



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Aplicación del Geotextil NT NW019M para evitar la aparición de  
fallas estructurales en el Pavimento Flexible, en la Av. Central,  
Los Olivos – 2019**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Mendoza Mendoza, Miguel Ángel (ORCID: 0000-0002-2415-2450)

**ASESOR:**

Mg.Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

La presente investigación está dedicada en primer lugar a dios; por darme salud y bienestar durante estos cinco años de carrera.

A mis padres, Norma Mendoza Arango y Jorge Augusto Mendoza Astorayme; por ser los mejores ejemplos de superación y por brindarme siempre su apoyo.

A toda mi familia; por siempre inculcarme valores, por brindarme siempre su apoyo, por estar presentes en todo momento, pero sobre todo cuando más los necesito y por darme siempre ánimos para conseguir cada uno de mis objetivos.

A mi novia; por acompañarme durante estos cinco años de carrera, brindándome su cariño, paciencia y aliento para llegar a ser un gran profesional.

### **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater; por acogerme durante estos cinco increíbles años de carrera.

A mis asesores; el Mg. Ing. José Luis Benites Zúñiga y el Mg. Ing. Carlos Danilo Minaya Rosario por brindarme sus conocimientos durante la elaboración de mi proyecto de investigación.

A mis amigos; Hayrol, Nicolás y Rosa por acompañarme durante estos cinco años de carrera, brindándome en todo momento su apoyo y compañerismo en la búsqueda de nuestros objetivos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y Diseño de investigación .....	13
3.2. Variables y Operacionalización .....	14
3.3. Población, Muestra y Muestreo .....	15
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimiento.....	17
3.6. Método de Análisis de Datos .....	17
3.7. Aspectos Éticos .....	17
IV. RESULTADOS .....	18
V. DISCUSIÓN .....	39
VI. CONCLUSIONES .....	43
VII. RECOMENDACIONES.....	44
REFERENCIAS.....	45
ANEXOS .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de las vigas .....	23
<b>Tabla 2.</b> Datos del ensayo a la viga A-1 .....	23
<b>Tabla 3.</b> Resultados del ensayo viga A-1 .....	24
<b>Tabla 4.</b> Resultados del ensayo viga A.....	26
<b>Tabla 5.</b> Datos del ensayo viga C-1 .....	27
<b>Tabla 6.</b> Resultados del ensayo viga C-1 .....	27
<b>Tabla 7.</b> Resultados del ensayo viga C.....	29
<b>Tabla 8.</b> Datos del ensayo Viga A - Compresión .....	30
<b>Tabla 9.</b> Datos del ensayo Viga C - Compresión .....	31
<b>Tabla 10.</b> Clasificación de probetas sin refuerzo y con refuerzo.....	32
<b>Tabla 11.</b> Número de ciclos para que falle la mezcla asfáltica.....	33
<b>Tabla 12.</b> Resultados del ensayo de fatiga por reflexión .....	37

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa Político del Perú</i> .....	18
<i>Figura 2. Distritos de Lima</i> .....	19
<i>Figura 3. Distrito de Los Olivos</i> .....	20
<i>Figura 4. Gráfica de la viga A – Día 2</i> .....	25
<i>Figura 5. Gráfica de la viga A – Día 3</i> .....	26
<i>Figura 6. Gráfica de la viga C – Día 2</i> .....	28
<i>Figura 7. Gráfica de la viga A – cargas 400 kg – 400 kg – 600 kg</i> .....	30
<i>Figura 8. Gráfica de la viga C - cargas 1400 kg – 1400 kg – 800 kg</i> .....	31
<i>Figura 9. Gráfica de la viga A vs viga C</i> .....	31
<i>Figura 10. Gráfica briqueta A1</i> .....	34
<i>Figura 11. Gráfica briqueta A2</i> .....	35
<i>Figura 12. Gráfica briqueta A3</i> .....	36
<i>Figura 13. Gráfica comparativa briqueta A1 vs A2 vs A3</i> .....	37

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar si la aplicación de geosintéticos influye en la aparición de fallas estructurales en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019, con el fin de dar una solución al mal estado de la vía asfaltada; ya que actualmente los geosintéticos son muy usados en el diseño y rehabilitación de pavimentos.

El tipo de investigación de acuerdo al fin fue aplicada, del tipo correlacional, con un diseño cuasiexperimental y con un enfoque cuantitativo. Para la recolección de información se usó la técnica del análisis documental; el cual consistió en la recolección de información de los ensayos realizados por otros tesisistas, cuya información fue recopilada de los repositorios de las universidades que cuentan con la facultad de Ingeniería Civil a nivel nacional e internacional.

De los resultados obtenidos luego de realizar una interpolación lineal se obtuvo que al usar la geogrilla de fibra de vidrio como reforzamiento en el diseño de mezcla asfáltica su resistencia a la compresión aumentó en un 257% en comparación con un diseño de mezcla asfáltica convencional. Además, la incorporación de la geogrilla de fibra de vidrio atenuó la aparición de grietas en la capa repavimentada hasta en 65% en comparación con la muestra sin reforzar. Finalmente, luego de incorporar el geotextil NT 1800 y el geotextil NT REPAV 450 en el diseño de mezcla asfáltica para mejorar su resistencia a la tracción se obtuvo que; para el primer geotextil su resistencia a la tracción aumentó en un 26% y un 40% para el segundo geotextil.

**Palabras clave:** Pavimento flexible, geosintéticos, geogrilla de fibra de vidrio, geotextil no tejido.

## ABSTRACT

The general objective of this research was to determine if the application of geosynthetics influences the appearance of structural failures in the flexible pavement, in Av. Central, Los Olivos - 2019, in order to provide a solution to the poor condition of the asphalt road; since currently geosynthetics are widely used in the design and rehabilitation of pavements.

The type of research according to the end was applied, of the correlational type, with a quasi-experimental design and with a quantitative approach. For the collection of information the technique of documentary analysis was used; which consisted in the collection of information from the essays carried out by other thesis students, whose information was compiled from the repositories of the universities that have the faculty of Civil Engineering at the national and international level.

From the results obtained after performing a linear interpolation, it was obtained that when using the fiberglass geogrid as reinforcement in the asphalt mix design, its compressive strength increased by 257% compared to a conventional asphalt mix design. In addition, the incorporation of the fiberglass geogril attenuated the appearance of cracks in the resurfaced layer by up to 65% compared to the unreinforced sample. Finally, after incorporating the NT 1800 geotextile and the NT REPAV 450 geotextile in the asphalt mix design to improve its tensile strength, it was obtained that; for the first geotextile its tensile strength increased by 26% and by 40% for the second geotextile.

**Keywords:** Flexible pavement, geosynthetics, fiberglass geogrid, non-woven geotextil.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Una de las obras de ingeniería más importantes para los seres humanos son las vías de comunicación terrestre (autopistas o carreteras), ya que proporcionan una base esencial para el adecuado funcionamiento de casi toda la economía de un país, además de generar una amplia gama de beneficios sociales y económicos a los diferentes pueblos, ciudades e incluso entre países vecinos. Un claro ejemplo es la Ruta Interoceánica, la cual conecta a los países de Chile, Perú, Bolivia y Brasil.

Muchos países son conscientes de la importancia que trae consigo la construcción de estas vías. Países como Singapur, Japón, Corea, Francia, Portugal, Alemania, Qatar, España, Chile y Ecuador; están considerados dentro de los 30 países con mejor calidad en sus carreteras, según el último informe hecho por el Foro Económico Mundial en el año 2018, mientras que Perú está ubicado en el puesto 108. Este indicador muestra el bajo nivel de infraestructura presente en todo el territorio peruano.

Muchas de las fallas que se dan en las carreteras pavimentadas son ocasionados por las variaciones de temperatura o por la alta demanda de carga de tráfico, trayendo como consecuencia grietas y deformaciones en la superficie de rodadura. España para mitigar estas fallas en el pavimento usó geomallas DLT GRID DL GLASS, para reforzar las capas de asfalto aumentando la capacidad de cargas dinámicas mediante la distribución de las tensiones, de esa manera evita deformaciones y fisuras, confiriendo al asfalto una vida útil más larga. Asimismo, en Colombia, en la ciudad de Barranquilla, emplearon este tipo de solución en el pavimento flexible. Como resultado de la utilización de esta geomalla se evidenciaron ahorros en cuanto a cantidad de mezcla asfáltica y a su vez garantizaron la durabilidad de la estructura, minimizando el reflejo de fisuras en la superficie de rodadura. Finalmente, mencionar a Brasil en donde usaron una geomalla como refuerzo del pavimento, obteniendo buenos resultados como, por ejemplo, retardar la aparición temprana de grietas y proporcionando un mejor rendimiento a la estructura del pavimento flexible.

Este tipo de soluciones también se están aplicando cada vez más a nivel nacional, casos como, por ejemplo: la rehabilitación de la Av. Alipio Ponce y Pedro Miotta

ubicado en el distrito de San Juan de Miraflores, estabilización y refuerzo de vías en el Callao y la construcción de la carretera Iquitos – Nauta en Loreto. En cada uno de los proyectos mencionados recurrieron a geomallas para solucionar los problemas. Las geomallas multiaxiales fueron empeladas para los dos primeros casos y geomalla biaxial para el último, con el fin de lograr la optimización del pavimento, reduciendo los espesores de los materiales granulares, aumentando la resistencia a la fatiga de la carpeta asfáltica y su vida útil.

Según un estudio de la Asociación de Víctimas de Accidentes de Tránsito (AVIACTRAN) en el 2016 revelaba que en Lima por cada kilómetro existen ocho baches en las zonas urbanas y en las vías rápidas, al menos dos. Una aproximación es que en la capital el 70% se encontraba en mal estado o tenía problemas de infraestructura. A partir de lo mencionado anteriormente, se busca una solución con la finalidad de mejorar las vías asfaltadas, no solo en el distrito de Los Olivos en donde se está realizando el estudio, sino que este tipo de alternativas pueda repercutir en obras futuras que se realicen a nivel nacional para el beneficio de toda la población.

#### **Problema General:**

¿La aplicación de geosintéticos influye en la aparición temprana de fallas estructurales en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019?

Los **problemas específicos** de esta investigación son:

- ¿La aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio influye en la resistencia a la compresión del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019?
- ¿La aplicación de los geotextiles no tejidos influye en la resistencia a la tracción del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019?
- ¿La aplicación de la geomalla de fibra de vidrio influye en el agrietamiento de la carpeta asfáltica del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019?

La **base** de haber realizado este proyecto de investigación fue para difundir este tipo de soluciones que poco a poco se está dando a nivel nacional, con la finalidad de reducir la crisis que se tiene por décadas con respecto al mal estado en el que se encuentra la gran mayoría de vías asfaltadas a nivel regional y local. Por ello, se

buscó un material el cual tenga las propiedades idóneas para mitigar el mal estado en el que se encuentran las carreteras, además de alargar el tiempo de vida útil y sobre todo que sea económicamente de gran beneficio para toda la población; ya que con el dinero destinado al mantenimiento deficiente que se hace a las pistas, se podría invertir en otras obras que sean de prioridad para la misma población.

### **Hipótesis General:**

La aplicación de geosintéticos disminuye la aparición temprana de fallas estructurales en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.

Las **hipótesis específicas** de esta investigación son:

- La aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio aumenta la resistencia a la compresión en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.
- La aplicación de los geotextiles no tejidos aumenta la resistencia a la tracción en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.
- La aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio disminuye el agrietamiento de la carpeta asfáltica del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.

### **Objetivo General:**

Determinar si la aplicación de geosintéticos influye en la aparición de fallas estructurales en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.

Los **objetivos específicos** de esta investigación son:

- Determinar si la aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio influye en la resistencia a la compresión del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.
- Determinar si la aplicación de los geotextiles no tejidos influye en la resistencia a la tracción en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.
- Determinar si la aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio influye en el agrietamiento de la carpeta asfáltica en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.

## II. MARCO TEÓRICO

Torres (2017), en su investigación titulada *Evaluación de la condición actual del Pavimento Flexible de la Av. Calmell del Solar e incidencia del Geotextil No Tejido en su rehabilitación como alternativa de solución – Huancayo 2016* de la **Universidad Peruana Los Andes**, tuvo como **objetivo general** determinar la incidencia del geotextil no tejido en la rehabilitación de la Av. Calmell del Solar según evaluación de la condición actual del pavimento flexible – Huancayo 2016. El **tipo** de investigación fue Aplicada, la **población** fue conformada por todos los pavimentos flexibles del distrito de Huancayo, la **muestra** fue del tipo no probabilístico el cual fue la Av. Calmell del Solar. Los **instrumentos** utilizados fueron la hoja de registro de unidad de muestras y ensayos destructivos. El **resultado** que obtuvo de 57 unidades de muestras evaluadas por el método del PCI fue 40.52, en otras palabras, el estado en el cual se encontró la vía fue regular. Además, la incorporación de geotextiles no tejidos en la rehabilitación de la Av. Calmell aportó en la disminución de los costos en un 3.78% por metro cuadrado. Como **conclusión general** fue que luego de incorporar el geotextil no tejido para la repavimentación de la Av. Calmell del solar ayudó a disminuir el espesor de la capa repavimentada en un 33.3%, además, ayudó a mitigar el reflejo de las grietas del pavimento dañado a la capa repavimentada, repercutiendo de forma positiva en la rehabilitación de la vía.

López (2018), en su investigación titulada *Evaluación estructural de pavimentos flexibles empleando geotextiles, Carretera Cajamarca – Chachapoyas, tramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas – 2018* de la **Universidad César Vallejo** tuvo como **objetivo general** determinar la influencia del geotextil como refuerzo estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas – 2018. La metodología empleada fue del **tipo** Aplicada, la **población** estuvo delimitada entre las progresivas 215+000 y 244+000 de la ruta nacional PE-08B en la región de Amazonas, su **muestra** estaba conformada dentro de las progresivas 216+220 y 216+340, y el **muestreo** fue del tipo no probabilístico. Como **instrumento** para compilar la información utilizó la ficha de recolección de datos. Los **resultados** obtenidos fueron que las deflexiones transversales disminuyeron gracias al uso del geotextil, para el caso del pavimento de 15 in tuvo una disminución de hasta 40% y para el

pavimento de 23 in tuvo una disminución de hasta 48%. Además, el uso del geotextil permitió la reducción de los espesores de los pavimentos, sin alterar la resistencia requerida. Como **conclusión general** luego de incorporar los geotextiles incrementó de forma favorable la resistencia del pavimento, brindando mayor capacidad de soporte y duración, hasta en un 300% para un pavimento de 23 in y hasta un 200% para un pavimento de 15 in.

**Anyaipoma** (2019), en su investigación titulada ***Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo – Chanchamayo, 2019*** de la **Universidad César Vallejo**, tuvo como **objetivo general** determinar la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles en el Km. 24 Puente Capelo – Chanchamayo, 2019. La metodología empleada fue del **tipo** Aplicada. La **población** para esta investigación fue el Km. 24 Puente Capelo – Chanchamayo. La **muestra** estaba conformada por 6 especímenes del suelo. El **instrumento** usado fue la ficha de medición, el cual fue empleado en los ensayos de laboratorio. **Concluyó** que el pavimento reforzado con geomalla biaxial incidió en la disminución del espesor de la capa base en 28.57% y en 21.05% de la capa subbase en comparación con el pavimento convencional, asimismo, se determinó que la mayor capacidad de resistencia en el ensayo realizado, se dio cuando se incorporó la geomalla triaxial, en comparación con la muestra que no presentó ningún tipo de reforzamiento con un porcentaje del 52.06%.

**Picado** (2018), en su tesis titulada ***Evaluación de la resistencia a fatiga por reflejo de grietas en sobrecapas asfálticas reforzadas con materiales geosintéticos*** de la **Universidad de Costa Rica**, tuvo como **objetivo general** analizar experimentalmente la resistencia a fatiga por reflexión de grietas en sobrecapas asfálticas reforzadas con materiales geosintéticos, mediante el ensayo a flexión de vigas de concreto asfáltico. El **tipo** de investigación fue Experimental. Para esta investigación la **muestra** fueron en total 4: un espécimen de concreto asfáltico reforzado con geomalla a un tercio de su altura, un espécimen de concreto asfáltico reforzado con geotextil a un tercio de su altura, un espécimen de concreto asfáltico reforzado con geotextil a dos tercios de su altura y un espécimen de

concreto asfáltico de control. Como **instrumento** de recolección y obtención de datos fue el Ensayo a Flexión. De los ensayos realizados en laboratorio se obtuvo como **resultado** que las muestras reforzadas con geomalla a un tercio de su altura son las que acumularon en promedio, más energía disipada al llegar a los 1200 ciclos de carga, además, al realizar inicialmente 500 ciclos de carga, las muestras reforzadas con geosintéticos no mostraron diferencias estadísticamente significativas en comparación al promedio de la energía disipada acumulada de las muestras patrón. **Concluyó** que el reflejo de las grietas en las muestras reforzadas con geotextiles y geomallas a un tercio de su altura, mostraron un tipo de falla II: es cuando la grieta en la capa dañada pasa la interfaz interior con geosintético y luego se propaga de forma paralela, de esta manera el geosintético estaría trabajando como un refuerzo a tracción.

