la tensión y mínima elongación, fabricadas en Polipropileno, Polietileno, Poliéster, PVA y Fibra de Vidrio.

Todas estas características forman una cadena de propiedades que confiere a las geomallas su capacidad para mejorar el rendimiento de la estructura del pavimento flexible.

i. Geomallas uní – axiales

Diseñadas para soportar el mayor esfuerzo en una única dirección, con juntas transversales, éstas, se utilizan en aplicaciones donde se conoce a ciencia cierta la dirección de aplicación de la carga, soportando así grandes cargas de tracción en la dirección del rollo, por ejemplo, en aplicaciones de diques y muros de suelo reforzado, en el refuerzo de taludes, fabricadas principalmente con polietileno.

Estas suelen utilizarse como un refuerzo primario del suelo, brindándole resistencia al mismo, permitiendo en el caso de taludes, tomar ángulos de inclinación prácticamente verticales.

Actúan mediante dos mecanismos, por un lado, transfieren las tensiones resistentes al suelo por el empuje pasivo que se genera en los miembros transversales de la misma, y por el otro lado, crean esfuerzos de fricción entre el suelo y sus superficies horizontales (costillas). Ambos mecanismos se resisten al movimiento o pull out de la malla, creando un refuerzo eficaz.



ii. Geomallas bi – axiales

Utilizadas mayormente para refuerzo de bases en todo tipo de suelos. La distribución de los esfuerzos está dada por igual en ambos sentidos, aproximadamente perpendiculares entre sí, y se utilizan para refuerzos con cargas en direcciones variables, por ejemplo, carreteras.

Resisten altas cargas, a corto plazo o cargas moderadas durante períodos prolongados de tiempo, aplicadas en cualquier dirección del plano de colocación de la misma.

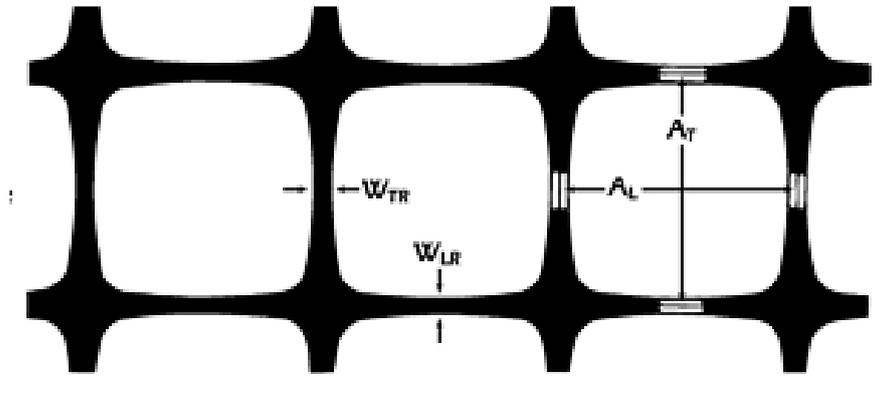
Estas son fabricadas principalmente con resinas selectas de polipropileno, son química y biológicamente inertes y muy resistentes a procesos degenerativos de los suelos, además de ser resistentes al desgaste, rasgaduras y punzonamiento, a fin de resistir cargas dinámicas aplicadas en cualquier dirección del plano de la malla.

Dentro de las geomallas bi-axiales, pueden diferenciarse otros dos grupos, las geomallas rígidas y las geomallas flexibles. Las primeras son aquellas fabricadas de polipropileno, y las segundas fabricadas generalmente con fibras de poliéster unidas en los puntos de encuentro mediante diferentes métodos de tejido con un revestimiento generalmente de PVC.

La función más importante que debe cumplir la geomalla bi-axial es la de servir de refuerzo de las capas de la estructura de pavimento flexible, ayudando efectivamente a soportar las cargas vehiculares sobre la misma, ya sea durante el proceso constructivo, o bien durante su funcionamiento.

A partir de investigaciones realizadas en Estado Unidos, se ha demostrado que para el refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles, se requiere que la geomalla bi-axial esté a una profundidad óptima entre veinticinco y treinta y cinco centímetros de la superficie

de rodadura, para lograr un mejor desempeño de la misma y obtener todos los beneficios proporcionados por la geomalla.

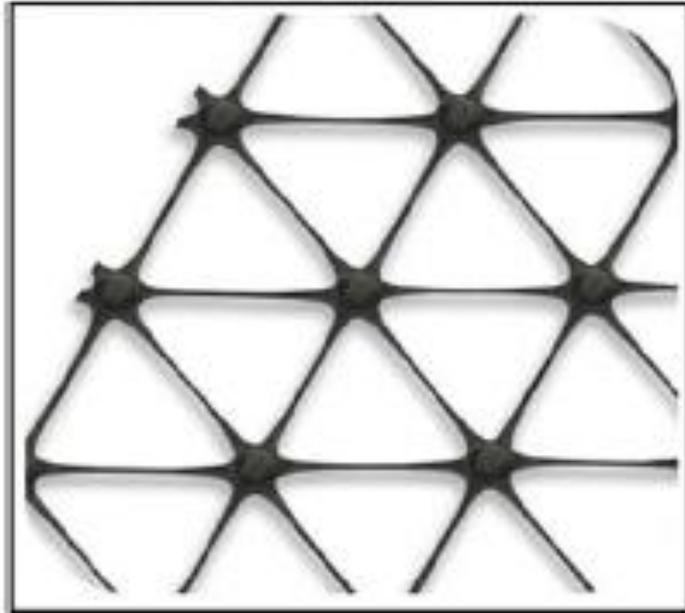


La presencia de la geomalla bi-axial en la capa de base ha demostrado contribuir con el cambio en las condiciones de carga y deformación del material de la sub-rasante, ya que la rigidez incrementada en esta capa da lugar a una reducción en las tensiones verticales actuantes sobre la sub-rasante.

iii. Geomallas multiaxiales

Son fabricadas en Polipropileno, diseñadas para distribución de los esfuerzos en más de dos sentidos o direcciones, utilizadas en aplicaciones de refuerzo de suelos.

Son Geomallas rígidas que presentan una resistencia a la tensión “radial”; es decir, en todas las direcciones. Este material fue desarrollado como una “evolución” de la Geomallas biaxial y se optó por utilizar aberturas con forma triangular ya que es la forma geométrica más estable (Figura 03). Además, presenta un alto desempeño debido a características únicas que serán presentadas más adelante.



2.2.4.8 Beneficios que se obtienen utilizando la geomalla en el diseño de pavimentos flexibles

i. Refuerzo

Las geomallas proporcionan una mejora significativa en la construcción y el rendimiento del pavimento.

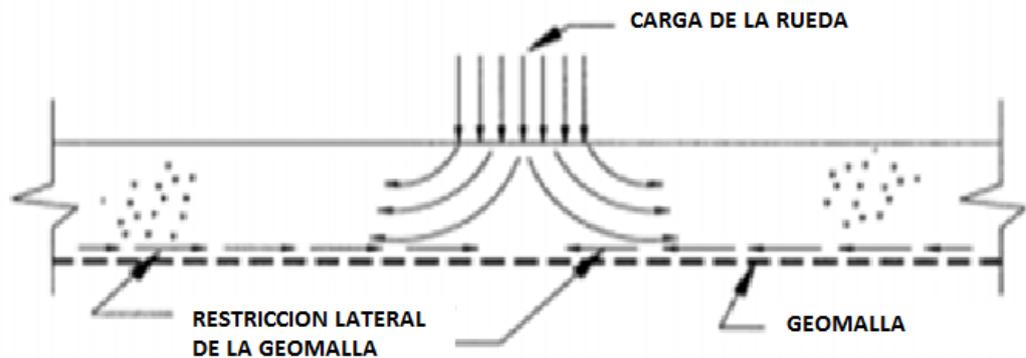
Se han identificado tres tipos de mecanismos de refuerzo fundamental que suceden al colocar una geomalla dentro de la capa granular, o bien dentro del sub-rasante y la capa de base granular.

A. Restricción del desplazamiento lateral

La restricción del desplazamiento lateral hace referencia al confinamiento cuando una capa de agregado es cargada por una rueda de vehículo, el agregado tiende a mover o empujar lateralmente, desplazándose, a menos que esté sujeto por la subrasante o refuerzo geosintético. Los suelos suaves y débiles

proporcionan poca retención lateral, por lo que cuando el agregado se desplaza lateralmente, se desarrollan acanaladuras en la superficie agregada y también en la subrasante

Una geomalla con buenas capacidades de enclavamiento y fricción pueden proporcionar resistencia de tracción de los movimientos laterales a los agregados

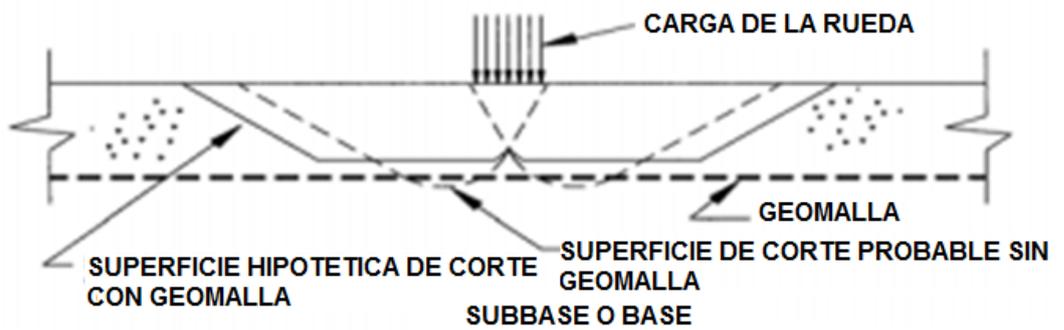


Restricción del desplazamiento lateral

J.S.M

B. Mejora de la capacidad soporte

El segundo mecanismo es en consecuencia al desplazamiento hacia arriba de la envolvente de falla del sistema del pavimento. La geomalla actúa como una barrera que controla la superficie inferior de la envolvente de falla, aumentando la capacidad de carga del sistema al forzar el fallo potencial de la capacidad portante de la superficie a desarrollarse a lo largo de las superficies alternas, de mayor resistencia al corte, que ofrece mayor resistencia que la sub-rasante.



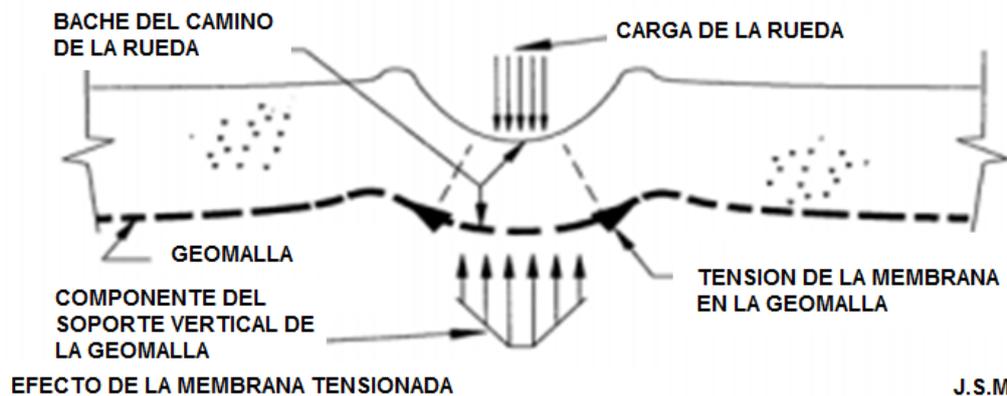
AUMENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

J.S.M.

C. Efecto de membrana tensionada

En este caso, las tensiones de la carga de la rueda deben ser grandes grandes

suficiente para causar deformaciones plásticas y arrugas en la subrasante. La geomalla tiene un módulo de tracción suficientemente alto, las cuales desarrollan tensiones de tracción en el refuerzo, la membrana ayudará a soportar las cargas aplicadas de la rueda. Este efecto se basa en el mejoramiento de la capacidad de distribución vertical del esfuerzo resultante de la tensión una membrana deformada.



EFFECTO DE LA MEMBRANA TENSIONADA

J.S.M.

