



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
GEOMALLAS EN EL REDISEÑO ESTRUCTURAL DE LA AV. LEÓN  
FEBRES CORDERO**

**TUTOR**

**Mgtr. MARCO VLADIMIR CHIMBORAZO ANGULO**

**AUTOR**

**ELVYN STALIN ZAMBRANO VELIZ**

**GUAYAQUIL**

**2025**

**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS**

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLAS EN EL REDISEÑO ESTRUCTURAL DE LA AV. LEÓN FEBRES CORDERO.

**AUTOR/ES:**

Zambrano Veliz Elvyn Stalin

**TUTOR:**

Mgr. Marco Vladimir Chimborazo Angulo

**INSTITUCIÓN:**

**Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil**

**Grado obtenido:**

Ingeniero civil

**FACULTAD:**

DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN

**CARRERA:**

INGENIERÍA CIVIL

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

2025

**N. DE PÁGS:**

89

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y Construcción

**PALABRAS CLAVE:** Ingeniería vial, Estudio de viabilidad, Tráfico, Optimización, Mantenimiento

**RESUMEN:**

El estudio técnico y económico sobre la incorporación de geomallas en el rediseño de la Av. León Febres Cordero busca evaluar la factibilidad y efectividad de este material en el proceso de rehabilitación en la vía. Las geomallas refuerzan la estructura del pavimento y, gracias a sus características, se mejora la capacidad de soportar carga del terreno, lo que contribuye a disminuir las deformaciones y prevenir la formación de fisuras. El estudio tomó en cuenta diversos factores técnicos, entre ellos la capacidad de soporte de las geomallas, las condiciones climáticas y el tráfico que circula por la vía, contrastando el rendimiento de las estructuras tradicionales con las que incluyen geomallas como refuerzo. Por tanto, se utilizaron técnicas de análisis para pavimentos y

simulaciones estructurales para evaluar la estabilidad y resistencia en cada variable. Visto financieramente, el estudio de costos incluye la inversión inicial, los costos de conservación y la longevidad del camino. La comparación de estos elementos facilita la valoración de la viabilidad financiera de incluir geomallas en el diseño de la estructura. Los hallazgos indican que su aplicación fomenta la reducción del grosor de los estratos estructurales sin poner en riesgo su estabilidad, optimizando de esta manera los recursos y extendiendo la durabilidad del pavimento.

Para concluir, los descubrimientos corroboran que la aplicación de geomallas facilita la disminución del grosor de la capa estructural sin alterar su resistencia, lo que conlleva a una disminución de gastos y un aumento en la durabilidad de la vía. Además, ayuda a incrementar la seguridad y la calidad del pavimento, lo que resulta ventajoso para los usuarios. Esta tecnología constituye una opción eficaz y sustentable para optimizar la infraestructura de las vías de la Avenida León Febres Cordero, proporcionando beneficios tanto técnicos como financieros a largo plazo.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (Web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Zambrano Veliz Elvyn Stalin	<b>Teléfono:</b>	<b>E-mail:</b> ezambranov@ulvr.edu.ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Mgtr. Marcial Calero Amores <b>Teléfono:</b> (+593) 4 259 6500 <b>Ext.</b> 241 <b>E-mail:</b> mcaleroa@ulvr.edu.ec Mgtr. Jorge Torres Rodríguez <b>Teléfono:</b> (+593) 4 259 6500 <b>Ext.</b> 242 <b>E-mail:</b> etorresr@ulvr.edu.ec	

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Zambrano

### INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[www.coursehero.com](http://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

<1%

2

[es.slideshare.net](http://es.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1%

3

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1%

4

[www.plusvalia.com](http://www.plusvalia.com)

Fuente de Internet

<1%

5

Submitted to Universidad Autónoma de Yucatán

Trabajo del estudiante

<1%

6

[repositorio.ulvr.edu.ec](http://repositorio.ulvr.edu.ec)

Fuente de Internet

<1%

7

CESEL S A. "EIA para el Proyecto Ampliación de Capacidad de Producción de Cal con Una Línea de 1000 TMPD-IGA0008860", R.D. N° 222-2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020

Publicación

<1%

8	Marco Fabricio Romero-Vintimilla, Narciza Azucena Reyes-Cárdenas, Mireya Magdalena Torres-Palacios. "La gestión de operaciones como herramienta de desarrollo en empresas transportadoras de carga", Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 2020 Publicación	<1 %
9	<a href="https://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="https://zaguan.unizar.es">zaguan.unizar.es</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="https://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="https://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="https://chapingo.orex.es">chapingo.orex.es</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="https://dspace.uazuay.edu.ec">dspace.uazuay.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="https://repositorio.ucsg.edu.ec">repositorio.ucsg.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="https://web.mit.edu">web.mit.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="https://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %

18	<a href="http://www.archdaily.pe">www.archdaily.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://www.wrm.org.uy">www.wrm.org.uy</a> Fuente de Internet	<1 %
20	KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.. "EIA del Proyecto Constancia-IGA0006961", R.D. N° 390-2010-MEM-AAM, 2020 Publicación	<1 %
21	<a href="http://conavi.go.cr">conavi.go.cr</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://oa.upm.es">oa.upm.es</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://stp.gov.do">stp.gov.do</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://updocs.net">updocs.net</a> Fuente de Internet	<1 %
26	J & E CONSULTORES GENERALES S.R.L.. "EIA-SD del Proyecto Instalación de la Línea de Transmisión en 60 kV Pongo de Caynarachi - Yurimaguas y Subestaciones-IGA0002612", R.D. N° 196-2017-MEM/DGAAE, 2020 Publicación	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

*María V. Chambergo*

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

El(Los) estudiante(s) egresado(s) Elvyn Stalin Zambrano Veliz, declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLAS EN EL REDISEÑO ESTRUCTURAL DE LA AV. LEÓN FEBRES CORDERO, corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Firma: 

Elvyn Stalin Zambrano Veliz

C.I.: 1104116098

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLAS EN EL REDISEÑO ESTRUCTURAL DE LA AV. LEÓN FEBRES, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLAS EN EL REDISEÑO ESTRUCTURAL DE LA AV. LEÓN FEBRES CORDERO, presentado por el (los) estudiante (s) ELVYN STALIN ZAMBRANO VELIZ como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma: 

Mgtr. Marco Vladimir Chimborazo Angulo

C.C. 0915941728

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios, quien se encarga de encaminar a cada uno por el bien y brindar la fortaleza que cada alma necesita para seguir adelante.

A mi familia, quienes, de una u otra manera, han estado presentes en este camino. Su apoyo incondicional, paciencia y confianza en mí han sido fundamentales para llegar hasta aquí.

A mis profesores y asesores, gracias por compartir sus conocimientos y orientarme en este proceso. Sus consejos y enseñanzas han sido de gran valor para la elaboración de este trabajo.

***Elvyn Stalin Zambrano Veliz***

## **DEDICATORIA**

Este logro se lo dedico a todos quienes brindaron su apoyo y contribuyeron a cumplir esta meta, ardua pero bonita a la vez. Adicional, deseo realizar una mención especial, ya que, se lo dedico a mi hijo Elvyn, quien se convirtió en mi luz, mi empuje y mis ganas de superarme día tras día, para brindarle un futuro prometedor.

***Elvyn Stalin Zambrano Veliz***

## RESUMEN

El estudio técnico y económico sobre la incorporación de geomallas en el rediseño de la Av. León Febres Cordero busca evaluar la factibilidad y efectividad de este material en el proceso de rehabilitación en la vía. Las geomallas refuerzan la estructura del pavimento y, gracias a sus características, se mejora la capacidad de soportar carga del terreno, lo que contribuye a disminuir las deformaciones y prevenir la formación de fisuras.

El estudio tomó en cuenta diversos factores técnicos, entre ellos la capacidad de soporte de las geomallas, las condiciones climáticas y el tráfico que circula por la vía, contrastando el rendimiento de las estructuras tradicionales con las que incluyen geomallas como refuerzo. Por tanto, se utilizaron técnicas de análisis para pavimentos y simulaciones estructurales para evaluar la estabilidad y resistencia en cada variable.

Visto financieramente, el estudio de costos incluye la inversión inicial, los costos de conservación y la longevidad del camino. La comparación de estos elementos facilita la valoración de la viabilidad financiera de incluir geomallas en el diseño de la estructura. Los hallazgos indican que su aplicación fomenta la reducción del grosor de los estratos estructurales sin poner en riesgo su estabilidad, optimizando de esta manera los recursos y extendiendo la durabilidad del pavimento.

Para concluir, los descubrimientos corroboran que la aplicación de geomallas facilita la disminución del grosor de la capa estructural sin alterar su resistencia, lo que conlleva a una disminución de gastos y un aumento en la durabilidad de la vía. Además, ayuda a incrementar la seguridad y la calidad del pavimento, lo que resulta ventajoso para los usuarios. Esta tecnología constituye una opción eficaz y sustentable para optimizar la infraestructura de las vías de la Avenida León Febres Cordero, proporcionando beneficios tanto técnicos como financieros a largo plazo.

**Palabras Claves:** Ingeniería vial, Estudio de viabilidad, Tráfico, Optimización, Mantenimiento

## ABSTRACT

The technical and economic study on the incorporation of geogrids in the redesign of Av. León Febres Cordero aims to assess the feasibility and effectiveness of this material in the road rehabilitation process. Geogrids reinforce the pavement structure and, due to their properties, improve the load-bearing capacity of the soil, which helps reduce deformations and prevent the formation of cracks.

The study took into account various technical factors, including the geogrid's load-bearing capacity, weather conditions, and the traffic passing through the road, contrasting the performance of traditional structures with those that include geogrids as reinforcement. Thus, pavement analysis techniques and structural simulations were used to assess stability and resistance in each variable.

From a financial perspective, the cost study includes the initial investment, maintenance costs, and the road's longevity. Comparing these elements allows for an evaluation of the financial viability of including geogrids in the structure's design. The findings indicate that their application promotes the reduction of the thickness of the structural layers without compromising their stability, thereby optimizing resources and extending the pavement's durability.

In conclusion, the findings confirm that the use of geogrids facilitates the reduction of the structural layer thickness without altering its strength, leading to cost savings and increased road durability. Additionally, it helps enhance safety and pavement quality, benefiting users. This technology offers an effective and sustainable option to optimize the infrastructure of Av. León Febres Cordero, providing both technical and financial benefits in the long term.

**Keywords:** Road engineering, Feasibility study, Traffic, Optimization, Maintenance

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
ENFOQUE DE LA PROPUESTA .....	3
Tema:.....	3
Planteamiento del Problema: .....	3
Formulación del Problema: .....	5
Objetivo General .....	5
Objetivos Específicos .....	5
Idea a Defender / Hipótesis .....	5
Línea de Investigación Institucional / Facultad. ....	6
CAPÍTULO II .....	7
MARCO REFERENCIAL.....	7
Marco Teórico: .....	7
Pavimentos .....	7
Fallas en pavimentos .....	9
Geosintéticos .....	12
Geomallas .....	14
Clasificación de las geomallas.....	15
Funciones generales de geomallas en pavimentos .....	23
Ventajas de las geomallas en proyectos viales.....	23
Uso en el rediseño estructural de pavimentos .....	24
Análisis técnico que debe realizarse .....	24
Contexto del Proyecto en la Av. León Febres Cordero .....	24
Problemas estructurales previos a mantenimiento de vía .....	26
Estudios Previos y Casos de Éxito .....	27
Marco Legal: .....	28
Legislación Nacional e Internacional sobre Infraestructura Vial .....	28

Marco Ambiental y Sostenibilidad .....	30
Contratos y Supervisión de Obras .....	31
Normas sobre Geosintéticos.....	31
CAPÍTULO III .....	32
MARCO METODOLÓGICO .....	32
Enfoque de la investigación: .....	32
Fundamentación del Enfoque Cuantitativo .....	32
Fundamentación del Enfoque Cualitativo.....	33
Justificación del Enfoque Mixto.....	34
Alcance de la investigación: .....	35
Alcance Descriptivo .....	35
Alcance Correlacional.....	36
Justificación del Alcance Seleccionado .....	36
Técnica e instrumentos para obtener los datos .....	37
Población y muestra.....	40
Población.....	40
Muestra .....	40
CAPÍTULO IV.....	42
PROPUESTA O INFORME .....	42
Presentación y análisis de resultados .....	48
CONCLUSIONES .....	62
RECOMENDACIONES .....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
ANEXOS.....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Comparación grafica de av. León Febres Cordero previa y posterior a intervenciones de rehabilitación .....	54
Tabla 2 Comparación de características entre un pavimento convencional y uno utilizando geomalla .....	58
Tabla 3 Comparación de procesos constructivos entre: un pavimento tradicional y con geomalla.....	59
Tabla 4 Comparación en costos de mantenimiento de pavimentos.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Geomalla Biaxial .....	16
Figura 2: Ficha técnica de geomalla biaxial.....	17
Figura 3: Geomalla Uniaxial .....	18
Figura 4: Ficha técnica de geomalla uniaxial.....	19
Figura 5: Geomalla Triaxial .....	20
Figura 6: Geomalla Fibra de Vidrio.....	22
Figura 7: Ficha técnica de geomalla fibra de vidrio .....	22
Figura 8: Avenida León Febres Cordero visto con Google Earth.....	26
Figura 9: Fórmula de Murray y Larry .....	40
Figura 10: Avenida León Febres Cordero con baches .....	43
Figura 11: Avenida León Febres Cordero con fisuras y agrietamientos .....	43
Figura 12: Avenida León Febres Cordero con aguas lluvias estancadas. ....	44
Figura 13: Avenida León Febres Cordero en intervención para rehabilitación. 45	
Figura 14: Avenida León Febres Cordero en obra de bacheo .....	45
Figura 15: Avenida León Febres Cordero luego de intervención presentando estancamiento de aguas fluviales .....	46
Figura 16: Estructura de pavimento: sección transversal .....	47
Figura 17: Encuesta social .....	49

Figura 18: Pregunta 1 – Gráfica de resultados .....	50
Figura 19 Pregunta 2 – Gráfica de resultados .....	50
Figura 20: Pregunta 3 – Gráfica de resultados .....	51
Figura 21: Pregunta 4 – Gráfica de resultados .....	51
Figura 22: Pregunta 5 – Gráfica de resultados .....	52
Figura 23: Pregunta 6 – Gráfica de resultados .....	52
Figura 24: Pregunta 7 – Gráfica de resultados .....	53
Figura 25: Pregunta 8 – Gráfica de resultados .....	53

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Ficha Técnica – Geomalla FORTGRID ASPHALT .....	68
Anexo 2: Ficha Técnica – Geomalla FORTGRID BX.....	69
Anexo 3: Ficha Técnica – Geomalla Biaxial .....	70
Anexo 4: Ficha Técnica – Geomalla Fibra de Vidrio.....	71
Anexo 5: Cotización geomalla para área de 7200 m2 .....	72
Anexo 6: Cotización geomalla para área de 212 m2 .....	73

## INTRODUCCIÓN

Es fundamental la renovación estructural de las carreteras para el crecimiento urbano y la sostenibilidad del transporte. En este escenario, la Avenida León Febres Cordero, una de las principales vías de la ciudad, necesita una intervención considerable para aumentar su capacidad de carga y extender su durabilidad. Una de las opciones innovadoras para lograr estos objetivos es la implementación de geomallas, materiales geosintéticos que han probado su eficacia en la estabilización y fortalecimiento del terreno.

Las geomallas, fabricadas con polímeros, se utilizan para incrementar la capacidad de soporte del terreno y disminuir las edificaciones irregulares. Su aplicación en proyectos de infraestructura ha ganado importancia por su eficacia en la mejora de la estabilidad estructural y su habilidad para repartir cargas de forma homogénea. La meta de este estudio es valorar la viabilidad técnica y financiera del empleo de geomallas en la restauración de la Avenida León Febres Cordero, contrastando sus ventajas con los procedimientos convencionales de edificación.

Desde una perspectiva técnica, resulta crucial entender la relación de las geomallas con diferentes clases de terreno y su impacto en la resistencia y la longevidad de las estructuras de vía. Elementos como sus características mecánicas, la habilidad para reducir deformaciones y su capacidad para resistir la tracción serán cruciales en el diseño y la realización del proyecto. Además, se analizará su rendimiento a largo plazo en diferentes circunstancias ambientales para asegurar la viabilidad de la intervención.

Respecto a la valoración financiera, resulta esencial llevar a cabo un estudio de costo-beneficio que posibilite contrastar la inversión inicial y los costos de mantenimiento resultantes del empleo de geomallas en comparación con los métodos de construcción tradicionales. Este análisis contempla no solo los gastos inmediatos de materiales y personal, sino también las ventajas a largo plazo, como la reducción de las reparaciones y el aumento en la longevidad de la infraestructura.

La alta circulación de vehículos y el continuo deterioro del pavimento hacen de la Avenida León Febres Cordero una situación ideal para evaluar la factibilidad de poner en marcha geomallas. La adopción de esta tecnología podría representar una opción eficaz y sustentable, posibilitando una disminución notable de los gastos de mantenimiento y potenciando la seguridad en el camino.

Este análisis presentará los hallazgos del análisis técnico y financiero del empleo de geomallas, junto con simulaciones efectuadas en programas especializados para su mejor entendimiento. Los resultados logrados se utilizarán como guía con el fin de tomar decisiones en proyectos posteriores de infraestructura vial, destacando tanto las ventajas como las potenciales restricciones de esta solución en contextos parecidos.

Para concluir, el uso de geomallas en la restauración estructural de la Avenida León Febres Cordero no solo mejoraría la condición actual del camino, sino que también constituye una táctica sustentable y económicamente asequible que podría ser aplicada en otros proyectos de crecimiento urbano. Esta valoración técnica y financiera tiene como objetivo enriquecer el saber en el campo e impulsar la aplicación de soluciones innovadoras dentro del ámbito de construcción, fomentando métodos de construcción más eficaces y duraderos.

# CAPÍTULO I

## ENFOQUE DE LA PROPUESTA

### **Tema:**

Evaluación técnica-económica de la implementación de geomallas en el rediseño estructural de la av. León Febres.