**Armijos** (2018), en su tesis titulada ***Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico reforzado con geosintético (Geotextil No Tejido) y fibra de vidrio para un pavimento de primer orden*** de la **Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador**, tuvo como **objetivo general** evaluar el desempeño del hormigón asfáltico reforzado con geosintéticos (geotextil no tejido) y fibra de vidrio para un pavimento de primer orden. El **tipo** de investigación empleado fue Experimental – Analítico. La muestra en total fue de 5 briquetas; una briketa sin refuerzo, 01 briketa con malla de fibra de vidrio, una briketa con geotextil no tejido, una briketa con fibra de vidrio con bórax y una briketa con fibra de vidrio con isopreno. El **instrumento** para la obtención y recolección de datos fue el ensayo Marshall. De los **resultados** obtenidos de las muestras con refuerzo en el ensayo Marshall fueron para el flujo y la estabilidad. Para la estabilidad se pudo determinar que para la malla de fibra de vidrio ayudó en la mejora en contra de la falla en un 30.31% y para el caso del geotextil no tejido fue del 18.37%. Con respecto al flujo de Marshall resultó que la mezcla reforzada soportó una mayor deformación antes de la falla, proporcionando a la mezcla mayor flexibilidad. Con respecto a la malla de fibra de vidrio incrementó su flujo en un 7.06% y para el geotextil no tejido un 4.17%.

**Arias y Cárdenas** (2019), en su tesis titulada ***Evaluación de la Resistencia obtenida mediante un Ensayo de Flexión Bajo Carga Monotónica en Especímenes de Mezcla Asfáltica reforzada con Geomallas*** de la **Universidad**

**Católica de Colombia**, tuvieron como **objetivo general** evaluar mediante un ensayo a flexión en muestras prismáticas de mezcla asfáltica la respuesta bajo carga monotónica usando geomallas de refuerzo en el tercio inferior del espécimen, el **tipo** de investigación fue Experimental – Aplicada. La **muestra** para realizar los ensayos fueron en total 8 testigos, de ellos solo 4 especímenes fueron reforzados con geomallas y los otros 4 especímenes fueron hechos de forma tradicional. **Concluyeron** que, durante los ensayos realizados en el laboratorio, fue indispensable como refuerzo la geomalla, la cual brindó durante el ensayo una buena tensión dentro de la viga la cual se notó al momento de que ninguno de los especímenes llegase a la ruptura total. Además, los especímenes que fueron ensayados solo presentaron grietas superficiales.

**Leiva, Padilla, et al** (2015), en su artículo científico titulado ***Reflejos de grietas en pavimentos reforzados con geosintéticos*** de la **Universidad de Costa Rica**, tuvieron como **objetivo general** interpretar los resultados obtenidos mediante el ensayo de sobrecapas, a nueve núcleos extraídos de un tramo de prueba en campo, donde se colocó una sobrecapa asfáltica de 7 cm de espesor, sobre un geotextil no tejido como estrategia para el retardo del reflejo de las grietas presentes en la superficie de rodadura. La investigación fue del **tipo** Experimental – Descriptivo. Como **conclusión general** se determinó que cuando se coloca este tipo de materiales, ocurre un incremento en la vida de fatiga del sistema, con un patrón de agrietamiento que se extiende a lo largo de la interfaz geotextil-mezcla asfáltica en la mayoría de los casos, propagándose finalmente hacia la superficie.

**Córdova, Maza, et al** (2017), en su artículo científico titulado ***La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles*** de la **Universidad Autónoma de Yucatán de México**, tuvieron como **objetivo general** evaluar el desempeño de Pavimentos Flexibles reforzados con geomallas. El **tipo** de investigación empleado fue Experimental – Correlativo. **Concluyeron** que la geomalla proporcionó una barrera que evita que las capas contiguas que conforman la estructura del pavimento se combinen, mejorando la calidad de la vía por mucho más tiempo, además; permite dispersar de manera óptima los esfuerzos generados debido al tránsito vehicular, distribuyendo las cargas sobre una mayor área. Asimismo, la geomalla aportó mayor resistencia a la capacidad portante del suelo.

**Martínez, Ovando y Ossa (2017)**, en su artículo científico titulado ***Evaluación del desempeño de una malla de fibra de vidrio en el refuerzo de pavimentos*** de la **Universidad Nacional Autónoma de México**, tuvieron como **objetivo general** evaluar el desempeño, como elemento de refuerzo, de una malla de fibra de vidrio localizada a interior de la carpeta de rodadura de un pavimento flexible, con el fin de mitigar la aparición de grietas por fatiga. La metodología usada para esta investigación fue del **tipo** experimental. Las **muestras** fueron en total 12; 3 muestras sin refuerzo, 3 muestras reforzadas con geotextiles, 3 muestras reforzadas con geomallas de 50 kn y 3 muestras reforzadas con geomallas de 100 kn. El **instrumento** utilizado fue la ficha de recolección de datos, el cual fue empleados para cada uno de los ensayos realizados en el laboratorio. De los resultados obtenidos concluyeron que la unión entre capas es fundamental si se quiere conseguir un correcto comportamiento mecánico, muy independiente si la superficie de rodadura tenga algún tipo de reforzamiento o no, ya que; las deformaciones y cargas se distribuirán mucho mejor entre cada una de las capas que conforman la estructura del pavimento flexible. Además, a través de los ensayos a tensión directa y del ensayo de módulo de resiliencia obtuvieron que las muestras que fueron reforzadas con malla de fibra de vidrio fueron menos susceptibles al agrietamiento, a comparación de las muestras reforzadas con geotextil y la muestra patrón

**Yang (2006)**, within his tesis titled ***Effectivess of using Geotextiles in Flexible Pavements: Life – Cycle Cost Analysis*** of **The University of Virginia of The United State of American**. Using geotextiles in secondary roads to stabilize weak subgrades has been a well accepted practice over the past thirty years. However, from an economical point of view, a complete life cycle cost analysis (LCCA), which includes not only costs to agencies but also costs to users, is urgently needed to assess the benefits of using geotextile in secondary road flexible pavement. Two design methods were used to quantify the improvements of using geotextiles in pavements. One was developed at Virginia Tech by Al-Qadi in 1997, and the other was developed at Montana State University by Perkins in 2001. In this study, a comprehensive life cycle cost analysis framework was developed and used to quantify the initial and the future cost of 25 representative low volume road design alternatives. The study concludes that the cost effectiveness ratio from the two

design methods shows that the lowest cost-effectiveness ratio using Al-Qadi's design method is 1.7 and the highest is 3.2. The average is 2.6. For Perkins' design method, the lowest value is 1.01 and the highest value is 5.7.

**Souza** (2014), within her thesis titled *Performance of Flexible pavements enhanced using geogrid – reinforced asphalt overlays* of **University of Sao Paulo of Brazil**. The objective of this research is to evaluate the reinforcement benefits of geogrids placed within asphalt overlays on the structural performance of flexible pavements. Furthermore, this study investigates the stress-strain response of geogrids under traffic conditions, induced by cyclical wheel loads generated by a new Accelerated Pavement Installation Test (APT) that was developed specifically for this investigation. Various sensors were used to measure deformations of the asphalt concrete, plastic and elastic surface displacements and induced traffic loads. Displacements on geogrid samples were measured using a signaling system. As a result, several mechanisms for improving this technique could be quantified in the present study. The refinements of the polymeric geogrid have been considerably reduced in the deformations developed in the lower part of the asphalt layers, as well as in the vertical stresses in the lower layers of the pavement. Resistance to groove formation and geogrid-induced lateral movement will also be clearly evident in the present study.

**Peketi, Singalareddy and Mekala** (2018), within their thesis titled *Usage of Geogrids in Flexible Pavement Design* of **Jawaharlal Nehru Technological University Anantapur de India**. Making the Indian road network, the second largest road network in the world after the united states. But the roads are not giving the desired result due to por CBR value. Roads in India have mostly the problems like the formation of potholes, ruts, cracks and localized depression and settlement, especially during rainy season. These are mainly due to the insufficient bearing capacity of the subgrade in water saturated condition. The subgrade soil mostly yields low CBR value 2-5%. In the CBR method of pavement design (IRC:37-2012) the total thickness of pavement increases exponentially with a decrease in the CBR value of subgrade soil which in turn increases the cost of construction. This study will have a positive impact on cost as it will reduce the Project as well as

maintenance cost of the road. Our project will discuss in detail the process and its successful applications.

El **pavimento flexible** se caracteriza por tener una estructura multicapas, considerando siempre que los estratos de mejor calidad se encuentren más próximos a la superficie de rodadura; debido a que las tensiones son mayores. La superficie que hace contacto con las ruedas de los vehículos está hecha de mezcla asfáltica. La función del pavimento flexible es la de distribuir los esfuerzos de forma moderada hacia el suelo de fundación. La estructura del pavimento flexible está conformada por tres capas; la primera capa es la superficie de rodadura, debajo de ella se encuentra la base y finalmente la tercera capa llamada subbase. <sup>1</sup>

#### **Descripción de la estructura del Pavimento Flexible:**

**Carpeta Asfáltica:** También conocida como superficie de rodamiento, es la primera capa de contacto entre las llantas de los vehículos y el pavimento. Esta capa debe brindar una superficie uniforme y estable a los vehículos, además debe tener la capacidad de resistir los efectos abrasivos generados por el flujo vehicular.<sup>2</sup>

**Base:** Esta capa tiene como función principal actuar como un elemento resistente, que pueda transmitir tanto a la subbase, como a la subrasante los esfuerzos generados por el flujo vehicular con una menor intensidad. Además, el material empleado para la base tiene que tener un valor de CBR  $\geq 80\%$ , caso contrario será necesario usar algún tipo de aditivo, ya sea cal o cemento con la finalidad de mejorar su capacidad portante.<sup>3</sup>

**Sub Base:** La función que cumple esta capa es la de soportar los esfuerzos generados por las cargas vehiculares, las cuales son transmitidas desde las capas superiores y finalmente a través de la subbase las cargas son dirigidas hacia el nivel de subrasante. Asimismo, este material granular utilizado como subbase debe tener como requisito fundamental un valor de CBR  $\geq 40\%$ , sin embargo; de no contar con ese valor se podría hacer uso de aditivos para mejorar su capacidad portante del material.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> (AASHTO-93, 2006 pág. 2)

<sup>2</sup> (MONTEJO, 2002 pág. 2)

<sup>3</sup> (MTC, 2014 pág. 114)

<sup>4</sup> (MTC, 2014 pág. 113)

### **Fallas Estructurales en el pavimento flexible:**

**Piel de cocodrilo:** Es un conjunto de grietas interconectadas a causa de la falla por fatiga en la carpeta asfáltica, por medio de la aplicación recurrente de los esfuerzos producidos por los vehículos. El grado de severidad de esta falla son: Baja (abertura < 0.3m), Media (abertura entre 0.3m – 0.5m) y Alta (abertura > 0.5m).<sup>5</sup>

**Fisuras longitudinales:** Son manifestaciones de la presencia de esfuerzos de tensión que se pueda estar dando en alguna de las capas de la estructura. El grado de severidad de esta falla son: Baja (abertura  $\leq$  1mm), Media (aberturas entre 1 mm – 3mm) y Alta (abertura > 3mm).<sup>6</sup>

**Deformación por deficiencia estructural:** Son depresiones ocasionadas por el fenómeno de fatiga que puede estar asociada a una capa o a toda la estructura, e incluso al terreno de fundación, debido a la aplicación repetida de esfuerzos superiores a las sollicitaciones cargas con la que se diseñó. El grado para medir la severidad de esta falla son: Baja (profundidad < 2mm), Media (profundidad entre 2cm – 4cm) y Alta (profundidad > 4cm).<sup>7</sup>

**Deformación por ahuellamiento:** Es la presencia de depresiones sobre el pavimento y paralelas en el sentido del tránsito. El grado de severidad de esta falla son: Baja (profundidad  $\leq$  6mm), Media (profundidad entre 6mm – 12mm) y Alta (abertura > 12mm).<sup>8</sup>

**Falla por parche:** Es origina después de realizar una instalación o mantenimiento de algún servicio doméstico (gas, agua o desagüe). El grado de severidad de esta falla son: Baja (la falla está en buen estado), Media (la falla está levemente dañada) y Alta (la falla presenta un mal estado).

### **Fallas superficiales en el pavimento flexible:**

**Falla por peladura y descascamiento:** En esta falla se puede observar la disgregación o exposición de material asfáltico a consecuencia de la falta de ligante bituminoso (peladura), en el caso de haber disminución de material de toda la carpeta asfáltica o parcialmente, la patología sería denominada falla por

---

<sup>5</sup> (MTC, 2018 pág. 88)

<sup>6</sup> (MTC, 2018 pág. 89)

<sup>7</sup> (MTC, 2018 pág. 91)

<sup>8</sup> (MTC, 2018 pág. 94)

desprendimiento. El grado de severidad de esta falla son: Baja (puntual – desprendimiento superficial), Media (continuo – no hay presencia de material granular) y Alta (continuo – presencia de material granular).<sup>9</sup>

**Falla por bache:** Presenta una disgregación total sobre la carpeta asfáltica, trayendo como consecuencias la exposición (huecos) de los materiales granulares. El grado de severidad de esta falla son: Baja (diámetro  $\leq 0.2\text{m}$ ), Media (diámetro entre  $0.2\text{ m} - 0.5\text{m}$ ) y Alta (diámetro  $> 0.5\text{m}$ ).<sup>10</sup>

Los geosintéticos son materiales textiles planos, permeables poliméricos que pueden ser No Tejido, Tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedra, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas.<sup>11</sup>

### **Aplicaciones de los geosintéticos:**

Los geosintéticos se usan dentro de las mezclas asfálticas, cuyo objetivo es mitigar la aparición de grietas por reflexión, por fatiga y deformaciones plásticas, en la pavimentación de vías donde el flujo vehicular puede ser alto o bajo, en las pistas de aterrizaje en los aeropuertos y en estacionamientos.<sup>12</sup>

### **Funciones de los geosintéticos:**

- **Filtración:** Los geosintéticos tienen la capacidad de conservar los materiales granulares cuando el agua se introduce entre las capas, conservando el material empleado tanto en la base como subbase de la estructura.
- **Separación:** Los geosintéticos tienen la capacidad de dividir los sustratos que tengan diferentes características físicas (granulometría, plasticidad, consistencia), evitando que los materiales se mezclen.
- **Drenaje:** Los geosintéticos tienen la capacidad de drenar cualquier tipo de líquido o gas, gracias a las bondades del material del que está hecho.
- **Refuerzo:** Los geosintéticos absorben las tensiones horizontales en el límite de la capa deteriorada y la capa repavimentada, mitigando la aparición temprana de fisuras sobre la capa nueva.

---

<sup>9</sup> (MTC, 2018 pág. 97)

<sup>10</sup> (MTC, 2018 pág. 99)

<sup>11</sup> (PAVCO, 2009 pág. 5)

<sup>12</sup> (PAVCO, 2009 pág. 18)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de investigación

##### **Tipo de investigación de acuerdo al fin:**

La investigación es del tipo **aplicada**; porque tiene por finalidad adquirir nuevos conocimientos para hacer, construir y modificar; su interés está basado en la utilización inmediata de conocimiento en la realidad concreta.<sup>13</sup>

Por lo tanto, lo que se busca con esta investigación es generar conocimiento acerca de los beneficios que brinda la aplicación de los geosintéticos dentro de la carpeta asfáltica, principalmente para mitigar la aparición temprana de grietas propagadas de la capa asfáltica dañada hacia la capa repavimentada.

##### **Tipo de investigación de acuerdo al nivel:**

La investigación es del tipo **correlacional**; las investigaciones de este tipo tienen por objetivo saber cuál es la relación o nivel de dependencia que pueda haber entre dos o más conceptos, categorías o variables.<sup>14</sup>

Mediante la presente investigación se busca saber la influencia del uso de geosintéticos luego de incorporarlos en la repavimentación del pavimento flexible que actualmente se encuentra en mal estado; ya que una de las propiedades de este material es lograr disminuir la reflexión de grietas producidas por la capa de mezcla asfáltica deteriorada.

##### **Tipo de investigación de acuerdo al diseño:**

Los diseños **cuasiexperimentales** se caracterizan por manipular de forma deliberada, como mínimo, a una variable independiente con el fin de analizar la influencia que existe sobre una o más variables dependientes, la diferencia en comparación con los experimentos “puros” es el nivel de certeza que pueda obtenerse de la equivalencia inicial de cada grupo.<sup>15</sup>

Esta investigación está considerada dentro del diseño experimental, pero a la vez está sub clasificada como cuasiexperimental, debido a que se aplicará intencionalmente un geosintético sobre la superficie de rodadura inicial, el cual hará

---

<sup>13</sup> (SAMPIERI, 2014 pág. 25)

<sup>14</sup> (SAMPIERI, 2014 pág. 93)

<sup>15</sup> (SAMPIERI, 2014 pág. 151)

el papel del pavimento deteriorado, para finalmente aplicar una capa nueva de mezcla asfáltica, con el fin de analizar la influencia de las propiedades de este material para evitar la propagación de grietas entre ambas capas.

### **Tipo de investigación de acuerdo al enfoque:**

Enfoque **cuantitativo**; en este tipo de investigación se usa la recopilación de información a fin de demostrar hipótesis fundamentadas en la medición numérica y a través del análisis estadístico, para así definir patrones de comportamiento y demostrar teorías.<sup>16</sup>

Para la presente investigación será necesario realizar un conjunto de operaciones matemáticas partiendo de los resultados obtenidos a través de la técnica de análisis documental; ya que gracias a este método se logrará conseguir información de los resultados de los ensayos que realizaron los tesisistas en sus proyectos de investigación.