D. control del agrietamiento de la carpeta asfáltica

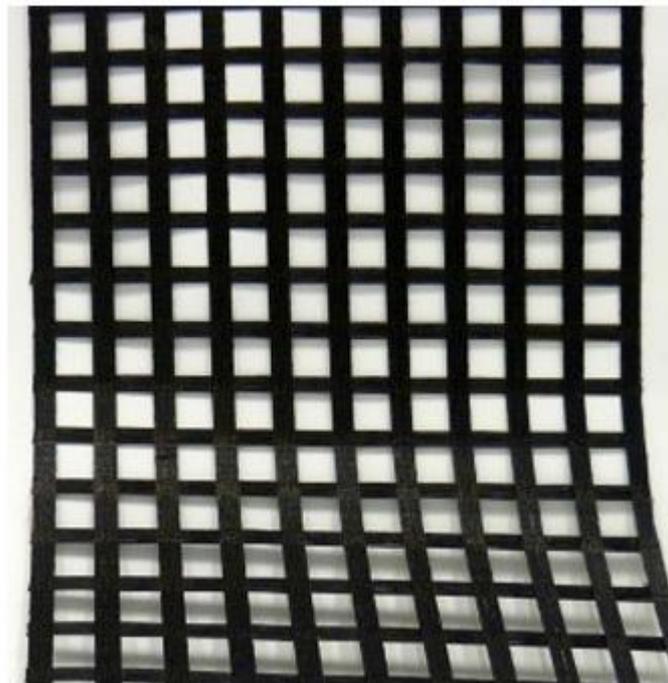
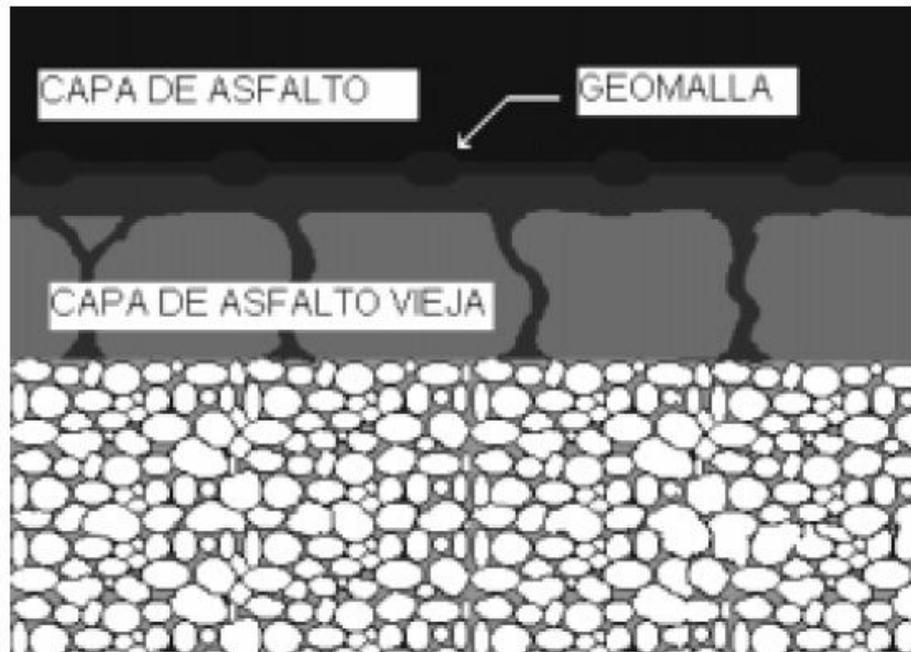
El refuerzo mediante geomallas en la carpeta asfáltica se utilizan para reducir la fatiga, el agrietamiento térmico y reflexivo; ya que absorbe los esfuerzos a tracción horizontal que se generan en las carreteras pavimentadas permanentes; es típicamente aplicable para vías de bajo volumen fundadas en suelos bajos débiles.

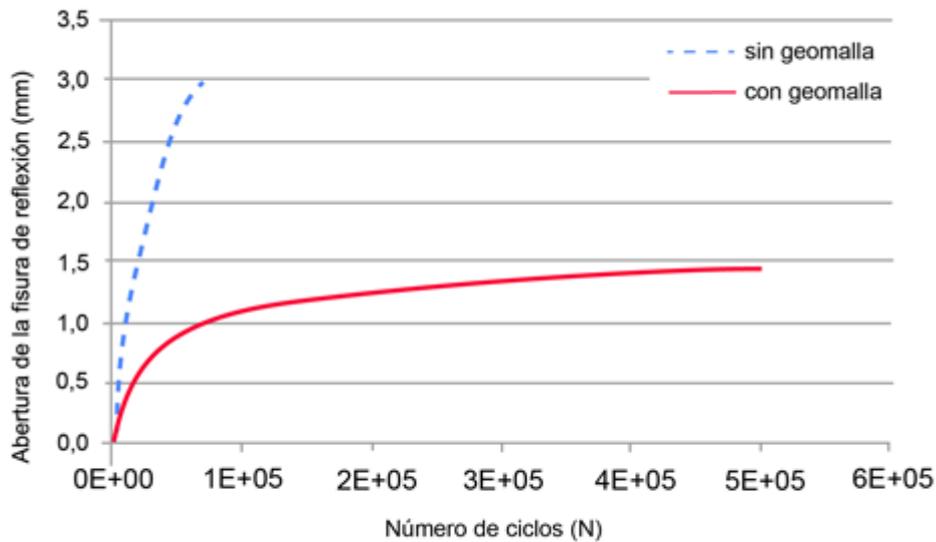
Es fundamental que la geomalla se adhiera perfectamente al asfalto por lo que están impregnadas con una solución bituminosa que les hace plenamente compatibles con el asfalto y facilitan su adherencia a la carpeta asfáltica; el tamaño de sus aberturas permite una alta interacción con el agregado que compone la mezcla y el contacto directo entre las superficies involucradas, lo cual aumenta la resistencia a la tensión en la nueva capa asfáltica, incrementando así la resistencia al reflejo de los agrietamientos y la vida de fatiga, con lo cual se reducen los costos de mantenimiento y se aumenta la vida útil. Estos efectos se dan por el aporte de resistencia y por la compatibilidad en la expansión térmica de las geomallas con la carpeta asfáltica.

VENTAJAS

- Bajo daño de instalación: resistentes a la carga cíclica, con alta resistencia en la unión y revestidas con un copolímero bituminoso que las protege.
- Resistencia a las altas temperaturas: punto de ablandamiento superior a 240 °C, ideal para mezclas asfálticas preparadas con asfaltos modificados.
- Resistencia a la carga cíclica: resistentes al cizallamiento y a ciclos de tensión que ocurren en las capas asfálticas agrietadas.

- Alta resistencia a la tensión: alta capacidad de aporte mecánico aumenta la resistencia a la fatiga de la capa asfáltica.
- Bajo creep: controla las deformaciones de las estructuras a largo plazo.





ii. Confinamiento

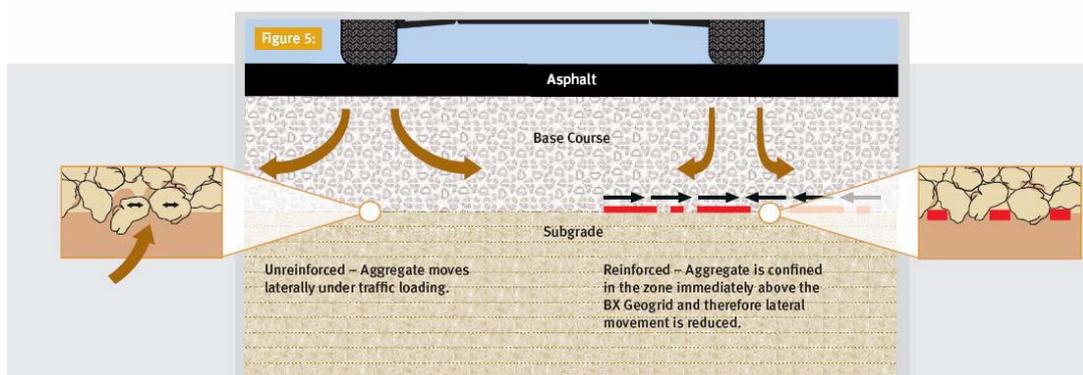
El refuerzo de estructuras granulares en pavimentos flexibles con la utilización de la geomalla se ha definido como refuerzo de confinamiento, debido al trabe que se genera en la interacción de suelo granular de la capa de base con la geomalla.

iii. Separación de capas

La separación de capas a través de una geomalla evita que los componentes de la capa de base granular de un pavimento flexible, se entremezclen con el suelo de la sub-rasante, cambiando las características iniciales de ésta, produciendo una falla de deformación en esta interfase, y desde luego el ahuellamiento y fisuras en la carpeta de rodadura.

Los geomallas realizan esta función evitando la penetración del agregado en la subrasante (fallas de cojinetes localizadas) y evitar la intrusión de subrasante en el agregado.

La separación es importante para mantener el espesor del diseño y la estabilidad y la capacidad de carga. Así, cuando se utilizan geomallas, la función secundaria de separación también debe ser considerado.



2.2.4.9 Características específicas para geomallas utilizadas en refuerzo de pavimentos

i. Tamaño de la abertura

Las aberturas de las geomallas deben ser lo suficientemente grandes, como para permitir que los agregados y el suelo penetren a través de ellas, pero lo suficientemente pequeñas para proporcionar una trabe eficaz. Se ha demostrado que una abertura entre 0.9 y 1.5 pulgadas tiene el mejor desempeño con la mayor parte de las combinaciones de agregados y suelos de las bases para carreteras.

ii. Área de la abertura

El área de abertura es un porcentaje del área total de la geomalla medida en sentido horizontal. Para todos los tipos de geomalla este porcentaje debe de ser entre el cincuenta y ochenta por ciento del área total. Las geomallas con mayor estabilidad de apertura tienen un mejor desempeño en campo.

iii. Grosor de las costillas y uniones

Las costillas cuadradas o rectangulares y gruesas proporcionan mejor interacción con los suelos al momento de confinar las partículas, en comparación a las costillas redondeadas y angostas.

iv. Resistencia a la torsión

También es conocido como módulo de estabilidad de la abertura, es la resistencia al movimiento de rotación en el plano de una carga aplicada a la unión central de una muestra.

v. Resistencia a la flexión

Esta característica simplifica la instalación en campo ya que ofrece resistencia a la deformación durante y después de la instalación de la geomalla.

vi. Resistencia a la tensión

Para el caso de las geomallas uní-axiales esta resistencia se da únicamente en un sentido, en el sentido longitudinal de la misma, o bien el sentido del rollo.

Para el caso de la geomallas bi-axiales esta resistencia se presenta en ambos sentidos, sin embargo, presentan mayor capacidad a la tensión en el sentido longitudinal, o bien el sentido del rollo.

vii. Resistencia de las juntas

Todas las geomallas deben tener una resistencia mínima en las uniones o costillas de cuarenta libras, con el fin de transmitir eficazmente las cargas de costilla a costillas, a lo largo y ancho de toda la geomalla.

2.2.4.10 Manual De Almacenamiento Geomallas

En los últimos años la utilización de geomallas de Polipropileno, Polietileno y Poliéster en obras de ingeniería ha aumentado considerablemente por sus beneficios en obras de refuerzo de suelos y control de erosión de taludes, adicionalmente la instalación de la geomalla es bastante simple y no requiere mano de obra calificada; sin embargo, es necesario tener algunos conocimientos básicos asociados al almacenamiento del material que se utilizará, a fin de garantizar tanto la integridad física del material como su futuro desempeño en el proyecto.

- Las Geomallas de Polipropileno y Polietileno son especialmente sensibles a los rayos UV, a pesar de contar con aditivos especiales para retardar su deterioro por ese motivo se recomienda no tener una prolongada exposición a la luz ultravioleta ya que podría mostrar variaciones en las propiedades mecánicas e hidráulicas.
- Las Geomallas de Poliéster, tienen Protección inherente a los rayos UV, aún así se recomienda igualmente cubrirlas.
- Es necesario distinguir si su almacenamiento será de corta duración o de larga duración; por lo general, se entiende por almacenamiento de corta duración aquel que corresponde a un período menor de un (1) mes y el almacenamiento de larga duración a periodos mayores de este lapso de tiempo.
- Para el almacenamiento de corta duración no son necesarias precauciones particulares, basta mantener el rollo de la geomalla sobre parihuelas (no en contacto con el suelo, evitar que se encuentre a la intemperie; para esto es suficiente cubrir la geomalla utilizando una manta de color opaco e impermeable (por ejemplo, un plástico de color blanco o un rapid cover).