### **Planteamiento del Problema:**

Ubicada en la ciudad de Daule, Ecuador, la Avenida León Febres Cordero es uno de los medios de comunicación más significativos de la región, caracterizada por un elevado flujo vehicular. No obstante, su infraestructura enfrenta diversos problemas estructurales debido al incremento constante del tráfico, según lo reflejan los estudios del TPDA, además de las condiciones climáticas desfavorables. Los problemas más comunes incluyen fisuras en el pavimento, deformaciones en la superficie y un rápido deterioro de la infraestructura. Estas carencias no solo impactan en el nivel de vida de los residentes, sino que también implican elevados gastos en mantenimiento y reparación para la municipalidad.

Uno de los principales desafíos es la insuficiente capacidad de carga del pavimento actual, el cual no fue diseñado para soportar el incremento en el volumen y peso del tráfico, especialmente el de vehículos pesados. Esto genera grietas y baches que aceleran el desgaste estructural, aumentando la necesidad de intervenciones frecuentes. Además, la inestabilidad del suelo subyacente, que es susceptible a movimientos, agrava estos problemas, lo que limita la efectividad de las soluciones tradicionales a futuro.

Frente a este problema, se presenta la necesidad de implementar soluciones más sostenibles y eficaces que no solo solucionen los problemas visibles de deterioro, sino que también fortalezcan la base estructural de la vía. Un enfoque clave para esta mejora es la reducción en el uso de material pétreo y la posibilidad de reutilizar la geomalla si su estado lo permite. Esta alternativa

es más amigable con el medio ambiente, ya que ayuda a evitar la contaminación del suelo al prescindir del uso de imprimación asfáltica.

La incorporación de geomallas, que son estructuras poliméricas diseñadas para estabilizar y reforzar el suelo, se presenta como una opción viable para mejorar la resistencia y durabilidad del pavimento. No obstante, antes de su implementación en la rehabilitación de la Avenida León Febres Cordero, es esencial efectuar un estudio exhaustivo sobre el impacto ambiental de la imprimación asfáltica y evaluar las características del proceso constructivo.

Desde una perspectiva técnica, es crucial comprender las propiedades de las geomallas y cómo pueden mejorar la resistencia del pavimento y prolongar su vida útil. Esto implica analizar su comportamiento frente a cargas dinámicas y estáticas, así como su interacción con diferentes tipos de suelos. Además, se debe estudiar la composición y estructura del pavimento actual de la av. para garantizar una colocación adecuada de la geomalla y maximizar sus beneficios.

Previo a su implementación, es necesario llevar a cabo una evaluación económica que contemple una comparación detallada entre los costos iniciales de instalación y los de las técnicas de construcción tradicionales. También se debe considerar la reducción de costos en mantenimiento y reparaciones a lo largo del tiempo, junto con beneficios indirectos como la disminución del tiempo de inactividad de la vía debido a intervenciones frecuentes y la mejora en la seguridad vial.

El problema, por lo tanto, se centra en determinar si la aplicación de geomallas puede ofrecer una opción técnica y económicamente viable para la remodelación estructural de la av. León Febres Cordero, ubicada en Daule, provincia del Guayas. La investigación debe abordar preguntas clave sobre la efectividad de las geomallas en mejorar la capacidad de carga del pavimento, su impacto en la durabilidad de la infraestructura y los costos asociados con su implementación y mantenimiento.

## **Formulación del Problema:**

¿Cómo benefician las geomallas en la estructura vial de pavimento y la capacidad de carga del mismo en la av. León Febres Cordero?

## **Objetivo General**

Evaluar la factibilidad del uso de geomallas en el rediseño estructural de la av. León Febres Cordero mediante análisis de propiedades y costos para que la vía tenga un mejor desempeño durante su vida útil.

## **Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación de la avenida León Febres Cordero.
- Seleccionar los distintos tipos de geomallas que se utilizan en vías, tomando en cuenta sus propiedades físicas-mecánicas y sus beneficios.
- Analizar la comparativa entre una vía con implementación de geomallas y una vía con diseño convencional (solo material pétreo).
- Evaluar la viabilidad de utilizar geomallas y sus posibles consecuencias, a través de resultados obtenidos a lo largo del trabajo.
- Realizar un renderizado sobre la estructura vial que se pretende obtener en el proyecto.

## **Idea a Defender / Hipótesis**

La implementación de geomallas en la remodelación estructural de la vía incrementará significativamente la capacidad de carga y la durabilidad del pavimento. Las geomallas proporcionarán un refuerzo adecuado al suelo subyacente, distribuyendo las fuerzas de manera uniforme y minimizando los asentamientos diferenciales, lo que resultará en una estructura vial más estable y resistente durante la vida útil de diseño.

## **Línea de Investigación Institucional / Facultad.**

Se centra en la valoración de la factibilidad técnica y financiera de la implementación de geomallas en la avenida León Febres Cordero. Esto incluye el análisis de las características mecánicas de las geomallas y su interacción con los suelos locales, análisis de diseño estructural y comportamiento a largo plazo del pavimento reforzado, y un análisis costo-beneficio comparativo.

Además, se considerará el impacto ambiental y los beneficios indirectos, como la reducción de reparaciones y mejoras en la seguridad vial, mediante modelación en programas como Autodesk y sus aplicaciones como: CIVIL 3D, AUTOCAD, donde se puede realizar simulaciones del diseño.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **Marco Teórico:**

#### **Pavimentos**

Las carreteras y vías urbanas cuentan con pavimentos de múltiples capas, diseñados a partir de materiales seleccionados y dispuestos en forma horizontal. Estas estructuras están concebidas para resistir las cargas generadas por el tráfico y los factores ambientales, cumpliendo así una función estructural. Asimismo, su estructura debe asegurar una circulación vehicular segura, confortable y eficaz durante toda su vida útil, cumpliendo con su función prevista. El tránsito constante de los vehículos sobre estos pavimentos provoca la aplicación repetitiva de cargas dinámicas, lo que origina tensiones y deformaciones en dirección vertical, horizontal y de corte en las zonas de contacto entre las diferentes capas. La base sobre la que se asienta el pavimento puede ser una subrasante natural o una plataforma mejorada, estabilizada o construida a partir de un terraplén, conocido como capa de estructuración. (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2022)

Este estudio se enfocará en los pavimentos flexibles. Según Rondón Quintana & Reyes Lizcano (2022), estos pavimentos se caracterizan por consistir en una capa superior de asfalto que descansa sobre varias capas inferiores de menor resistencia. Estas capas generalmente se componen de materiales granulares, sean estos no tratados o estabilizados, tales como las capas de base, subbase y afirmado. En algunas ocasiones, se incorpora una subrasante, a la cual se le realiza una mejorada, o una capa de conformación para optimizar la estructura. Todas estas capas reposan sobre la subrasante natural, la cual debe poseer suficiente capacidad mecánica para soportar las cargas vehiculares sin experimentar deformaciones que comprometan la estabilidad o funcionalidad de la carretera.

La distribución de esfuerzos dentro de la estructura del pavimento flexible se realiza de manera progresiva a través de sus capas, de modo que, al llegar a la subrasante, la carga transmitida sea lo suficientemente reducida para evitar fallas estructurales. Asimismo, cada capa debe resistir las influencias ambientales.

En un pavimento flexible, la capa asfáltica incluye una base de asfalto, un soporte intermedio y la capa de rodadura. No obstante, en carreteras con poco tránsito, esta capa puede consistir solo en la carpeta de rodadura.

Las funciones esenciales de la capa asfáltica comprenden:

**Función estructural:** Debe ser diseñada y construida para resistir el desgaste ocasionado por el cansancio y la acumulación de deformidades constantes debido a las cargas repetidas del tráfico. Asimismo, debe ser capaz de soportar condiciones climáticas extremas sin que su desempeño sea perjudicado.

**Funcionalidad:** Esta base soporta directamente las cargas generadas por el tránsito sobre la superficie del pavimento, por lo que su diseño y construcción deben garantizar una circulación segura y confortable para los vehículos a lo largo de su vida útil, asegurando así su adecuado nivel de serviciabilidad.

**Función Impermeable:** Esta capa evita la infiltración de manera directa del agua hacia las capas inferiores, reduciendo el riesgo de pérdida de resistencia al corte en los materiales granulares de la base, subbase y subrasante. Esto es fundamental para evitar el debilitamiento estructural causado por un aumento en la saturación de dichos materiales.

La capa asfáltica está compuesta por distintas capas formadas por mezclas asfálticas, que incluyen agregados pétreos seleccionados unidos mediante asfalto o algún otro material bituminoso. Estas mezclas varían en su granulometría, los estándares de calidad requeridos, y muestran variaciones en

su rol dentro de la estructura del pavimento y muestran diferencias en su papel dentro de la estructura del pavimento, así como en el tipo de ligante utilizado.

### ***Fallas en pavimentos***

Los pavimentos, al estar sometidos constantemente a diversas condiciones de carga y exposición ambiental, pueden presentar diferentes tipos de deterioro con el tiempo. Estos daños pueden ser ocasionados por factores como el tránsito vehicular repetitivo, condiciones climáticas extremas, deficiencias en los materiales utilizados o errores durante el proceso constructivo. Identificar y comprender estas fallas es fundamental para implementar estrategias de mantenimiento y rehabilitación que prolonguen la durabilidad de la vía. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2016)

A continuación, se detallan algunas de las deficiencias más notables en pavimentos:

#### **1. Agrietamiento**

El agrietamiento es una de las manifestaciones más comunes del deterioro de los pavimentos. Se presenta en forma de fisuras en la superficie y puede originarse por diversas razones, como la fatiga del material, cambios de temperatura o asentamientos diferenciales en el suelo de soporte. Dentro de esta categoría, se pueden identificar los siguientes tipos de grietas:

**Grietas longitudinales y transversales:** Se producen en dirección paralela o perpendicular al eje de la vía. Su aparición puede estar relacionada con efectos de contracción térmica, asentamientos diferenciales del terreno o fallas en las juntas de construcción.

**Grietas en bloque:** Se caracterizan por formar patrones rectangulares en la superficie del pavimento. Estas fisuras suelen ser el resultado de la contracción del material debido a cambios en la

temperatura o al envejecimiento del asfalto, lo que genera una pérdida de cohesión en la estructura.

**Grietas tipo piel de cocodrilo:** Son fisuras interconectadas que crean un patrón similar al de la piel de un reptil. Esta falla es un indicador de fatiga del material causada por la repetición de cargas vehiculares, lo que debilita la estructura del pavimento y puede derivar en desprendimientos o baches si no se atiende oportunamente.

## **2. Deformaciones**

Las deformaciones en los pavimentos afectan su funcionalidad y seguridad, generando irregularidades que pueden comprometer la comodidad y estabilidad del tránsito. Estas alteraciones en la forma original de la vía pueden deberse a problemas en la compactación de las capas, materiales inadecuados o cargas excesivas. Entre las irregularidades más habituales se encuentran:

**Ahuellamiento:** Se manifiesta como depresiones en la superficie de rodadura, generalmente en las zonas donde circulan las llantas de los vehículos. Esta falla es causada por la compactación insuficiente o la deformación plástica de las capas inferiores del pavimento debido al tránsito constante.

**Ondulaciones o corrugaciones:** Son ondas transversales que aparecen en la superficie del pavimento, generando un efecto de vibración al paso de los vehículos. Estas irregularidades pueden originarse por el desplazamiento de los materiales debido a la acción repetitiva del tráfico o a la utilización de mezclas asfálticas inadecuadas. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2016)

### 3. Desintegración

La desintegración del pavimento es el resultado de la pérdida progresiva de material en la superficie, lo que genera condiciones adversas para la circulación y compromete la durabilidad de la estructura. Este tipo de daño se presenta en diversas formas, entre ellas:

**Desgaste superficial:** Se produce por el uso constante de la vía, lo que provoca el desprendimiento gradual de los agregados expuestos. Este desgaste puede acelerarse debido a la fricción generada por las llantas de los vehículos y la acción de agentes climáticos como la lluvia y el viento.

**Baches:** Son cavidades o agujeros que aparecen en el pavimento como consecuencia de la desintegración progresiva del material. Su formación suele estar relacionada con la infiltración de agua, que debilita la cohesión del asfalto y permite que las cargas dinámicas del tráfico provoquen la pérdida de material en la zona afectada. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2016)

### 4. Fallas en juntas

Las juntas en los pavimentos, especialmente en los de tipo rígido, tienen un rol esencial en la distribución de esfuerzos y en la expansión y contracción del material. Sin embargo, cuando estas juntas presentan deterioro, pueden originarse fallas estructurales que comprometen la estabilidad de la vía. Entre los problemas más comunes en este aspecto se encuentran:

**Deterioro del sellado:** La pérdida de selladores en las juntas permite la infiltración de agua y contaminantes, lo que puede debilitar las capas inferiores y acelerar el proceso de deterioro del pavimento.

**Infiltración de agua:** La entrada de agua a través de juntas mal selladas puede generar erosión y provocar asentamientos diferenciales en la estructura, aumentando el riesgo de fisuración y fracturas.

**Pérdida de carga transferida:** Cuando las juntas no funcionan correctamente, las losas del pavimento rígido pueden moverse de manera independiente, lo que ocasiona desplazamientos, desniveles y fallas en la integridad estructural. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2016)

## **Geosintéticos**

Ante todas estas posibles problemáticas que surgen en las vías, nace la idea de utilizar un producto que ayude a prolongar las fallas, y los geosintéticos se posicionaron en el lugar perfecto para cubrir aquellas necesidades.

Los geosintéticos han tomado fuerza con el pasar del tiempo, en el ámbito de ingeniería civil, teniendo varios usos en distintos campos, tales como: obras de vías, obras de hidrología, control de erosión, ambientales, etc.

Estos materiales se fabrican a partir de derivaciones pétreas, que luego, se transforman en mallas, tejidos, láminas, fibras, entre otras. Con frecuencia son utilizados en ingeniería civil, mucho más en aquellas estructuras que utilizan material de construcción tradicional, dentro de ellos se encuentran los: pavimentos, suelos, rocas y varios tipos de terrenos existentes. (Grupo Empresarial GHA, 2020)

Como todo material de construcción, los geosintéticos poseen ciertas funciones, que dependen del uso que se le brinde a dicho componente. Entre las cuales se tiene:

- **Separar:** esta función permite prevenir que dos diferentes materiales o ya sea, estratos, puedan mezclarse, y así, evitar una posible contaminación de los mismos.

- **Drenar:** permitirá que exista un flujo de transporte de algún fluido o, en ocasiones gas, entre los componentes a través del geosintético empleado.
- **Filtrar:** aquí se permite el paso de un fluido entre materiales, sin que puedan migrar los componentes de un lugar a otro. Esta función puede suceder aun cuando se encuentre sometido a carga.
- **Reforzar:** ayuda a que la capacidad para las cargas en un terreno pueda incrementar, obteniendo una estabilidad mayor, en cuanto a la superficie se refiere.
- **Proteger:** esto hace que la fuerza que se ejerce en alguna superficie pueda ser recibida, absorbida y mitigada, contra los componentes que puedan ejercer daño sobre dicha superficie.
- **Impermeabilizar:** permite colocar una barrera que sea impermeable, de tal manera que, se aíslen los diferentes estratos que hay y así no se pueda impregnar uno con el otro.

Todas estas propiedades se deben a la composición polimérica de los distintos geosintéticos, lo que contribuye a aumentar su durabilidad. Además, su fácil manipulación y transporte favorecen su aplicación, aportando beneficios ambientales a diversos proyectos de construcción. La composición polimérica de los productos los hace idóneos para su aplicación en suelos que demandan elevados niveles de durabilidad. (Sai, 2024)

De la misma manera que con las funciones, este material se subdivide en varios productos de acuerdo a las necesidades que requiera el respectivo proyecto, dentro de esta clasificación se tiene a las siguiente:

- Geomallas
- Geotextiles

- Geomembranas
- Geodrenes
- Geomantas
- Entre otros, esto va a depender de la empresa y los derivados que produzca.

Este proyecto investigativo, se va a centrar en presentar una solución a base del derivado “Geomalla”, se analizará lo referente a este tipo de geosintético y cuál puede ser la mejor opción dentro de una posible subdivisión.

### ***Geomallas***

Las geomallas son materiales geosintéticos ampliamente utilizados en la ingeniería civil para mejorar el rendimiento mecánico de estructuras de suelo. Su estructura, compuesta por polímeros de alta resistencia, por ejemplo: el polietileno o el polipropileno, el cual posee una densidad elevada, se caracteriza por una malla abierta que permite una interacción efectiva con materiales granulados, como gravas y arenas. Este material es fundamental en aplicaciones de refuerzo, estabilización y confinamiento de suelos, brindando soluciones rentables y duraderas en proyectos de infraestructura.

Según Vargas Jiménez (2017), este elemento puede ser insertado en la estructura del pavimento con el fin de mejorar ciertas condiciones que brinda, por ejemplo:

- Impide que se mezclen los materiales.
- Ayuda al drenaje lateral
- Imposibilita la salida de finos
- Una de las que más se busca, el refuerzo estructural del pavimento.

Lo que se busca evitar es el deterioro acelerado del pavimento por diversos factores, ya sea, el crecimiento exponencial del flujo de tráfico en la vía, las condiciones climáticas variables, entre otros factores, que pueden influir en la estructura.

### ***Clasificación de las geomallas***

Las geomallas pueden fabricarse con hilos de poliéster o fibra de vidrio que cuenten con una alta resistencia elevada o nylon. Se la puede entender como una conexión de elementos que forman una red regular. Según el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, el área abierta debe oscilar entre el 50% y el 80%. Acorde a esta introducción, las geomallas pueden clasificarse según su direccionalidad de resistencia y aplicación:

#### **Geomallas biaxiales**

Se trata de estructuras bidimensionales fabricadas a partir de polipropileno mediante un proceso de extrusión, lo que les confiere una gran capacidad de soportar tensiones y un módulo de elasticidad superior. Su diseño incluye nudos rígidos que permiten mantener los materiales granulares confinados, favoreciendo la interconexión de los agregados. Gracias a la apertura de su estructura, se logra una mayor adherencia entre las distintas capas que conforman el pavimento.