### **3.2. Variables y Operacionalización**

**Variable Independiente:** Geosintéticos

**Definición conceptual:** Los geosintéticos se usan dentro de las mezclas asfálticas, cuyo objetivo es mitigar la aparición de grietas por reflexión, por fatiga y deformaciones plásticas, en la pavimentación de vías donde el flujo vehicular puede ser alto o bajo, en las pistas de aterrizaje en los aeropuertos y en estacionamientos.

**Definición operacional:** Para la presente investigación se incorporará en el diseño de mezcla asfáltica convencional diferentes tipos de geosintéticos, con el fin de mejorar su capacidad frente a la aplicación de cargas dinámicas simulando el tránsito vehicular.

**Variable Dependiente:** Pavimento flexible

**Definición conceptual:** El pavimento flexible se caracteriza por tener una estructura multicapas, considerando siempre que los estratos de mejor calidad se encuentren más próximos a la superficie de rodadura; debido a que las tensiones son mayores. La superficie que hace contacto con las ruedas de los vehículos está hecha de mezcla asfáltica. La función del pavimento flexible es la de distribuir los esfuerzos de forma moderada hacia el suelo de fundación. La estructura del

---

<sup>16</sup> (SAMPIERI, 2014 pág. 4)

pavimento flexible está conformada por tres capas; la primera capa es la superficie de rodadura, debajo de ella se encuentra la base y finalmente la tercera capa llamada subbase.

**Definición operacional:** Para esta investigación se realizarán dos tipos de ensayos; se hará un ensayo a compresión y un ensayo de fatiga por reflexión. Mediante estos ensayos se podrá obtener información, por ejemplo: número de frecuencia, deformaciones, número de ciclos repetidos de las cargas aplicadas en las muestras comparadas.

### **3.3. Población, Muestra y Muestreo**

#### **Población**

Se define como población al grupo conformado por sucesos o acontecimientos que comparten las mismas características.<sup>17</sup>

La población estará compuesta por todos los ensayos realizados en el pavimento flexible de la Av. Central en el distrito de Los Olivos.

#### **Muestra**

Se considera como un subgrupo de la población, en otras palabras; puede definirse como un subconjunto de elementos que comparten las mismas propiedades que inicialmente definía a la población.<sup>18</sup>

Primero, según la norma AASHTO T-321 nos habla acerca del ensayo de carga cíclica para mezclas asfálticas. Para este ensayo se elaborarán un total de 6 vigas de mezcla asfáltica, el cual se detalla en el **Anexo 4**, para garantizar la confiabilidad de los resultados a la hora de manipular las muestras, por esa razón se realizará la comparación entre las vigas hechas de mezcla asfáltica convencional (muestra patrón), con 3 vigas elaboradas con mezcla asfáltica convencional reforzadas con una geogrilla de fibra de vidrio. Además, se hará el ensayo de fatiga por reflexión (TEX-248-F), para este ensayo se elaborarán un total de 9 briquetas cilíndricas, donde tres de ellas serán elaboradas con mezcla asfáltica convencional (muestra patrón) para luego ser comparadas con 3 briquetas reforzadas con geotextil NT 1800 y 3 briquetas reforzadas con geotextil NT REPAV 450.

---

<sup>17</sup> (SAMPIERI, 2014 pág. 174)

<sup>18</sup> (SAMPIERI, 2014 pág. 175)

## **Muestreo**

También conocido como **muestra dirigida**. Se define como un subgrupo de la población, donde cada uno de los elementos no fueron seleccionados a partir de procesos probabilísticos, por lo que depende únicamente del tipo de investigación que se esté realizando.<sup>19</sup>

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

**Técnica:** En la presente investigación se hará uso de la técnica retrospectiva; por medio de este estudio que compara a dos grupos de investigación: aquellos que fueron realizados con una causa y un efecto; y otro grupo, en muy similar condición, pero que no pueden ser realizados, pero si comparados por tener un similar antecedente o igual condición experimental.

**Instrumento de recolección de datos:** Técnica empujada por el investigador con la finalidad de recopilar información o resultados referentes a las variables que se consideran en la investigación.<sup>20</sup>

Para la recolección de datos en esta investigación, se hará uso del análisis documental, mediante el acceso a la información de los ensayos realizados de las tesis presentadas, las cuales se encuentran en los repositorios de las universidades que cuentan con la Facultad de Ingeniería Civil a nivel nacional e internacional, así mismo, se obtendrá la teoría de los artículos científicos, los cuales se encuentran en las páginas de las revistas on-line.

## **Validez**

Se define como el grado en el que un instrumento evalúa categóricamente la variable que inicialmente se decidió analizar.<sup>21</sup>

## **Confiabilidad**

Se define como el grado en el que un instrumento proporciona información fidedigna y congruente.<sup>22</sup>

---

<sup>19</sup> (SAMPIERI, 2014 pág. 176)

<sup>20</sup> (SAMPIERI, 2014 pág. 199)

<sup>21</sup> (SAMPIERI, 2014 pág. 200)

<sup>22</sup> (SAMPIERI, 2014 pág. 200)

### **3.5. Procedimiento**

Se realizó la búsqueda de las tesis referentes para el desarrollo de la investigación, por medio de la técnica del análisis documental, en base a las similitudes (tipo de pavimento, tipo de aditivo, tipos de ensayos, similar altitud y similar lugar) para posteriormente a ello, obtener sus datos mediante la Interpolación Lineal respetando los aportes, para luego; realizar nuestros propios análisis de resultados, los mismos que serán presentado en tablas y gráficos.

### **3.6. Método de Análisis de Datos**

Para la selección de datos se ejecutará mediante la comparación a dos grupos de investigación: un primer grupo que fueron realizados con una causa y efecto, contra otro grupo, en muy similar condición, pero que no podrán ser realizados, pero si comparados (análisis documental); permitiendo tomar apuntes de sus resultados del primero en forma de datos interpolados, y asemejarlos a una posible solución, pues tienen un similar antecedente e igual condición experimental.

### **3.7. Aspectos Éticos**

Como estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo y futuro ingeniero, seré parte del desarrollo de mi país; es por esa razón mi compromiso y transparencia en la elaboración de mi proyecto de investigación, el cual se realizó de manera honesta, leal y responsable, además de cumplir con todos los requisitos y normas establecidas por la universidad.

#### IV. RESULTADOS

##### Descripción de la zona de estudio

**Nombre de la tesis:** “Aplicación del geotextil NT NW019M para evitar la aparición de fallas estructurales en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019”.

##### Acceso a la Zona de trabajo:

El ingreso a la zona del proyecto es por la Panamericana Norte, ubicado en el distrito de Los Olivos, provincia de Lima, departamento de Lima. La avenida se intercepta con la Av. Próceres de Huandoy y la Av. Canta Callao.

##### Ubicación Política:



Figura 1. Mapa Político del Perú  
Fuente: Google Maps



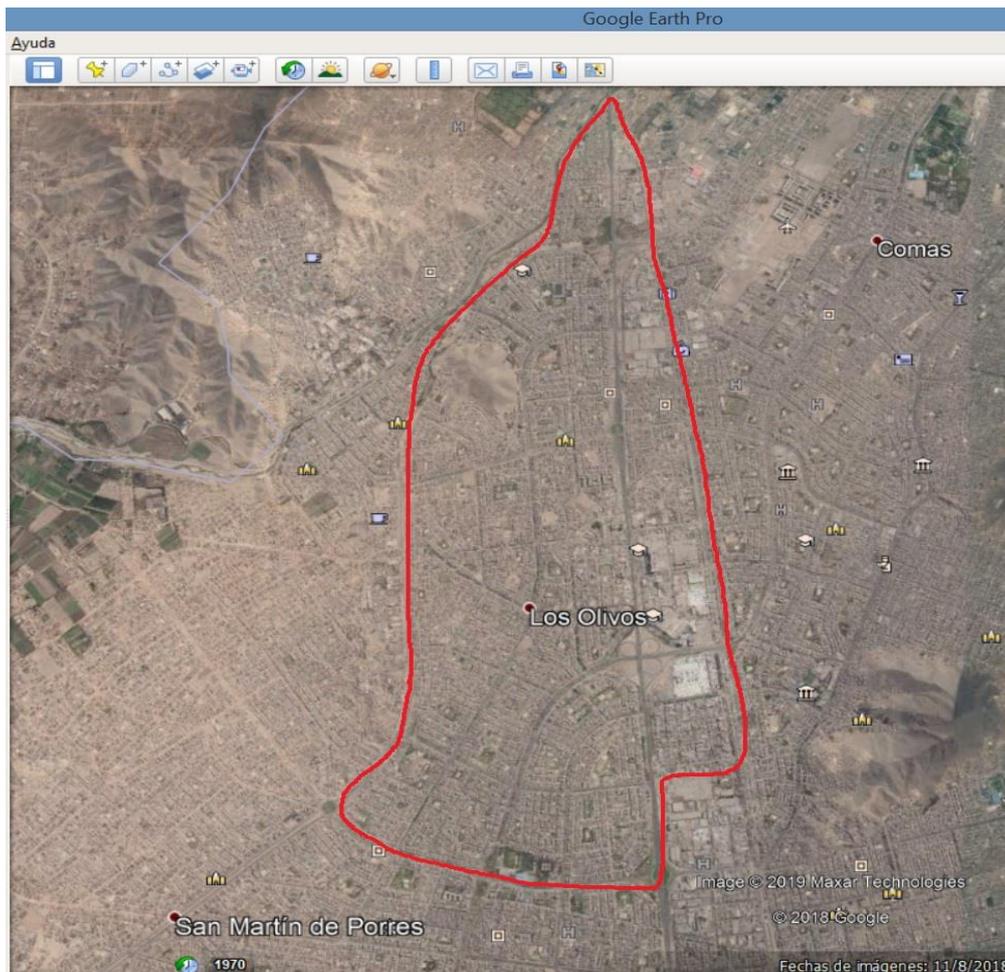


Figura 3. Distrito de Los Olivos  
Fuente: Google Earth

Lima como provincia está conformado por 43 distritos, siendo uno de ellos el distrito de Los Olivos. El distrito de Los Olivos limita por el suroeste con el distrito de San Martín de Porres, por el Norte con el distrito de Puente Piedra, y al este con el distrito de Comas.

### **Clima:**

Los Olivos tiene una temperatura máxima promedio de 23°C a partir del mes de enero y de 19°C a partir del mes de junio.

### **Trabajo de obtención de datos**

El 11 de marzo de 2020, la **Organización Mundial de la Salud** calificó el brote del coronavirus (COVID-19) como una pandemia, debido a que el virus se había extendido en más de cien países alrededor del mundo y de forma simultánea. En ese sentido, el presidente de la República del Perú el día 16 de marzo de 2020 hizo de conocimiento público el **Decreto Supremo N°008-2020-SA**, declarando así en

Estado de Emergencia Sanitaria en todo el territorio peruano durante noventa (90) días calendario, además de dictar medidas de prevención y control del COVID-19. Asimismo, en el **Artículo 2** del Decreto Supremo hace mención de las Medidas de Prevención y control para evitar la propagación del COVID-19, es por esa razón que el Ministerio de Educación, en su calidad de ente rector, dictó las medidas que incumbe para que las entidades públicas y privadas responsables de ofrecer el servicio educativo, en todos sus niveles, posterguen o suspendan sus actividades, las cuales fueron de carácter obligatorio. Además, se procedió al cierre de fronteras, cancelando todos los vuelos nacionales e internacional, así como; los viajes terrestres a nivel nacional.<sup>23</sup>

De acuerdo a lo citado en el párrafo previo se decide realizar la recolección de toda la información necesaria para elaborar el Desarrollo del Proyecto de Investigación, haciendo uso de la **Técnica de Análisis Documental**. Esta técnica consiste en la recolección de datos obtenidos por tesisistas o ingenieros actualmente, quienes realizaron diversos métodos o ensayos en laboratorios, con el fin de desarrollar sus respectivos proyectos de investigación, los cuales se encuentran en los repositorios de las universidades a nivel nacional e internacional que cuentan con la Facultad de Ingeniería Civil, además, toda la información teórica fue recopilada de artículos científicos, libros y revistas virtuales.

**Tema modificado:**

Por motivos de la Emergencia Sanitaria promulgada en nuestro país, los laboratorios no disponen del personal técnico para la ejecución de los ensayos, asimismo, el material que es necesario para realizar los ensayos no está disponible, debido a que este sería importado. En ese sentido y para el **Desarrollo del Proyecto de Investigación**, se hará uso de otro material de similares características y naturaleza, con el fin de obtener resultados que puedan responder a los objetivos planteados en esta investigación. Inicialmente se planteó hacer uso de un geotextil en particular, sin embargo; se usó un geotextil NT 1800, un geotextil NT REPAV 450 y una geogrilla de fibra de vidrio, todos estos materiales forman parte de la familia de los geosintéticos.

---

<sup>23</sup> (EL PERUANO,2020)

## **Trabajo de laboratorio**

A continuación, se mostrarán algunas gráficas, tablas y figuras con la información compilada de los ensayos realizados por diferentes autores, quienes realizaron el ensayo por carga cíclica y ensayo de fatiga por reflexión. El procedimiento para la obtención de resultados propios fue el siguiente: primero se hizo uso de la técnica del Análisis Documental y finalmente se realizó la interpolación lineal a partir de los datos obtenidos de las tesis.

## **Resultados de laboratorio encontrados de las tesis analizadas**

**Tesis 1:** “La Geogrilla de Fibra de Vidrio, en el Marco de la Mecánica de Materiales como alternativa para la reparación de Pavimentos” – Tesis realizada por Mijaíl Alexis Ramírez Gutiérrez de la Universidad Ricardo Palma.

### **Ensayo de Carga Cíclica – Agrietamiento de la carpeta asfáltica**

#### **Descripción de la viga reforzada con geogrilla de fibra de vidrio:**

- La viga tendrá las siguientes dimensiones: 15 cm de alto, 15 cm de profundidad y 55 cm de ancho. Cabe mencionar que, para inducir la falla en la primera capa, se introdujo en la parte central un trozo de madera, con el fin de simular el agrietamiento en las vigas a ensayar.
- El refuerzo (geogrilla de fibra de vidrio) será colocado a 9 cm de la superficie de la nueva capa repavimentada.
- En total se hicieron 3 vigas reforzadas con geogrilla de fibra de vidrio, y al final se considerará solo el valor del promedio de los resultados obtenidos al ensayarlas. De la misma manera se considerará para la muestra patrón y para la muestra reforzada con arena y asfalto.

#### **Procedimiento de obtención de datos de la tesis:**

El tesista evaluó en total 4 diseños de vigas; dos vigas fueron diseñadas sin ningún tipo de reforzamiento (viga patrón), una viga fue diseñada y reforzada con mezcla de arena – asfalto y finalmente una viga fue diseñada y reforzada con geogrilla de fibra de vidrio, sin embargo; para poder realizar el desarrollo de la investigación, solo se tomaron los resultados obtenidos de los ensayos de la Viga A-1 y de la Viga C-1. Además, se realizaron interpolaciones lineales para la obtención de los resultados propios para la investigación.

**Tabla 1. Clasificación de las vigas**

<b>Viga</b>	<b>Tipo de refuerzo</b>
A-1, A2	Sin refuerzo
B-1	Mezcla Arena – Asfalto
C-1	Geogrilla de fibra de vidrio

Fuente: Ramírez Gutiérrez, Mijaíl Alexis. 2013

### **Interpolación Lineal**

Se le llama interpolación a la obtención de nuevos puntos basados en el conocimiento de un conjunto de puntos. Es el subconjunto matemático del análisis numérico. Además, la interpolación es una técnica útil para aproximar funciones, para estimar valores intermedios de las mismas en una serie de datos.

$$y_x = y_o + \frac{x - x_o}{x_1 - x_o} (y_1 - y_o)$$

### **Ensayo de carga cíclica para la viga A-1 (Viga Patrón)**

En primer lugar, se ensayó a la viga A-1, con la finalidad de realizar la comparación con la viga reforzada con geogrilla de fibra de vidrio y así poder ver su influencia.

### **La viga A-1 (15cmx15cmx55cm) fue ensayada en tres días:**

- Durante el día 1 se aplicaron 70 ciclos de carga y descarga a una frecuencia de 0.20 Hz, con una carga máxima de 400 Kg.
- Durante el día 2 se aplicaron 200 ciclos de carga y descarga a una frecuencia de 0.17 Hz, con una carga máxima de 400 Kg.
- Durante el día 3 se aplicaron 200 ciclos de carga y descarga a una frecuencia de 0.24 Hz, con una carga máxima de 600 kg.

**Tabla 2. Datos del ensayo a la viga A-1**

<b>Día</b>	<b># Ciclos en Total</b>	<b>Carga Máxima (kg)</b>	<b>Frecuencia (Hz)</b>
1	70	400	0.20
2	200	400	0.17
3	200	600	0.24

Fuente: Ramírez Gutiérrez, Mijaíl Alexis. 2013

**Tabla 3. Resultados del ensayo viga A-1**

Día	# de Ciclos en total	Aparición de grietas	
		# Ciclos	Longitud (cm)
1	70	35	Fisuras incipientes
		70	Fisuras incipientes
2	200	135	2
		170	7
3	200	28	3
		190	5

Fuente: Ramírez Gutiérrez, Mijaíl Alexis. 2013

A partir de los resultados obtenidos por el tesista, se realizó la interpolación lineal para la obtención de resultados propios. Para la presente investigación se consideró a la viga A como la viga patrón y la viga C como la viga reforzada con geogrilla de fibra de vidrio, las cuales fueron evaluadas durante tres días de ensayos. Para la viga A, sus valores fueron los siguientes:

**Primer día:** X= 40 ciclos

En el primer día de ensayo se pudo visualizar la aparición de pequeñas fisuras aisladas, con aberturas <1 mm. Por lo tanto, de acuerdo al Manual de conservación del MTC son consideradas fallas con grado de severidad bajo.