- Para el almacenamiento de larga duración es necesario almacenar la geomalla en lugares totalmente cubiertos, bajo techo de ser posible, protegido de la luz ultravioleta y teniendo especial cuidado que el lugar destinado al almacenamiento sea un sitio seco, sobre Parihuelas.
- Se recomienda almacenar los rollos en forma de pirámide, hasta alturas no mayores a 3m o hasta la altura de su fácil manipulación por montacargas.
- Para su manipulación con equipo se deberá colocar el montacarga hasta la altura del rollo transversalmente a este, personal deberá empujar la misma sobre las uñas, uno o dos rollos.
- No se debe utilizar las uñas del montacarga directamente sobre el rollo pues podría dañarlo.

2.2.4.11 Procedimiento de instalación De Geomallas Biaxiales en campo

El uso de las Geomallas Biaxiales en una carretera pavimentada, no pavimentada, plataforma o similares, va a mejorar el comportamiento de la estructura del pavimento, prolongando la vida útil de los mismos mejorando el acceso a plataformas, caminos no pavimentados y obras similares, para que ello se de en forma adecuada también se debe de tener un proceso de instalación recomendado en forma sencilla, como a continuación se presenta.

Al recibir el producto en campo, debe de asegurarse de haber recibido el producto solicitado, ya que las geomallas tienen un aspecto similar a simple vista, pero distintas características estructurales. Examinar la geomalla para asegurarse que no tiene defectos o daños que pudieron haberse producido durante el envío y manipulación del producto. Es indispensable almacenar las geomallas de tal modo que no tengan contacto excesivo con lodo, concreto húmedo y otros

materiales nocivos que puedan quedar adheridos a ella. Se pueden almacenar descubiertas durante seis meses a la intemperie, en forma vertical o tradicionalmente en forma horizontal en pilas de hasta cinco rollos de altura.

El almacenaje de las Geomallas biaxiales, se debe de realizar de forma tal que no se produzca un contacto excesivo con lodo, hormigón húmedo, epóxica u otros materiales nocivos y que éstos no queden adheridos a ella. Almacene las geomallas a una temperatura superior a -29°C y evite la manipulación a temperaturas inferiores a -10°C – temperatura de transición del estado vítreo del polipropileno que se utiliza en las geomallas biaxiales. Las geomallas Biaxiales se pueden almacenar descubiertas durante seis meses bajo la exposición directa a la luz solar, sin perder las propiedades estructurales certificadas. Las geomallas biaxiales se pueden almacenar en forma vertical (los rollos parados sobre un extremo) o, típicamente, en forma horizontal en pilas de hasta cinco rollos de altura



forma correcta de almacenar

- **PASO 01**

La zona donde se va a instalar la Geomalla debe de estar libre y fuera de cualquier material que no forme parte de la estructura del pavimento, por tanto, se debe despejar, quitar las yerbas y excavar (si fuera necesario) según la rasante del diseño, eliminando la capa

vegetal, los desechos perjudiciales y los materiales inapropiados del sitio.

Por lo que se deberá remover la capa vegetal, eliminando raíces, troncos y toda clase de vegetación y desechos que se encuentren dentro del ancho de la vía a construir.

Nivelar con equipo adecuado para lograr una superficie lo más



uniforme posible.

Para suelos muy blandos ($CBR < 1$), se recomienda minimizar la alteración de la subrasante y dejar las raíces en su lugar (si hubiere), cortar los troncos y otra vegetación saliente lo más cerca posible de la superficie del suelo. Para suelos moderadamente buenos ($CBR > 3$), puede ser beneficioso aplanar ligeramente la subrasante para detectar materiales inapropiados. (Ver tabla 01).

Nivelar y compactar el suelo utilizando un equipo de compactación apropiado. Los pantanos, turbas, o ciénagas pueden ser difíciles de nivelar y/o compactar. En estas situaciones, forme una superficie lo más uniforme posible. Nivelar o allanar la superficie para un drenaje positivo lejos de la zona de construcción.

PARÁMETROS PARA INSTALAR GEOMALLA BIAXIAL				
CBR en la Subrasante	Orientación de la geomalla	traslape recomendado	necesidad de cintillos	de corte de vegetación
CBR<1	Long/transv	90cm	si	no
1<CBR<3	longitudinal	(60 - 90) cm	si	si
3<CBR	Longitudinal	(30 - 60) cm	no	si

Tabla N° 01

PASO 02

Colocar los rollos de la geomalla en el terreno donde se va instalar, ponerlos en la posición en la que se va desenrollar la geomalla, cortar las etiquetas de los rollos y desenrollar el material en forma manual sobre la superficie preparada en la dirección del tráfico, de manera que el eje largo del rollo ruede paralelo a los patrones del tráfico,



En aplicaciones de mejoramiento de la subrasante, esta superficie siempre será la subrasante.

En aplicaciones de refuerzo de la capa base, la superficie donde se aplicará la

geomalla puede ser la subrasante, la subbase o una elevación (a profundidad media) dentro de la capa base.

La instalación de la geomalla debe de realizarse en ausencia de lluvia.



Para sub rasantes muy blandas ($CBR < 1$), es aconsejable desenrollar la geomalla en forma transversal o perpendicular a la alineación del terraplén del camino, en particular si el esparcido lateral y la separación del traslape son un motivo de preocupación (Tabla 1).

PASO 03

Traslapar las geomallas en la dirección que se esparcirá el relleno para evitar que se levante en los traslapes a medida que avanza el mismo. Para acelerar el proceso de traslape de la geomalla es recomendable colocar los rollos en el extremo más alejado del área de cobertura primero, avanzando hacia el extremo desde donde se esparcirá el relleno.



Para el caso de las sub-rasantes muy blandas, es recomendable la utilización de ataduras de cable de nylon, para ayudar a mantener las dimensiones del traslape, es importante tomar en cuenta que estas ataduras no son consideradas como conexiones estructurales, simplemente son medios auxiliares durante el proceso constructivo.

Para segmentos de curva, tapaderas de drenajes y otras estructuras y obras inamovibles que se encuentren a lo largo del trayecto, se puede realizar el corte de la geomalla con cualquier instrumento similar a un cuchillo o con una sierra mecánica de mano, siempre y cuando se utilice el equipo de seguridad adecuado y respetando los traslapes correspondientes.



Es importante colocar las geomalla en sesiones de trabajo diarias, para mantener la correcta alineación durante todo el tramo.

Paso 4

Para mantener los traslapes y la alineación en toda el área de cobertura se debe de sujetar, antes de desenrollar totalmente la geomalla, al comienzo del rollo, en el centro y las esquinas. Esto se puede lograr con pequeñas pilas de material, con arandelas, clavijas o bien utilizando grapas grandes de gran calibre, colocándolas a través de las aperturas de la geomalla, nunca rasgando el producto.



Para que ésta quede bien tensa, se debe desenrollar la geomalla, alinearla y estirla en forma manual para eliminar las arrugas. Puede ser necesario, dependiendo del proyecto, la utilización de clavijas o grapas adicionales para mantener la geomalla en posición, antes de colocar el material de relleno.



Al momento de esparcir el material sobre la geomalla con maquinaria, es común que el desplazamiento genere ondulaciones de la geomalla delante del relleno que avanza, provocando que estas ondulaciones se eleven a tal grado que puedan ser dañadas por el equipo de tendido.

Para solucionar esto, se debe de tensar nuevamente la geomalla en el sector afectado, eliminando en este caso la ondulación si fuera pequeña. Por otro lado, si la ondulación es considerablemente grande y la geomalla no está lo suficientemente tensa, deben eliminarse por completo las clavijas o el material apilado para permitir que las ondulaciones se disipen en los extremos y bordes del rollo.

No se debe, por ningún motivo, conducir directamente los vehículos de oruga sobre la geomalla. Para poder hacer esto, se debe de contar con una capa de por lo menos quince centímetros de espesor de relleno, entre la geomalla y las orugas.

Debe tenerse cuidado que los dispositivos y accesorios de la maquinaria pesada, no queden atrapadas con la geomalla, las cuchillas deben de levantarse gradualmente a medida que se vierta el material de relleno, procurando que el mismo caiga en forma de cascada sobre la geomalla, en lugar de ser empujado sobre ella.





PASO 05

Generalmente, se requieren como mínimo 15 cm de espesor de relleno para la descarga inicial de áridos sobre las geomallas biaxiales. Sin embargo, en condiciones de suelos muy blandos, puede ser necesaria una capa de relleno considerablemente más gruesa para evitar la formación excesiva de surcos y/o la falla de la capacidad de carga.

- En subrasantes relativamente buenas ($CBR > 3$, ver la Tabla 1), se puede descargar el relleno de áridos directamente sobre la geomalla. Camiones estándar con neumáticos autorizados para el tránsito en autopistas (camiones volquetes y camiones con cajón en el medio) pueden transitar sobre la geomalla a baja velocidad (menos de 8 km por hora) y descargar el relleno de áridos a medida que avanzan, siempre que este tráfico de construcción no provoque la formación de surcos en la subrasante expuesta. No se aconseja realizar giros ni arranques y paradas repentinas.
- En subrasantes más blandas ($CBR < 2$), hacer retroceder los camiones y descargar el relleno sobre el relleno previamente

colocado. Para subrasantes muy blandas ($\text{CBR} < 1$) debe limitarse la altura de la pila de relleno para evitar la sobrecarga provocada por las excesivas cargas muertas.

- No conducir los vehículos oruga directamente sobre la geomalla biaxial. Asegurarse de esparcir como mínimo 15 cm de relleno granular entre la geomalla y los vehículos oruga.
- Conducir los vehículos con neumáticos directamente sobre la geomalla sólo si el substrato subyacente no es propenso a la formación de ahuellamiento bajo el tráfico de construcción limitado.
- En subrasantes más blandas ($\text{CBR} < 2$), se recomienda utilizar maquinaria de baja presión sobre el suelo, para distribuir de manera uniforme el relleno sobre la geomalla expuesta.
- Cuando se construye sobre una subrasante blanda, se recomienda comenzar a trabajar en las zonas más fuertes y seguir por las más débiles.
- Supervisar estrictamente los traslapes de las geomallas biaxiales y vaciar el relleno de material granular de forma adecuada.

PASO 06

Pueden utilizarse los métodos de compactación estándar, en el caso de suelos muy blandos, se recomienda la compactación estática, en lugar de la vibratoria, con un rodillo liviano, manteniendo el porcentaje de humedad óptimo del relleno para lograr una compactación más eficaz. Si se forman surcos debido al tráfico de camiones o niveladoras, deberá colocarse el material de relleno de inmediato para reforzar la sección. Una compactación inadecuada producirá la formación de surcos en la superficie debajo de las cargas de las ruedas, estos reducen el espesor efectivo total del relleno y aumentan la tensión en la sub-rasante.



Si se forman surcos debajo de las ruedas de los camiones, no se deben de nivelar. Los surcos normalmente indican que el relleno es demasiado delgado, está demasiado húmedo o no está bien compactado. Los surcos se deben de rellenar y compactar, proporcionando un relleno extra en las áreas donde se necesite.

CONSIDERACIONES IMPORTANTES

Una compactación inadecuada producirá la formación de surcos en la superficie debajo de las cargas de las ruedas. Estos surcos reducen el espesor efectivo total del relleno y aumentan la tensión en la subrasante.

REPARACIONES

- Si las geomallas biaxiales se dañan durante o después de la instalación, se deben reparar colocando un parche en el área dañada.
- Quitar el relleno de la superficie de la geomalla dañada y despejar un área de un metro (1.0 m) alrededor del área dañada.
- El parche debe cubrir el área dañada y extenderse un metro (1.0 m) más allá de la misma en todas las direcciones.

TEMPERATURA

- Las bajas temperaturas aumentan la rigidez de la geomalla biaxial y las altas temperaturas hacen que la rigidez disminuya. Desde el punto de vista de la manipulación, los rollos “se contraerán” en las mañanas frescas y se relajarán con el calor de la radiación solar. Deben asegurarse los extremos del rollo antes de desenrollarlo para evitar que la geomalla se vuelva a enrollar.