Asimismo, estas estructuras optimizan la capacidad en cuanto a las capas de base para soportar esfuerzos, tanto en vías sin pavimentar como en pavimentos flexibles y rígidos, convirtiéndolas en una alternativa eficiente para el refuerzo y estabilización del suelo. Adicional, ofrece una destacada resistencia frente a posibles daños durante la instalación y a las condiciones ambientales. (Pavco Wavin, 2023)

**Figura 1:** Geomalla Biaxial



Fuente: Pavco Wavin (2023)

## **Ventajas**

- Prolonga la vida útil del pavimento original al aplicarse en materiales granulares.
- Permite reducir el espesor de los materiales granulares al sustituir parte de ellos gracias al refuerzo proporcionado por la geomalla.
- Contribuye a disminuir el impacto ambiental al reducir el uso de materiales granulares, ya que estos son recursos naturales no renovables.

## **Aplicaciones**

- Estabiliza superficies blandas.
- Sirve para el refuerzo de elementos granulares.
- En muros de contención como reforzamiento complementario.

**Figura 2:** Ficha técnica de geomalla biaxial.

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	P-BX 2020		P-BX 3030	
			SL <sup>1</sup>	ST <sup>1</sup>	SL <sup>1</sup>	ST <sup>1</sup>
Rigidez radial <sup>6</sup>	ASTM D6637	kN/m	380		550	
Resistencia última a la tensión	ASTM D6637	kN/m	20	20	30	30
Eficiencia de los nodos <sup>2</sup>	ASTM D7737 / D6637	%	95		95	
Rigidez flexural	ASTM D7748	mg - cm	700.000		2.000.000	
Rigidez torsional (J) <sup>3</sup>	GRI GG9	cm - kg/deg	3.3		5.5	

PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	P-BX 2020		P-BX 3030	
			SL <sup>1</sup>	ST <sup>1</sup>	SL <sup>1</sup>	ST <sup>1</sup>
Tamaño de abertura	Medido	mm	40	40	40	40
Espesor de las costillas	Medido	mm	1.3	0.7	2.4	1.0
Ancho de la costilla	Medido	mm	2.3	3.1	2.4	3.7
Resistencia a la degradación UV <sup>4</sup>	ASTM D4355 / D6637	%	90		90	
Resistencia a los daños químicos	EPA 9090 A	%	100		100	

PRESENTACIÓN DEL ROLLO	NORMA	UNIDAD	P-BX 2020		P-BX 3030	
			SL <sup>1</sup>	ST <sup>1</sup>	SL <sup>1</sup>	ST <sup>1</sup>
Ancho del rollo	Medido	m	3.90		3.90	
Largo del rollo	Medido	m	51.3		51.3	
Área del rollo	Medido	m <sup>2</sup>	200		200	

Fuente: Pavco Wavin (2023)

## Geomallas uniaxiales

Se trata de estructuras lineales fabricadas con polietileno de alta densidad (HDPE, por su nombre en inglés), caracterizadas por su gran resistencia a los esfuerzos de tracción y su capacidad para conservar la estabilidad sin sufrir modificaciones ante los factores químicos y biológicos presentes en el suelo y el agua.

Debido a la adición de un  $\geq 2\%$  de negro de humo en su estructura polimérica, presentan una alta resistencia a los rayos UV, lo que les permite soportar la intemperie y garantizar una vida útil prolongada en condiciones de exposición.

Las geomallas uniaxiales son especialmente adecuadas para situaciones en las que las tensiones se orientan en una única dirección. Su gran resistencia en los puntos de unión asegura una integración eficiente con el suelo, así mismo de ofrecer una notable capacidad para resistir la deformación gradual frente a cargas sostenidas en el tiempo, lo que es fundamental para su desempeño óptimo en este tipo de aplicaciones. (Pavco Wavin, 2023)

**Figura 3:** Geomalla Uniaxial



Fuente: Pavco Wavin (2023)

### **Ventajas**

- Óptima adherencia con el material de relleno del muro, obtenida a través del entrelazado de los agregados en los puntos de unión.
- Alta capacidad para soportar esfuerzos de tracción con deformaciones mínimas.
- Menor riesgo de daños durante la colocación gracias a su estructura resistente.
- Excelente durabilidad frente a la degradación causada por agentes químicos y biológicos.

### **Aplicaciones**

- Para reforzar taludes y muros ubicados en vías.
- Producto principal de geocolchones.
- Obtención de áreas planas mayores en edificios.

**Figura 4:** Ficha técnica de geomalla uniaxial.

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	VALORES SL¹							
			GEOMALLA GUX-25	GEOMALLA GUX-30	GEOMALLA GUX-37	GEOMALLA GUX-49	GEOMALLA GUX-61	GEOMALLA GUX-66	GEOMALLA GUX-74	GEOMALLA GUX-89
Resistencia máxima de diseño a largo plazo para 120 años de vida de diseño²	GRI GG4-05	kN/m	24.60	29.80	37.00	49.30	61.20	65.90	74.40	89.30
Resistencia última a la tensión	ASTM D6637	kN/m	59	70	87	116	144	155	175	210
Resistencia a la tensión @2% deformación	ASTM D6637	kN/m	16.2	19	24.7	34.2	39.9	42.8	48.5	58
Resistencia a la tensión @5% deformación	ASTM D6637	kN/m	30.4	36.1	47.5	68.4	77.9	85.5	95	114
Resistencia en las uniones	ASTM D7737	kN/m	56.1	66.5	82.7	110.2	136.8	147.3	166.3	199.5
Rigidez flexural	ASTM D7748	mg-cm	400.000	680.000	1.000.000	2.800.000	4.600.000	6.800.000	9.075.000	9.500.000
PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	VALORES SL¹							
Tamaño de abertura en sentido longitudinal (SL)	Medido	mm	410.00	419.00	430.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00
Tamaño de abertura en sentido transversal (ST)	Medido	mm	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
Rollo ancho	Medido normalmente	m	1.30	1.30	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Rollo largo	Medido normalmente	m	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Rollo área	Calculado	m²	65.00	65.00	65.00	65.00	50.00	50.00	50.00	50.00
DURABILIDAD	NORMA	UNIDAD	VALORES SL¹							
Resistencia a la degradación a largo plazo	EPA 9090	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Resistencia a la degradación UV	ASTM D4355	%	100	100	100	100	100	100	100	100
FACTORES DE REDUCCIÓN RECOMENDADOS PARA RESISTENCIAS ADMISIBLES²	NORMA	VALORES SL¹								
Factor de reducción mínimo para daño de instalación (FRDI)	ASTM D5818	1.07	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Factor de reducción para creep para diseño de 120 años de vida (FRFL)	ASTM D5262	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24
Factor de reducción mínimo para durabilidad (FRDQB)	ASTM D5322 / ASTM D6213	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Pavco Wavin (2023)

## Geomalla Triaxial

Es fabricada a raíz de una lámina de polipropileno, la cual, va a tener perforaciones orientadas en varios sentidos con el fin de generar una abertura triangular. Esto conlleva a que la rigidez radial que posea, se incremente a lo largo de los 360° en su totalidad.

Este material otorga una rigidez al material con el que se rellena, además de entrelazar, a través, del afianzamiento de fracciones granulares en dichas aberturas. Dando como fruto un producto con mayor fuerza, el cual, ofrece tanto una capacidad como su vida útil elevada.

**Figura 5:** Geomalla Triaxial



Fuente: Pavco Wavin (2023)

### **Aplicaciones**

- Perfecta para la estabilización de subrasantes y la mejora en la elaboración de pavimentos.
- Sus costillas diagonales incrementan la rigidez dentro del plano.
- El diseño triangular, que forma un patrón hexagonal, optimiza la capacidad del producto para distribuir y absorber las fuerzas generadas por las cargas de tráfico.
- Su alta relación de aspecto permite una interconexión más eficiente con los agregados circundantes.
- Esto genera una solución más duradera y resistente, capaz de enfrentar condiciones climáticas extremas, los efectos crecientes del cambio climático y otros desafíos ambientales. (Pivaltec, 2024)

## **Geomallas Fibra de Vidrio**

Se trata de estructuras flexibles utilizadas principalmente entre las capas de asfalto, con la finalidad de gestionar de forma más eficiente la aparición de grietas, la fatiga o las deformaciones plásticas. Su función de mayor importancia consta en que, la resistencia a tracción de la carpeta de asfalto incrementa y garantiza una distribución más uniforme en forma horizontal en cuanto se refiere a los esfuerzos, considerando un área mayor, gracias a la acción de una carga vertical. Esta acción permitirá que la vía alargue su vida útil sin grietas.

Esta elaboración manifiesta un módulo de elasticidad elevada, el cual es el de mayor valor en asfaltos. La fibra de vidrio hace que sea más efectiva en comparación a otros materiales, en cuanto a refuerzo se refiere, ya que, al ser la de más alto módulo, será quien tome sobre sí las cargas. Adicional de sus ventajas, es un material que puede ser reciclado de manera sencilla, ya que, la fibra proviene de un origen mineral.

Son fabricadas gracias a un procedimiento de tejido de punto que utiliza hilos de fibra de vidrio que configuran una malla estructural. Estos hilos están revestidos con un polímero. Los mismos están cubiertos con un polímero que garantiza una adecuada adherencia de la geomalla a las capas de asfalto. Cada hilo individual ofrece una gran capacidad para soportar tensiones y un notable módulo de elasticidad, incluso cuando se somete a bajas elongaciones. (PAVCO S.A., 2009)

**Figura 6:** Geomalla Fibra de Vidrio



Fuente: Pavco Wavin (2023)

## Aplicaciones

- Para control de fisuras.
- Reforzar vías con alto tráfico.
- Elevar la vida útil del pavimento asfáltico.
- Mejorar la resistencia a la fatiga.
- Disminución de mantenimientos continuos.

**Figura 7:** Ficha técnica de geomalla fibra de vidrio

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	R-50	R-100
Resistencia a la tensión última (ST/SL) <sup>1</sup>	ASTM D6637	kN/m	50/50	100/100
Propiedades de retracción	CRDRG01	%	*Menos del 0.5% @ 200°C después de 15 Min"	*Menos del 0.5% @ 200°C después de 15 Min"
Elongación máxima a la rotura (ST/SL) <sup>1</sup>	ASTM D6637	%	≤3	≤3
PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	R-50	R-100
Tamaño de abertura de la malla (ST/SL) <sup>1</sup>	Medido	mm	20/20	18/18
Resistencia a la temperatura	Mínimo	°C	200	200
Punto de fusión	ASTM D276	°C	>300	>300
PRESENTACIÓN DEL ROLLO	NORMA	UNIDAD	R-50	R-100
Ancho	Medido	m	3.95	3.95
Longitud	Medido	m	100	100
Área	Medido	m <sup>2</sup>	395	395

Fuente: Pavco Wavin (2023)

## ***Funciones generales de geomallas en pavimentos***

### **Refuerzo estructural**

Incrementan la capacidad portante del suelo, distribuyendo de manera uniforme las cargas provenientes del tráfico vehicular.

### **Control de deformaciones**

Minimizan los asentamientos diferenciales y reducen la aparición de fisuras por fatiga.

### **Estabilización de la subrasante**

Mejoran la resistencia de suelos de baja capacidad portante, evitando su deformación excesiva.

## ***Ventajas de las geomallas en proyectos viales***

### **Eficiencia económica**

**Reducción de Costos de Construcción:** La reducción en el grosor de las capas resulta en un menor uso de materiales y en una disminución de los tiempos de construcción.

**Ahorros en Mantenimiento:** La mayor durabilidad del pavimento implica menores intervenciones de mantenimiento y, por ende, una reducción en los costos asociados durante toda la duración operativa de la infraestructura.

**Sostenibilidad:** Promueven la reutilización de materiales locales y reducen la necesidad de extracción de nuevos recursos.

### ***Uso en el rediseño estructural de pavimentos***

El rediseño estructural con geomallas incluye la incorporación de estas en la base, subbase o subrasante para mejorar la capacidad estructural del pavimento. Este enfoque permite:

- Reducir costos iniciales de construcción.
- Disminuir las intervenciones de mantenimiento a lo largo del tiempo.
- Mejorar la funcionalidad general del sistema vial.

### ***Análisis técnico que debe realizarse***

- **Caracterización del suelo:** Evaluar las propiedades del suelo existente, como su capacidad portante, densidad y resistencia al corte.
- **Diseño estructural:** Determinar los grosores requeridos de las capas del pavimento con y sin geomallas, considerando los tráficos proyectados y las condiciones climáticas.
- **Selección de geomallas:** Seleccionar la variedad y las características técnicas de la geomalla que se ajusten de manera óptima a los requerimientos específicos de la obra.

### ***Contexto del Proyecto en la Av. León Febres Cordero***

#### **Av. León Febres Cordero**

Esta avenida es una de las principales vías del cantón Daule, perteneciente a la provincia del Guayas, Ecuador. Esta carretera conecta la parroquia de La Aurora con la ciudad de Guayaquil, siendo un enlace esencial

para la movilidad de miles de transeúntes que se desplazan a diario entre ambas localidades.

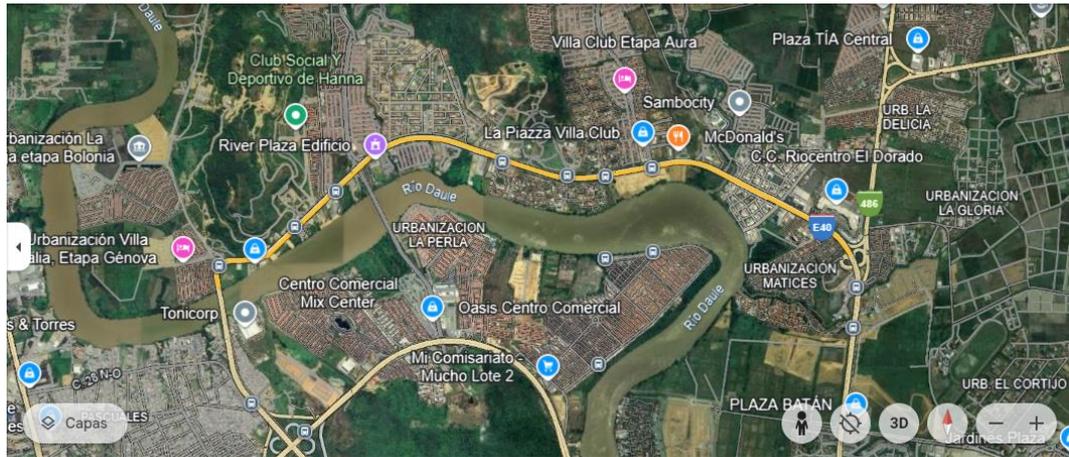
Con más de 7 kilómetros de longitud, la avenida destaca por su alta capacidad vehicular, con un tráfico estimado de 80,000 vehículos al día. Su diseño está enfocado en facilitar tanto el tránsito urbano como el interprovincial, formando parte del corredor vial que integra Daule con otras ciudades cercanas.

En cuanto a su infraestructura, la avenida dispone de calzadas amplias, con dos o tres carriles por sentido según el tramo. No obstante, antes de su reciente rehabilitación, mostraba un notable deterioro que afectaba su funcionalidad y seguridad. Los baches, desniveles y problemas en el sistema de drenaje provocan constantes atascos y accidentes, especialmente durante las lluvias. Además, el desgaste del pavimento y la ausencia de señalización adecuada complicaba aún más el tránsito.

En 2024, la Prefectura del Guayas realizó una rehabilitación completa de la avenida. Las labores incluyeron el reasfaltado total de la calzada, la colocación de señalización horizontal y vertical, y la mejora del esquema de drenaje para evitar inundaciones. Asimismo, se introdujeron mejoras para facilitar el tránsito peatonal y ciclista, como pasos de cebra y rampas en las principales intersecciones. Estas intervenciones no solo modernizaron la avenida, sino que también aumentaron la seguridad, impulsaron el comercio y mejoraron el bienestar de los residentes del área.

El entorno de la Avenida León Febres Cordero está rodeado por desarrollos residenciales y comerciales significativos, como urbanizaciones, centros comerciales, escuelas y hospitales. Este crecimiento ha consolidado la avenida como un eje clave para el desarrollo económico y urbano de Daule, convirtiéndola en una de las vías con mayor relevancia social y económica en la provincia del Guayas.

**Figura 8:** Avenida León Febres Cordero visto con Google Earth



Fuente: Google Earth (2025)

### **Importancia de la Av. León Febres Cordero**

Tiene gran importancia debido a su función clave en la conexión de áreas urbanas y rurales, además por su aporte al crecimiento económico y social de la zona. Esta arteria vial atraviesa el cantón Daule, sirviendo como un eje de enlace entre sectores como Samborondón, Daule y Guayaquil, facilitando el tránsito diario de miles de personas y vehículos. Asimismo, su posición estratégica la establece como una vía fundamental para el traslado de productos agrícolas y comerciales desde áreas rurales hasta los núcleos urbanos, favoreciendo el comercio y facilitando la distribución de mercancías. También es una zona de gran expansión inmobiliaria, rodeada de urbanizaciones residenciales, centros comerciales y negocios, lo que refuerza su importancia como motor del desarrollo económico local. Su rol en la movilidad y su efecto en el bienestar de los habitantes la posicionan como una infraestructura vital para el crecimiento sostenible de la región.

### ***Problemas estructurales previos a mantenimiento de vía***

- **Deformaciones en el pavimento:** Debido a la baja capacidad portante de la subrasante y al tráfico vehicular intenso.

- **Altos costos de mantenimiento:** La falta de soluciones sostenibles ha incrementado los gastos en reparaciones frecuentes.
- **Impacto en la movilidad:** Las fallas estructurales afectan negativamente la seguridad y eficiencia del transporte.

### ***Estudios Previos y Casos de Éxito***

Diversas investigaciones y proyectos han demostrado los beneficios de las geomallas en infraestructura vial:

#### **Caso en Colombia 1**

Según Mexichem Geosynthetics (2017), se realizó una repavimentación utilizando geomalla fibra de vidrio en el aeropuerto Guillermo León Valencia, Popayán. En dicho lugar, la capa de rodadura se encontraba completamente en deterioro, mostrando síntomas como fisuras, piel de cocodrilo, ahuellamiento y maleza. Se propuso usar un material que genere amortiguación de los esfuerzos y que pueda minimizar costos de mantenimientos. Se incluyó la geomalla e incrementó su resistencia a la fatiga, adicional, las fisuras aparecerán en un tiempo futuro.