**Segundo día:** X= 145 ciclos y para X= 160 ciclos.

- Para X<sub>o</sub>= 145 ciclos → Y<sub>o</sub>=?

X <sub>o</sub> = 145 ciclos	
135	2
145	Y <sub>o</sub>
170	7

$$Y_o = 2 + \frac{145 - 135}{170 - 135} \times (7 - 2)$$

$$Y_o = 3.43 \text{ cm}$$

- Para X<sub>o</sub>= 160 ciclos → Y<sub>o</sub>=?

X <sub>o</sub> = 160 ciclos	
135	2
160	Y <sub>o</sub>
170	7

$$Y_o = 2 + \frac{160 - 135}{170 - 135} \times (7 - 2)$$

$$Y_o = 5.57 \text{ cm}$$

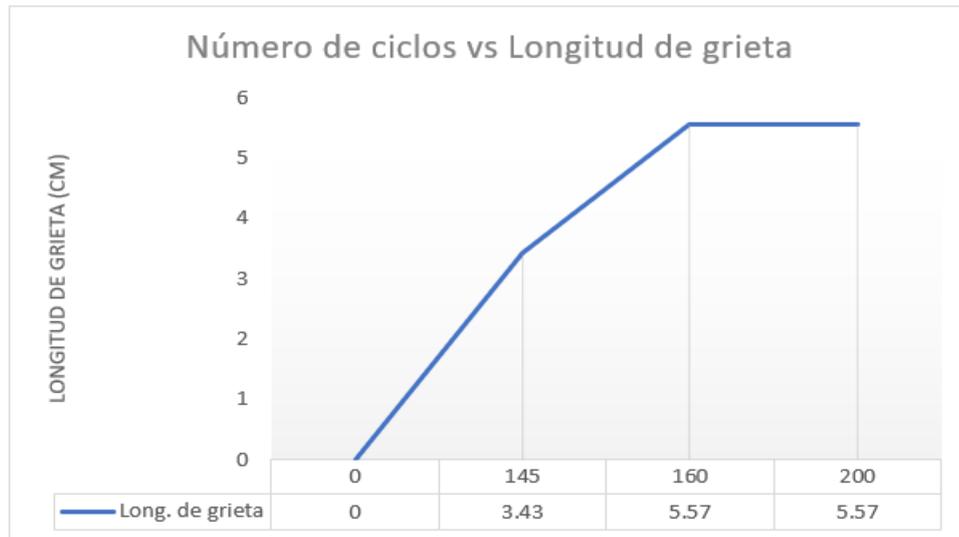


Figura 4. Gráfica de la viga A – Día 2  
Fuente: Elaboración propia

**Tercer día:** X= 40 ciclos y para X= 180 ciclos.

- Para X<sub>o</sub>= 40 ciclos → Y<sub>o</sub>=?

X <sub>o</sub> = 40 ciclos	
28	3
40	Y <sub>o</sub>
190	5

$$Y_o = 3 + \frac{40 - 28}{190 - 40} \times (5 - 3)$$

$$Y_o = 3.16 \text{ cm}$$

- Para X<sub>o</sub>= 180 ciclos → Y<sub>o</sub>=?

X <sub>o</sub> = 180 ciclos	
28	3
180	Y <sub>o</sub>
190	5

$$Y_o = 3 + \frac{180 - 28}{190 - 28} \times (5 - 3)$$

$$Y_o = 4.88 \text{ cm}$$

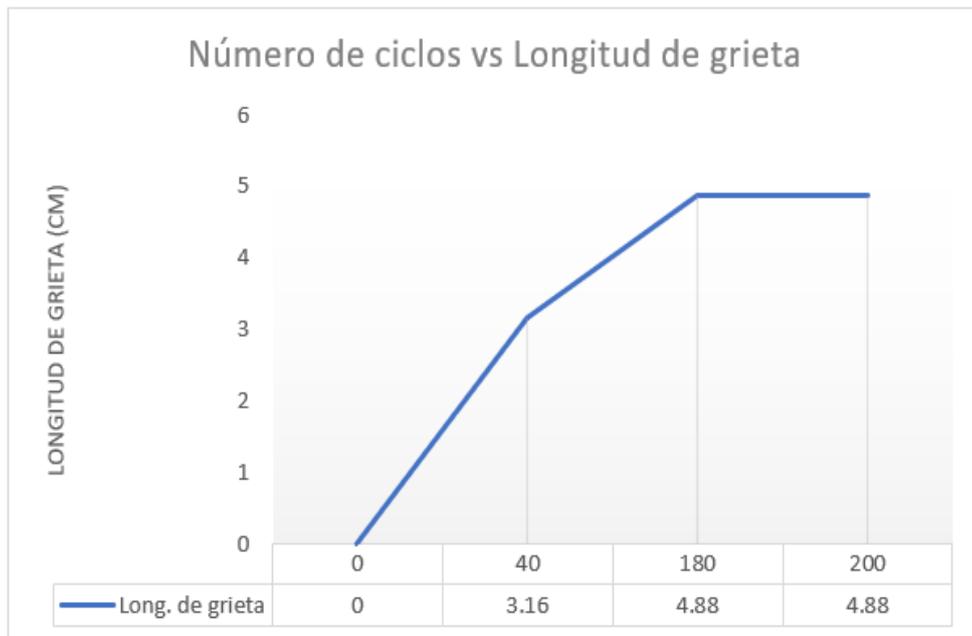


Figura 5. Gráfica de la viga A – Día 3  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Resultados del ensayo viga A

Día	# de Ciclos en total	Aparición de grietas	
		# Ciclos	Longitud
1	70	40	Fisuras incipientes
		70	Fisuras incipientes
2	200	145	3.43
		160	5.57
3	200	40	3.16
		180	4.88

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Para la viga sin refuerzo (patrón) se pudo observar que durante las primeras 70 aplicaciones de cargas en el primer día de ensayo a la viga A, esta no presentó ningún tipo de agrietamiento, solo la presencia de pequeñas fisuras aisladas. De la figura 4. representa el segundo día de ensayo de aplicación de la carga cíclica, donde empezaron a presentarse grietas en la capa nueva, llegando a tener una longitud máxima de 5.57 cm en la aplicación de la carga número 160. Finalmente, de la figura 5. representa el tercer día de ensayo de aplicación de la carga cíclica se siguieron presentando grietas, llegando a tener una longitud máxima de 4.88 cm en la aplicación de la carga número 180.

### Ensayo de carga cíclica para la viga C-1

El ensayo se realizó a la viga (15cmx15cmx55cm) reforzada con geogrilla de fibra de vidrio durante tres días y en total se aplicaron 300 ciclos de carga y descarga.

#### La viga C-1 (15cmx15cmx55cm) fue ensayada en tres días:

- Durante el día 1 se aplicaron 100 ciclos de carga y descarga a una frecuencia de 0.09 Hz, con una carga máxima de 1400 kg.
- Durante el día 2 se aplicaron 100 ciclos de carga y descarga a una frecuencia de 0.10 Hz, con una carga máxima de 1400 kg.
- Durante el día 3 se aplicaron 100 ciclos de carga y descarga a una frecuencia de 0.17 Hz, con una carga máxima de 800 kg.

**Tabla 5.** Datos del ensayo viga C-1

Día	# Ciclos en Total	Carga Máxima (kg)	Frecuencia (Hz)
1	100	1400	0.09
2	100	1400	0.10
3	100	800	0.17

Fuente: Ramírez Gutiérrez, Mijaíl Alexis. 2013

**Tabla 6.** Resultados del ensayo viga C-1

Día	# de Ciclos en total	Aparición de grietas	
		# Ciclos	Longitud (cm)
1	100	0	0
		100	0
2	100	0	0
		90	2.2
3	100	0	0
		100	0

Fuente: Ramírez Gutiérrez, Mijaíl Alexis. 2013

A partir de los resultados obtenidos por el tesista, se realizó la interpolación lineal para la obtención de resultados propios, evaluando en diferentes momentos donde se produjeron las fallas en la nueva capa de asfalto. Los valores fueron los siguientes:

#### Primer día:

En el primer día de ensayo se pudo visualizar la aparición de pequeñas fisuras aisladas, con aberturas <1 mm. Por lo tanto, de acuerdo al Manual de conservación del MTC son consideradas fallas con grado de severidad bajo.

**Segundo día:** X= 40 ciclos y para X= 80 ciclos.

- Para X<sub>o</sub>= 40 ciclos → Y<sub>o</sub>=?

X <sub>o</sub> = 40 ciclos	
0	0
40	Y <sub>o</sub>
90	2.2

$$Y_o = 0 + \frac{40 - 0}{90 - 0} \times (2.2 - 0)$$

$$Y_o = 0.98 \text{ cm}$$

- Para X<sub>o</sub>= 80 ciclos → Y<sub>o</sub>=?

X <sub>o</sub> = 80 ciclos	
0	0
80	Y <sub>o</sub>
90	2.2

$$Y_o = 0 + \frac{80 - 0}{90 - 0} \times (2.2 - 0)$$

$$Y_o = 1.96 \text{ cm}$$

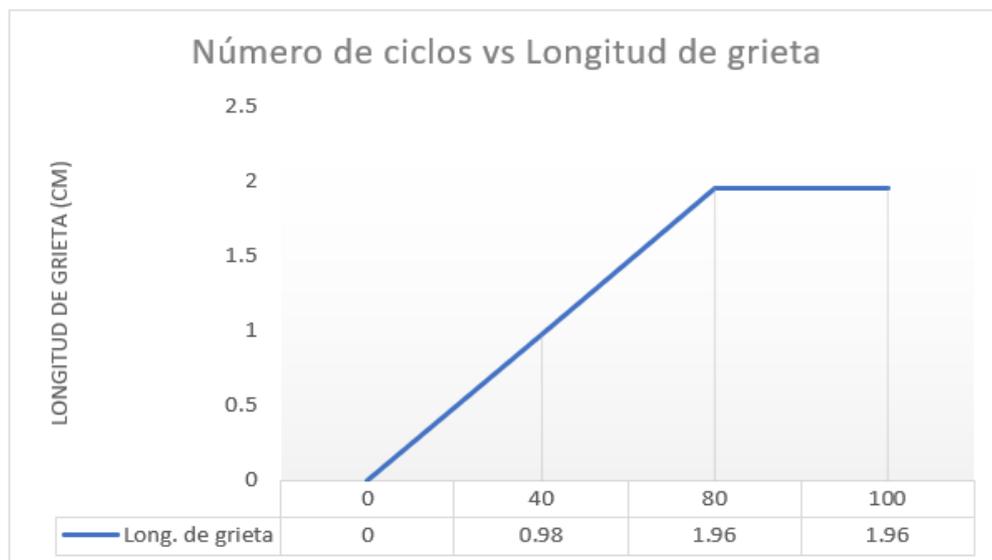


Figura 6. Gráfica de la viga C – Día 2  
Fuente: Elaboración propia

### **Tercer día:**

En el tercer día de ensayo a la viga reforzada con geogrilla de fibra de vidrio, se pudo observar la aparición de nuevas grietas en la capa repavimentada; sin embargo, éstas grietas tenían longitudes menores o iguales 1.96 cm.

**Tabla 7. Resultados del ensayo viga C**

Día	# de Ciclos en total	Aparición de grietas	
		# Ciclos	Longitud
1	100	0	0
		100	0
2	100	40	0.98
		80	1.96
3	100	0	0
		100	0

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Para el caso de la Viga C la cual fue reforzada con geogrilla de fibra de vidrio, se observó que en el primer día de aplicación de la carga cíclica esta no presentó ningún tipo de agrietamiento, solo la presencia de pequeñas fisuras aisladas. De la *figura 6*. representa el segundo día de ensayo de aplicación de la carga, donde se observó la presencia de grietas, las cuales alcanzaron una longitud máxima de 1.96 cm en la aplicación de la carga número 80. Finalmente, en el tercer día de ensayo ya no aparecieron ningún tipo de grietas en la viga reforzada, solamente se observó la presencia de fisuras aisladas con aberturas < 1 mm.

Por lo tanto, al hacer una comparación entre la viga A y la viga C, se obtuvo como resultado que el reflejo de grietas en la capa repavimentada la cual fue reforzada con la geogrilla de fibra de vidrio fue mucho menor a la muestra patrón. El tamaño de las grietas en la viga reforzada se redujo hasta en un 65%.

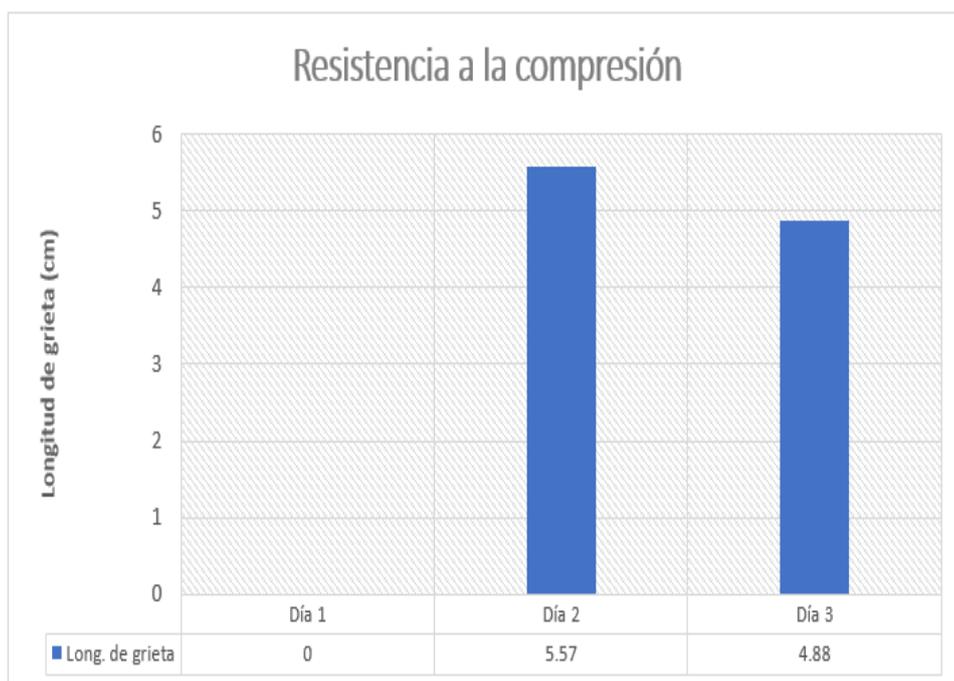
### **Ensayo de Carga Cíclica – Resistencia a la Compresión**

Asimismo, a través del ensayo de carga cíclica realizado para la viga A (sin reforzar) y para la viga C (reforzada con geogrilla de fibra de vidrio), se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 8.** Datos del ensayo Viga A - Compresión

Día	Carga Máxima (kg)	Long. más de grieta (cm)
1	400	0
2	400	5.57
3	600	4.88

Fuente: Elaboración propia



*Figura 7.* Gráfica de la viga A – cargas 400 kg – 400 kg – 600 kg

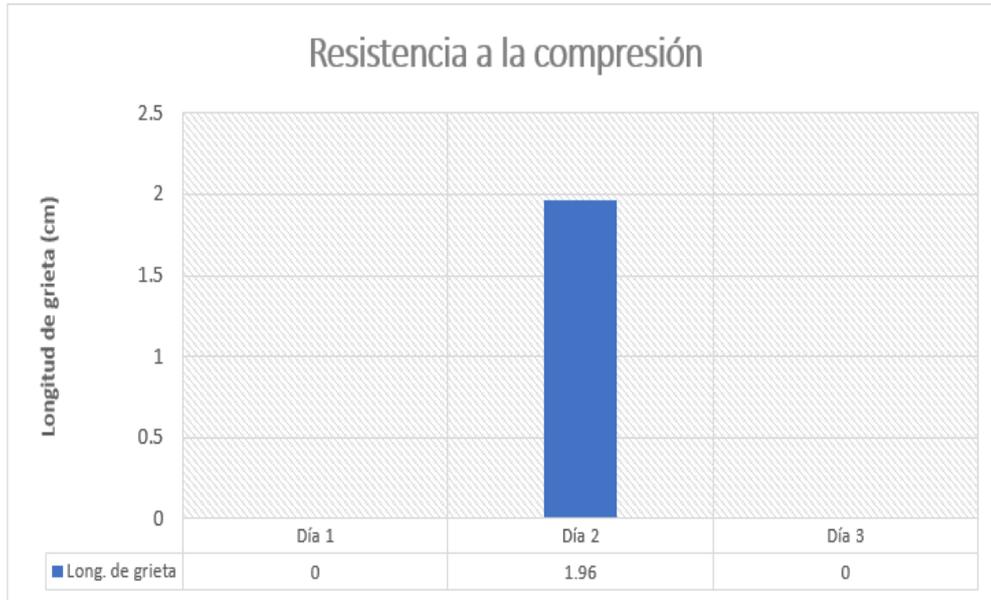
Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** De la *figura 7*, se puede observar el primer, segundo y tercer día que se hicieron los ensayos, por ejemplo; para el primer día de ensayo luego de aplicar cargas cíclicas con un valor máximo de 400 kg, la viga A no presentó ningún tipo de grieta; sin embargo, hubo la presencia de pequeñas fisuras aisladas, las cuales presentaban aberturas menores a 1 mm. Asimismo, se puede observar que en el segundo día de ensayo a la viga A se le volvió a aplicar cargas repetidas con un valor máximo de 400 kg, en este caso si se presentaron grietas las cuales llegaron a tener una longitud máxima de 5.57 cm en la capa nueva repavimentada. Finalmente, en el tercer día de ensayo a la viga A hubo una variación en la carga, en esta tercera etapa del ensayo se le aplicaron cargas repetidas con un valor máximo de 600 kg, ocasionándole grietas de diferentes dimensiones, llegando a tener un valor máximo de 4.88 kg.