- En temperaturas bajo cero, la geomalla biaxial es menos resistente a los impactos y puede quebrarse si se aplica fuerza dinámica (esto es, si se la golpea con un martillo). Deben evitarse otros aspectos de la carga dinámica asociados con temperaturas muy bajas. Por ejemplo, se permite el tránsito directo de vehículos con neumáticos sobre la geomalla cuando la subrasante es competente. No obstante, esto no se recomienda en temperaturas muy bajas.

SOBRE RELLENO GRANULAR

- La gradación preferida para aplicaciones de refuerzo de la capa base es un relleno granular bien gradados con un tamaño máximo de partícula de 1 pulgada y media (4 cm) y menos del 10% de finos (que pase por un tamiz N° 200).

2.2.4.12 Procedimientos para la De Instalación De Geomalla en la Carpeta Asfáltica

Se recomienda que. antes de iniciar una repavimentación utilizando geomallas se determine la cantidad adecuada de ligante asfáltico a emplearse y de esta forma se eviten posibles problemas de exudación e incluso la generación de una superficie de deslizamiento. Esto se logra mediante la imprimación de un área determinada que se sugiere sea de 1.0 m*1.0 m, con diferentes cantidades de ligante, teniendo en cuenta que su distribución sobre la superficie debe ser uniforme. Una manera de verificar si la cantidad de ligante es la ideal es intentando despegar manualmente la geomalla de la superficie, si esto no se

logra y al pisar la geomalla se ve como este empieza a absorber el ligante y mediante esta presión este pasa hasta la cara superior, se puede pensar que se ha llegado el punto óptimo para la tasa de imprimación con ligante asfáltico.

1. Desempacar con cuidado el rollo de la Geomalla retirando el empaque plástico. Colocar dos tubos o maderas para izarlo.



2. Colocar el Rollo de la Geomalla en un equipo de izaje mecánico (camión volquete, cargador frontal, grúa, etc.)





3. Colocar el rollo de la Geomalla en un tubo y desenrollarlo con la ayuda de dos operarios.



4. Anclar la Geomalla al inicio del rollo para evitar su desplazamiento.



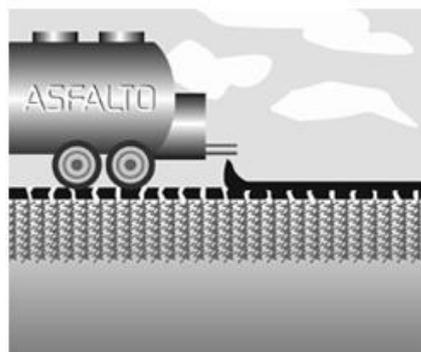
El anclaje se puede hacer con clavos y arandelas, con grapas o cualquier elemento que fije la geomalla al suelo



5. Previo a este paso se rociará un riego de liga sobre toda la superficie, la misma que deberá estar limpia de tierra y polvo, selladas las fisuras y nivelada. Este procedimiento se hará con un equipo aspersor, como se observa en la imagen izquierda.

Usualmente la tasa de aplicación para el ligante asfáltico es mínimo de 1.3 L/m² (asfalto residual) incluida la cantidad necesaria para garantizar la adhesión del conjunto geotextil-asfalto al concreto asfáltico. La cantidad dependerá de la porosidad y oxidación relativa del pavimento existente.

Las técnicas de imprimación requieren que los equipos a usarse coloquen el ligante a una tasa uniforme, siendo conveniente el uso de equipos mecánicos, tales como los tanques o camiones irrigadores para este fin; teniendo en cuenta, que ésta debe ser homogénea y que cumpla con los requerimientos mínimos para lograr una correcta adhesión y evitar fallas por deslizamiento, corrimiento o exudación.





6. Si no se cuenta con equipo aspersor, se puede rociar el asfalto con una lata de pintura con agujeros bien distribuidos en la base de la misma, recargándola cuantas veces sea necesario y procurando hacerlo uniformemente sobre toda la superficie del pavimento.



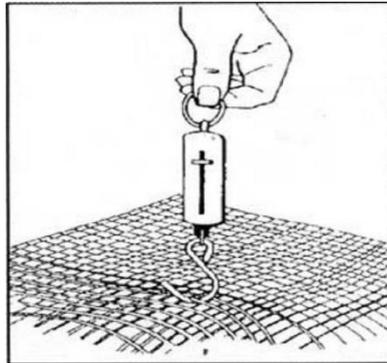
7. Desenrollar la geomalla sobre el riego de asfalto, esta operación puede hacerse de forma manual.



8. Puede desenrollarse con ayuda de un equipo de izaje.



9. Controlar en su avance la completa adherencia de la geomalla al pavimento. La Geomalla no deberá tener pliegues ni arrugas.



10. La prueba de adherencia se hará cortando una pieza de 1 m² de geomalla y se instalará sobre la superficie del pavimento, previa colocación del riego de liga indicado. La pieza de geomalla deberá someterse al paso de un equipo compactador o deberá ser pisada por el personal de instalación hasta asegurar su adherencia. A continuación, se deberá medir la resistencia al arrancamiento de la geomalla con un dinamómetro de bolsillo. La cantidad adecuada de asfalto será aquella para la cual la resistencia al arrancamiento sea mayor o igual a 5 kg. En ningún caso deberán colocarse menos de 0.7 kg/m² de asfalto.

En caso de utilizarse emulsión asfáltica, se deberá determinar, adicionalmente, el tiempo requerido para la rotura y curado de la emulsión.

Garantizar la Completa Adherencia de la Geomalla



11. Los traslapes longitudinales se deben dejar con un traslapo de 20 cm. En las juntas transversales deben guardar un traslapo de 30 a 50 cm.



12. Los traslapes deben hacerse considerando el sentido de avance del equipo de colocación de la mezcla asfáltica, además de ser cuidadosamente impregnadas con asfalto y aseguradas a la superficie mediante anclajes mecánicos para evitar su desplazamiento.



13. En curvas cerradas, la Geomalla debe cortarse en tramos cortos para ajustarse al radio de curvatura y al ancho del traslapo.



14. Las secciones traslapadas deben anclarse a la superficie.



15. Durante la instalación, se deberá tener el mínimo paso de los vehículos. Se deben evitar frenadas y arranques bruscos y maniobras de giro.



16. Previo a la entrada del equipo de colocación de la mezcla de concreto asfáltico, se deberá extender manualmente una delgada capa de mezcla asfáltica para evitar el contacto directo de la Geomalla con las llantas de los equipos.





17. A continuación se extenderá la capa de concreto asfáltico en un espesor compacto según la especificación del proyecto.



2.2.5 ANÁLISIS SOCIODEMOGRÁFICOS DE LA PROVINCIA DE PISCO

2.2.5.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La provincia de Pisco se encuentra ubicada en la parte nor central del departamento de Ica, en la región Ica.

2.2.5.2 EXTENSIÓN

3 978,19 km² (incluye 21,04 km² de superficie insular).

2.2.5.3 LÍMITES

Los límites de la provincia de Pisco son:

Al norte, distrito de El Carmen de la provincia de Chincha y distrito de Capillas de la provincia de Castrovirreyna;

Al este, distritos de Quito Arma, Ayaví y Huaytará de la provincia de Huaytará y distritos de Ticrapo y Mollepampa de la provincia de Castrovirreyna;

Al sur, distritos de Ica, Subtanjalla, Salas y San José de los Molinos de la provincia de Ica, y

Al oeste, Océano Pacífico.



2.2.5.4 ALTITUD

Su altitud varía de 17 m.s.n.m. (distrito de Pisco) hasta los 1010 m.s.n.m. (distrito de Huáncano).

2.2.5.5 RELIEVE

A) EL RELIEVE COSTEÑO

La costa de Pisco está formada por pampas, valles, desierto, una depresión y lagunas.

1) Las pampas, son extremadamente áridas. Presentan las características de gran desierto. Son importantes recursos naturales, que pueden ser utilizados con adecuadas obras de irrigación. Las principales son: la pampa de Cabeza de Toro, Villacurí y Toro Muerto.

2) El valle, es amplio y productivo. Está destinado esencialmente al

cultivo de algodón. Se extiende desde la orilla del mar hasta las estribaciones andinas.

3) El desierto, que forma parte del Gran Tablazo de Ica, que es una extensa área en pleno proceso de elevación. Se localiza en la parte sur de nuestra provincia y en la parte norte y noreste de Ica. Está conformado por rocas sedimentarias de origen marino.

4) Depresión, es la de Otuma o laguna del Muerto, en la parte sur de nuestra provincia, donde se explota sal para consumo humano.



B) EL RELIEVE ANDINO

La sierra de la provincia de Pisco es reducida, mayormente la representa el distrito de Huáncano; pero forma parte del flanco occidental de la Cordillera de los Andes, con un relieve muy accidentado, en la que destacan: quebradas erosionadas por el río Pisco; estribaciones andinas, formadas por montañas que van

perdiendo elevación hacia la costa.



C) ACCIDENTES LITORALES

El litoral de Pisco presenta accidentes muy importantes como:

- 1) La bahía de Paracas.
- 2) La península de Paracas.
- 3) La bahía de la Independencia.

Frente a la península de Paracas se localiza la isla de San Gallán y las islas de Ballestas. Todas forman parte de la Reserva Nacional de Paracas.

2.2.5.6 HIDROGRAFÍA

El único río que desemboca en la zona costera es el río Pisco, que nace de la confluencia de los ríos Chiris y Huaytará, en la localidad de Pámpano (distrito de Huáncano) y tiene un recorrido de 179 km. hasta el mar. Cerca de la orilla existen humedales de agua dulce o salobre como pantanos y lagunas; estos humedales se forman debido a filtraciones de agua del río Pisco que se acumulan en el subsuelo como grandes reservorios subterráneos llamados acuíferos y afloran a la superficie en las áreas donde el terreno es más bajo. Los

principales humedales costeros son los de Pisco Playa, San Andrés y Paracas. No todos los humedales son de agua dulce, como es el caso de la Bahía de Paracas, que constituye un humedal de aguas marinas de poca profundidad.

2.2.5.7 CLIMA

El clima es semi cálido; en Pisco la temperatura varía de 12° a 20° C en invierno y de 22° a 30° C en verano, siendo la temperatura anual promedio de 18,7° C. la precipitación es escasa, con un promedio anual de 1,6 milímetros de lluvia que cae exclusivamente en el invierno. La humedad relativa del aire es de 79% en el verano, llegando hasta 82% en la estación invernal.

Los vientos dominantes en la zona son sur y suroeste, con una velocidad media de 14,9 km/h. Son característicos los fuertes vientos “Paracas”, cuyo nombre deriva de las voces quechuas para (lluvia) y acco (arena). Los “Paracas” alcanzan velocidades de hasta 32 km/h.; se producen cuando la arena del desierto se calienta por acción del sol; debido a esto el aire sobre esta superficie se hace más liviano y se eleva, produciendo una zona de baja presión; el viento frío que está sobre el mar se desplaza para llenar este vacío, creando fuertes corrientes de aire que arrastran polvo y arena desde la parte sur del desierto pisqueño. Estos vientos ocurren principalmente entre los meses de junio a octubre, pero con mayor frecuencia en el mes de agosto.

2.2.5.8 FLORA Y FAUNA

En Pisco, región costanera del territorio peruano, debe su aspecto a la corriente peruana o de Humboldt; el cual hace que el clima tenga contrastes, debiendo tener clima tropical, pero resulta subtropical.

Además, de tiempo en tiempo aparece el Fenómeno del Niño, lo cual hace aparecer caracteres tropicales en nuestras costas.