#### **Caso en Colombia 2**

Según la empresa Geomatrix (2023), se rehabilito una avenida que conforma la malla vial de Santiago de Cali, donde la capa asfáltica tenía un deterioro por muestras de agrietamientos, se evaluó la condición marginal en la que se encontraba y se propuso la aplicación de una geomalla fibra de vidrio. Con esta acción, se buscaba garantizar una resistencia elevada a la tensión, ejercer un control sobre el agrietamiento y distribuir de una mejor manera las cargas que transitan por el lugar. Se logró mejorar un total aproximado de 15 700 metros de carril, el cual alargó su vida útil y redujo significativamente sus costos de mantenimiento.

## Marco Legal:

### *Legislación Nacional e Internacional sobre Infraestructura Vial*

#### Normativas en Ecuador

En el contexto ecuatoriano, la construcción y rehabilitación de infraestructura vial está regulada por diversos cuerpos legales:

- La NEVI (Norma Ecuatoriana de Vialidad) es un conjunto de normativas técnicas en Ecuador que regulan el diseño, construcción, mantenimiento y rehabilitación de las carreteras y caminos del país. Su propósito es asegurar que las infraestructuras viales cumplan con los requisitos de seguridad, durabilidad y eficacia, garantizando una ejecución de proyectos de alta calidad. La NEVI dicta reglas respecto a la selección de materiales, el diseño de los pavimentos, la organización del sistema de drenaje, el despliegue de señalización y la administración ambiental en la creación de infraestructuras de carreteras. Su meta es optimizar el uso eficiente de recursos y disminuir el efecto adverso en el medio ambiente. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013)
- **Ley de Caminos, Puentes y Carreteras (LCP):** Establece las disposiciones generales para el desarrollo, mantenimiento y supervisión de la infraestructura vial. Un elemento fundamental de la Ley es el cumplimiento de los principios definidos en el derecho de vía, el cual otorga al Estado la autoridad para disponer, en cualquier momento, del terreno requerido para la construcción, mantenimiento, ampliación, mejora o modificación de las vías de comunicación. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 1964)
- **Normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO):** Regula y supervisa proyectos de construcción, establece normativas técnicas y fomenta el crecimiento sostenible en el ámbito de la

infraestructura pública. Su función es clave para mejorar la movilidad, fortalecer la conectividad y contribuir al crecimiento económico y social. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002)

### **Normativas internacionales**

- **ASTM International:** La ASTM International ha desarrollado diversas normas técnicas aplicables a la construcción y evaluación de pavimentos flexibles. Una de las normativas más importantes es la ASTM D6433, la cual define el procedimiento para calcular el PCI (Índice de Condición del Pavimento) en vías y áreas de estacionamiento. Esta norma proporciona procedimientos para inspeccionar y evaluar el estado de pavimentos asfálticos, identificando tipos y niveles de severidad de los deterioros presentes, lo que permite una gestión eficiente del mantenimiento y rehabilitación de las vías. Además, la ASTM D977 y la ASTM D2397 especifican las características y requisitos de las emulsiones asfálticas aniónicas y catiónicas, respectivamente, utilizadas en la construcción y mantenimiento de pavimentos flexibles. Estas normas aseguran la calidad y desempeño adecuado de los materiales empleados en las capas de rodadura y bases estabilizadas de las carreteras. (ASTM, 2024)
- **AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials):** Se han implementado normativas detalladas para la elaboración de estructuras de pavimentos tradicionales. Una de las más destacadas es la Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento de 1993 (AASHTO 93), que establece los métodos y procesos necesarios para calcular las dimensiones apropiadas de las capas que conforman un pavimento flexible, teniendo en cuenta factores como el volumen de tráfico anticipado, las características de los recursos y el entorno. Esta guía introduce el concepto de Número Estructural (SN), el cual se utiliza para diseñar la estructura del pavimento de manera que soporte las cargas previstas

durante su vida útil. Asimismo, la AASHTO ha creado otras normativas adicionales que cubren aspectos como la evaluación de materiales, técnicas de ensayo y criterios de desempeño, con el fin de asegurar la excelencia y la resistencia prolongada de los pavimentos flexibles. (Chayo Guima, 2013)

### ***Marco Ambiental y Sostenibilidad***

El uso de geomallas en proyectos viales también debe cumplir con las normativas ambientales establecidas en:

**Ley de Gestión Ambiental (LGA):** La Ley de Gestión Ambiental del Ecuador proporciona un marco normativo para asegurar que la construcción de infraestructuras viales se lleve a cabo de forma sostenible y con respeto al medio ambiente. Esta legislación estipula que, antes de llevar a cabo cualquier proyecto vial, es necesario realizar un EIA (por sus siglas, Estudio de Impacto Ambiental) con el objetivo de detectar, evitar y minimizar los potenciales efectos adversos en el entorno y la comunidad. Además, promueve la consideración del pensar de las comunidades del área en el procedimiento de toma de decisiones, asegurándose de que sus preocupaciones sean tomadas en cuenta. La normativa también necesita la implementación de estrategias de administración ambiental durante las etapas de edificación y funcionamiento de las carreteras, con el objetivo de minimizar los efectos negativos e incentivar la utilización consciente de los recursos naturales. (Congreso Nacional, 2004)

**Norma ISO 14001:** La norma ISO 14001 es una norma internacional reconocido que define las condiciones para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) eficaz, aplicable a diversos sectores, incluyendo la construcción de infraestructuras viales. Su propósito fundamental es brindar una estructura que ayude a las organizaciones a detectar, controlar y minimizar los efectos ambientales generados por sus operaciones. Promueve la gestión ambiental eficiente en la ejecución de proyectos, incentivando el uso de materiales sostenibles como las geomallas. (Aenor, 2015)

## ***Contratos y Supervisión de Obras***

**Reglamento General de Contratación Pública:** El Reglamento General de Contratación Pública es una normativa que define las directrices y procesos para la compra de productos, servicios y obras realizadas por las instituciones gubernamentales. Su propósito principal es garantizar la contratación del sector público, se administren de manera transparente, eficaz y que cumplan los principios de equidad y justicia, no discriminación y competencia justa. Regula procesos como licitaciones, adjudicación de contratos, ejecución, monitoreo y resolución de conflictos relacionados con los contratos públicos. Su meta es optimizar el uso de los fondos públicos y garantizar que los servicios e infraestructuras sean entregados de manera adecuada a la ciudadanía. (Reglamento a la Ley Orgánica Sistema Nacional Contratación Pública, 2009)

**Supervisión técnica:** Las regulaciones requieren que los proyectos de infraestructura sean monitoreados por expertos capacitados, para asegurar el acatamiento de los estándares de calidad fijados.

### ***Normas sobre Geosintéticos***

**Especificaciones técnicas:** El empleo de geomallas debe ajustarse a normativas internacionales como la ISO 10318 y a las especificaciones locales establecidas por el MTOP.

**Certificación de materiales:** Los materiales geosintéticos utilizados en Ecuador deben contar con certificaciones de calidad emitidas por organismos reconocidos.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **Enfoque de la investigación:**

El enfoque adoptado para esta investigación es mixto, ya que integra aspectos tanto cuantitativos como cualitativos. Este enfoque posibilita abordar de manera completa las distintas dimensiones del tema en estudio, que en este caso es la evaluación técnico-económica de la implementación de geomallas en el rediseño estructural de la Av. León Febres Cordero. Dada la naturaleza compleja de la problemática, que involucra tanto análisis técnico-económicos como la consideración de factores sociales y ambientales, se justifica plenamente la adopción de este enfoque.

#### ***Fundamentación del Enfoque Cuantitativo***

La metodología de investigación cuantitativa se fundamenta en la recolección y estudio de información numérica, con el propósito de resolver interrogantes, comprobar hipótesis y estudiar las relaciones entre diferentes variables. Se caracteriza por su objetividad, la capacidad de reproducir los estudios y el uso de herramientas estadísticas para interpretar los resultados obtenidos. Es ampliamente utilizado en disciplinas como las ciencias naturales, sociales y económicas, empleando técnicas como encuestas, experimentos y el análisis de datos previamente recopilados. (Sampieri, 2014)

Este enfoque es imprescindible en esta investigación porque permite medir, analizar y evaluar datos numéricos relacionados con las características técnicas y económicas de los pavimentos reforzados con geomallas. A través del mismo, se busca recopilar información precisa y objetiva que pueda ser sometida a análisis estadísticos. Por ejemplo, se realizaron pruebas para evaluar la disminución de espesores, los costos relacionados con el uso de geomallas y el ahorro en mantenimiento a largo plazo. Estas evaluaciones son clave para realizar comparaciones entre los diseños convencionales y los que integran

geomallas, ofreciendo una base sólida para resaltar los beneficios tanto estructurales como económicos de esta tecnología.

El enfoque cuantitativo también posibilitará llevar a cabo simulaciones computacionales y modelados estructurales con software especializado para estudiar cómo responde el pavimento a diversas cargas y condiciones de tráfico. Los resultados numéricos, como los costos por metro cuadrado, serán fundamentales para determinar la factibilidad operativa y financiera del proyecto. Este tipo de análisis es crucial para proporcionar una evaluación objetiva, basada en datos verificables, que sustenten las conclusiones de la investigación.

### ***Fundamentación del Enfoque Cualitativo***

La metodología cualitativa es un enfoque de estudio que busca entender fenómenos sociales y humanos a través de un estudio minucioso de vivencias, interpretaciones y contextos. Se fundamenta en la recopilación de información cualitativa, como entrevistas, observaciones y revisión de documentos, con el objetivo de comprender la perspectiva actual de aquellos que experimentan la situación. Su naturaleza es flexible y subjetiva, priorizando la profundidad del significado sobre la posibilidad de generalizar los hallazgos. (Sampieri, 2014)

El enfoque cualitativo complementa el análisis numérico al ofrecer una perspectiva más amplia y contextual sobre el problema de investigación. Este enfoque es necesario para comprender las percepciones, opiniones y experiencias de las diversas partes implicadas, como ingenieros, contratantes, funcionarios públicos y usuarios de la vía. Además, permite analizar las condiciones específicas del entorno, como las características del tráfico, el clima y las normativas locales, que influyen en la implementación de geomallas.

Por ejemplo, mediante entrevistas semi estructuradas a moradores del sector, se podrán identificar los retos y oportunidades asociados al uso de geomallas en pavimentos flexibles. Asimismo, la revisión de estudios de caso y la consulta de normativas locales ayudarán a entender cómo las condiciones contextuales afectan la aceptación y viabilidad de esta tecnología. Este enfoque

cualitativo permitirá incorporar una dimensión interpretativa al análisis, lo que resulta especialmente valioso en un proyecto que busca no solo optimizar el diseño estructural de una vía, sino también cumplir con las demandas y expectativas de la comunidad.

### ***Justificación del Enfoque Mixto***

Es un enfoque de investigación que combina componentes de una perspectiva cuantitativa y cualitativa con el propósito de adquirir una visión más completa del fenómeno. Combina la recopilación y evaluación de información numérica con información descriptiva y contextual, lo que permite verificar los hallazgos, enriquecer las perspectivas y proporcionar una interpretación más profunda de los resultados. Su aplicación es frecuente en distintas áreas del conocimiento, ya que posibilita el estudio de problemas complejos desde diversas perspectivas, aprovechando las fortalezas de ambos enfoques. (Sampieri, 2014)

La combinación de ambos métodos permite la triangulación de información, lo que potencia la validación y credibilidad de las conclusiones alcanzadas. Dentro del marco de este estudio, la metodología mixta garantiza que las conclusiones no se fundamentan únicamente en datos numéricos objetivos, sino que también tengan en cuenta las realidades sociales, económicas y ambientales del área en estudio. Esto es especialmente relevante en un proyecto como el rediseño estructural de una avenida de alto tránsito, donde las decisiones técnicas deben alinearse con las necesidades de los usuarios y las particularidades del entorno.

El enfoque mixto también permite abordar el problema de manera integral, combinando la precisión y objetividad del análisis cuantitativo con la profundidad interpretativa del análisis cualitativo. Por ejemplo, los datos cuantitativos pueden indicar que las geomallas mejoran la capacidad estructural y reducen los costos, mientras que los datos cualitativos pueden ofrecer una comprensión de por qué estas mejoras son importantes para los actores locales y cómo las particularidades del entorno pueden afectar la aceptación de la tecnología.

## **Alcance de la investigación:**

Este proyecto investigativo tiene los alcances descriptivos y correlacionales, dado que el propósito principal del estudio es evaluar y detallar los efectos técnicos y económicos de la incorporación de geomallas en el rediseño estructural de la Av. León Febres Cordero, así como analizar la conexión entre las variables involucradas, como la capacidad estructural del pavimento, los costos de construcción y mantenimiento, y la durabilidad de la infraestructura. Este enfoque dual se fundamenta en las características del problema de investigación y en los objetivos específicos planteados.

### ***Alcance Descriptivo***

El alcance descriptivo en una investigación tiene como finalidad definir las características de un fenómeno, población o situación, resaltando sus atributos, comportamientos y patrones sin establecer vínculos de causa y efecto. Se centra en responder interrogantes como qué, cómo y cuándo ocurre un hecho, brindando una visión detallada del contexto analizado. (Sampieri, 2014)

La naturaleza descriptiva de este estudio se basa en la necesidad de describir y proporcionar una comprensión detallada y precisa sobre el uso de geomallas en pavimentos flexibles. Para ello, se analizarán las propiedades técnicas de las geomallas, los procedimientos de diseño estructural aplicados, y los resultados obtenidos en términos de desempeño mecánico y costos. Este tipo de alcance permite establecer un panorama claro sobre las características del sistema vial existente en la Av. León Febres Cordero, así como las mejoras potenciales que podrían lograrse con la implementación de geomallas.

El enfoque descriptivo es esencial para detallar aspectos técnicos como la capacidad portante del pavimento reforzado, la resistencia a la deformación y el comportamiento frente a cargas repetidas. Además, este alcance permitirá identificar los costos asociados a los recursos materiales, el personal y el mantenimiento del pavimento en un escenario con y sin geomallas. De esta

manera, se podrá ofrecer una visión integral y documentada sobre los beneficios y limitaciones de esta tecnología.

### ***Alcance Correlacional***

El enfoque correlacional tiene como objetivo establecer la correlación de más de una variable, evaluando el grado de asociación entre ellas sin establecer una conexión causal. Este tipo de estudio permite identificar si existe un vínculo entre las variables y en qué sentido (positivo o negativo), empleando herramientas estadísticas para medir la fuerza de dicha relación. (Sampieri, 2014)

El alcance correlacional de la investigación se avala por la importancia de analizar las interacciones entre las variables técnicas y económicas involucradas en el uso de geomallas. Por ejemplo, se busca determinar cómo la implementación de geomallas afecta la capacidad estructural del pavimento y cómo estas mejoras impactan en los costos totales del proyecto. Asimismo, se analizará la relación entre la reducción de espesores de las capas del pavimento y la disminución de costos de construcción, así como el vínculo entre el uso de geomallas y la prolongación de la durabilidad de la infraestructura vial.

Este análisis correlacional permitirá identificar patrones y tendencias que son fundamentales para justificar el uso de geomallas desde una perspectiva técnico-económica. Por ejemplo, la investigación puede demostrar que una mayor capacidad estructural del pavimento está directamente relacionada con menores costos de mantenimiento y reparaciones a largo plazo, lo que a su vez respalda la viabilidad económica de la tecnología.

### ***Justificación del Alcance Seleccionado***

La combinación de los alcances descriptivo y correlacional es la más adecuada para esta investigación debido a la naturaleza compleja y multifacética del problema de estudio. Por un lado, el enfoque descriptivo permite comprender en detalle las características técnicas y económicas del uso de geomallas en

pavimentos flexibles, estableciendo una base sólida de información. Por otro lado, el enfoque correlacional facilita el reconocimiento de vínculos entre variables clave, lo que resulta esencial para evaluar el impacto real de esta tecnología en el contexto específico de la Av. León Febres Cordero.

El alcance descriptivo también es relevante porque la implementación de geomallas en pavimentos es una técnica relativamente novedosa en algunos contextos, lo que requiere una descripción exhaustiva para documentar sus características y beneficios. Al mismo tiempo, el análisis correlacional es crucial para establecer cómo los factores técnicos y económicos interactúan entre sí, proporcionando así un marco de referencia para futuras aplicaciones de esta tecnología en proyectos similares.

### **Técnica e instrumentos para obtener los datos**

Para realizar la investigación de forma eficiente y lograr datos precisos que permitan evaluar la implementación de geomallas en el rediseño estructural de la Av. León Febres Cordero, se utilizarán varias técnicas e instrumentos de recopilación de datos que se adapten a los enfoques descriptivo y correlacional previamente seleccionados. La combinación de estas técnicas garantizará que la información obtenida sea exhaustiva, confiable y representativa, permitiendo un análisis profundo tanto de los aspectos técnicos como económicos de la intervención propuesta.

A continuación, se detallan las técnicas juntos a los instrumentos utilizados con el fin de recuperar información fidedigna.

- **Encuesta**

La encuesta está dirigida principalmente a moradores de las zonas cercanas a la Av. León Febres Cordero tiene como objetivo conocer las percepciones, preocupaciones y expectativas de los habitantes sobre los cambios que se podrían generar con la implementación de geomallas en el rediseño estructural de la vía. Esta encuesta tiene

como objetivo recolectar información sobre las repercusiones sociales, económicas y medioambientales de la propuesta desde la perspectiva de las personas que conviven y transitan a diario por la zona. El objetivo principal es recabar las opiniones y percepciones de los residentes locales sobre los efectos que el rediseño estructural de la vía con geomallas podría tener en su calidad de vida. Esto incluye la evaluación de los beneficios, posibles inconvenientes y expectativas que los moradores puedan tener respecto a la mejora en la infraestructura vial, la reducción de problemas como el ruido, la congestión vehicular y la seguridad vial.

- **Observación**

La observación es una técnica cualitativa que se empleará en este estudio para recopilar información sobre el entorno físico, el estado actual de la infraestructura vial y la interacción de los usuarios con la avenida en cuestión. Mediante la observación directa, se busca complementar los datos obtenidos a través de encuestas y entrevistas, proporcionando una comprensión más completa del contexto y de los aspectos tanto técnicos como sociales involucrados en la rehabilitación estructural de la vía, en particular con la incorporación de geomallas. El propósito principal de esta observación es evaluar las condiciones actuales de la vía, observando el estado del pavimento, la presencia de baches, grietas y otros daños estructurales que podrían justificarse con la implementación de geomallas. También se busca identificar los patrones de tráfico y uso, analizando el flujo de vehículos y peatones, con un enfoque especial en los puntos críticos como intersecciones y áreas de congestión.