**Tabla 9. Datos del ensayo Viga C - Compresión**

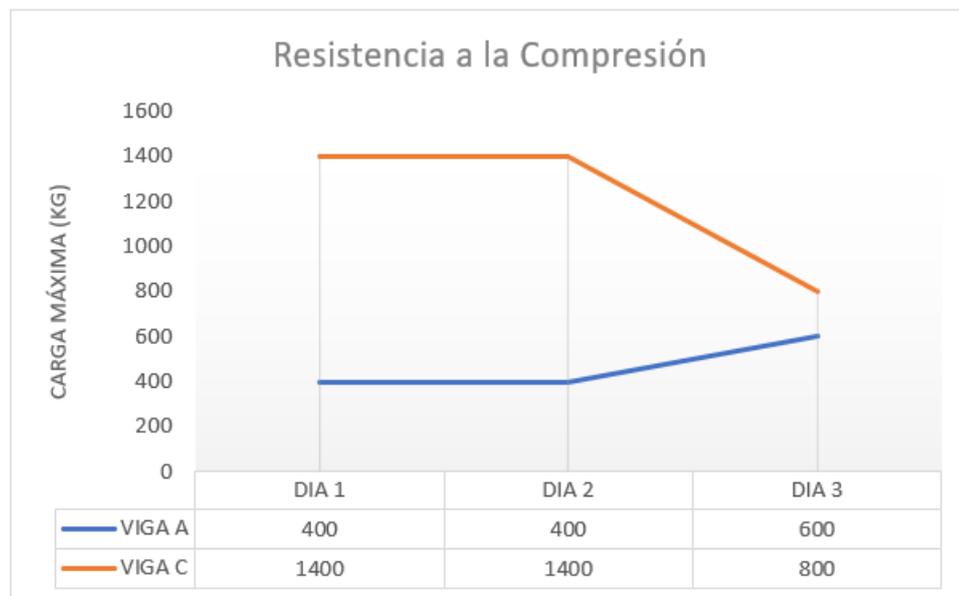
Día	Carga Máxima (kg)	Long. más de grieta (cm)
1	1400	0
2	1400	1.96
3	800	0

Fuente: Elaboración propia



**Figura 8.** Gráfica de la viga C - cargas 1400 kg – 1400 kg – 800 kg.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 9.** Gráfica de la viga A vs viga C

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** De la *figura 8*. se puede observar el primer, segundo y tercer día que se hicieron los ensayos, por ejemplo; para el primer día de ensayo luego de

aplicar cargas cíclicas con un valor máximo de 1400 kg, la viga C no presento ningún tipo de grieta; sin embargo, hubo la presencia de pequeñas fisuras aisladas, las cuales presentaban aberturas menores a 1 mm. En el segundo día de ensayo a la viga C se le volvió a aplicar cargas repetidas con un valor máximo de 1400 kg, en este caso si se presentaron grietas las cuales llegaron a tener una longitud máxima de 1.96 cm en la capa nueva repavimentada. Finalmente, en el tercer día de ensayo a la viga C hubo una variación en la carga, en esta tercera etapa del ensayo se le aplicó cargas repetidas con un valor máximo de 800 kg, lo cual no fue incidente en la aparición de nuevas grietas en la viga ensayada.

Luego de realizar una comparación entre la viga A y la viga C, se pudo observar que la viga reforzada con geogrilla de fibra de vidrio mejoró su resistencia a compresión en un 257%; ya que, al aplicarle una carga de 1400 kg en el primer y segundo día, y en el tercer día una carga de 800 kg, se obtuvo grietas con un tamaño máximo de 1.96 cm en comparación con los 5.57 cm obtenido en la muestra patrón luego de aplicarle una carga de 400 kg en el primer y segundo día, y en el tercer día una carga de 600 kg.

**Tesis 2:** “Rehabilitación de Pavimentos fisurados por Reflexión implementando Sistemas de Membrana Antifisura S.A.M.I” – Tesis realizada por Ana María Forero Rondón de la Pontificia Universidad Javeriana.

### **Ensayo de fatiga por Reflexión – Resistencia a la Tracción**

#### **Procedimiento de obtención de datos de la tesis:**

El tesista evaluó en total 5 tipos de probetas, donde cuatro de ellas fueron reforzados con diferentes tipos de geosintéticos y uno de ellos sin refuerzo (probeta patrón).

**Tabla 10.** Clasificación de probetas sin refuerzo y con refuerzo

<b>Probeta</b>	<b>Capa inferior</b>	<b>Tipo de Refuerzo</b>	<b>Capa superior</b>
B1	Capa fisurada	Sin refuerzo	Capa nueva
B2	Capa fisurada	Asfalto Modificado con caucho	Capa nueva
B3	Capa fisurada	Geomalla de fibra de vidrio	Capa nueva

B4	Capa fisurada	Geotextil NT 1800	Capa nueva
B5	Capa fisurada	Geotextil NT REPAV 450	Capa nueva

Fuente: Ana María Forero Rondón. 2012

Para la investigación se tomó solo los datos y resultados obtenidos de los ensayos realizados a las siguientes muestras: probetas sin refuerzo (patrón), probetas reforzadas con geotextil NT 1800 y probetas reforzadas con Geotextil NT REPAV 450. Además, se realizó una interpolación lineal, para la obtención de valores propios para la investigación desarrollada.

### Resultados del ensayo de fatiga por reflexión:

**Tabla 11.** Número de ciclos para que falle la mezcla asfáltica

Desplazamiento (mm)	Número de ciclos hasta llegar a la falla		
	B1	B4	B5
0.43	325	466	473
0.86	45	51	65
1.30	29	33	38

Fuente: Ana María Forero Rondón. 2012

A partir de los resultados obtenidos por la tesista, se realizó la interpolación lineal para la obtención de resultados propios, evaluando bajo tres parámetros en donde se produjo la falla para cada una de las probetas mencionadas en la tabla. Para la investigación se considerarán las briquetas A1, A2 y A3; respectivamente considerando la **Tabla 11**.

### Ensayo de fatiga por reflexión para la probeta A1 (Sin refuerzo)

- Para  $X_o = 0.45 \text{ mm} \rightarrow Y_o = ?$

$X_o = 0.45 \text{ mm}$	
0.43	325
0.45	$Y_o$
0.86	45

$$Y_o = 325 + \frac{0.45 - 0.43}{0.86 - 0.43} \times (45 - 325)$$

$$Y_o = 312 \text{ ciclos}$$

- Para  $X_o = 0.84 \text{ mm} \rightarrow Y_o = ?$

Xo= 0.84 mm	
0.43	325
0.84	Yo
0.86	45

$$Y_o = 325 + \frac{0.84 - 0.43}{0.86 - 0.43} \times (45 - 325)$$

$$Y_o = 58 \text{ ciclos}$$

- Para Xo= 1.28 mm → Yo=?

Xo= 1.28 mm	
0.86	45
1.28	Yo
1.30	29

$$Y_o = 45 + \frac{1.28 - 0.86}{1.30 - 0.86} \times (29 - 45)$$

$$Y_o = 30 \text{ ciclos}$$

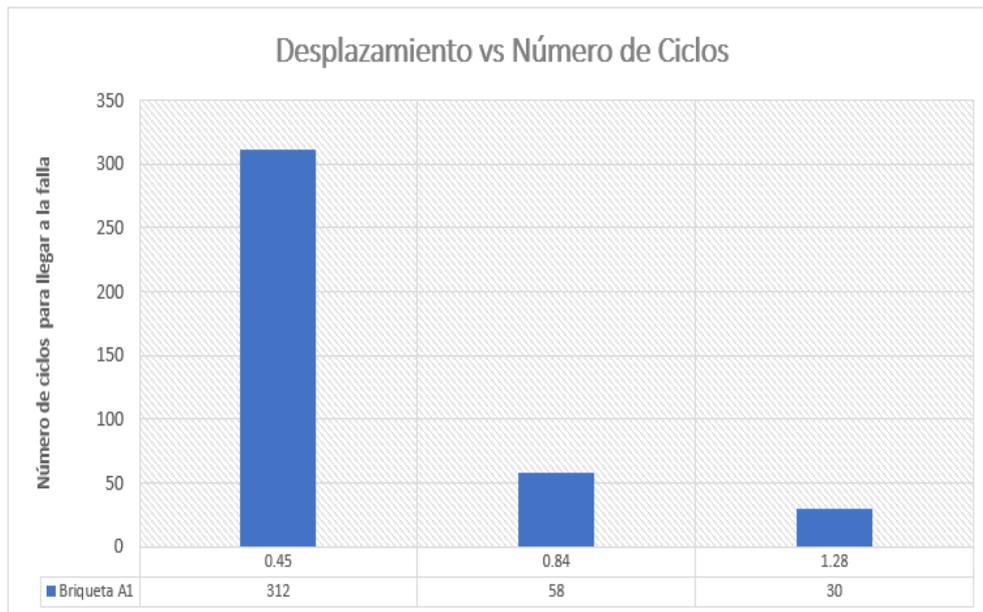


Figura 10. Gráfica briqueta A1  
Fuente: Elaboración propia

### Ensayo de fatiga por reflexión para la probeta A2 (Con refuerzo – Geotextil NT 1800)

- Para Xo= 0.45 mm → Yo=?

Xo= 0.45 mm	
0.43	466
0.45	Yo
0.86	51

$$Y_o = 466 + \frac{0.45 - 0.43}{0.86 - 0.43} \times (51 - 466)$$

$$Y_o = 447 \text{ ciclos}$$

- Para  $X_o = 0.84 \text{ mm} \rightarrow Y_o = ?$

<b><math>X_o = 0.84 \text{ mm}</math></b>	
0.43	466
<b>0.84</b>	<b><math>Y_o</math></b>
0.86	51

$$Y_o = 466 + \frac{0.84 - 0.43}{0.86 - 0.43} \times (51 - 466)$$

$$Y_o = 71 \text{ ciclos}$$

- Para  $X_o = 1.28 \text{ mm} \rightarrow Y_o = ?$

<b><math>X_o = 1.28 \text{ mm}</math></b>	
0.86	51
<b>1.28</b>	<b><math>Y_o</math></b>
1.30	33

$$Y_o = 51 + \frac{1.28 - 0.86}{1.30 - 0.86} \times (33 - 51)$$

$$Y_o = 34 \text{ ciclos}$$

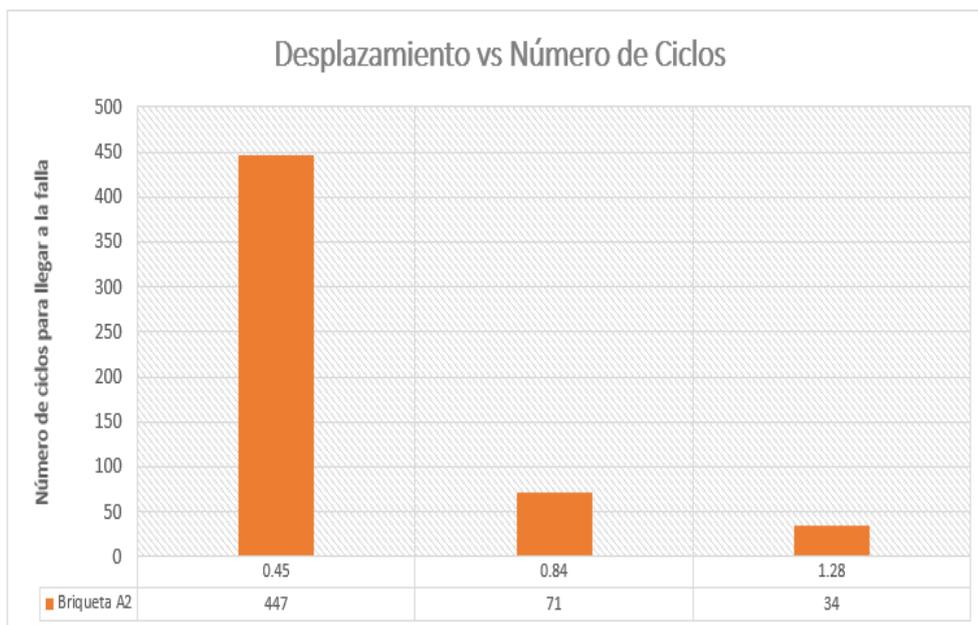


Figura 11. Gráfica briqueta A2  
Fuente: Elaboración propia

### Ensayo de fatiga por reflexión para la probeta A3 (Con refuerzo – Geotextil NT REPAV 450)

- Para  $X_o = 0.45 \text{ mm} \rightarrow Y_o = ?$

Xo= 0.45 mm	
0.43	473
0.45	Yo
0.86	65

$$Y_o = 473 + \frac{0.45 - 0.43}{0.86 - 0.43} \times (65 - 473)$$

$$Y_o = 454 \text{ ciclos}$$

- Para Xo= 0.84 mm → Yo=?

Xo= 0.84 mm	
0.43	473
0.84	Yo
0.86	65

$$Y_o = 473 + \frac{0.84 - 0.43}{0.86 - 0.43} \times (65 - 473)$$

$$Y_o = 84 \text{ ciclos}$$

- Para Xo= 1.28 mm → Yo=?

Xo= 1.28 mm	
0.86	65
1.28	Yo
1.30	38

$$Y_o = 65 + \frac{1.28 - 0.86}{1.30 - 0.86} \times (38 - 65)$$

$$Y_o = 39 \text{ ciclos}$$

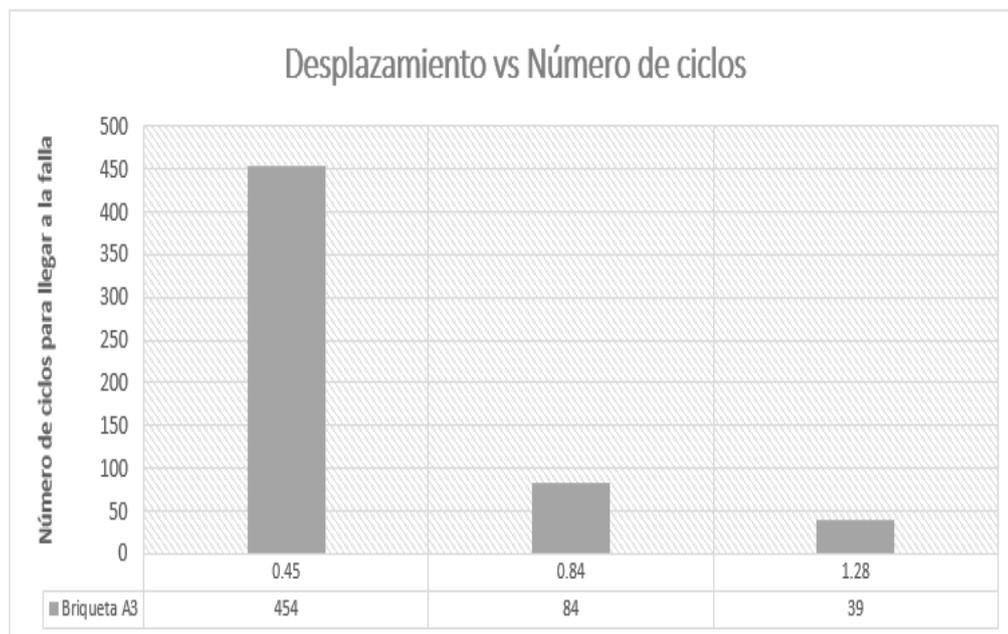
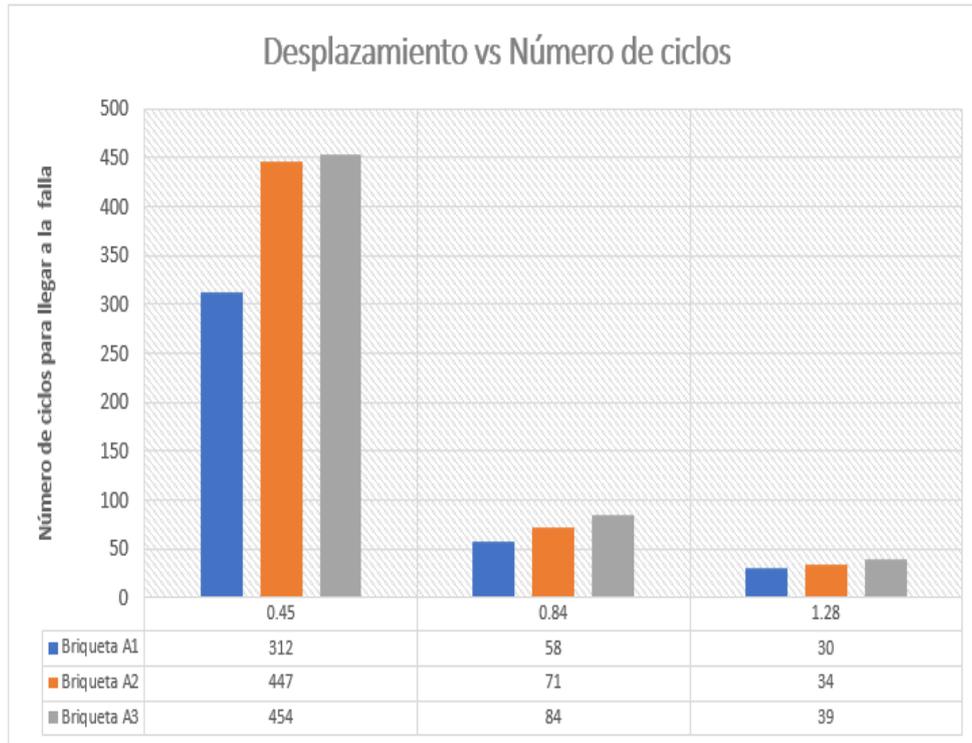