Flora: Acelga, ají, albahaca, álamo, alverja, algarrobo, alfalfa, algodón, alhelí, anís, apio, berro, buenas tardes, caigua, calabaza, camote, campanilla, caña brava, caña de azúcar, capulí, cardo santo, carrizo, carricillo, cebolla, cereza, ciruela de Japón, ciruela, clavel blanco, clavel rosado, col, cola de caballo, coliflor, crisantemo, cucarda, culantro, culén, chamico, chicoria amarga, chilco, chirimoya, dalia, durazno, espárrago, espina, espino, espino amarillo, eucalipto, flor de caña, flor de sol, flor de viuda, flor de pasto, floripondio, frejoles, frijol, frijol de Castilla, frutilla, garbancillo, garbanzo, gramalote, grama salada, grama dulce, granadilla, granada, guanábana, guayabo, hierba santa, hierba de alacrán, higuera, higuera, higüero, hoja de Abad, huacatay, Huarango, jazmín, junco, juncos blancos, laurel, lechuga, lengua de vaca, limón, llantén, madre selva, maicillo, maíz, malva, malva silvestre, maní, mastuerzo silvestre, matacongá, matico, melocotón, melón, membrillo, mora, nabo, ñorbo, olluco, oreja de burro, oreja de perro, ortiga, pacae, paico, pájaro bobo, pallares, palta, papa, papaya, parra, pega – pega, penca, pepino, pera, perejil, plátano, rabanito, retamas, romero, ruda, sandía, sanguinaria, sauce de flores blancas, sauce sin flores, saúco, siempre viva, suche, tamarindo, tara, tomate, totora hembra, totora de hojas anchas, toñuz, tumbo, tuna, uña de gato, verbena, verdolaga, yerba buena, yerba de gallinazo, yerba luisa, yerba mora, yuca, yuyo, zapallo, etc.

Fauna: Malagua, estrella de mar, erizos de mar, sanguijuelas, lombrices de tierra, camarón de río, arañas verdes, langosta verde, saltamontes, grillo, hormiga, caballitos de siete colores, avispa de tierra, avispa azul, hormigón, abeja de miel, mariposas diurnas, mariposa de color negro, mariposa amarilla, mariposa del cardo, gusano de seda, polillas, mosquitos, tábanos, pulgas, piques, lucachas venenosas, araña doméstica, garrapata, piojos, caracol que

vive en el mar, caracol común, mejillones, almejas de mar, guitarras, raya, toyo, pintadilla, tramboyo, caballa, bonito, corvina, mojarrilla, peje diablo, pejerrey, peces de colores, machete, anchoveta, lenguado, róbalo, pampanito, sapo de acequia, lagartija gris, culebra amarilla, culebra de manchas amarillas y negras, tortugas, putilla, chirote, pichingo, jilguero, Caucato, santa rosita de pecho blanco, santa rosita del campo, picaflor amarillo canela, picaflor verde metálico, picaflor enano de cola larga, camaroneo, gavián, cernícalo, cóndor, gallinazo negro, gallinazo de cabeza colorada, lechuza, mochuelo, coquito, papagayos, chucracó o guarda caballo, pericos, paloma doméstica, cuculí, tórtola, tortolitas, paloma serrana, gallo doméstico, perdiz, pavo real, gallareta, gaviotas blancas, gaviota ploma, zarcillo, alcatraz, guanay, chuita, cuervo de mar, piquero, potoyunco, flamencos, pato silvestre, pato enano, pato de cara blanca, patos domésticos, pato de pico celeste, pájaro niño o pingüino de Humboldt, murciélago, zorro, perro, gato, loma marino, gato marino, rata de la costa, pericote, rata gris, vizcacha, cuy, caballo, burro, mula, chancho, carnero, buey, chivo, cabra, bufeos, delfín, ballena, etc.

2.2.5.9 PRODUCCIÓN

Agropecuaria: Produce algodón Tangüís, paprika, espárragos, naranjas y artículos de pan llevar.

Otras industrias: Cuenta con la planta de licuefacción del Gas de Camisea, fábricas de harina de pescado, planta siderúrgica de Aceros Arequipa, la fábrica de estaño FUNSUR y otras tantas que hacen de Pisco uno de los baluartes industriales de la región Ica. Pesquería: Es otra actividad a la que se dedica buena parte de su población, principalmente los del distrito de San Andrés.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Acción:

Cualquier política, programa, plan o proyecto que pudiese afectar el ambiente, (CONAM, 1999).

Análisis de Riesgo:

Estudio o evaluación de las circunstancias, eventualidades o contingencias que, en el desarrollo de un proyecto, obra o actividad, pueden generar peligro o daño a la salud humana, al ambiente o a los recursos naturales, (CONAM, 1999).

Geomallas:

Son estructuras bidimensionales elaboradas con aberturas de superficie tamaño para permitir la trabazón del suelo, piedra u otro material geotécnico circundante.

Geomembranas:

Son laminas poliméricos impermeables fabricados en cloruro de polivinilo (PVC), cuya función es la de revestir canales y además controlan la erosión.

Geoceldas:

Son sistemas tridimensionales de confinamiento celular fabricados en paneles de polietileno o propileno. Por su alta resistencia sirven para el confinamiento de cargas.

Extrusión:

Proceso utilizado para la elaboración de objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de la sección transversal que se desee.

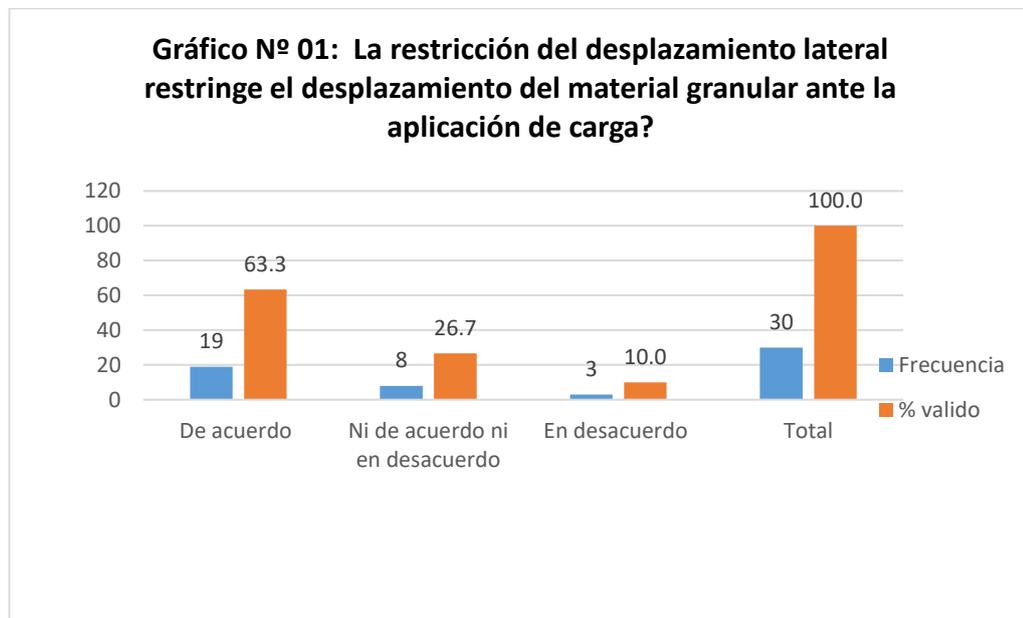
CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla Nº 01: La restricción del desplazamiento lateral restringe el desplazamiento del material granular ante la aplicación de carga?

Respuesta	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
De acuerdo	19	63,3	63,3
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	8	26,7	90,0
En desacuerdo	3	10,0	100,0
Total	30	100,0	



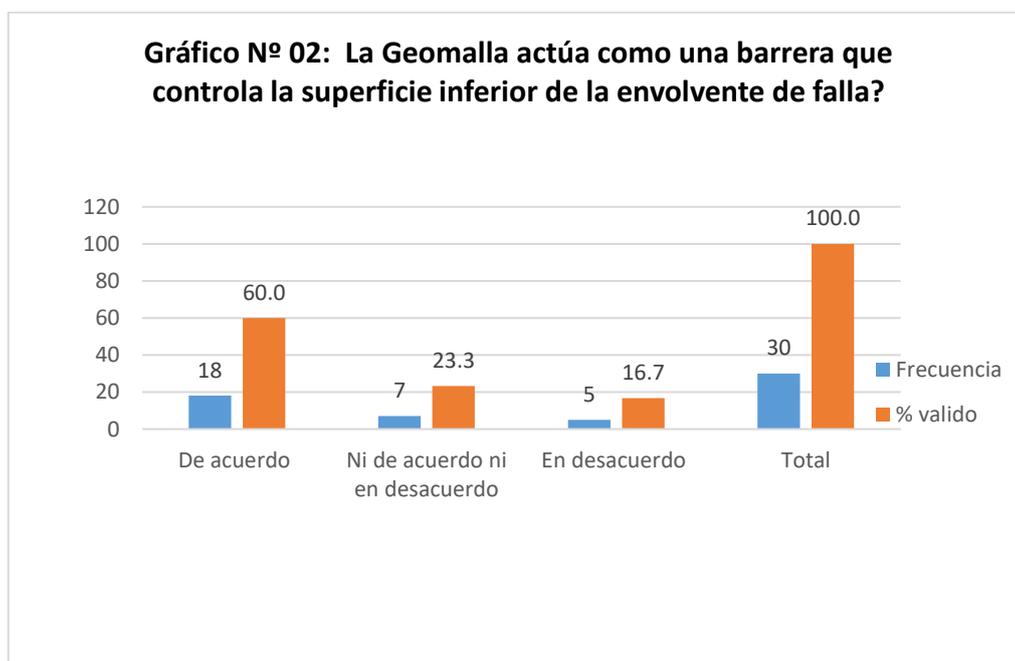
Fuente: Tabla Nº 01

Interpretación:

En la figura Nº 01, se muestra los resultados de 30 especialistas en construcciones de pavimentos, quienes representan el 100% de la muestra en estudio donde el 63,3% manifiesta estar de acuerdo con la restricción del desplazamiento lateral manifestando que esta restringe el desplazamiento del

material granular ante la aplicación de carga, mientras que un 26,7% ni de acuerdo ni en desacuerdo y el 10% no está de acuerdo.

Tabla Nº 02: La Geomalla actúa como una barrera que controla la superficie inferior de la envolvente de falla?			
Respuesta	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
De acuerdo	18	60,0	60,0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	7	23,3	83,3
En desacuerdo	5	16,7	100,0
Total	30	100,0	



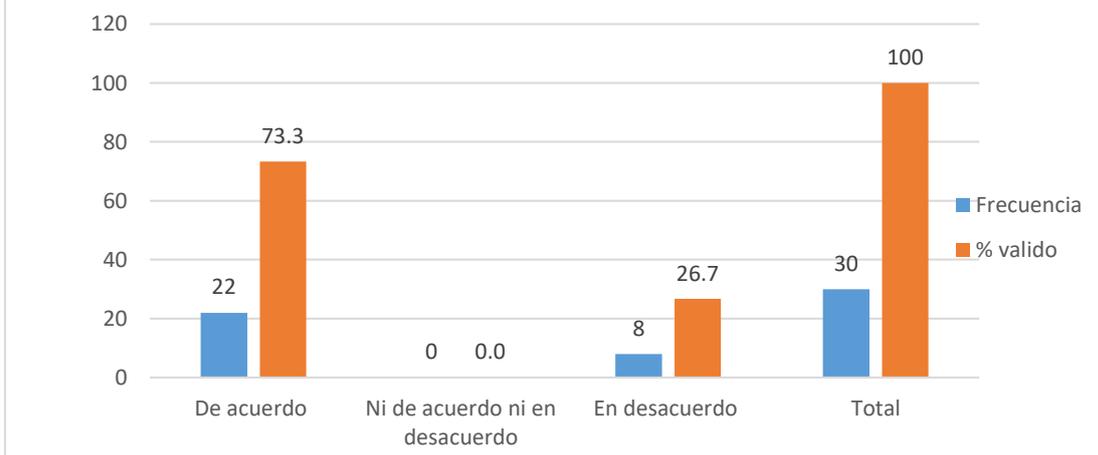
Interpretación:

En la figura Nº 02, se muestra los resultados de 30 especialistas en construcciones de pavimentos, quienes representan el 100% de la muestra en estudio donde el 60,0% manifiesta estar de acuerdo con que la geomalla actúa como una barrera que controla la superficie inferior de la envolvente de la falla.

Tabla Nº 03: ¿La Geomalla actúa confinando completamente a la capa de base granular, que ofrece mayor resistencia que la sub-rasante?

Respuesta	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
De acuerdo	22	73,3	73,3
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0,0	73,3
En desacuerdo	8	26,7	100,0
Total	30	100	

Gráfico Nº 03: La Geomalla actúa confinando completamente a la capa de base granular, que ofrece mayor resistencia que la sub-rasante.