- **Ensayos de Laboratorio**

Es fundamental realizar pruebas de laboratorio para examinar las características físicas, mecánicas y la longevidad a largo plazo de los materiales empleados en la mejora del pavimento de la Av. León

Febres Cordero mediante la aplicación de geomallas. Estos ensayos proporcionarán datos exactos y medibles sobre el rendimiento de los materiales en condiciones controladas, lo cual será de gran ayuda para validar la efectividad de las geomallas en el rediseño estructural de la vía.

- **Estudios de casos**

Los estudios de caso son una herramienta metodológica valiosa para obtener información cualitativa detallada y contextualizada sobre la aplicación de geomallas en el rediseño estructural de pavimentos. A través de estos estudios, es posible analizar experiencias previas en otros proyectos similares, identificar buenas prácticas y lecciones aprendidas, y evaluar los resultados obtenidos en contextos diferentes, lo cual brinda un fundamento firme para decidir dentro del proceso de diseño y la implementación de soluciones en la Av. León Febres Cordero.

- **Experimentos**

Los experimentos para este proyecto son fundamentales para obtener datos cuantificables y objetivos sobre el comportamiento del pavimento con la implementación de geomallas. Estos experimentos permitirán evaluar la efectividad de las geomallas en condiciones controladas, simulando diversas situaciones que puedan ocurrir en la práctica, como el tránsito vehicular, las variaciones climáticas y los esfuerzos mecánicos sobre el pavimento. El uso de estos experimentos proporcionará evidencia empírica para validar la hipótesis propuesta y proporcionará un análisis exhaustivo de cómo las geomallas influyen en la durabilidad y el desempeño estructural del pavimento en la Av. León Febres Cordero.

## **Población y muestra**

### ***Población***

Habitantes de las áreas cercanas a la Av. León Febres Cordero: Los habitantes próximos a la carretera que podrían ser impactados por las condiciones del asfalto, las labores de rediseño y la optimización estructural. Generalidades de los usuarios de la Av. León Febres Cordero (conductores y transportistas): Personas que transitan la avenida de manera habitual, incluidos conductores de vehículos particulares, transporte público y de carga pesada. Comerciantes locales y empresarios: Aquellos que operan en las zonas cercanas a la avenida y cuya actividad comercial podría depender de las condiciones del tráfico y el pavimento de la vía.

### ***Muestra***

Según Murray y Larry (2005), para obtener el tamaño ideal de una muestra poblacional, se debe emplear la siguiente fórmula:

**Figura 9:** Fórmula de Murray y Larry

$$n = \frac{N Z^2 \sigma^2}{e^2(N - 1) + Z^2 \sigma^2}$$

Fuente: Murray y Larry (2005)

Donde:

N= población total

Z= nivel de confianza

$\sigma$ = desviación estándar

e= límite aceptable de error muestral.

Reemplazando para la delimitación del proyecto:

N= 50 000 habitantes aprox.

Z= 95% = 1.96 eq.

$\sigma = 0.5$

e= 5% = 0.05

$$n = \frac{(50\,000) * (1.96)^2 * (0.5)^2}{((0.05)^2 * (50\,000 - 1)) + ((1.96)^2 * (0.05)^2)} = 384$$

Aproximadamente 400 personas. Este rango de muestra permite capturar una diversidad de opiniones y percepciones, reflejando el impacto tanto en los moradores como en los usuarios de la vía. Dentro de ese grupo selecto, se puede tomar a aquella muestra bajo los siguientes criterios:

**Moradores:** Personas que residen en las zonas aledañas a la Av. León Febres Cordero, que se vean directamente afectadas por los trabajos de rediseño y el estado del pavimento.

**Conductores y transportistas:** Personas que transitan regularmente por la avenida, incluidos conductores de vehículos particulares, transporte público y carga pesada.

**Comerciantes:** Personas que laboren en las cercanías de la avenida y cuya actividad económica se vea influenciada por las condiciones viales.

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA O INFORME**

Este proyecto investigativo cuenta con aproximadamente 7,2 km de longitud, a lo largo de la avenida León Febres Cordero, que va desde el puente Vicente Rocafuerte, a la altura de la Rioja, hasta la Aurora, cerca del centro comercial El Dorado. Específicamente, se hará énfasis en el tramo desde el puente que conecta Guayaquil con Daule (puente Vicente Rocafuerte) hasta el primer semáforo, ubicado a la altura de la gasolinera SHELL “La Roca”.

Los diferentes escenarios que se pueden evidenciar para los usos del suelo en este pequeño tramo son para zonas Residenciales y zonas Comerciales. Según la Prefectura del Guayas, transitan cerca de 70 000 vehículos día a día, lo que ha generado que esta avenida sufra con el pasar del tiempo las consecuencias. Y al ser considerada una vía de primer orden, debido a su conexión estratégica, el flujo vehicular elevado que posee y el desarrollo que ha tenido tanto económico con urbano, se deben considerar acciones con el fin de preservar la vía en un correcto estado y alargar su vida útil, junto a los mantenimientos que se realizan, en la medida de lo posible.

Inicialmente, la vía se diseñó para cierto volumen de tráfico, sin embargo, con el pasar del tiempo, el sector ha ido creciendo exponencialmente a nivel urbano y seguirá creciendo aún más. Es por ello, que la infraestructura ha sufrido los efectos del incremento del flujo vehicular, sumado a esto, el tránsito de vehículos extra pesados, ha generado un aceleramiento en el desgaste y deformación de la infraestructura, provocando fisuras, baches, asentamientos, etc.

**Figura 10:** Avenida León Febres Cordero con baches



Fuente: Prefectura del Guayas (2023)

**Figura 11:** Avenida León Febres Cordero con fisuras y agrietamientos



Fuente: Prefectura del Guayas (2023)

El factor clima siempre ha presentado un desafío enorme para la construcción civil, y para la vía en cuestión, ha sido de igual manera un problema. En épocas de invierno, al no poseer un correcto drenaje, la vía sufre un estancamiento de aguas en las curvas que posee, provocando así, varias

consecuencias como, por ejemplo, accidentes de tránsito (por evitar caer en las aguas estancadas), alto tráfico, daños en vehículos y por supuesto, la afectación principal que genera a la vía.

**Figura 12:** Avenida León Febres Cordero con aguas lluvias estancadas.



Fuente: Prefectura del Guayas (2023)

Con estos antecedentes, se empezaron a realizar obras a lo largo vía, por ejemplo, los bacheos en los huecos que se encontraban por las distintas razones. Sin embargo, esta solución se convertía en momentánea, debido a que, las afectaciones volvían con el pasar de los meses. Estas actividades se llevaron a cabo desde el puente Vicente Rocafuerte, convirtiendo la situación a un peligro mayor para transeúnte.

**Figura 13:** Avenida León Febres Cordero en intervención para rehabilitación



Fuente: Prefectura del Guayas (2023)

**Figura 14:** Avenida León Febres Cordero en obra de bacheo



Fuente: Prefectura del Guayas (2023)

Ante todas estas causas mencionadas y el tiempo que la avenida se encontraba en mal estado, la Prefectura del Guayas decidió intervenir en la vía durante el año 2024, realizando una obra completa, la cual consistía en remover la carpeta asfáltica (la cual se encontraba afectada con varias reparaciones) y realizar una nueva de 10 cm de espesor. La misma terminó a finales del año 2024, teniendo como resultado una vía nueva sin daños.

Los últimos días del mes de diciembre, comenzó el invierno, que trajo consigo lluvias significativas en todo el país. Esta era la prueba para llegar a la conclusión de que todo se encuentre en óptimas condiciones, sin embargo, los resultados fueron inesperados, dejando varios sectores específicos de la vía estancados con aguas de lluvia.

**Figura 15:** Avenida León Febres Cordero luego de intervención presentando estancamiento de aguas fluviales



Elaborado por: Zambrano (2024)

Esto implica que, a pesar de obra realizada por la Prefectura, el drenaje no es el adecuado, sumado a ello, no hay existencia de canales ni las pendientes correctas para que el agua no quede estacionada en dichos lugares. Por ello, se ha decidido analizar una propuesta para mejorar los aspectos negativos que se generan en esta vía de gran importancia, “La implementación de geomalla en esta avenida”. Con la investigación previa realizada, se satisficieron uno de los inconvenientes presentados (el drenaje), adicional a ello, se busca que, los materiales utilizados al momento de construir las distintas fases de la vía, puedan compactarse de mejor manera, con el fin de, evitar fisuras o grietas a futuro. Y de la misma manera, se trata, que las cargas que se generan a lo largo de la vía puedan distribuirse adecuadamente, logrando así, que disminuyan los asentamientos provocados por el tráfico pesado.

Según Ortiz (2017), la estructura del pavimento flexible consta de lo siguiente:

**1. Subrasante.**

Es de suma importancia, ya que, es quien soportara toda la carga que ejerce la estructura del pavimento. En ocasiones, es necesario mejorar las propiedades del terreno.

**2. Sub base**

Es la encargada de drenar adecuadamente las filtraciones que puedan ocurrir en la vía.

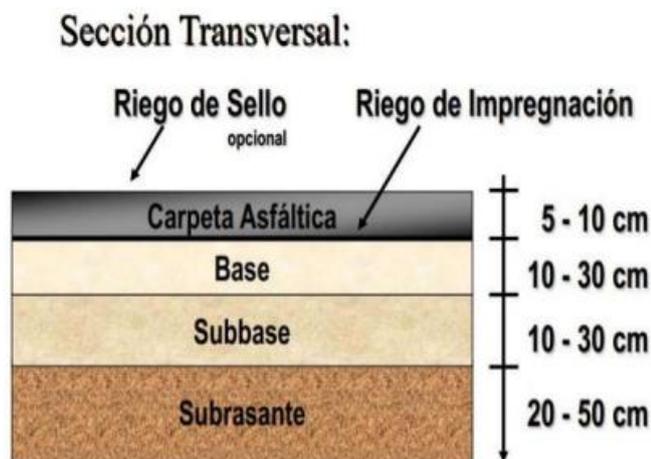
**3. Base**

Distribuye las cargas que se generan por el tránsito de vehículos.

**4. Carpeta Asfáltica**

También llamada “Capa de Rodadura”, es quien recibe directamente cargas del tráfico vehicular y lo relacionado con el medio ambiente.

**Figura 16:** Estructura de pavimento: sección transversal



Fuente: Ortiz (2017)

En el análisis de la propuesta, junto con la revisión de estudios de casos en otros países como Colombia, se determinó que la geomalla más adecuada para implementar es la biaxial, debido a las propiedades que ofrece. Una vez seleccionada, se consideraron dos opciones para su aplicación en esta avenida:

- 1) Incorporar en la subbase para mejorar las condiciones del suelo, y
- 2) Implementarla en la carpeta asfáltica.

La provincia del Guayas cuenta con amplias zonas de suelo con alta capacidad de retención de agua, ya que se asienta sobre antiguas áreas de arrozales y esteros. Ante esta condición, la estabilización del suelo es una prioridad, por lo que, en proyectos nuevos, la recomendación es colocar geomallas en la subbase para una mejor estabilización y complementarlas en la carpeta asfáltica. Sin embargo, considerando que la vía León Febres Cordero ya está construida, su remoción total implicaría un costo elevado. Por ello, en este estudio se optó por la implementación de geomallas en la carpeta asfáltica, ya que esta capa es la que está en contacto directo con las cargas vehiculares y donde se generan fisuras y baches con mayor frecuencia.

### **Presentación y análisis de resultados**

La primera técnica utilizada para este trabajo investigativo, fue la socialización del proyecto a las personas que se verían involucradas con el mismo. Se realizó una pequeña encuesta (previo a las adecuaciones que ha recibido la av.), con las siguientes preguntas:

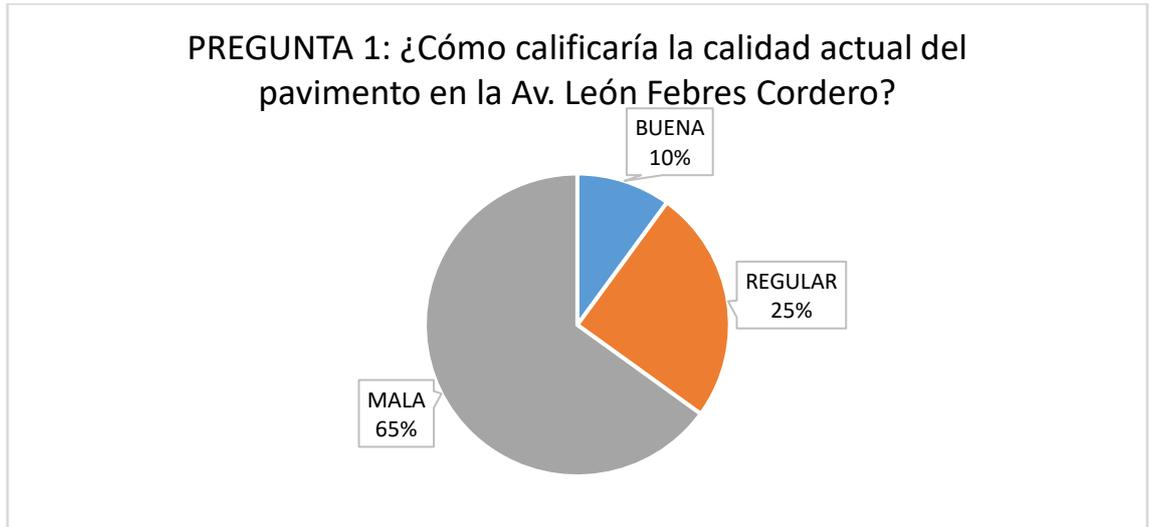
**Figura 17:** Encuesta social

ENCUESTA SOCIAL		
1. ¿Cómo calificaría la calidad actual del pavimento en la Av. León Febres Cordero?	<input type="checkbox"/> Buena	<input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala
2. ¿Ha experimentado problemas con baches o daños en el pavimento?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3. ¿Considera que el tráfico en la zona es un problema?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4. ¿Ha escuchado usted sobre el uso de geomallas en pavimentos?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
5. ¿Cuáles son sus principales preocupaciones con respecto a la mejora de la infraestructura vial?	_____	
6. ¿Le gustaría que las mejoras en la vía incluyan zonas peatonales más seguras y carriles para bicicletas?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
7. ¿Considera que los trabajos de mejora deberán realizarse en horarios específicos para evitar molestias?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
8. ¿Considera que la mejora de la vía incrementará el valor de su propiedad?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No

Elaborado por: Zambrano (2025)

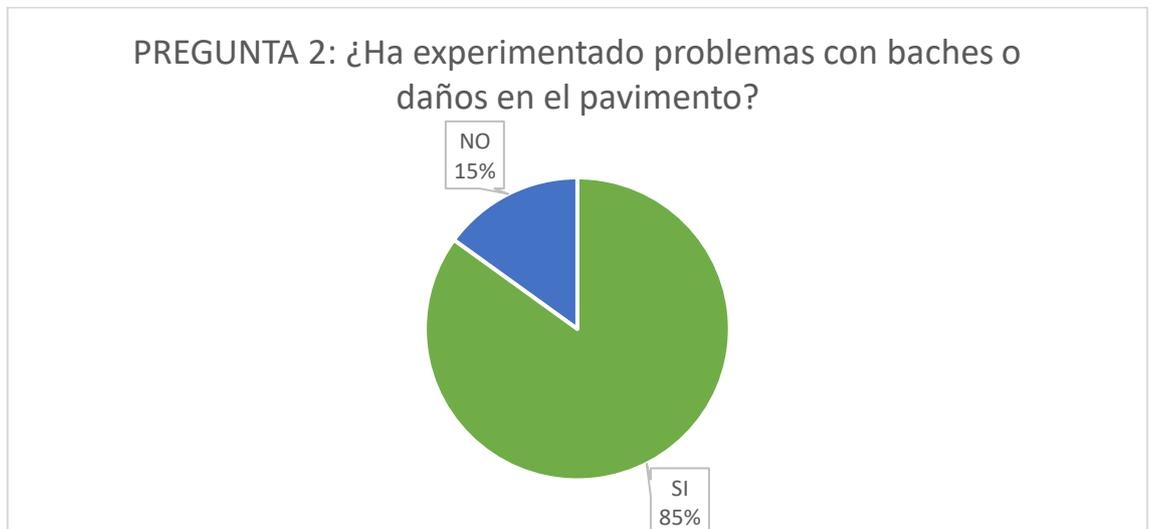
Obteniendo los resultados que se presentan a continuación:

**Figura 18:** Pregunta 1 – Gráfica de resultados



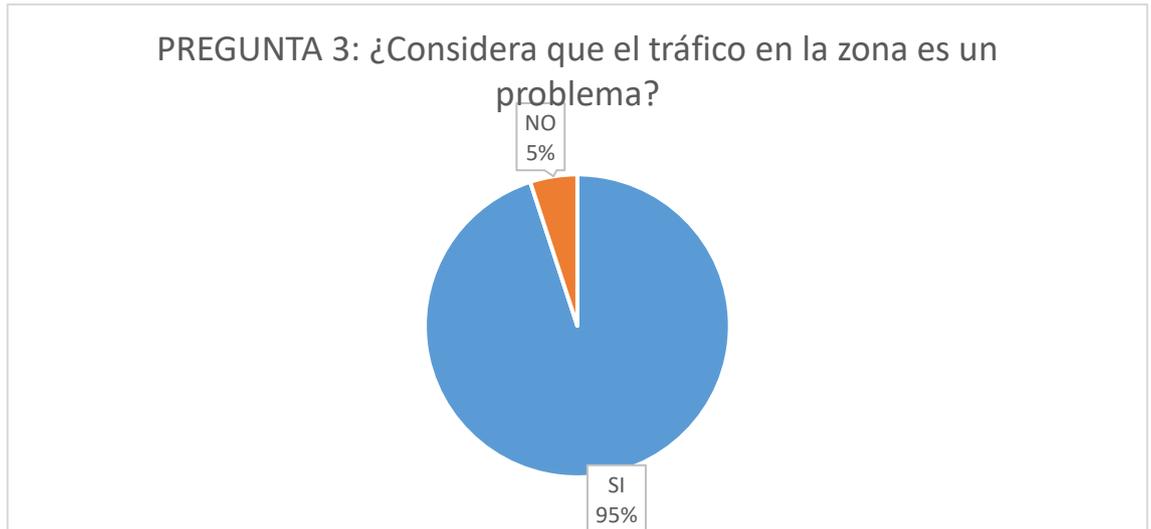
Elaborado por: Zambrano (2025)