Figura 12. Gráfica briqueta A3  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12. Resultados del ensayo de fatiga por reflexión**

Desplazamiento (mm)	Número de ciclos hasta llegar a la falla		
	A1	A2	A3
0.45	312	447	454
0.84	58	71	84
1.28	30	34	39

Fuente: Elaboración propia



**Figura 13.** Gráfica comparativa briqueta A1 vs A2 vs A3

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Luego de realizar los ensayos a las tres briquetas se pudo obtener los resultados mostrados en la *figura 13*. La barra de color azul representa el número de ciclos que fue necesario para que la briqueta A1 (sin refuerzo) falle por fatiga; para el primer caso fue necesario aplicar 312 cargas repetidas con un desplazamiento máximo de 0.45 mm, 58 cargas repetidas con un desplazamiento de 0.84 mm y 30 cargas repetidas para un desplazamiento de 1.28 mm. La barra de color naranja representa el número de ciclos que fue necesario para que la briqueta A2 (reforzada con geotextil NT 1800) falle por fatiga; para el segundo caso fue necesario aplicar 447 cargas repetidas para un desplazamiento máximo de 0.45 mm, 71 cargas repetidas para un desplazamiento de 0.84 m y 34 cargas repetidas para un desplazamiento de 1.28 mm. Esto quiere decir que la briqueta reforzada

con el geotextil NT 1800 mejoró su resistencia a la tracción en un 26% en promedio. Finalmente, el tercer caso representado por la barra de color gris hacer referencia a la briqueta A3 (reforzada con geotextil NT REPAV 450), para un desplazamiento máximo de 0.45 mm fue necesario aplicar 454 cargas repetidas para que la muestra falle por fatiga, 84 cargas repetidas para un desplazamiento de 0.84 mm y 39 cargas repetidas para un desplazamiento de 1.28 mm. Los resultados para el tercer caso son favorables, ya que mejoró su resistencia a la tracción en un 40% en promedio.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Influencia de la geogrilla de fibra de vidrio en la resistencia a la compresión.

**Resultado:** Al incorporar la geogrilla de fibra de vidrio dentro de la viga elaborada con mezcla asfáltica, este material ayudó a mejorar la resistencia a la compresión en un 257% más que la viga hecha sin ningún tipo de reforzamiento.

**Antecedente:** López (2018), en su tesis titulada “Evaluación estructural de pavimentos flexibles empleando geotextiles, Carretera Cajamarca – Chachapoyas, tramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas – 2018”, luego de incluir geotextiles en los diseños para un pavimento flexible de 23 in y otro de 15 in, obtuvo resultados favorables en el incremento de su resistencia a la compresión. Para el caso del pavimento de 23 in, su resistencia aumentó hasta en un 300% y para el caso del pavimento de 15 in, su resistencia aumentó hasta en un 200%.

**Hipótesis:** La aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio aumenta la resistencia a la compresión en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019. Luego de realizar la interpolación lineal a partir de los datos obtenidos por el tesista se pudo comparar dos tipos de vigas; una viga patrón elaborada con mezcla asfáltica convencional y sin ningún tipo de reforzamiento, con una viga hecha con mezcla asfáltica convencional, pero reforzada con geogrilla de fibra de vidrio. A través de la interpolación lineal se pudo verificar que su resistencia a la compresión mejoró luego de incorporar la geogrilla de fibra de vidrio dentro de la mezcla asfáltica.

**Pregunta:** ¿La aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio influye en la resistencia a la compresión del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019? Luego de realizar la interpolación lineal para la viga patrón y a la viga reforzada con geogrilla de fibra de vidrio durante un periodo de tres días consecutivos, se comprobó que la viga patrón pudo soportar cargas de hasta 400 kg en el primer y segundo día, y de 600 kg como máximo en el tercer día; sin embargo, la viga hecha de mezcla asfáltica convencional y reforzada con geogrilla de fibra de vidrio pudo soportar cargas de hasta 1400 kg en el primer y segundo día, y de 800 kg como máximo en el tercer día. Con estos resultados se demuestra que la geogrilla de fibra de vidrio contribuye en la mejora de la resistencia a la compresión de la mezcla asfáltica en el pavimento flexible.

## **5.2. Influencia de los geotextiles no tejidos en la resistencia a la tracción.**

**Resultado:** Luego de incorporar el geotextil NT 1800 en la mezcla asfáltica, se obtuvo como resultado una mejora en su resistencia a la tracción en un 26% en comparación con la muestra hecha con mezcla asfáltica convencional (sin ningún tipo de reforzamiento). Además, al incorporar el geotextil NT REPAV 450 en la mezcla asfáltica, este material ayudó a mejorar su resistencia a la tracción en un 40% en comparación con la muestra patrón.

**Antecedente:** Anyaipoma (2019), en su tesis titulada “Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo – Chanchamayo, 2019”, luego de incorporar la geomalla triaxial, obtuvo como resultado un mejoramiento en su resistencia en un 52.06% en comparación con el espécimen sin reforzar; además, al incorporar la geomalla biaxial, obtuvo como resultado un aumento en su resistencia en un 49.37% en comparación con el espécimen elaborado sin ningún tipo de reforzamiento.

**Hipótesis:** La aplicación de los geotextiles no tejidos aumenta la resistencia a la tracción en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019. Luego de realizar la interpolación lineal a partir de los datos obtenidos por el tesista se pudo realizar la comparación entre tres tipos de briquetas, donde uno de ellos fue considerado como la muestra patrón, la cual ayudó para realizar la comparación con otras dos briquetas, las cuales fueron reforzadas con geotextiles diferentes. A través de la interpolación lineal se pudo verificar que las muestras reforzadas con geotextiles aumentaron su resistencia a la tracción.

**Pregunta:** ¿La aplicación de los geotextiles no tejido influye en la resistencia a la tracción del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019? Luego de realizar la interpolación lineal para la muestra patrón y a las dos muestras reforzadas con geotextil NT 1800 y geotextil NT REPAV 450, se obtuvo que para un desplazamiento máximo de 0.45 mm fue necesario 312 ciclos de cargas repetidas para que la briketa sin reforzar falle, por otro lado, para que la briketa reforzada con geotextil NT 1800 falle fue necesario 447 ciclos de cargas repetidas y para la briketa reforzada con geotextil NT REPAV 450 falle fue necesario 454 ciclos de cargas repetidas. Además, para un desplazamiento máximo de 0.84 mm

fue necesario 58 ciclos de cargas repetidas para que la briqueta sin reforzar falle, por otro lado, para que la briqueta reforzada con geotextil NT 1800 falle fue necesario 71 ciclos de cargas repetidas y 84 ciclos de cargas repetidas para que la muestra reforzada con geotextil NT REPAV 450 falle. Finalmente, para un desplazamiento máximo de 1.28 mm fue necesario 30 ciclos de cargas repetidas para que la briqueta sin reforzar falle, por otro lado, para que la briqueta reforzada con geotextil NT 1800 falle fue necesario 34 ciclos de cargas repetidas y 39 ciclos de cargas repetidas para que la briqueta reforzada con geotextil REPAV 450 falle. Gracias a estos resultados obtenidos luego de realizar una interpolación lineal tomando como referencia los resultados obtenidos por el tesista, se pudo demostrar el aporte de los geotextiles al mejorar la resistencia a la tracción dentro del diseño de mezcla asfáltica en el pavimento flexible.

### **5.3. Influencia de la geogrilla de fibra de vidrio en el agrietamiento de la carpeta asfáltica.**

**Resultado:** Al incorporar la geogrilla de fibra de vidrio en el diseño de mezcla asfáltica para la elaboración de las vigas, ayudó a disminuir la reflexión de grietas hasta en un 65% en comparación de la viga elaborada con mezcla asfáltica convencional y sin ningún tipo de reforzamiento.

**Antecedente:** Torres (2017), en su tesis titulada “Evaluación de la condición actual del pavimento flexible de la av. Calmell del Solar e incidencia del geotextil no tejido en su rehabilitación como alternativa de solución – Huancayo 2016”, luego de incorporar el geotextil no tejido dentro del diseño para la rehabilitación de la vía, obtuvo como resultado la reducción del espesor de la carpeta asfáltica a repavimentar en un 33.3%; además, el geotextil no tejido ayudó a disminuir la reflexión de grietas existentes del pavimento deteriorado hacia la nueva capa repavimentada, trayendo efectos favorables, tales como, durabilidad y consistencia.

**Hipótesis:** La aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio disminuye el agrietamiento de la carpeta asfáltica del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019. Luego de realizar la interpolación lineal a partir de los resultados obtenidos por el tesista se pudo comparar dos tipos de vigas; una de ellas fue elaborada con un diseño de mezcla asfáltica tradicional y la otra viga fue hecha con los mismos materiales, pero reforzada con geogrilla de fibra de vidrio. A través de la

interpolación lineal se obtuvieron resultados favorables en la viga reforzada; ya que gracias a la incorporación de la geogrilla de fibra de vidrio se pudo disminuir el agrietamiento en la carpeta asfáltica.

**Pregunta:** ¿La aplicación de la geogrilla influye en el agrietamiento de la carpeta asfáltica del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019? Luego de realizar la interpolación lineal para la viga elaborada con mezcla asfáltica convencional (muestra patrón) y a la viga reforzada con geogrilla de fibra de vidrio, se obtuvo como resultado que el reflejo de grietas en la carpeta asfáltica sin reforzar tuvo una longitud máxima de grieta de 5.57 cm; por otro lado, la viga reforzada presentó grietas con una longitud máxima de 1.96 cm. Finalmente, en base a estos resultados se pudo demostrar que, al incorporar la geogrilla de fibra de vidrio dentro de la mezcla asfáltica se pudo disminuir el agrietamiento excesivo en la carpeta asfáltica.

## VI. CONCLUSIONES

**Conclusión General:** como conclusión general de la investigación se determinó que al incorporar geosintéticos en el diseño de mezcla asfáltica convencional sus propiedades mecánicas mejoran, disminuyendo la aparición temprana de fallas estructurales en el pavimento flexible en la av. central – los olivos; ya que a partir de los resultados obtenidos luego de realizar las interpolaciones se pudo comprobar el mejoramiento de las propiedades del pavimento flexible, como por ejemplo: aumentó la resistencia a la compresión, aumentó la resistencia a la tracción y disminuyó el agrietamiento de la carpeta asfáltica.

**Conclusión Específica 01:** Se determinó que, al incorporar la geogrilla de fibra de vidrio en el diseño de mezcla asfáltica convencional como refuerzo de la carpeta asfáltica, su resistencia a la compresión aumenta en 257%; es decir, soporta un poco más del doble de la capacidad de un diseño de mezcla asfáltica convencional. Por lo tanto, la influencia de la incorporación de la geogrilla de fibra de vidrio en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del pavimento flexible resultó favorablemente.

**Conclusión Específica 02:** Se determinó que, al incorporar dos diferentes tipos de geotextiles no tejidos en el diseño de mezcla asfáltica convencional como refuerzo de la carpeta asfáltica, su resistencia a la tracción aumentó de la siguiente manera; al incorporar el geotextil NT 1800 su resistencia a la tracción aumentó en un 26% y al incorporar el geotextil NT REPAV 450 su resistencia a la tracción aumentó en 40%; por consiguiente, la influencia de los geotextiles como alternativa de solución para mejorar las propiedades mecánicas del pavimento flexible resultó ser favorable.

**Conclusión Específica 03:** Se determinó que, al incorporar la geogrilla de fibra de vidrio en el diseño de mezclas asfáltica convencional como reforzamiento de la carpeta asfáltica incidió de manera favorable, debido a que se redujeron considerablemente la propagación o reflejo de grietas de la capa dañada hacia la capa repavimentada. Asimismo, al realizar la comparación entre la viga patrón y la viga reforzada, hubo una disminución en la longitud de las grietas que fueron reflejadas de la capa dañada a la capa repavimentada hasta en un 65%.

## **VII. RECOMENDACIONES**

**Recomendación 01:** Se recomienda seguir realizando este tipo de investigaciones acerca de los geosintéticos, por ejemplo; geotextiles, geomallas, geogrillas, entre otros similares, a fin de seguir conociendo la influencia de estos materiales al ser incorporados en el diseño de pavimentos flexibles, de esa manera brindar diferentes alternativas de solución al pésimo estado en el que se encuentran por décadas las vías asfaltadas a nivel nacional, pero sobre todo porque sería una alternativa de solución viable, sostenible y amigable con el medio ambiente.

**Recomendación 02:** Se recomienda para una futura investigación considerar el costo – beneficio de la aplicación de los geosintéticos; así como, realizar la comparación entre dos procesos constructivos, por ejemplo: ejecutar la pavimentación de una vía hecha con mezcla asfáltica convencional, con la pavimentación de la misma vía, pero reforzadas con algún tipo de geosintético; ya que la reducción en los días de trabajos está directamente relacionada con ahorros o utilidades.

**Recomendación 03:** Se recomienda considerar este proyecto de investigación como una alternativa de solución para mejorar el mal estado en el que se encuentra actualmente la avenida Central ubicada en el distrito de Los Olivos, previa evaluación, a fin de dar una solución a largo plazo para todos los pobladores de esta zona de estudio.

## REFERENCIAS

- AASHTO-93. *AASHTO Design Procedures For New Pavements*. [ed.] Instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos. Tercera. San Juan : Universidad Nacional de San Juan, 2006. pág. 246.
- ABU-FARSAH, MURAD y CHEN, Qiming. *Evaluation of geogrid base reinforcedment in flexible pavement using cyclic plate load testing*. London : International Journal of Pavement Engineering, 2011. págs. 275-288. Vol. 12.  
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10298436.2010.549565?src=recsys>
- ALMENDAREZ, Larissa y REYES, Juan. *Diseño de pavimentos flexibles con refuerzo de geomalla triaxial utilizando la metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación de Honduras*. San Pedro Sula : Universidad Tecnológica Centroamericana, 2017. pág. 10.  
[http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/student\\_Papers/SP495.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/student_Papers/SP495.pdf)
- AL-QADI, L. y YANG, S. *Cost-effectiveness of using geotextiles in flexible pavements*. Illinois : University of Illinois at Urbana-Champaign, 2007. pág. 11. Vol. 13.  
<https://www.icevirtuallibrary.com/doi/pdf/10.1680/gein.2007.14.1.2>
- ANYAIPOMA, Mirkareny. *Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y meoramientode la resistencia de pavimentos flexibles, en el Km.24 Puente Capelo-Chanchamayo, 2019*. Lima : Universidad César Vallejo, 2019. pág. 155.  
<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47205>
- ARIAS, Oscar y CÁRDENAS, Carlos. *Evaluación de la resistencia obtenida mediante un ensayo de flexión bajo carga monotónica en especímenes de mezcla asfáltica reforzada con geomallas*. Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2019. pág. 66.  
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23911/1/TESIS.pdf>
- ARMIJOS, Isabel y MORALES, Byron. *Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico reforzado con geosintético (geotextil no tejido) y fibra de vidrio para un pavimento de primer orden*. Sangolquí : Universidad de las Fuerzas Armadas, 2018. pág. 195.
- BLANC, Juliette; KERZRÉHO, Jean-Pierre y HORNYCH, Pierre [et al.]. *Review of glass fibre grid use for pavement reinforcement and APT experiments at IFSTTAR*.