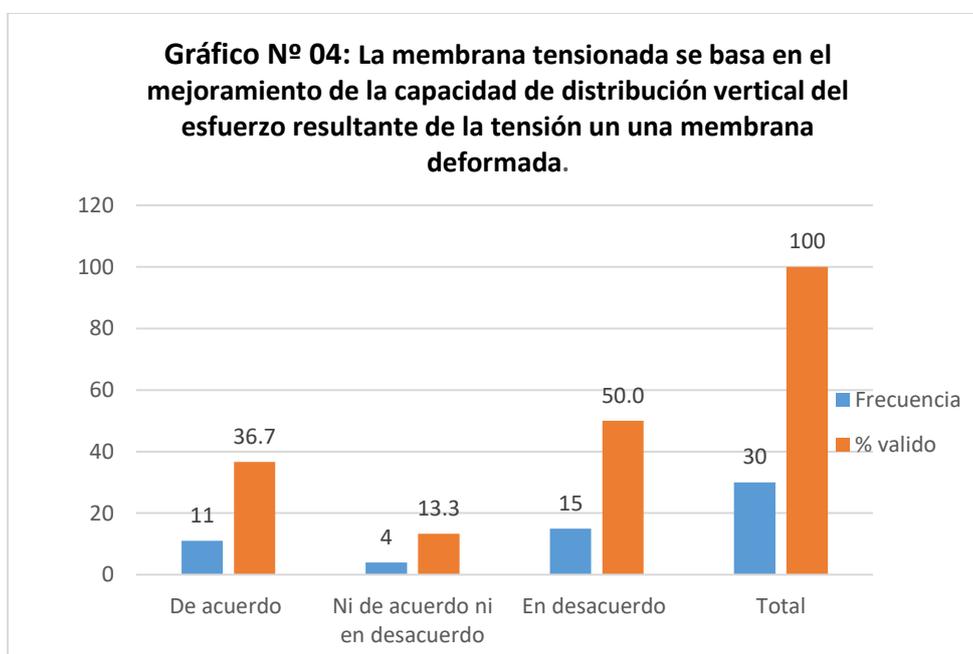


Interpretación:

En la figura Nº 03, se muestra los resultados de 30 especialistas en construcciones de pavimentos, quienes representan el 100% de la muestra en estudio donde el 73,3% manifiesta estar de acuerdo con que la geomalla actúa confinando completamente a la capa de base granular que ofrece mayor resistencia que la sub – base, el 26,7% está en desacuerdo.

Tabla N° 04: La membrana tensionada se basa en el mejoramiento de la capacidad de distribución vertical del esfuerzo resultante de la tensión en una membrana deformada?

Respuesta	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
De acuerdo	11	36,7	36,7
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	4	13,3	50,0
En desacuerdo	15	50,0	100,0
Total	30	100	



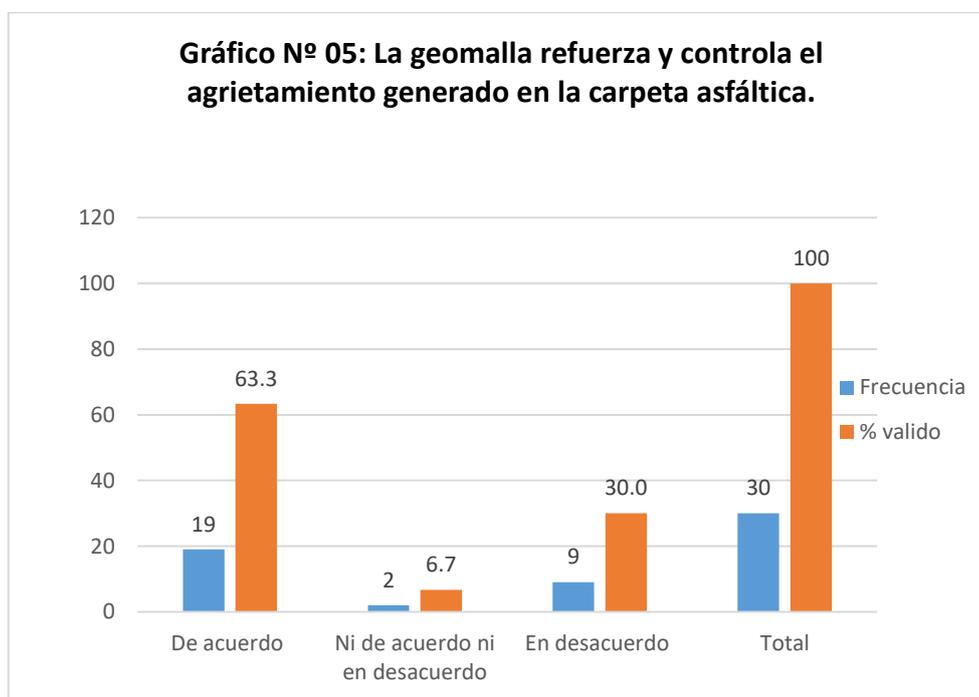
Interpretación:

En la figura N° 04, se muestra los resultados de 30 especialistas en construcciones de pavimentos, quienes representan el 100% de la muestra en estudio donde el 36,7% manifiesta estar de acuerdo que la membrana tensionada se basa en el mejoramiento de la capacidad de distribución vertical del esfuerzo resultante de la tensión en una membrana deformada frente a un 50% que está en desacuerdo.

Tabla Nº 05: La geomalla refuerza y controla el agrietamiento generado en la carpeta asfáltica.

Respuesta	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
De acuerdo	19	63,3	63,3
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	6,7	70,0
En desacuerdo	9	30,0	100,0
Total	30	100	

Gráfico Nº 05: La geomalla refuerza y controla el agrietamiento generado en la carpeta asfáltica.

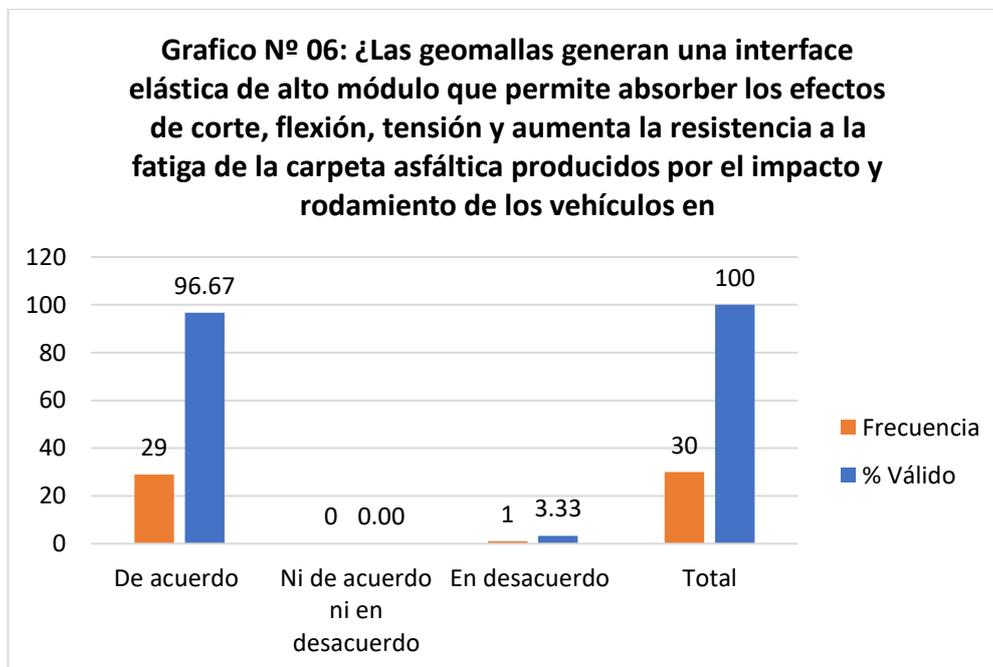


Interpretación:

En la figura Nº 05, se muestra los resultados de 30 especialistas en construcciones de pavimentos, quienes representan el 100% de la muestra en estudio donde el 63,3% manifiesta estar de acuerdo que la geomalla refuerza y controla el agrietamiento generado en la carpeta asfáltica., mientras que un 30,0% está en desacuerdo y solo el 6,7% ni en acuerdo ni en desacuerdo.

Tabla N° 06: ¿Las geomallas generan una interface elástica de alto módulo que permite absorber los efectos de corte, flexión, tensión y aumenta la resistencia a la fatiga de la carpeta asfáltica producidos por el impacto y rodamiento de los vehículos en su recorrido?

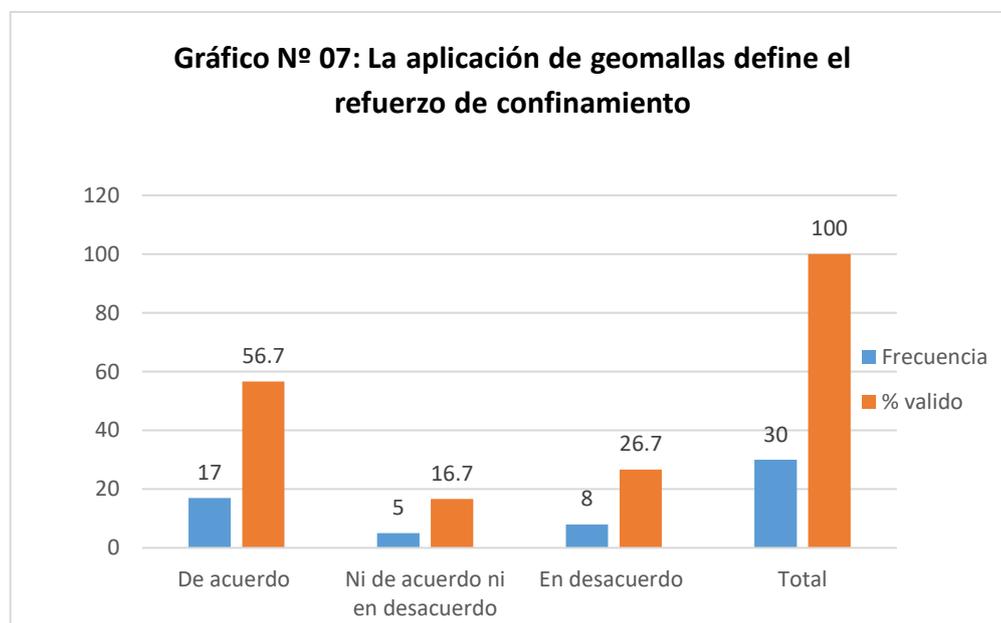
Respuesta	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
De acuerdo	29	96,67	96,67
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0,00	96,67
En desacuerdo	1	3,33	100,0
Total	30	100,0	



Interpretación:

En la figura N° 06, se muestra los resultados de 30 especialistas en construcciones de pavimentos, quienes representan el 100% de la muestra en estudio donde el 96,67% manifiesta estar de acuerdo que las geomallas generan una interface elástica de alto módulo que permite absorber los efectos de corte, flexión, tensión y aumenta la resistencia a la fatiga de la carpeta asfáltica producidos por el impacto y rodamiento de los vehículos en su recorrido, mientras que un 0,00% ni de acuerdo ni en desacuerdo y el 3.33% no está de acuerdo.

Tabla N° 07: La aplicación de geomallas define el refuerzo de confinamiento?			
Respuesta	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
De acuerdo	17	56,7	56,7
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	5	16,7	73,3
En desacuerdo	8	26,7	100,0
Total	30	100	



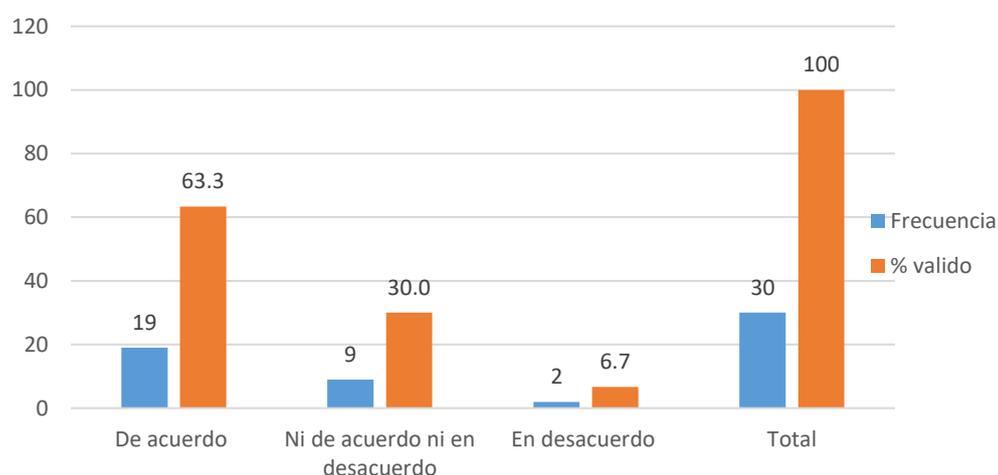
Interpretación:

En la figura N° 07, se muestra los resultados de 30 especialistas en construcciones de pavimentos, quienes representan el 100% de la muestra en estudio donde el 56,7% manifiesta estar de acuerdo que la aplicación de Geomallas define el esfuerzo de confinamiento frente a un 26,7% quienes no están de acuerdo con esta situación y el 16,7% manifiesta que no está ni de acuerdo ni en desacuerdo.