**Figura 19** Pregunta 2 – Gráfica de resultados



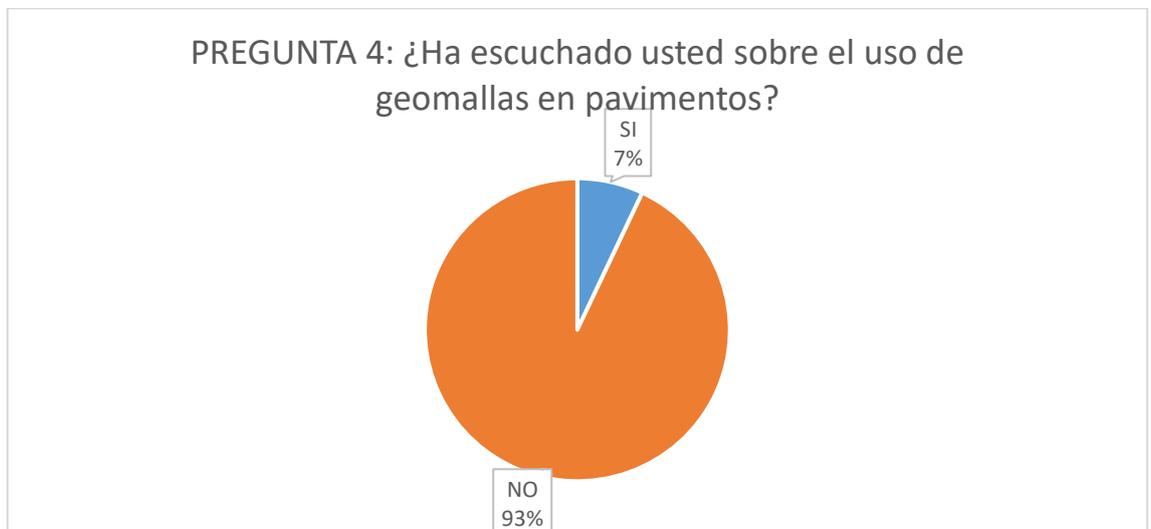
Elaborado por: Zambrano (2025)

**Figura 20:** Pregunta 3 – Gráfica de resultados



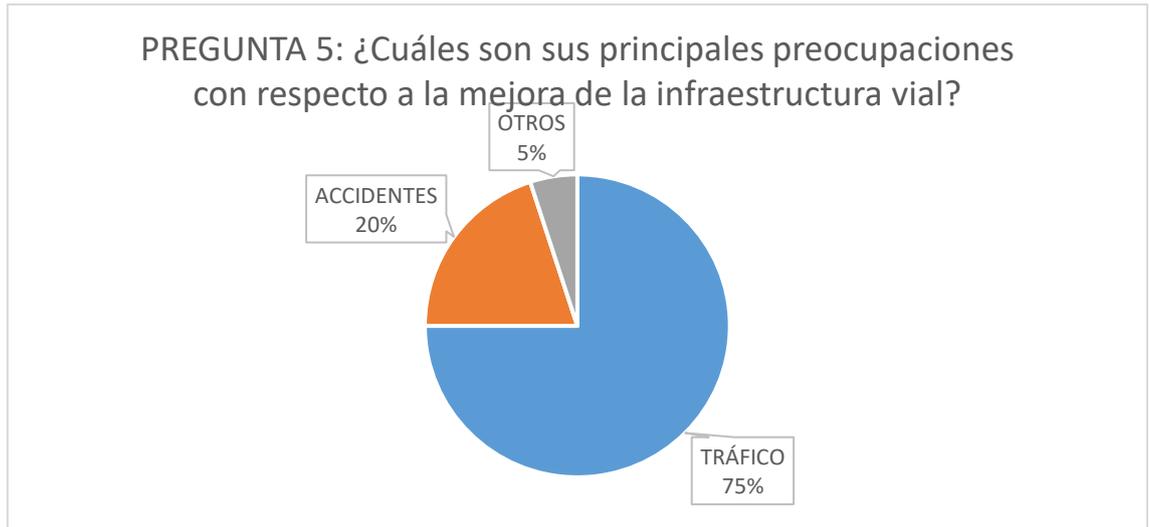
Elaborado por: Zambrano (2025)

**Figura 21:** Pregunta 4 – Gráfica de resultados



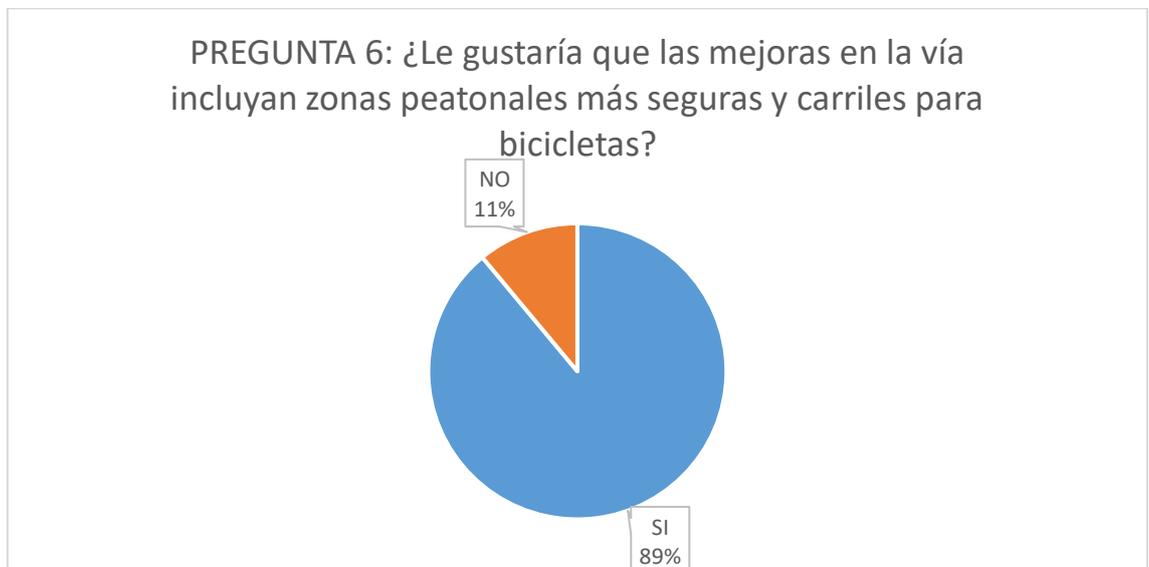
Elaborado por: Zambrano (2025)

**Figura 22:** Pregunta 5 – Gráfica de resultados



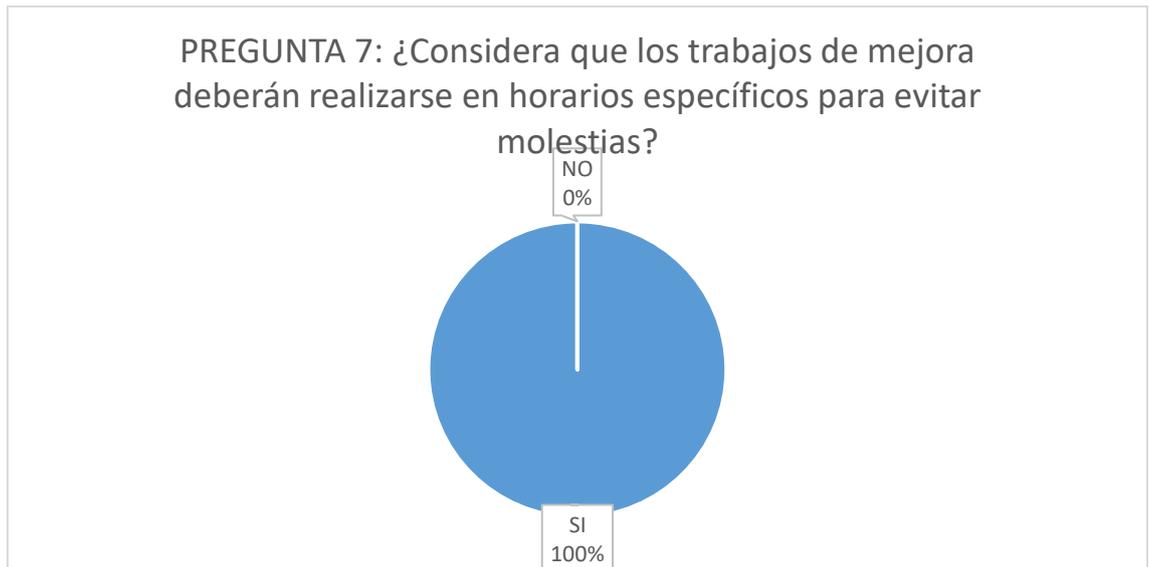
Elaborado por: Zambrano (2025)

**Figura 23:** Pregunta 6 – Gráfica de resultados



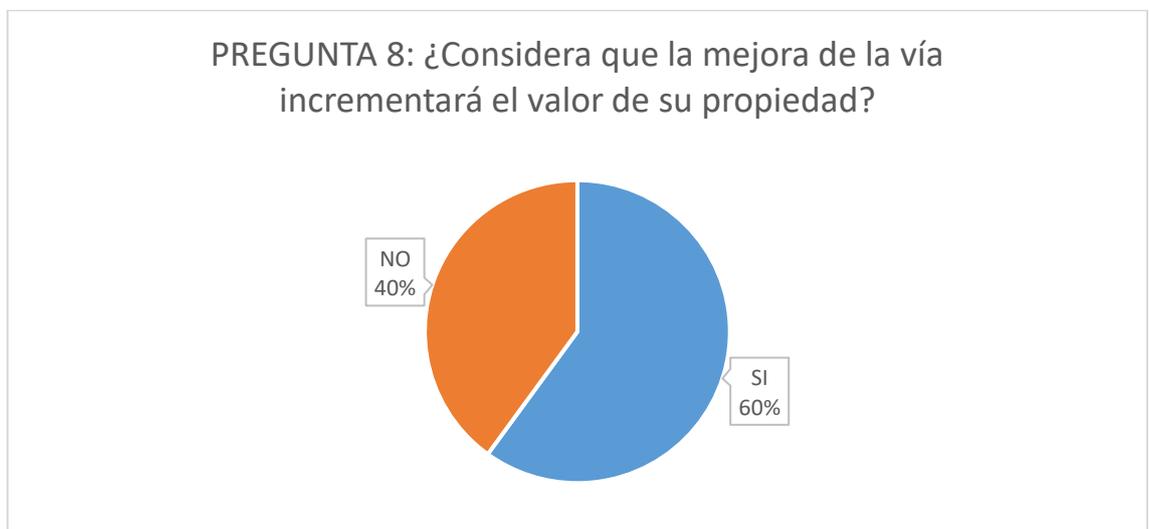
Elaborado por: Zambrano (2025)

**Figura 24:** Pregunta 7 – Gráfica de resultados



Elaborado por: Zambrano (2025)

**Figura 25:** Pregunta 8 – Gráfica de resultados



Elaborado por: Zambrano (2025)

Gracias a la técnica de observación, se pudo diagnosticar el estado en el que se encontraba la avenida previamente, sin embargo, al intervenir la Prefectura se obtuvieron unos nuevos resultados. Por ello, se presenta una tabla comparativa donde observamos gráficamente los problemas que se presentaban en la vía.

**Tabla 1** Comparación grafica de av. León Febres Cordero previa y posterior a intervenciones de rehabilitación

VÍA PREVIA INTERVENCIÓN	VÍA POST INTERVENCIÓN
<p data-bbox="550 392 662 436">Grietas</p> 	<p data-bbox="1077 448 1268 492">No presenta</p>
<p data-bbox="550 851 662 896">Baches</p> 	<p data-bbox="1077 851 1268 896">No presenta</p>
<p data-bbox="542 1299 670 1344">Bacheos</p> 	<p data-bbox="1077 1523 1268 1568">No presenta</p>
<p data-bbox="502 1736 710 1780">Ahuellamiento</p> 	<p data-bbox="1077 1904 1268 1948">No presenta</p>

Estancamientos de aguas lluvias



Estancamientos de aguas lluvias



---

Fuente: Prefectura del Guayas (2024)

Elaborado por: Zambrano (2025)

Este trabajo investigativo se centra en la viabilidad de utilizar geomallas en la estructura del pavimento, sin embargo, previo a esta decisión y aceptación se deben realizar ensayos para terreno donde se colocará la geomalla, con el fin de, conocer si cumple o no las especificaciones que se requieran en el proyecto. Los ensayos a utilizar, según Normas ASTM (2024) se detallan a continuación:

- **Ensayo de Granulometría**

El estudio de la granulometría es fundamental para:

**Elección de materiales:** Permite asegurar que los agregados empleados en las distintas capas del pavimento, como bases y subbases, presenten una distribución de tamaños adecuada, lo que les permite resistir las cargas del tráfico y contribuir a la durabilidad de la vía.

**Características mecánicas:** Una correcta distribución del tamaño de las partículas favorece la compactación, incrementa la resistencia y mejora la estabilidad del pavimento, minimizando el riesgo de asentamientos y deformaciones.

**Eficiencia en el drenaje:** Una granulometría bien definida facilita la evacuación del agua a través de las capas del pavimento, evitando acumulaciones de humedad que podrían generar daños estructurales

y ayudando a prolongar la vida útil de la carretera. (Gutiérrez Rodríguez, 2023)

- **Límites de Atterberg**

Resulta fundamental por diversas razones:

**Clasificación y selección de suelos:** Los límites de Atterberg permiten diferenciar los suelos según su nivel de plasticidad y comportamiento, lo que facilita la elección de materiales apropiados para conformar las capas estructurales de las carreteras.

**Análisis de capacidad de soporte:** La determinación del índice de plasticidad ( $IP = LL - LP$ ) es clave para prever el desempeño del suelo bajo cargas, lo que ayuda a establecer su viabilidad como material de subrasante o de relleno en la construcción vial.

**Reducción de riesgos geotécnicos:** La detección de suelos con alta plasticidad es esencial para prevenir y controlar posibles problemas como expansiones, contracciones o asentamientos diferenciales, los cuales podrían afectar la estabilidad y durabilidad de la carretera. (Geotecnia Facil, 2025)

- **Ensayo Proctor**

Tiene relevancia en los siguientes aspectos:

**Adecuada compactación:** Garantizar una correcta compactación del suelo es fundamental para prevenir asentamientos desiguales y mejorar su resistencia ante las cargas vehiculares.

**Determinación óptima de humedad:** El ensayo permite establecer la cantidad ideal de agua para alcanzar la máxima densidad del suelo, evitando inconvenientes como la pérdida de cohesión o la saturación excesiva.

**Aumento en la capacidad de apoyo:** Un suelo compactado de manera eficiente ofrece mayor resistencia a la deformación, disminuyendo el riesgo de colapsos o fallas en la estructura del pavimento. (Alonso, 2015)

- **CBR, con base en normas ASTM y AASHTO**

Es un material granular formado por fragmentos de roca triturada con variadas dimensiones, empleado en la edificación de carreteras como base estructural. Su propósito fundamental es ofrecer una plataforma firme y durable sobre la cual se instala la capa asfáltica o de hormigón, optimizando la capacidad de soporte y la distribución de cargas en la estructura del pavimento.

Se denota la capacidad de soporte del suelo, lo que permitirá conocer el espesor del pavimento y si va a ser necesario estabilizar con geomalla. Para obtener este valor se utiliza

$$CBR = \left( \frac{\text{Carga aplicada al suelo (kgf)}}{\text{Carga estándar en material de referencia (kgf)}} \right) \times 100$$

Por lo antes explicado de la provincia del Guayas, para esta investigación se cuenta con un CBR < 10.

También se procede a realizar una comparativa en cuanto a las características que otorga este material al suelo y a la estructura de pavimento.

**Tabla 2** Comparación de características entre un pavimento convencional y uno utilizando geomalla

<b>CRITERIO</b>	<b>VÍA CON PAVIMENTO CONVENCIONAL</b>	<b>VÍA CON PAVIMENTO CON GEOMALLA</b>
Refuerzo del Suelo	No incluye refuerzo, depende del diseño de las capas.	El refuerzo lo otorga la geomalla, mejorando la estabilidad.
Capacidad de Carga	Adecuado para cargas moderadas a altas, pero depende del terreno.	Mayor capacidad para resistir cargas, distribuyendo el peso de manera más eficiente.
Durabilidad	La durabilidad depende de los materiales usados y el mantenimiento.	Mayor durabilidad gracias a la geomalla, que mejora la resistencia al agrietamiento y la deformación.
Costo Inicial	Generalmente más bajo debido a su diseño más sencillo y materiales tradicionales.	El costo inicial es más alto debido a la adición de geomalla, pero se compensa por la mayor durabilidad.
Mantenimiento	Son más frecuentes, especialmente en suelos inestables o con alta carga.	Menos mantenimiento, ya que, la geomalla ayuda a prevenir la deformación y a mejorar la estabilidad.
Comportamiento ante la Deformación	Puede sufrir deformaciones y fisuras con el tiempo debido al movimiento del terreno.	Menor riesgo de deformación gracias al refuerzo de la geomalla, que distribuye las tensiones.
Resistencia a Condiciones Climáticas	Puede verse afectada por situaciones de extremas temperaturas, o lluvias intensas.	Mejor resistencia a condiciones climáticas extremas debido al refuerzo que da la geomalla.

Cada proceso constructivo, cuenta con sus respectivas actividades, las cuales se detallan a continuación, estableciendo una comparación y diferenciación de etapas, lo que se entiende cuando se va a colocar el producto de mejora.