London : Journal Road Materials and Pavement Design, 2013. págs. 287-308. Vol. 14.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14680629.2013.774763?src=recsys>

- DE SOUZA, Natalia. *Performance of flexible pavements enhanced using geogrid - reinforced asphalt overlays*. San Carlos : University of Sao Paulo, 2014. pág. 205.  
[https://www.researchgate.net/publication/274565410\\_Performance\\_of\\_flexible\\_pavements\\_enhanced\\_using\\_geogrid-reinforced\\_asphalt\\_overlays](https://www.researchgate.net/publication/274565410_Performance_of_flexible_pavements_enhanced_using_geogrid-reinforced_asphalt_overlays)
- DESSOUKY, Samer; AL-QADI, Imad y KWON, Jayhyun. *Geogrid mechanism in low-volume flexible pavements: accelerated testing of full-scale heavily instrumented pavements sections*. London : International Journal of pavement Engineering, 2011. págs. 121-135. Vol. 12.  
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10298436.2010.535534?scroll=top&needAccess=true>
- ENIEB, Mahmoud; DIAB, Aboelkasim y YANG, Xu. *Short - and long - term properties of glass fiber reinforced asphalt mixtures*. London : International Journal of Pavement Engineering, 2019.
- FORERO, Ana. *Rehabilitación de pavimentos fisurados por reflexión implementando sistemas de membrana antifisura S.A.M.I.* Bogota : Pontificia Universidad Javeriana, 2012. pág. 274.  
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11119>
- GANESH, Peketi; BHARATH, Singalareddy y MANOJ, Mekala. *Usage of geogrids in flexible pavement design*. Andhra Pradesh : Jawaharlal Nehru Technological University Anantapur, 2018. pág. 55.  
<http://paper.researchbib.com/view/paper/158230>
- GEOMATRIX. *Guía de Uso e Instalación de Geomallas Fiberglass Grid Pavimentación y Rehabilitación de Capas Asfálticas*. Bogotá, 2015. pág. 9.
- KOERNER, Robert. *Designing with Geosynthetics*. Quinta. New Jersey : Pearson Education, 2005. pág. 796. 0-13-145415-3.
- LEE, Hyoung y KIM, Minkwan. *Effects of Geogrid Reinforcement in Low Volume Flexible Pavement*. [ed.] Journal of Civil Engineering and Management. s.l. : American Society of Civil Engineers, 2013. págs. 1-19. Vol. 19.  
[https://www.researchgate.net/publication/261643972\\_Effects\\_of\\_geogrid\\_reinforcement\\_in\\_low\\_volume\\_flexible\\_pavement](https://www.researchgate.net/publication/261643972_Effects_of_geogrid_reinforcement_in_low_volume_flexible_pavement)

- LEIVA, Paulina; LORIA, Luis y AGUIAR, José [et al.]. *Reflejo de grietas en pavimentos reforzados con geosintéticos*. San José : Universidad de Costa Rica, 2015. pág. 12.  
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/630>
- LÓPEZ, Jhon. *Evaluación estructural de pavimentos flexibles empleando geotextiles, Carretera Cajamarca - Chachapoyas, tramo Calla Calla - Leymebamba, Amazonas - 2018*. Lima : Universidad César Vallejo, 2018. páa. 124.  
<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26896>
- LYTTON, Robert; LUO, Rong y GU, Fan [et al.]. *Prediction of geogrid-reinforced flexible pavement performance using artificial neural network approach*. London : Journal Road Materials and Pavement Design, 2018. págs. 1147-1163. Vol. 19.
- MALISZEWSKI, Maciej y ZOFKA, Adam. *Practical overlay design method for geogrid reinforcement of asphalt layers*. London : Journal Road Materials and Pavement Design, 2019. págs. 163-182. Vol. 20.
- MENÉNDEZ, José. *Ingeniería de Pavimentos Materiales, Diseño y Conservación*. Primera. Lima : Instituto de la Construcción y Gerencia, 2009. pág. 112.  
<https://civilmas.net/libros/ingenieria-de-pavimentos-materiales-diseno-y-construccion/>
- MONTEJO, Alfonso. *Ingeniería de pavimentos*. Segunda. Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2002. pág. 378. 95896036-2-9.  
[https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria\\_de\\_pavimentos\\_Alfonso\\_Montejo\\_Fonseca](https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca)
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. *Manual de carreteras Mantenimiento o Conservación Vial*. Lima, 2018. pág. 726.  
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/manuales.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html)
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos*. Lima, 2014. pág. 305.  
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/manuales.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html)
- MUÑOZ, Franciso; FRESNO, Daniel y OCEJA, Miguel. *Diseño de los Geotextiles por función y campos de aplicación*. Cantabria : Universidad de Cantabria, 2006. págs. 24-38.  
<https://www.giteco.unican.es/pdf/publicaciones/AYC30-X-2000.pdf>

- NOORY, Alireza; NEJAD, Fereidoon y KHODAI, Ali. *Evaluation of the effective parameters on shear resistance of interface in a geocomposite-reinforced pavement*. London : International Journal of Pavement Engineering, 2019. págs. 1106-1117. Vol. 20.
- OLAWALE, Olukayode. *Use of geosynthetics in road construction*. Akure : Federal University of Technology, 2011. pág. 47.  
[https://www.researchgate.net/publication/236214048\\_The\\_Use\\_of\\_Geosynthetics\\_in\\_Road\\_construction\\_Case\\_Study\\_-\\_Geotextiles](https://www.researchgate.net/publication/236214048_The_Use_of_Geosynthetics_in_Road_construction_Case_Study_-_Geotextiles)
- ORREGO, Daniel. *Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014. pág. 72.  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5419/ORREGO\\_DANIEL\\_ANALISIS\\_GEOMALLAS\\_BASES\\_GRANULARES\\_PAVIMENTOS\\_FLEXIBLES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5419/ORREGO_DANIEL_ANALISIS_GEOMALLAS_BASES_GRANULARES_PAVIMENTOS_FLEXIBLES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- OSSA, Alexandra; OVANDO, Efraín y MARTÍNEZ, Álvaro. *Evaluación del desempeño de una malla de fibra de vidrio en el refuerzo de pavimentos*. Ciudad de México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2013. pág. 3.  
[http://www2.iingen.unam.mx/es-mx/Publicaciones/GacetaElectronica/GacetaJunio\\_Julio2013/Paginas/Evaluaciondeldesempenodeunamalladefibradevidrioenelrefuerzodepavimentos.aspx](http://www2.iingen.unam.mx/es-mx/Publicaciones/GacetaElectronica/GacetaJunio_Julio2013/Paginas/Evaluaciondeldesempenodeunamalladefibradevidrioenelrefuerzodepavimentos.aspx)
- PASQUINI, Emiliano; BOCCI, Maurizio y FERROTI, Gilda [et al.]. *Laboratory characterisation and field validation of geogrid-reinforced asphalt pavements*. London : Journal Road Materials and Pavement Design, 2012. págs. 17-35. Vol. 14.  
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14680629.2012.735797?src=recsys>
- PAVCO. *Manual de Diseño con Geosintéticos*. Octava. Bogotá : Norte Gráfico, 2009. pág. 442.  
<http://www.geosoftpavco.com/manual.html>
- PICADO, Mauricio. *Evaluación de la resistencia a fatiga por reflejo de grietas en sobrecapas asfálticas reforzadas con materiales geosintéticos*. San José : Universidad de Costa Rica, 2018. pág. 141.  
<http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/78218>

- RAJAGOPAL, K.; CHANDRAMOULI, S. y PARAYIL, Anusha [et al.]. 2014. *Studies on geosynthetics-reinforced road pavement structures*. London : International Journal of Geotechnical Engineering, 2014. págs. 287-298.  
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1179/1939787914Y.0000000042?src=recsys>
- RAMÍREZ Gutiérrez, Mijail. 2013. *La Geogrilla de Vidrio, en el marco de la Mecánica de Materiales como alternativa para la reparación de Pavimentos*. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2013. pág. 223.  
<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/448>
- RONDÓN, Hugo y REYES, Fredy. 2015. *Pavimentos materiales, construcción y diseño*. Primera. Bogota : MACRO, 2015. pág. 574. 978-612-304-263-9.  
[https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&printsec=frontcover&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- SAMPIERI, Roberto. *Metodología de la Investigación*. Sexta. México D.F : McGraw Hill Education, 2014. pág. 589. 978-1-4562-2396-0.
- SICHA, Gino. *Diseño con Geosintéticos para la función de Separación, Filtración y Refuerzo en Pavimentos Flexibles*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018. pág. 97.  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11730/SICHA\\_GINO\\_GEOSINTETICOS\\_SEPARACION\\_PAVIMENTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11730/SICHA_GINO_GEOSINTETICOS_SEPARACION_PAVIMENTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- TANG, Xiaochao; PALOMINO, A. y STOFFELS, S. 2013. *Reinforced tensile behavior under cyclic moving wheel loads*. Washington, D.C : Transportat Research Board of the National Academies, 2013. pág. 121.  
[https://www.researchgate.net/publication/259104539\\_Reinforcement\\_Tensile\\_Behavior\\_Under\\_Cyclic\\_Moving\\_Wheel\\_Loads](https://www.researchgate.net/publication/259104539_Reinforcement_Tensile_Behavior_Under_Cyclic_Moving_Wheel_Loads)
- TDM GRUPO. *Mejoramiento de Vías Centro Comercial Carnaval*. Bogotá, 2018. pág. 2.  
<http://www.tdm.com.pe/caso-iconico-87-pavimentacion-centro-comercial-carnaval.php>
- TDM GRUPO. *Rehabilitación Av. Alipio Ponce y Pedro Miotta*. Lima, 2013. pág. 2.  
<http://www.tdm.com.pe/casos-historicos-details-77.php>

- TDM GRUPO. *Estabilización y Refuerzo de Vías Av. Néstor Gambetta*. Lima, 2012. pág. 2.  
<http://www.tdm.com.pe/casos-historicos-details-44.php>
- TDM GRUPO. *Refuerzo Estructural de la Base Granular Carretera Iquitos - Nauta*. Lima, 2001. pág. 3.  
<http://www.tdm.com.pe/casos-historicos-details-13.php>
- TORRES Ccoyllar, Juscel. *Evaluación de la condición actual del pavimento flexible de la av. Calmell del Solar e incidencia del geotextil no tejido en su rehabilitación como alternativa de solución - Huancayo 2016*. Huancayo : Universidad Peruana Los Andes, 2017. pág. 172.  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPLA\\_1f2fc2f758e8a316d6a097bc3022db22](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPLA_1f2fc2f758e8a316d6a097bc3022db22)
- VARGAS, J.; MONCAYO, M. y CÓRDOVA, J. [et al.]. *La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles*. Mérida : Universidad Autónoma de Yucatán, 2017. pág. 10. Vol. 21. 1665-529X.  
<https://www.redalyc.org/pdf/467/46752305006.pdf>
- YANG, Shih-Hsien. *Effectivess of using geotextiles in flexible pavements: Life-Cycle cost analysis*. Virginia : The Virginia Polytechnic Institute and State University, 2006. pág. 108.  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.521.1694&rep=rep1&type=pdf>
- ZOFKA, Adam; MALISZEWSKI, Maciej y MALISZEWSKA, Dominika. 2017. *Glass and carbon geogrid reinforcement of asphalt mixtures*. London : Journal Road Materials and Pavement Design, 2017. págs. 471-490. Vol. 18.
- ZORNBERG, Jorge. 2013. *Geosynthetic-reinforced Pavement Systems*. Austin : The University of Texas at Austin, 2013. pág. 25.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Geosynthetic-reinforced-Pavement-Systems-Zornberg/216356467f6e2daa6b751584b8e43e1dad2021ac>

## **ANEXOS**

## Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
<b>Variable Independiente:</b> Geosintéticos	Los geosintéticos son materiales muy dúctiles y flexibles, se utilizan entre las capas asfálticas con el fin de controlar las fisuras por flexión, deformaciones plásticas y de fatiga. Su principal actividad es incrementar la resistencia a la tracción de la capa asfáltica y de garantizar bajo una carga vertical una distribución uniforme de los esfuerzos horizontales.	Para la presente investigación se incorporará dentro del diseño de mezcla asfáltica convencional diferentes tipos de geosintéticos, con el fin de mejorar su capacidad frente a la aplicación de cargas dinámicas simulando el tránsito vehicular.	Aplicación de geosintéticos	Aplicación de geogrilla de fibra de vidrio	
				Aplicación del geotextil NT 1800	
				Aplicación del geotextil NT REPAV 450	
<b>Variable Dependiente:</b> Pavimento Flexible	El pavimento flexible se caracteriza por tener una estructura multicapas, considerando siempre que los estratos de mejor calidad se encuentren más próximos a la superficie de rodadura; debido a que las tensiones son mayores. La superficie que hace contacto con las ruedas de los vehículos está hecha de mezcla asfáltica. La función del pavimento flexible es la de distribuir los esfuerzos de forma moderada hacia el suelo de fundación. La estructura del pavimento flexible está conformada por tres capas; la primera capa es la superficie de rodadura, debajo de ella se encuentra la base y finalmente la tercera capa llamada subbase.	Para esta investigación se realizarán dos tipos de ensayos; se hará un ensayo a compresión y un ensayo de fatiga por reflexión, y mediante estos ensayos se podrá obtener una base de datos con las dimensiones de las grietas que se reflejarían en la capa repavimentada.	Propiedades Mecánicas	Resistencia a la compresión	Ensayo de Carga Cíclica (AASHTO T-321)
				Resistencia a la tracción	Ensayo de fatiga por reflexión (TEX-248-F)
			Falla estructural	Agrietamiento de la carpeta asfáltica	Ensayo de Carga Cíclica (AASHTO T-321)

### Anexo 3: Matriz de consistencia

Matriz de Consistencia							
Titulo: "Aplicación del Geotextil NT NW019M para evitar la aparición de fallas estructurales en el Pavimento Flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019"							
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable e Indicadores		Tipo y Diseño de Investigación		
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿La aplicación de geosintéticos influye en la aparición temprana de fallas estructurales en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>¿La aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio influye en la resistencia a la compresión del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019?</p> <p>¿La aplicación de los geotextiles no tejidos influye en la resistencia a la tracción del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019?</p> <p>¿La aplicación de la geomalla de fibra de vidrio influye en el agrietamiento de la carpeta asfáltica del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>- Determinar si la aplicación de geosintéticos influye en la aparición de fallas estructurales en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>- Determinar si la aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio influye en la resistencia a la compresión del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.</p> <p>- Determinar si la aplicación de los geotextiles no tejidos influye en la resistencia a la tracción en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.</p> <p>- Determinar si la aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio influye en el agrietamiento de la carpeta asfáltica en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La aplicación de geosintéticos disminuye la aparición temprana de fallas estructurales en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>- La aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio aumenta la resistencia a la compresión en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.</p> <p>- La aplicación de los geotextiles no tejidos aumenta la resistencia a la tracción en el pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.</p> <p>- La aplicación de la geogrilla de fibra de vidrio disminuye el agrietamiento de la carpeta asfáltica del pavimento flexible, en la Av. Central, Los Olivos – 2019.</p>	<b>VI: Geosintéticos</b>			<p><b>Tipo de investigación de acuerdo al fin:</b> Es del tipo aplicada; porque busca conocer para hacer, actuar, construir y modificar.</p> <p><b>Tipo de investigación de acuerdo al nivel:</b> Es del tipo correlacional; este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación entre dos variables.</p> <p><b>Tipo de investigación de acuerdo al diseño:</b> Los diseños cuasiexperimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables.</p> <p><b>Tipo de investigación de acuerdo al enfoque:</b> La investigación tiene un enfoque cuantitativo</p>	
			<b>Dimensiones</b>		<b>Indicadores</b>		<b>Instrumento</b>
			Aplicación de geosintéticos		Aplicación de geogrilla de fibra de vidrio		
					Aplicación del geotextil NT 1800		
					Aplicación del geotextil NT REPAV 450		
			<b>VD: Pavimento flexible</b>				
			<b>Dimensiones</b>		<b>Indicadores</b>		<b>Instrumento</b>
			Propiedades mecánicas		Resistencia a la compresión		Ensayo de Carga cíclica (AASHTO-T321)
					Resistencia a la tracción		Ensayo de fatiga por reflexión (TEX-248-F)
			Falla estructural		Agrietamiento de la carpeta asfáltica		Ensayo de carga cíclica (AASHTO-T321)

#### **Anexo 4: Cálculo de la muestra**

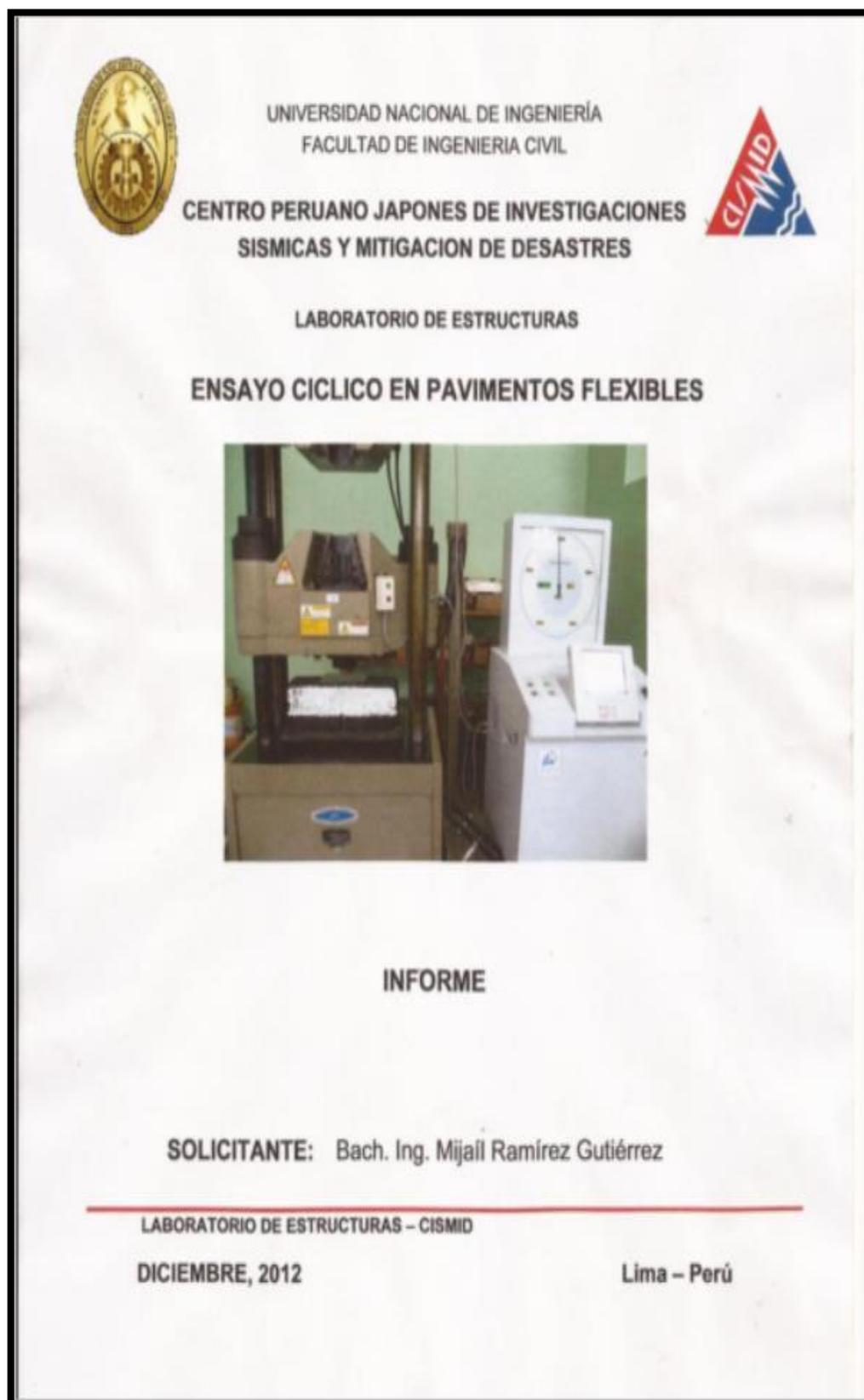
<b>Descripción de la muestra</b>	<b>N° Muestras</b>
Viga sin reforzar	3
Viga reforzada con geogrilla de fibra de vidrio	3