Tabla Nº 08: El refuerzo de estructuras granulares genera interacción del suelo granular de la capa de base con la geomalla?

Respuesta	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
De acuerdo	19	63,3	63,3
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	9	30,0	93,3
En desacuerdo	2	6,7	100,0
Total	30	100	

Gráfico Nº 08: El refuerzo de estructuras granulares genera interacción del suelo granular de la capa de base con la geomalla



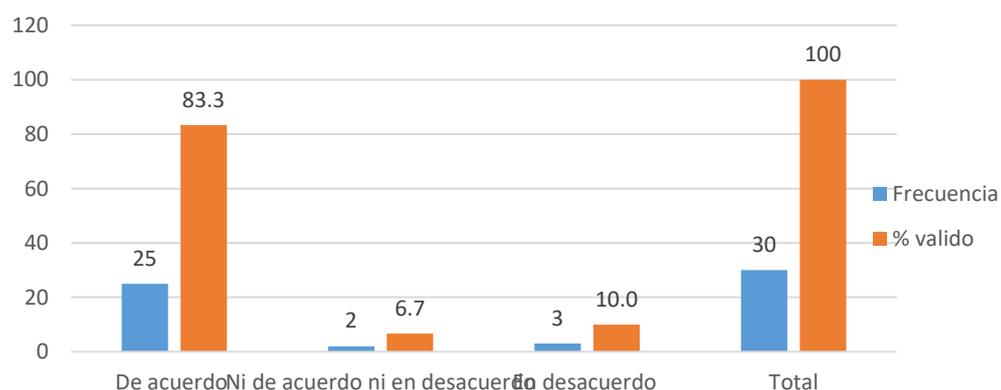
Interpretación:

En la figura Nº 08, se muestra los resultados de 30 especialistas en construcciones de pavimentos, quienes representan el 100% de la muestra en estudio donde el 63,3% manifiesta estar de acuerdo que el refuerzo de estructuras granulares genera interacción del suelo granular de la capa de base con la geomalla, con un 30% tenesmo a especialistas que no están ni de acuerdo ni en desacuerdo y el 6,7% en desacuerdo.

Tabla Nº 09: La separación de capas a través de una geomalla evita que los componentes de la capa de base granular de un pavimento flexible se mezcle con el suelo subrasante?

Respuesta	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
De acuerdo	25	83,3	83,3
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	6,7	90,0
En desacuerdo	3	10,0	100,0
Total	30	100	

Gráfico Nº 09: La separación de capas a través de una geomalla evita que los componentes de la capa de base granular de un pavimento flexible se mezcle con el suelo subrasante



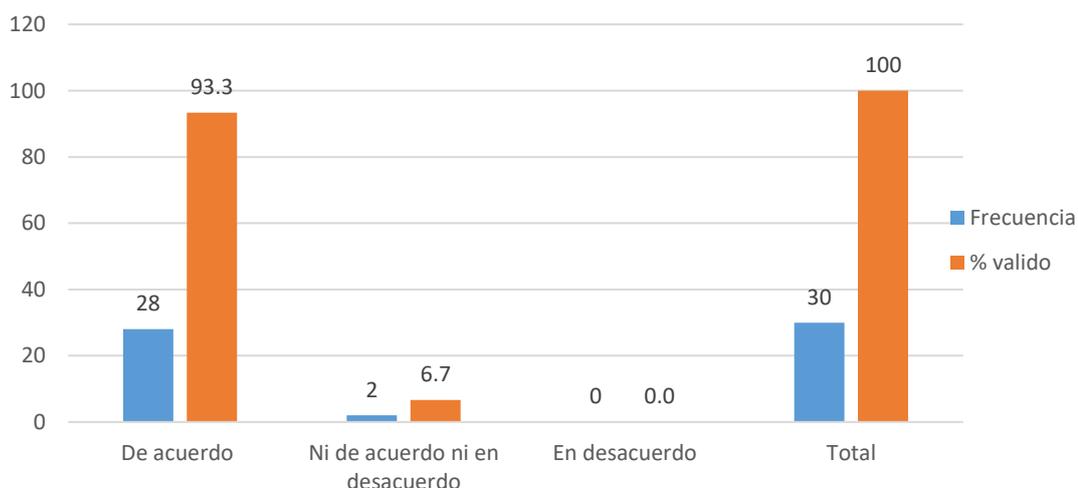
Interpretación:

En la figura Nº 09, se muestra los resultados de 30 especialistas en construcciones de pavimentos, quienes representan el 100% de la muestra en estudio donde el 83,3% manifiesta estar de acuerdo que la separación de capas a través de una geomalla evita que los componentes de la capa de base granular de un pavimento flexible se mezcle con el suelo subrasante, el 10% está en desacuerdo y el 6,7% ni de acuerdo ni en desacuerdo.

Tabla Nº 10: ¿La separación de capas a través de una geomalla evita que se produzca una falla de deformación en esta interfase, y desde luego el ahuellamiento y fisuras en la carpeta de rodadura?

Respuesta	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
De acuerdo	28	93,3	93,3
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	6,7	100,0
En desacuerdo	0	0,0	100,0
Total	30	100	

Gráfico Nº 10: La separación de capas a través de una geomalla evita que se produzca una falla de deformación en esta interfase, y desde luego el ahuellamiento y fisuras en la carpeta de rodadura.



Interpretación:

En la figura Nº 10, se muestra los resultados de 30 especialistas en construcciones de pavimentos, quienes representan el 100% de la muestra en estudio donde el 93,3% manifiesta estar de acuerdo con la separación de capas a través de una geomalla evita que se produzca una falla de deformación en esta interfase y desde luego el ahuellamiento y fisuras en la carpeta de rodadura frente al 6,7% ni de acuerdo ni en desacuerdo.

3.1.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS

H0: El uso de Geomallas no tiene gran importancia en la construcción e pavimentos en la provincia de Pisco, 2017.

HG: El uso de Geomallas tiene gran importancia en la construcción e pavimentos en la provincia de Pisco, 2017.

TABLA DE CONTINGENCIA Nº 01

USO DE GEOMALLAS	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS			Total
	DE ACUERDO	NI DE ACUERDO		
		NI EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	
DE ACUERDO	3	6	3	12
NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO	2	0	4	6
EN DESACUERDO	1	1	10	12
Total	6	7	17	30

PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

Celda			
número	f_o	f_e	$\frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$
1	3	2,40	0,2
2	6	2,80	3,7
3	3	6,80	2,1
4	2	1,20	0,5
5	0	1,40	1,4
6	4	3,40	0,1
7	1	2,40	0,8
8	1	2,80	1,2
9	10	6,80	1,5
		X^2	11,45

$X^2_c = 11,45$ (valor de Chi cuadrado calculado)

$G.L. = (F-1)(C-1) = (3-1)(3-1) = 4$

$G.L. = 4$

Nivel de significación (α) = 0,05

$X^2_t = 9.49$ (valor de Chi cuadrado teórico)

$X^2_c > X^2_t$

$11,45 > 9.49$

Decisión:

Para la validación de la hipótesis se contrastó el valor del Chi cuadrado calculado con el valor de X^2_t (Chi cuadrado teórico), considerando un nivel de significancia de 0,05% y 4 grados de libertad se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis planteada (HG), por lo que se determina que: ***El uso de Geomallas tiene gran importancia en la construcción de pavimentos en la provincia de Pisco, 2017.***

3.2 CONCLUSIONES

El uso de las Geomallas tiene gran importancia en la construcción de pavimentos en la ciudad de Pisco; se pudo establecer mediante el valor de 11,45 que el uso de Geomallas tiene gran importancia en la construcción de pavimentos en la provincia de Pisco. Se considera lo sostenido por Caballero (2006), quien sostiene que es necesario implementar una red mucho más eficiente, resistente y segura que sea capaz de soportar las cargas y volúmenes de tráfico que se tienen en la actualidad.

Un pavimento con Geomalla garantiza el ahorro del material, mano de obra y equipo al existir menor uso de maquinaria en la excavación del transporte e instalación de la geomalla y los materiales.

La valoración de la restricción del desplazamiento lateral restringe el desplazamiento del material granular ante la aplicación de la carga nos da como resultados en un 63,33% de los especialistas quienes manifiestan estar de acuerdo

El 60% de ingenieros está de acuerdo que la Geomalla actúa como barrera que controla la superficie inferior de la envolvente de la falla. Concluyendo que la aplicación de estas es muy importante para prevenir las caídas de tierras y reforzar el suelo en la construcción de pavimentos.

El 73,3% de los especialistas encuestados están de acuerdo que la Geomalla confina completamente la capa de base granular ofreciendo mayor resistencia a la subrasante.

La aplicación de Geomallas define el refuerzo de confinamiento, esta afirmación se observa en los resultados de la Tabla N° 06 donde el 56,7% de los especialistas están de acuerdo con este enunciado.

Los niveles de separación de capas a través de una geomalla evitan que los componentes de la capa de base granular de un pavimento flexible se mezcle con el suelo subrasante siendo el 83,3% de especialistas quienes si están de acuerdo.

3.3 RECOMENDACIONES

Esta tesis, se recomienda continuar con la sensibilización de las autoridades de Pisco a fin de que en los proyectos de construcción e pavimentos se aplique las Geomallas para lograr que este tenga mayor tiempo de vida.

Para este tipo de proyectos se recomienda que además del análisis cualitativo realizado, se prosiga realizar un análisis cuantitativo para obtener resultados más precisos y fácilmente identificables en cada proceso de la aplicación de Geomallas teniendo como premisa que los suelos de Pisco son eólicos y arenosos.

Los resultados obtenidos solo aplican para los datos obtenidos de los especialistas sin embargo se debe profundizar este estudio para determinar más factores que puedan influir en el uso de Geomallas para la construcción de pavimentos.

Se sugiere continuar con la prosecución de la capacitación a las autoridades de la provincia de Pisco para que manejen eficientemente los conocimientos sobre la aplicación de Geomallas teniendo en cuenta el Reglamento Nacional de construcciones.

Nuestro país requiere vías de calidad y seguras, que garanticen el desarrollo. El empleo de las geomallas en refuerzo de vías y repavimentación en el Perú aún es limitada, por ello sería conveniente que se prescriban normas que fomenten el uso de las geomallas en vías de alto tránsito y que presenten problemas de soporte en su estructura de pavimento, así como las vías

repavimentadas porque una de las ventajas de las geomallas además del aporte del refuerzo de las capas del pavimento, es que pueden prolongar la vida útil de las vías así como el tiempo de mantenimiento, con el consiguiente ahorro económico y mínimas interrupciones en las vías, sin embargo, hay que utilizarlas donde realmente muestren un buen aporte o donde los recursos de materiales afirmados son insuficientes o su costo es excesivo por el traslado de grandes distancias

3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

- ✓ CIDELSA: es una empresa peruana con presencia activa desde hace 50 años atendiendo a los sectores de minería, petróleo, construcción, agricultura, industrias diversas, y organismos gubernamentales, cubriendo grandes proyectos de infraestructura y arquitectónicos.
- ✓ COER: Centro De Operaciones De Emergencia Regional - Región Ica
- ✓ Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastre – SIGRID y Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC
- ✓ AASHTO. Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate base Course of Flexible Pavement Structures PP 46-01. 2003. 4 p.
- ✓ CENTURION, C y SILVA, J. Resumen de estudios para calcular el CBR de diseño en el tope del mejoramiento de subrasantes con geomallas. Lima. 2010. 10 p.
- ✓ GIROUD, J.P y HAN, JIE. Design method for geogrid-reinforced unpaved roads. II. Calibration and applications. 2004. 11 p.
- ✓ KOERNER, ROBERT M. Designing with Geosynthetics. 5a ed. New Jersey. Prentice Hall. 2005. 796 p.
- ✓ NAJARRO, ABEL. Tesis: Diseño y aplicación con geomallas en la carretera Iquitos-Nauta. Ayacucho. 2006. 208 p.
- ✓ TENSAR. SpectraPave4 PRO User´s Manual. 2013. 32 p.
- ✓ U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. Use of geogrids in pavement construction. Technical Letter ETL 1110-1-189. Washington D.C. 2003. 38.