**Tabla 3** Comparación de procesos constructivos entre: un pavimento tradicional y con geomalla

<b>PAVIMENTO TRADICIONAL</b>	<b>PAVIMENTO CON GEOMALLA</b>
Estudio y Preparación del Terreno	Estudio y Preparación del Terreno
Excavación y Movimiento de Tierra	Excavación y Movimiento de Tierra
Construcción de la Sub-base	Construcción de la Sub-base
Construcción de la Base	Colocación de la Base
	Colocación de la Geomalla
Colocación de la Capa de Rodadura	Colocación de la Capa de Rodadura
Instalación de Drenaje	Instalación de Drenaje
Señalización y Obras Complementarias	Señalización y Obras Complementarias

Elaborado por: Zambrano (2025)

### Comparación en cuanto a costos de mantenimiento

Según costos manejados en el Sercop (2024), los mantenimientos se presentan con los valores referenciales a continuación presentados:

**Tabla 4** Comparación en costos de mantenimiento de pavimentos

<b>Tipo de Mantenimiento</b>	<b>Frecuencia Estimada</b>	<b>Costo Pavimento Flexible</b>	<b>Costo Pavimento Geomalla</b>	<b>Descripción</b>
		<b>(USD/km)</b>	<b>(USD/km)</b>	
<b>Mantenimiento Preventivo</b>	Anual o bianual	3,000 - 10,000	1,000 - 5,000	Inspección, limpieza de drenajes, sellado de grietas. La

				geomalla reduce la necesidad de reparaciones tempranas.
				Aplicación de selladores para evitar filtración de agua y daños estructurales. Menos frecuente en pavimentos con geomalla.
<b>Sellado de Grietas</b>	Cada 2-5 años	5,000 - 15,000	3,000 - 10,000	
<b>Bacheo Superficial</b>	Cada 3-5 años	10,000 - 30,000	5,000 - 20,000	Reparación localizada de baches y depresiones. La geomalla minimiza la formación de baches.
<b>Recubrimiento con Microaglomerado</b>	Cada 5-8 años	20,000 - 50,000	10,000 - 30,000	Capa delgada de mezcla bituminosa para mejorar adherencia y reducir desgaste.
<b>Recapado Asfáltico</b>	Cada 10-15 años	80,000 - 200,000	50,000 - 150,000	Fresado parcial y colocación de una nueva capa de asfalto (3-5 cm). La geomalla prolonga la vida útil del pavimento.

<b>Rehabilitación Estructural</b>	Cada 15-25 años	250,000 - 600,000	200,000 - 500,000	Remoción total del asfalto, reparación de la base granular y nueva carpeta asfáltica. La geomalla reduce la frecuencia de rehabilitación.
-----------------------------------	-----------------	-------------------	-------------------	---

---

Fuente: Sercop (2024)

## CONCLUSIONES

- Se evaluó el estado de la avenida León Febres Cordero, la cual presentaba un alto grado de deterioro con diversas afectaciones. Posteriormente, se realizó una intervención por parte de la Prefectura del Guayas, en la que se retiró toda la carpeta asfáltica para construir una de mayor espesor (10 cm).
- Mediante la indagación en diversas entidades ecuatorianas encargadas de distribuir este producto, se analizaron las características de los distintos tipos de geomallas disponibles en el mercado. Como resultado, se determinó que la geomalla biaxial es la más utilizada para la estabilización de suelos, mientras que la geomalla de fibra de vidrio se emplea debajo de la capa de rodadura para distribuir de manera más eficiente las cargas que recibe, prolongando así la vida útil del pavimento.
- Gracias al análisis de las características de este material, se elaboró una tabla comparativa con el objetivo de identificar las diferencias entre dos tipos de pavimento: el tradicional y aquel que incorpora geomalla. En esta comparación, se destacaron las fortalezas que aporta el uso de geomalla dentro de la estructura del pavimento.
- A partir de la elaboración de un presupuesto referencial, se determinó que, si bien la inversión inicial presenta ciertas diferencias debido al costo adicional de la geomalla, este elemento permite reducir los espesores de las distintas capas de pavimentación. No obstante, a largo plazo, los mantenimientos de la vía serán menos frecuentes en comparación con un pavimento convencional, gracias a las ventajas estructurales que proporciona el geosintético.

## RECOMENDACIONES

- Es crucial realizar pruebas de laboratorio que repliquen las condiciones de tráfico y clima de la zona para analizar el comportamiento de las geomallas a lo largo del tiempo. Este proceso permitirá anticipar su durabilidad y detectar posibles problemas antes de su implementación en el rediseño estructural. Dichas pruebas deben incluir un estudio de la resistencia a la tracción, las deformaciones y el rendimiento a largo plazo.
- Al evaluar la viabilidad de las geomallas, es importante considerar su impacto ambiental. El uso de geomallas contribuye a reducir la cantidad de materiales naturales requeridos para la construcción, como arena y grava, lo que ayuda a disminuir la explotación de recursos naturales. Además, estas estructuras mejoran el drenaje de las vías, lo que reduce el riesgo de inundaciones y deslizamientos, favoreciendo así la sostenibilidad de la infraestructura.
- También es fundamental tener en cuenta la percepción de las comunidades locales respecto a la implementación de geomallas en el rediseño estructural de la vía. Algunos miembros de la comunidad podrían manifestar inquietudes sobre la durabilidad de este material; por ello, llevar a cabo un proceso de sensibilización y educación sobre sus beneficios a largo plazo podría favorecer la aceptación del proyecto.
- Durante todo el ciclo de vida de la vía, es necesario establecer un sistema de seguimiento continuo que permita analizar el rendimiento de las geomallas dentro del rediseño estructural. Esto facilitará la detección de cualquier variación en su comportamiento esperado y permitirá aplicar medidas correctivas de manera oportuna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aenor. (2015). *Guía para la aplicación de la Norma UNE-EN ISO 14001:2015 en empresas constructoras*. Recuperado el 20 de Feb de 2025, de aenor.com: [https://www.aenor.com/ebooks/Guia-ISO-14001\\_2015-empresas-constructoras.pdf](https://www.aenor.com/ebooks/Guia-ISO-14001_2015-empresas-constructoras.pdf)
- Alonso, E. (2015). *Suelos Compatados Teoría y Práctica*. Recuperado el 16 de Dic de 2024, de scribd.com: <https://es.scribd.com/doc/282283111/Suelos-Compatados-Teoria-y-Practica>
- ASTM. (2024). *Normas internacionales de ASTM*. Recuperado el 9 de Enero de 2025, de la.astm.org: <https://la.astm.org/es/>
- ASTM International. (2024). *Normas internacionales de ASTM*. Recuperado el 23 de Ene de 2025, de la.astm.org: <https://la.astm.org/es/standards/>
- Chayo Guima. (2013). *Guía AASHTO 93 versión en español*. Recuperado el 3 de Feb de 2025, de es.scribd.com: <https://es.scribd.com/doc/126459232/Guia-AASHTO-93-version-en-espanol>
- Congreso Nacional. (2004). *Ley de Gestión Ambiental*. Recuperado el 20 de Feb de 2025, de ambiente.gob.ec: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- COOTAD. (11 de Oct de 2010). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)*. Recuperado el 16 de Ene de 2025, de cpccs.gob.ec: <https://www.cpccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>
- Geomatrix Los Expertos en Geosintéticos. (Dic de 2023). *Solución Geomatrix*. Recuperado el 08 de Feb de 2025, de GeoReto-Boletín Testimonial: <https://geomatrix.sfo2.digitaloceanspaces.com/web/Mejoramiento-mantenimiento-y-rehabilitacion-de-la-malla-vial-de-santiago-de-cali.pdf>
- Geotecnia Facil. (2025). *Límites de Atterberg. Definición e interpretación*. Recuperado el 25 de Feb de 2025, de geotecniafacil.com: <https://geotecniafacil.com/limites-de-atterberg/>
- Google Earth. (24 de Ene de 2025). *Google Earth*. Recuperado el 3 de Dic de 2024, de earth.google.com: [https://earth.google.com/web/search/Av+Le%c3%b3n+Febres+Cordero+Ribadeneyra,+Guayaquil/@-2.05744791,-79.90098422,3.44436549a,6255.04072066d,35y,154.98223524h,0t,0r/d\\_ata=CiwiJgokCZ-6E4\\_FZgDAEV8OZRxtDQAGcnlZr2C-IPAIfWMtcHa-IPAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCP\\_\\_\\_\\_\\_](https://earth.google.com/web/search/Av+Le%c3%b3n+Febres+Cordero+Ribadeneyra,+Guayaquil/@-2.05744791,-79.90098422,3.44436549a,6255.04072066d,35y,154.98223524h,0t,0r/d_ata=CiwiJgokCZ-6E4_FZgDAEV8OZRxtDQAGcnlZr2C-IPAIfWMtcHa-IPAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCP_____)

- Grupo Empresarial GHA. (9 de Dic de 2020). *Funciones de los geosintéticos*. Recuperado el 12 de Feb de 2025, de grupogha.com: <https://grupogha.com/que-son-los-geosinteticos-y-para-que-se-usan/>
- Gutiérrez Rodríguez, W. Á. (2023). *Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado*. Recuperado el 8 de Ene de 2025, de researchgate.net: [https://www.researchgate.net/publication/370736222\\_Ensayo\\_granulometrico\\_de\\_los\\_suelos\\_mediante\\_el\\_metodo\\_del\\_tamizado](https://www.researchgate.net/publication/370736222_Ensayo_granulometrico_de_los_suelos_mediante_el_metodo_del_tamizado)
- Mexichem Geosynthetics. (Sep de 2017). *Repavimentación con Geomalla Fibra de Vidrio*. Recuperado el 29 de Dic de 2024, de pavcowavingeosinteticos.com: [https://pavcowavingeosinteticos.com/wp-content/uploads/2018/09/CO\\_PR\\_2017\\_Repavimentaci%C3%B3n-Plataforma-Aeropuerto-Guillermo-Le%C3%B3n-Valencia-.pdf](https://pavcowavingeosinteticos.com/wp-content/uploads/2018/09/CO_PR_2017_Repavimentaci%C3%B3n-Plataforma-Aeropuerto-Guillermo-Le%C3%B3n-Valencia-.pdf)
- MIDUVI. (2014). *Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC)*. Recuperado el 22 de Ene de 2025, de habitatyvivienda.gob.ec: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Recuperado el 20 de Feb de 2025, de obraspublicas.gob.ec: [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/MPR\\_Chimborazo\\_Cumanda\\_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf)
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2016). *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Carálogo de fallas)*. Recuperado el 25 de Feb de 2025, de mopc.gob.do: <https://www.mopc.gob.do/media/2335/sistema-identifici%C3%B3n-fallas.pdf>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (7 de Jul de 1964). *LEY DE CAMINOS*. Recuperado el 6 de Ene de 2025, de obraspublicas.gob.ec: [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/ley\\_de\\_caminos\\_y\\_reglamentos2.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/ley_de_caminos_y_reglamentos2.pdf)
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). *Normas para estudios y diseños viales*. Recuperado el 20 de Feb de 2025, de obraspublicas.gob.ec: [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_2A.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf)

- Murray y Larry. (2005). *Cálculo del Tamaño de la Muestra*. Recuperado el 3 de Dic de 2024, de rochiconsulting.com:  
<https://www.rochiconsulting.com/blog/calculo-del-tamano-de-la-muestra-online/>
- Ortiz, A. (2017). *Instructivo del Proceso Constructivo de una Vía en Pavimento Flexible*. BOGOTÁ. Recuperado el 19 de Dic de 2024, de  
<https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/57111/CARTILLA.pdf?sequence=2>
- PAVCO S.A. (2009). *Manual de Diseño con Geosintéticos* (8 ed.). Bogotá, Colombia. Recuperado el 20 de Febrero de 2025
- Pavco Wavin. (2023). *Geomallas*. Recuperado el 28 de Ene de 2025, de pavcowavingeosinteticos.com:  
<https://pavcowavingeosinteticos.com/geosinteticos/>
- Pivaltec. (2024). *Descubre la Geomalla Triaxial para una Estabilización Superior de Suelos*. Recuperado el 20 de Feb de 2025, de geosinteticos.com: <https://www.geosinteticos.com/>
- Prefectura del Guayas. (2023). *Rehabilitación de la av. León Febres Cordero*. Recuperado el 15 de Dic de 2024, de guayas.gob.ec:  
<https://guayas.gob.ec/mision-cumplida-en-la-fecha-prevista-inicio-la-rehabilitacion-de-la-av-leon-febres-cordero-2/>
- Reglamento a la Ley Orgánica Sistema Nacional Contratación Pública*. (2009). Recuperado el 18 de Feb de 2025, de portal.compraspublicas.gob.ec:  
[https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/downloads/2016/11/CONTRATO-REGLAMENTO\\_A\\_LA\\_LEY\\_ORGANICA\\_SISTEMA\\_NACIONAL\\_CONTRATACION\\_PUBLICA.pdf](https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/downloads/2016/11/CONTRATO-REGLAMENTO_A_LA_LEY_ORGANICA_SISTEMA_NACIONAL_CONTRATACION_PUBLICA.pdf)
- Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2022). *PAVIMENTOS - Materiales, construcción y diseño*. Recuperado el 21 de Feb de 2025, de ecoeediciones.com: [https://www.ecoeediciones.com/wp-content/uploads/2022/05/Pavimentos-materiales-construccion-y-diseno-contenido.pdf?srsIid=AfmBOooCQwhoAj5rGy\\_cVKBhHqap7icg1\\_G25PBjVHDDPPU5NXkqf8Ab](https://www.ecoeediciones.com/wp-content/uploads/2022/05/Pavimentos-materiales-construccion-y-diseno-contenido.pdf?srsIid=AfmBOooCQwhoAj5rGy_cVKBhHqap7icg1_G25PBjVHDDPPU5NXkqf8Ab)
- Sai. (2024). *¿Qué son los geosintéticos?* Recuperado el 16 de Ene de 2025, de sai.la/es: <https://sai.la/es/geosinteticos>
- Sampieri, R. H. (2014). METODOLÍA DE LA INVESTGACIÓN. En R. H. Sampieri, *METODOLÍA DE LA INVESTGACIÓN*. Recuperado el 14 de Ene de 2025, de <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Bap>

tista-

Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf

SERCOP. (2024). *Sistema Oficial de Contratación Pública*. Recuperado el 15 de Ene de 2025, de [compraspublicas.gob.ec](https://www.compraspublicas.gob.ec):  
<https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/buscarProceso.cpe?sg=1>

Sergio Navarro. (2003). *Norma de Diseño Geométrico de Carreteras*. Recuperado el 11 de Ene de 2025, de [snavarro.wordpress.com](https://snavarro.wordpress.com):  
[https://snavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/manual-dediseo-de-carretera\\_2003-ecuador.pdf](https://snavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/manual-dediseo-de-carretera_2003-ecuador.pdf)

Vargas Jiménez, J. M. (2017). *La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles*. Mérida: Redalyc. Recuperado el 3 de Ene de 2025

## ANEXOS

### Anexo 1: Ficha Técnica – Geomalla FORTGRID ASPHALT

# Geomallas FORTGRID ASPHALT



**GEO MATRIX**  
Los Expertos en Geosintéticos

Las geomallas FORTGRID ASPHALT son geomallas biaxiales diseñadas para reforzar y controlar el reflejo de agrietamientos en capas de concreto asfáltico con el exclusivo Multifilamento G5 de Poliéster de Alta Tenacidad (PET)<sup>(1)</sup> de Geomatrix

Las geomallas **Fortgrid Asphalt** garantizan alta resistencia a la tensión y a la carga cíclica a través del tiempo, otorgando a las capas asfálticas un aumento significativo en la resistencia al reflejo de agrietamientos, prolongando la vida útil y reduciendo los costos de mantenimiento del pavimento. Están recubiertas con un copolímero de alto desempeño que facilita su adherencia a las mezclas asfálticas y tienen un adecuado tamaño de abertura que permite una alta interacción mecánica con el agregado, garantizando alta resistencia al corte entre las superficies de contacto involucradas.



#### Refuerzo de carpetas asfálticas

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	NORMA DE ENSAYO	UNIDAD	VALORES			
			140	160	300	700
Factor de eficiencia para control de reflejo de agrietamiento GEF <sup>(2)</sup>	AASHTO T321		1,4	1,6	3,2	7,0
Tipo de polímero		Fibras multifilamento de poliéster de alta tenacidad PET, recubiertas con copolímero bituminoso de alto desempeño.				
Resistencia a altas temperaturas (punto de ablandamiento)	ASTM D276	°C	240			
Tamaño de abertura	Medido	mm	27	28	24	22
			29	26	26	22
Porcentaje de área abierta	Medido	%	64	55	46	43
<b>RESISTENCIA A LA CARGA CÍCLICA</b>						
Módulo de tensión cíclica <sup>(3)</sup>	ASTM D7556	kN/m	800	1300	1820	2340
<b>RESISTENCIA AL DAÑO DE INSTALACIÓN</b>						
Resistencia retenida	Medida	%	93			
<b>DURABILIDAD</b>						
Peso molecular fibra <sup>(4)</sup>	GRI GG8	g/mol	27977			
Nivel del grupo Carboxilo <sup>(4)</sup>	GRI GG7	m mol/kg	15,2			
<b>PRESENTACIÓN DEL ROLLO</b>						
Ancho <sup>(5)</sup>	Medido	m	3,8	3,8	3,8	3,8
Largo nominal			120	70	60	50
Ancho <sup>(5)</sup>			5,3	5,3		
Largo nominal			120	60		

#### Observaciones

MD: Dirección longitudinal. TD: Dirección transversal. (1) PET: Poliéster de Alta Tenacidad (PET) de peso molecular mayor a 25000 g/mol y grupos carboxilos finales menores a 30 m mol/kg, resistente a la degradación por rayos UV (resistencia retenida mayor al 90% evaluada bajo la norma (ASTM D4355), biológicamente inerte y resistente a ácidos, álcalis y condiciones químicas agresivas presentes naturalmente en los suelos. (2) Evaluación de desempeño realizada en Texas A&M Transportation Institute TTI, ver reporte Use of Fortgrid Asphalt Geogrids to improve the Cracking Performance of HMA. (3) Promedio de los módulos cíclicos encontrados a deformaciones permanentes de 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 3,0 y 4,0% ejecutando 1000 ciclos de carga de +/-0,10% de deformación; (4) Resistencia a la hidrólisis, reporte FHWA-RD 97 142/143/144 y 00-157; (5) Los anchos pueden variar en un rango de +/- 1,0%.