Fuente: Elaboración propia

<b>Descripción de la muestra</b>	<b>N° Muestras</b>
Briqueta sin reforzar	3
Briqueta reforzada con geotextil NT 1800	3
Briqueta reforzada con geotextil REPAV 450	3

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 5: Informe del Ensayo Cíclico en Pavimentos Flexibles



Fuente: Ramírez Gutiérrez, Mijaíl Alexis. 2013

## Anexo 6: Informe del Ensayo Cíclico en Pavimentos Flexibles



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES  
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES  
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



---

### ENSAYO DE CARGA CICLICA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

**Introducción**  
Con fecha 04 de mayo del 2012, el Bachiller en Ingeniería Mijaíl Ramírez Gutiérrez solicitó al Laboratorio de estructuras del CISMID una propuesta económica para la realización de ensayo de carga cíclica en pavimentos flexibles. En respuesta a dicha solicitud, con fecha 23 de agosto del 2012 el Laboratorio envía su propuesta técnico económica, la cual es aceptada por el solicitante mediante correo electrónico de fecha 15 de octubre del 2012.  
El presente informe muestra los resultados de dichos ensayos, describiendo el modo de falla y concluyendo cual es el patrón significativo de las muestras ensayadas.

**Prueba de carga cíclica**  
Este ensayo se realizó para examinar la reflexión de grietas y su propagación hacia la superficie en pavimentos rehabilitados. El procedimiento de ensayo fue proporcionado por el solicitante.

**Especímenes**  
La Figura 1, muestra un esquema de los especímenes que se ensayaron, cuyas dimensiones son las siguientes: Largo: 55 cm, Ancho: 15 cm y Profundidad: 15 cm. En la parte inferior central del espécimen se hizo una ranura para simular una grieta real en el pavimento antiguo la cual se propagaría hacia la superficie bajo la acción de la carga cíclica.  
Los especímenes y sus características fueron fabricados y proporcionados por el solicitante, los cuales se indican a continuación.

A-1: Especímen de pavimento convencional, sin ningún tipo de refuerzo que retarde la reflexión de fisuras por la fatiga

A-2: Especímen de pavimento convencional, sin ningún tipo de refuerzo que retarde la reflexión de fisuras por la fatiga

B-1: Especímen con refuerzo de mortero asfáltico (arena-cemento)

C-1: Especímen con refuerzo de geogrilla de fibra de vidrio (especie de geotextil), compuesto por hilos de fibra de vidrio, cubiertas por un polímero elastomérico que crea una estructura en forma de malla.



Fuente: Ramírez Gutiérrez, Mijaíl Alexis. 2013

## Anexo 7: Imágenes del lugar de intervención



Fuente: Elaboración propia



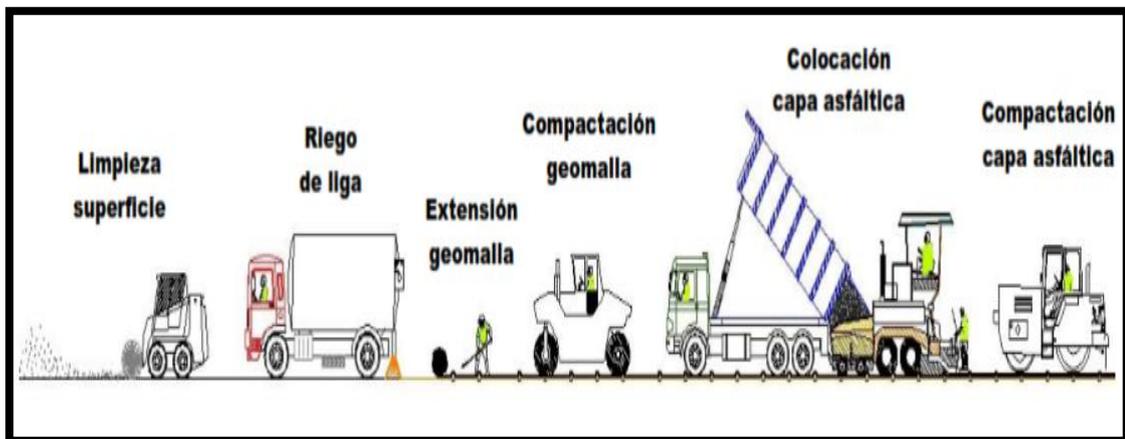
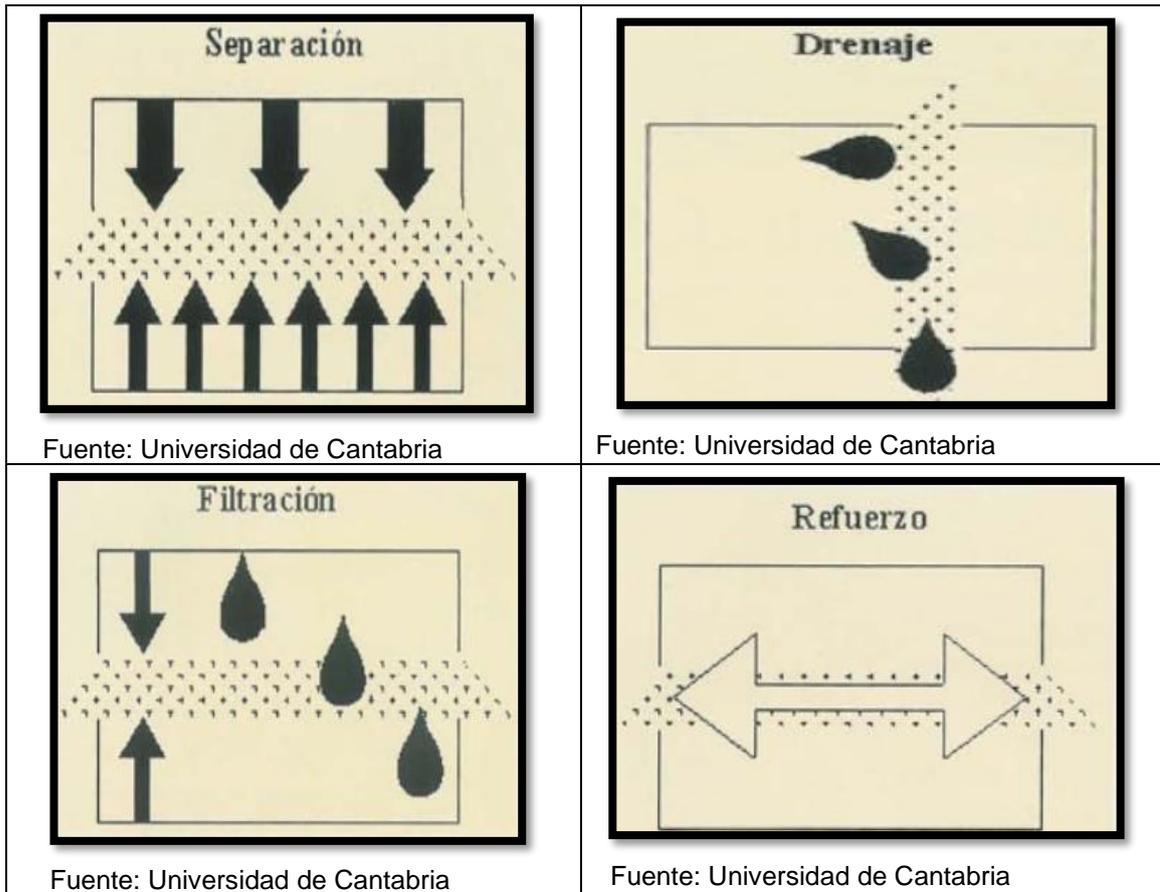
Fuente: Elaboración propia

## Anexo 8: Aplicaciones generales de los geosintéticos

MATERIAL	FUNCIONES
<b>GEOTEXILES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impedir contaminación entre capas de la estructura por el efecto de las cargas dinámicas y el arrastre del agua.</li> <li>• Resistir los esfuerzos de tensión del material disminuyendo los espesores de diseño y los volúmenes de movimiento de tierras.</li> <li>• Evitar el taponamiento por colmatación de estructuras de drenaje.</li> <li>• Evitar la aparición de grietas por reflexión en la capa de rodadura al actuar como una interfase de separación entre la capa de rodadura nueva y la capa antigua fisurada.</li> </ul>
<b>GEOMALLAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el espesor de las capas estructurales del pavimento o mejorar las especificaciones de las mismas.</li> <li>• Reducir la formación de huellas y fallas por esfuerzo cortante y asentamientos diferenciales en el pavimento.</li> <li>• Conferir mayor durabilidad de la estructura de pavimento.</li> <li>• Mejorar la capacidad portante, resistencia a movimientos y deformaciones laterales de la estructura de pavimento.</li> <li>• Evitar la aparición de grietas por reflexión al absorber esfuerzos cortantes y tensiones causadas por efecto de las cargas actuantes sobre el área de influencia de las fisuras del pavimento anterior.</li> </ul>
<b>GEOBLOQUES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lograr independencia térmica entre la estructura del pavimento y el medio ambiente.</li> <li>• Facilitar métodos constructivos por medio de sus facilidades de instalación y su versatilidad.</li> <li>• Reducir empuje sobre estructuras de contención: a) amortiguando cargas y b) reduciendo la densidad del relleno.</li> <li>• Absorber deformaciones por efecto de las cargas estáticas y dinámicas en la estructura de pavimento.</li> </ul>
<b>GEODRENES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Captar y conducir agua intersticial de la estructura dirigiéndola hacia los elementos de conducción superficiales.</li> <li>• Captar fluidos a grandes profundidades.</li> </ul>

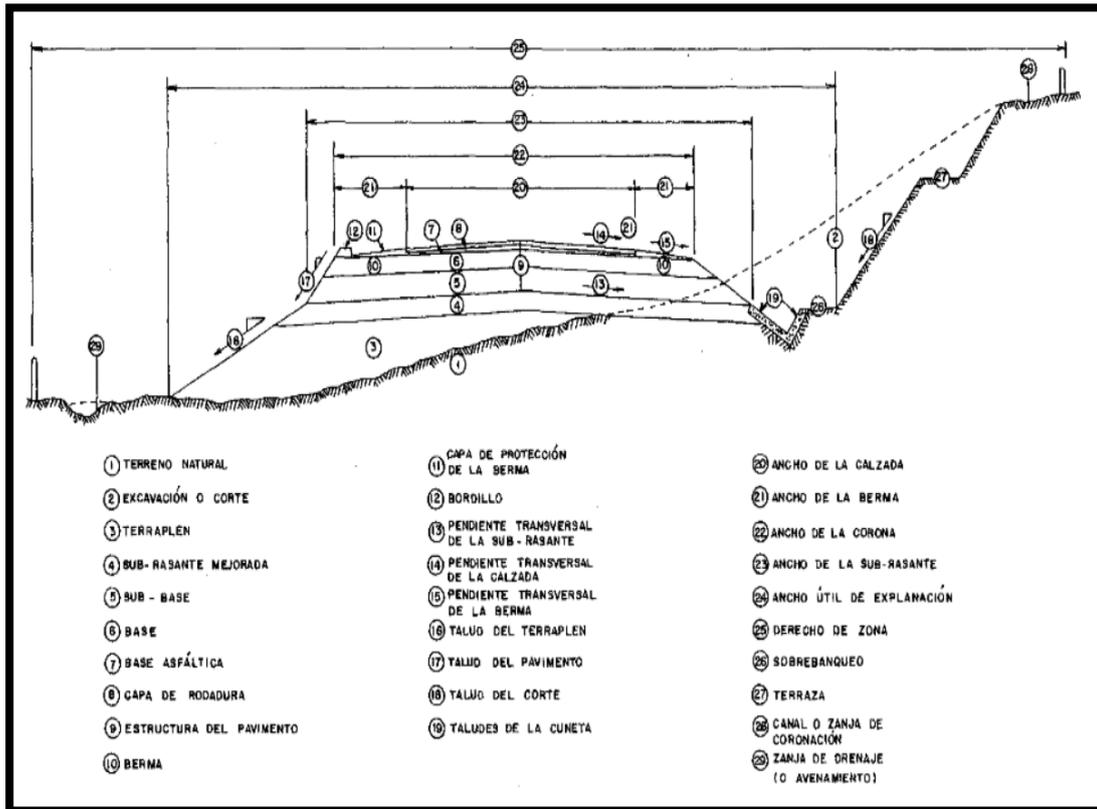
Fuente: Korner, Robert. 1997

## Anexo 9: Funciones y proceso constructivo de los geosintéticos



Fuente: Geomatrix. 2015

## Anexo 10: Imagen de la sección típica de un pavimento flexible



Fuente: Montejo. 2012

## Anexo 11: Imágenes de fallas estructurales

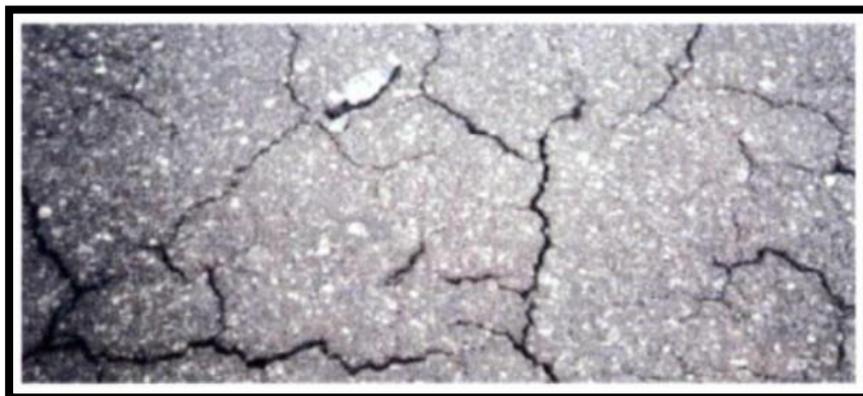


Imagen: Falla piel de cocodrilo  
Fuente: MTC. 2018

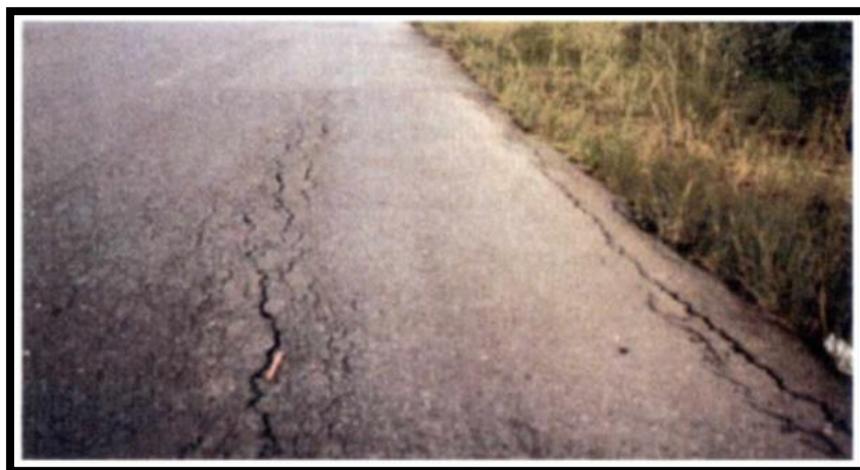


Imagen: Fisuras longitudinales  
Fuente: MTC. 2018



Imagen: Deformación por deficiencia estructural  
Fuente: MTC. 2018

## Anexo 12: Imágenes de fallas estructurales



Imagen: Falla por ahuellamiento  
Fuente: MTC. 2018



Imagen: Falla por ahuellamiento  
Fuente: MTC. 2018

### Anexo 13: Imágenes de fallas superficiales



Imagen: Falla por peladura o descascamiento  
Fuente: MTC. 2018



Imagen: Falla por bache  
Fuente: MTC. 2018