- ✓ VALENCIA, RODRIGO. Nuevas tendencias en el diseño y construcción de carreteras reforzadas con geomallas. San Jose. 2009. 19 p.

- ✓ WEBSTER, S.L. Geogrid Reinforced Base Courses for Light Aircraft, Department of the Army Waterways Experiment Station, Corps of Engineer. Mississippi. 1992

3.5 ANEXOS

3.5.1 ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

USO DE GEOMALLAS Y SU IMPORTANCIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS EN LA PROVINCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
<p>Problema General ¿En qué medida el uso de Geomallas es importante en la construcción de pavimentos en la provincia de Pisco, 2017?</p>	<p>Objetivo General Determinar la medida en que el uso de Geomallas es importante en la construcción e pavimentos en la provincia de Pisco, 2017.</p>	<p>Hipótesis General Si se usa Geomallas entonces será de gran importancia en la construcción de pavimentos en la provincia de Pisco, 2017</p>	<p>VARIABLE 1: Uso de Geomallas</p> <p>VARIABLE 2: Construcción de pavimentos</p>	<p>X1: Refuerzo.</p> <p>X2: Confinamiento.</p> <p>X3: Separación de Capas.</p> <p>Y1: Período de diseño.</p> <p>Y2: Vida útil del pavimento.</p> <p>Y3: Tipo de tránsito a servir</p>

3.5.2 ANEXO 02: INSTRUMENTOS

ENCUESTA SOBRE IMPORTANCIA DE GEOMALLAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

Estimado (a): Agradecemos su gentil participación en la presente investigación para obtener información sobre la importancia de las Geomallas en la construcción de pavimentos.

El cuestionario es anónimo, por favor responda con sinceridad. Lea usted con atención y conteste marcando con una "X" en un solo recuadro.

Instrucciones:

En las siguientes proposiciones marque con una x en el valor del casillero que según Ud. Corresponde.

De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo
3	2	1

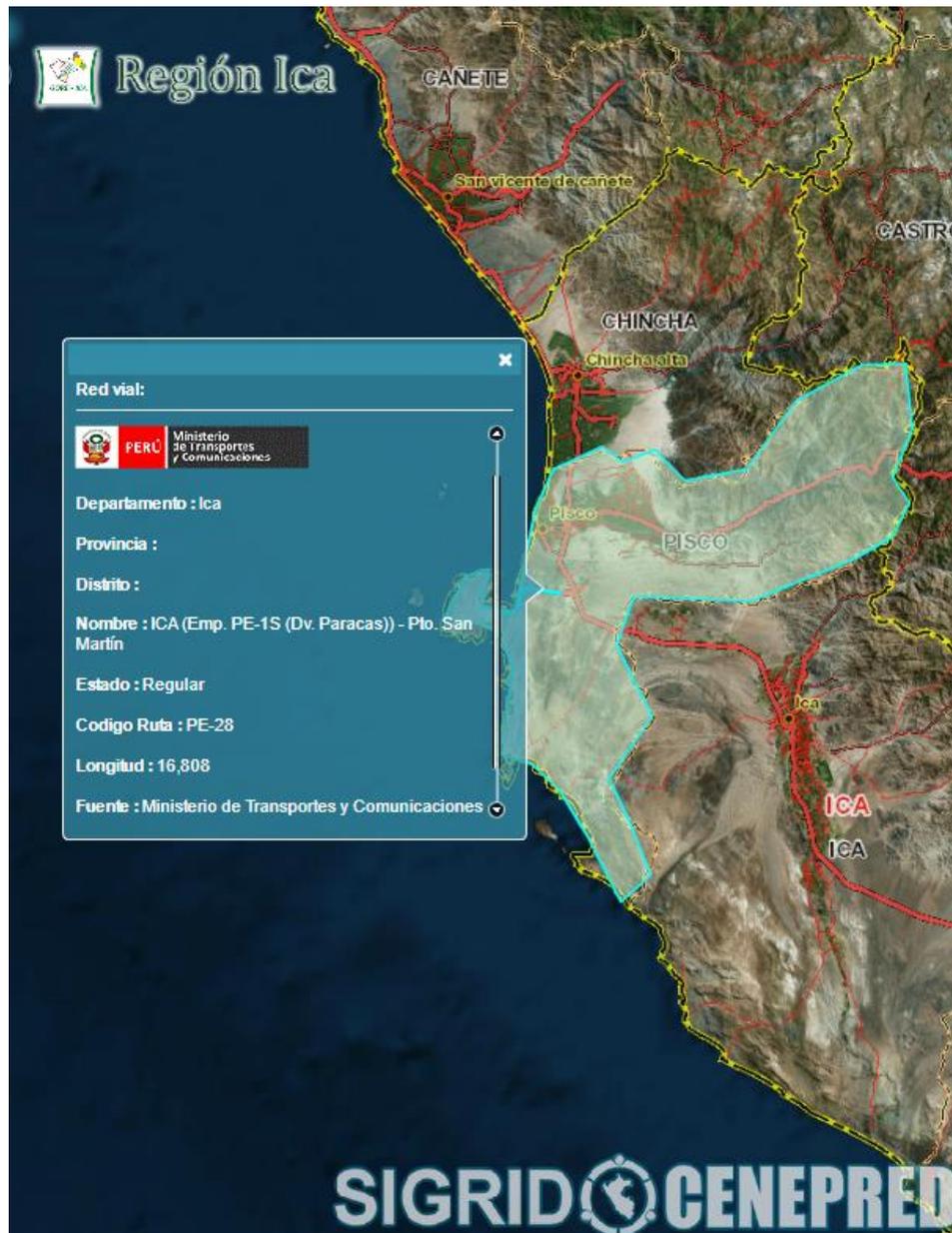
Dimensiones e Indicadores	1	2	3
REFUERZO			
La restricción del desplazamiento lateral restringe el desplazamiento del material granular ante la aplicación de carga.			
La Geomalla actúa como una barrera que controla la superficie inferior de la envolvente de falla.			
La Geomalla actúa confinando completamente a la capa de base granular, que ofrece mayor resistencia que la sub-rasante.			
La membrana tensionada se basa en el mejoramiento de la capacidad de distribución vertical del esfuerzo resultante de la tensión de una membrana deformada.			
La geomalla refuerza y controla el agrietamiento generado en la carpeta asfáltica.			
Las geomallas generan una interface elástica de alto módulo que permite absorber los efectos de corte, flexión, tensión y aumenta la resistencia a la fatiga de la carpeta asfáltica producidos por el impacto y rodamiento de los vehículos en su recorrido.			
CONFINAMIENTO			
La aplicación de geomallas define el refuerzo de confinamiento.			
El refuerzo de estructuras granulares genera interacción del suelo granular de la capa de base con la geomalla.			
SEPARACIÓN DE CAPAS			
La separación de capas a través de una geomalla evita que los componentes de la capa de base granular de un pavimento flexible se mezcle con el suelo subrasante.			
La separación de capas a través de una geomalla evita que se produzca una falla de deformación en esta interfase, y desde luego el ahuellamiento y fisuras en la carpeta de rodadura.			

3.5.3 ANEXO 03: LISTA DE PROFESIONALES ENCUESTADOS

3.5.4 ANEXO 04: MAPA DE VÍAS DE LA PROVINCIA DE PISCO



Fuente: Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastre – SIGRID y Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC



Fuente: Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastre – SIGRID y Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC

Para la generación de los Datos, se realizó en Gabinete, la actividad de transformación de los datos, obtenidos del Sistema de Información del Riesgo de Desastres - SIGRID: Consistió en generar Mapa de las Vías Nacionales, Departamentales, Vecinales de la provincia de Pisco; asimismo, realizar un Mapa de Estado de las Vías de la Provincia de Pisco, utilizando el Programa ARGIS.

3.5.1 ANEXO 05: PANEL FOTOGRÁFICO



Plaza de Armas de la Provincia de Pisco





Se puede apreciar el deterioro producido por el desgaste de la carpeta asfáltica



Se aprecia en la imagen el deterioro por agrietamiento en la carpeta asfáltica.



Se observa las grietas en la carpeta asfáltica





MEJORAMIENTO DE PISTAS, VEREDAS Y ÁREAS VERDES EN LA AVENIDA FERNANDO LEÓN DE ARECHUA DEL CERCADO DE ICA, PROVINCIA DE ICA- ICA - (S/.3,579,574.44)

Gracias a los conocimientos técnicos adquiridos en la Universidad Alas Peruanas, me permitió el correcto desenvolvimiento en el uno de los campos con mayor desarrollo y competencia, la cual es la ingeniería vial.

Se aprecia en la imagen la experiencia adquirida en una de las variables del presente estudio de investigación, la construcción de pavimentos; en la se pudo observar cada uno de los procesos que abarca el ciclo de vida de la construcción de pavimentos para poder analizar los aspectos técnicos y poder establecer la metodología del uso de Geomallas.



MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AVENIDA ARENALES COMPRENDIDO DESDE LA CALLE CHOTA, HASTA LA ANTIGUA PANAMERICANA SUR, DISTRITO DE ICA- PROVINCIA DE ICA (S/.7,856,191.85)

Se aprecia en la imagen la experiencia adquirida en una de las variables del presente estudio de investigación, la construcción de pavimentos; en la se pudo observar cada uno de los procesos que abarca el ciclo de vida de la construcción de pavimentos para poder analizar los aspectos técnicos y poder establecer la metodología del uso de Geomallas.



Frontis de la Empresa CIDELSA

Gracias al asesoramiento de la empresa CIDELSA, fabricante de productos de geosintéticos permitió adquirir conocimientos en la variable: uso de geomallas, para el presente estudio de investigación; que por motivos de confidencialidad no permitió la toma de material fotográfico de su fabricación y almacén.



Se aprecia el uso de la geomalla dentro de la carpeta asfáltica con fines de repavimentación.

En los siguientes materiales fotográficos otorgado por el COER: Centro De Operaciones De Emergencia Regional - Región Ica, se puede observar las fallas originadas a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales ocurridas desde el 04 al 24 de enero del año 2017, en el departamento de Ica, donde se activaron las quebradas “El Tingue”, “Cansas” y “Tortolitas”, produciendo huaycos que afectaron carreteras, en el distrito de Humay, Huancano y Auquix de la provincia de Pisco; evidenciando la necesidad del uso de geomallas para el refuerzo de la estructura asfáltica.



Centros Poblados vulnerables en el departamento Ica

N°	Este	Norte	Prov.	Distrito	Centro Poblado	Quebrada	N° Viviendas en Riesgo	N° Habitantes en riesgo (Directamente Afectados)	N° Habitantes en riesgo (Indirectamente Afectados)	Total de Habitantes en riesgo
5	413569	8487082	Pisco	Humay	Huaya Grande	Huaya Grande	32	160	213	373

Fuente: Autoridad Nacional del Agua
Datum: WGS 84- ZONA 18 SUR



Centros Poblados vulnerables en el departamento Ica

N°	Este	Norte	Prov.	Distrito	Centro Poblado	Quebrada	N° Viviendas en Riesgo	N° Habitantes en riesgo (Directamente Afectados)	N° Habitantes en riesgo (Indirectamente e Afectados)	Total de Habitantes en riesgo
7	433359	8496165	Pisco	Huancano	Huancano	Huancano	50	250	333	583

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

Datum: WGS 84- ZONA 18 SUR



Centros Poblados vulnerables en el departamento Ica

N°	Este	Norte	Prov.	Distrito	Centro Poblado	Quebrada	N° Viviendas en Riesgo	N° Habitantes en riesgo (Directamente Afectados)	N° Habitantes en riesgo (Indirectamente Afectados)	Total de Habitantes en riesgo
3	412072	8485974	Pisco	Humay	Auquix	Auquix	25	125	166	291

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

Datum: WGS 84- ZONA 18 SUR