Geomatrix se reserva el derecho a hacer, sin previo aviso, cambios en esta hoja técnica por actualización y mejora de sus productos.

Geomatrix cuenta con su propio laboratorio acreditado por el Geosynthetic Accreditation Institute – Laboratory Accreditation Program (GAI-LAP), el cual garantiza la competencia e independencia del laboratorio para llevar a cabo pruebas específicas de Geosintéticos.

El alto nivel de calidad permanente se garantiza mediante un sistema de gestión de calidad, bajo la norma NTC-ISO 9001:2015, para el diseño, desarrollo, producción, comercialización y soporte técnico de materiales geosintéticos, y un sistema de inspección y evaluación estricto, conforme a los lineamientos de las normas ASTM D4354 y ASTM D4759 y de las especificaciones de supervivencia establecidas en FHWA NHI 07 - 092 y AASHTO M288, así como la implementación de buenas prácticas ambientales en el marco del Sello de empresa comprometida con la economía circular logrando eficiencia en el uso de recursos, diseño de productos para una mayor durabilidad y promoción de la reutilización y el reciclaje.

Para mayor información consultar el sitio web [www.geomatrix.co](http://www.geomatrix.co).



2025-02

Fuente: Geomatrix (2023)

## Anexo 2: Ficha Técnica – Geomalla FORTGRID BX





Las geomallas biaxiales FORTGRID son elaboradas con el exclusivo Multifilamento G5<sup>®</sup> de Poliéster de Alta Tenacidad (PET), desarrolladas para interactuar con suelos y agregados pétreos, proporcionando alta resistencia a la tensión y alto módulo de deformación a las estructuras que conforman.

Las fibras de geomalla son recubiertas con un copolímero que le otorga mayor rigidez dimensional y la protección necesaria en su instalación. FORTGRID BX presenta estabilidad en el comportamiento mecánico a largo plazo a través de su baja plastodeformación (bajo creep), lo cual representa permanencia en la función de refuerzo a través del tiempo y control de deformaciones en la estructura reforzada. Es empleada para el refuerzo de capas granulares en todo tipo de pavimentos y pisos industriales, para el refuerzo de suelos de apoyo de cimentaciones superficiales y en terraplenes cimentados sobre pilotes o inclusiones de mejoramiento.



Refuerzo de subrasante



Refuerzo base granular



Refuerzo de suelos para cimentaciones



Refuerzo en cimentación de terraplenes sobre pilotes

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA DE ENSAYO	UNIDAD	VALORES MARV		
			BX 30	BX 50	BX 100
Resistencia última a la tensión (MD/TD)	ASTM D6637 <sup>(2)</sup>	kN/m	32,0 / 32,0	55,0 / 55,0	106 / 105
Elongación última (MD/TD) <sup>(3)</sup>		%	10,4 / 9,90	10,6 / 10,8	11,1 / 10,8
Resistencia máxima disponible para diseño a 75 años	GRI - GG4 (b)	kN/m	16,0 / 16,0	27,5 / 27,5	53,0 / 52,5
Resistencia @ 2% elongación (MD/TD)	ASTM D6637 <sup>(2)</sup>	kN/m	7,0 / 8,0	12,0 / 12,0	23,0 / 22,0
Resistencia @ 5% elongación (MD/TD)		kN/m	14,0 / 15,0	21,0 / 21,0	37,0 / 37,0
Módulo de tensión cíclica @ 3% elongación <sup>(3)</sup>	ASTM D7556	kN/m	3500	4040	

PROPIEDADES FÍSICAS					
Tamaño de abertura (MD) <sup>(3)</sup>	Medido	mm	28	27	22
Tamaño de abertura (TD) <sup>(3)</sup>	Medido	mm	28	26	23

PRESENTACIÓN DEL ROLLO					
Ancho <sup>(4)</sup>	Medido	m	5,30	5,30	5,30
Largo nominal			120	80	40

**Observaciones:**

**MARV:** Los valores reportados corresponden a los mínimos valores promedio de rollo (MARV en inglés), los cuales son calculados del promedio menos dos desviaciones estándar de una población de datos extensa y que estadísticamente representa un 97,7 % de nivel de confianza que cualquier muestra tomada para aseguramiento de la calidad, excederá el valor reportado. **MD:** Dirección de la máquina, a lo largo de los rollos. **TD:** Dirección transversal a través del largo de los rollos. **(1)** Poliéster de alta tenacidad (PET) de peso molecular mayor a 25000 g/mol y grupos carboxilo finales a menores a 30, resistente a la degradación por rayos UV, biológicamente inerte y resistente a ácidos, álcalis y condiciones químicas presentes naturalmente en los suelos. **(2)** Las propiedades de tensión se determinaron empleando la opción B (Múltiples costillas) del Método de prueba ASTM D6637 debido a que se tiene en cuenta la interacción de todas las costillas en el ancho del espécimen. **(3)** Los valores relacionados corresponden a un valor promedio. **(4)** El ancho puede variar en un rango de +/- 1,0%.

Geomatrix se reserva el derecho a hacer, sin previo aviso, cambios en esta hoja técnica por actualización y mejora de sus productos.

Geomatrix cuenta con su propio laboratorio de ensayos acreditado por el **Geosynthetic Accreditation Institute - Laboratory Accreditation Program (GAI-LAP)**, que garantiza su competencia e independencia para llevar a cabo pruebas específicas de Geosintéticos.

El alto nivel de calidad permanente se garantiza mediante un sistema de gestión de calidad, bajo la norma NTC-ISO 9001-2015, para el diseño, desarrollo, producción, comercialización y soporte técnico de materiales geosintéticos, y un sistema de inspección y evaluación estricto, conforme a los lineamientos de las normas ASTM D4354 y ASTM D4759 y de las especificaciones de supervivencia establecidas en FHWA NHI 07 - 092 y AASHTO M288; así como la implementación de buenas prácticas ambientales en el marco del Sello de empresa comprometida con la economía circular logrando eficiencia en el uso de recursos, diseño de productos para una mayor durabilidad y promoción de la reutilización y el reciclaje.

Fuente: Geomatrix (2023)

### Anexo 3: Ficha Técnica – Geomalla Biaxial

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	P-BX 2020		P-BX 3030	
			SL <sup>1</sup>	ST <sup>1</sup>	SL <sup>1</sup>	ST <sup>1</sup>
Rigidez radial <sup>2</sup>	ASTM D6637	kN/m	380		550	
Resistencia última a la tensión	ASTM D6637	kN/m	20	20	30	30
Eficiencia de los nodos <sup>2</sup>	ASTM D7737 / D6637	%	95		95	
Rigidez flexural	ASTM D7748	mg - cm	700.000		2.000.000	
Rigidez torsional (J) <sup>3</sup>	GRI GG9	cm - kg/deg	3.3		5.5	

PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	P-BX 2020		P-BX 3030	
			SL <sup>1</sup>	ST <sup>1</sup>	SL <sup>1</sup>	ST <sup>1</sup>
Tamaño de abertura	Medido	mm	40	40	40	40
Espesor de las costillas	Medido	mm	1.3	0.7	2.4	1.0
Ancho de la costilla	Medido	mm	2.3	3.1	2.4	3.7
Resistencia a la degradación UV <sup>4</sup>	ASTM D4355 / D6637	%	90		90	
Resistencia a los daños químicos	EPA 9090 A	%	100		100	

PRESENTACIÓN DEL ROLLO	NORMA	UNIDAD	P-BX 2020		P-BX 3030	
			SL <sup>1</sup>	ST <sup>1</sup>	SL <sup>1</sup>	ST <sup>1</sup>
Ancho del rollo	Medido	m	3.90		3.90	
Largo del rollo	Medido	m	51.3		51.3	
Área del rollo	Medido	m <sup>2</sup>	200		200	

**Nota:**

Todos los valores mostrados son VMPR (Valores mínimos promedio por rollo).

- SL = Sentido Longitudinal  
ST = Sentido Transversal
- Expresada como comparación entre las resistencias de la ASTM D7737 y ASTM D6637 de la misma muestra.
- Resistencia en el plano rotacional de movimiento medida mediante la aplicación de un momento de 20kg-cm en la junta central de una muestra de 9" x 9" restringida en su perímetro de acuerdo con la Metodología del Cuerpo de Ingenieros de USA para medida de Rigidez Torsional.
- Expresado como porcentaje de la resistencia última a la tensión.
- Ai 2% de deformación bajo carga radial de 360°. Determinado de las pruebas de acuerdo con la norma ASTM D6637.



**CONVENCIONES:**  
ASTM: American Society for Testing and Materials. • N. A.: No aplica.

Operamos bajo sistemas internacionales de control de calidad. Contamos con la acreditación **GAI LAP (The Geosynthetic Institute)**.

La presente ficha técnica está vigente a partir de mayo de 2021. Nos reservamos el derecho de introducir las modificaciones de especificaciones que considere necesarias para garantizar la misma calidad y funcionalidad de sus productos sin previo aviso. La información aquí contenida se ofrece gratis, es cierta y exacta a nuestro leal saber y entender; no obstante, todas las recomendaciones y sugerencias están hechas sin garantía, puesto que las condiciones de uso están fuera de nuestro control y es responsabilidad exclusiva del usuario. Por favor verificar los datos de esta especificación con el Departamento de Ingeniería para confirmar que la información esta vigente.

**COLOMBIA:** • Tel.: (571) 782 5000 Exts: 1518  
• ingenieria@geosinteticos@wavin.com • www.wavin.com/es-co

**PERÚ:** • Tels.: (511) 6276038 / 6276039 • geosynperu@wavin.com • www.wavin.com/es-pe

Fuente: Pavco Wavin (2023)

## Anexo 4: Ficha Técnica – Geomalla Fibra de Vidrio

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	R-50	R-100
Resistencia a la tensión última (ST/SL) <sup>1</sup>	ASTM D6637	kN/m	50/50	100/100
Propiedades de retracción	CRDRG01	%	*Menos del 0.5% @ 200°C después de 15 Min"	*Menos del 0.5% @ 200°C después de 15 Min"
Elongación máxima a la rotura (ST/SL) <sup>1</sup>	ASTM D6637		≤3	≤3
PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	R-50	R-100
Tamaño de abertura de la malla (ST/SL) <sup>1</sup>	Medido	mm	20/20	18/18
Resistencia a la temperatura	Mínimo	°C	200	200
Punto de fusión	ASTM D276	°C	>300	>300
PRESENTACIÓN DEL ROLLO	NORMA	UNIDAD	R-50	R-100
Ancho	Medido	m	3.95	3.95
Longitud	Medido	m	100	100
Área	Medido	m <sup>2</sup>	395	395

ALTO MÓDULO DE ELASTICIDAD, BAJAS ELONGACIONES	DISMINUCIÓN DE PROPAGACIÓN DE FISURAS	DISMINUCIÓN DE DEFLEXIONES
<p>ESFUERZO / CARGA V.S. DEFORMACIÓN PARA DIFERENTES MATERIALES DE REFUERZO EN ASFALTO</p> <p>Para una carga de rotura, un refuerzo con Geomalla de Fibra de Vidrio admitirá deformaciones menores al 3%, mientras que la Geomalla de poliéster (PET) admite deformaciones entre el 10 y 15%. De acuerdo con lo anterior, las Geomallas de Fibra de Vidrio presentan una mejor eficiencia cuando son usadas como refuerzo de carpetas asfálticas frente a otras alternativas de refuerzo.</p>	<p>5 cm asfalto</p> <p>Refuerzo con Geomalla FV</p> <p>Fisura inducida a 2.5 cm.</p> <p>En un ensayo de propagación de fisuras, las Geomallas de Fibra de Vidrio soportan entre 5 y 10 veces más ciclos de carga que una muestra patrón sin refuerzo, mientras que la Geomalla sintética (Poliéster-PET) solo soporta 1.5 veces más ciclos de carga, hasta que la fisura se propaga a la superficie. *Laboratorio de Investigaciones, Central de Colas de Francia.</p>	<p>EFFECTO DE LA GEOMALLA DE FIBRA DE VIDRIO SOBRE DEFORMACIONES PERMANENTES</p> <p>Para alcanzar la misma deformación de 15 mm, la muestra reforzada con Geomalla de Fibra de Vidrio soportó 18 veces más ciclos que la muestra sin refuerzo. *Laboratorio NPC de Holanda, 1993.</p>

**1. Valores VMPR (Valor mínimo promedio por rollo) ST: Sentido transversal SL: Sentido longitudinal**

\* Chhote Saraf y Kamran Majidzadeh, Research International, Inc., Transportation Research Board, 1996.

**CONVENCIONES:**  
**ASTM:** American Society for Testing and Materials. • **N.A.:** No aplica.

Operamos bajo sistemas internacionales de control de calidad. Contamos con la acreditación GAI LAP (The Geosynthetic Institute).

La presente ficha técnica está vigente a partir de mayo de 2021. Nos reservamos el derecho de introducir las modificaciones de especificaciones que considere necesarias para garantizar la máxima calidad y funcionalidad de sus productos sin previo aviso. La información aquí contenida se ofrece gratis, es cierta y exacta a nuestro leal saber y entender; no obstante, todas las recomendaciones y sugerencias están hechas sin garantía, puesto que las condiciones de uso están fuera de nuestro control y es responsabilidad exclusiva del usuario. Por favor verificar los datos de esta especificación con el Departamento de Ingeniería para confirmar que la información esta vigente.

**COLOMBIA:** • Tel.: (571) 782 5000 Ext.: 1518  
 • ingenieria@geosinteticos@wavin.com • www.wavin.com/es-co  
**PERÚ:** • Tels.: (511) 6276038 / 6276039 • geosperu@wavin.com • www.wavin.com/es-pe

Fuente: Pavco Wavin (2023)

**Anexo 5: Cotización geomalla para área de 7200 m2**



**Proforma #**  
PIV26331

GUAYAQUIL: Ciudadela Bellavista, Av. Principal José Ma. Velasco Ibarra, Mz. 35, Solar 22.  
Teléfono: +593 4 222 1929 +592 4 222 1939 Fax: +593 4 222 1841 E-mail: geosinteticos@pivaltec.com  
**website: www.geosinteticos.com**

ELVYN STALIN ZAMBRANO VELIZ RUC/CI: 1104116098 TARQUI elvyn18@hotmail.com 0999192618 GUAYAQUIL	FECHA: 21-01-2025 13:28:07  SOLICITADO POR: ELVYN STALIN ZAMBRANO VELIZ  DESPACHADO POR:
VÁLIDO HASTA: 31-01-2025	TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATO PREVIA LA CANCELACION DE LA FACTURA
FORMA DE PAGO: TRANSFERENCIA CTA CTE PIVALTEC S.A. BANCO PICHINCHA 307777304 RUC 1790825280001	
VENDEDOR: ING. ANTONIO NARANJO	VÍA: \$QUOTES_CF_647\$
<b>CONTRIBUYENTE ESPECIAL</b> Resolución 636 del 29 de Diciembre del 2005	

Cantidad	Unidad	Detalle	Precio	Subtotal	Valor Total
7200,00	m <sup>2</sup>	Geomalla Triaxial TX5 (4m x 75m) TENSAR  <i>PROCEDECENCIA USA CP266 ASTM D6637-01. &gt; 225 KN/m Ancho 4m Largo 75m Área 300m2</i>	3,04	21888,00	21888,00
1,00	Unidad	Servicio de Logística CP0260	0,00	0,00	0,00
		<b>SI INCLUYE:</b>			
		<b>NO INCLUYE:</b>			
<b>SON:</b> 25171.20				VALOR TRANSFERENCIAS CON TARIFA CERO	0.00
				VALOR TRANSFERENCIAS CON TARIFA %IVA	21888,00
				IVA	3283,20
<b>TOTAL \$</b>					<b>25171,20</b>

<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>RECIBÍ CONFORME:</b>	<b>ATENTAMENTE:</b> ING. ANTONIO NARANJO GERENTE DE DIVISION PROYECTOS CEL 0999 031 546 CELULAR 099 3631 357 Email: geosinteticos@pivaltec.com CALIDAD Y GARANTIA CERTIFICADA ISO 9001 : 2015
-----------------------	-------------------------	---

Favor cancelar con cheque cruzado a la orden de Pivaltec S.A.

Fuente: Pivaltec (2024)

Anexo 6: Cotización geomalla para área de 212 m2

GEO MATRIX Los Expertos en Geosintéticos		GESTIÓN FINANCIERA COTIZACIÓN ECUADOR			GFI-GFI-013 VERSIÓN: 1 FECHA:24-		
GEOMATRIXECUADOR S.A. RUC 1793026605001							
EMPRESA: <b>EVELIN STALIN ZAMBRANO</b> DIRECCIÓN: _____ TELEFONO: _____ CIUDAD: _____ EMAIL: _____ R.U.C.: 1104116098 PROYECTO: _____					<b>Cotización</b> <b>G24357</b>		
					Solicitante	Fecha	
						21/02/2025	
De acuerdo a su amable solicitud, ponemos a su consideración el suministro de:							
Cantidad (m2)	Nombre de la referencia	ESPECIFICACION DEL PRODUCTO			Rollos requeridos	Precio Unitario US\$/ m2	Subtotal US
		Ancho (m)	Largo (m)	Area (m2)			
212,00 m2	FORTGRID BX 50	2,65	80	212		\$2,24	\$474,88
						GASTOS DE ENMO	
Detalles Forma de pago :						SUBTOTAL	\$ 474,88
Entrega: De acuerdo a cronograma solicitado, a partir de la recepción de la orden de						IVA 15%	\$ 71,23
Validez de la oferta: 15 días calendario						TOTAL	\$ 546,11
Observaciones:							
Si efectúa pago por consignación. Por favor hacerlo a nombre de <b>GEOMATRIXECUADOR SA RUC 1793026605001</b> Banco Pichincha Cuenta Corriente: 2100209985 CODIGO SWIFT: PICHECEQ							
La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través de la plataforma de los Control y Seguimiento, ISOLución. La copia o impresión diferente a la publicada se considera como documento no controlado.							

Fuente: Geomatrix (2023)