



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

**APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAXIALES EN EL
REFUERZO DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR EL
COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE LA AVENIDA CÉSAR CANEVARO UBICADO
EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES,
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA**

PRESENTADA POR

**JOFFRE CHRISTOPHER PERALES VERGARA
ROBERTO CARLOS ARCE HUAMANÍ**

ASESORES

**ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA**

TESIS

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2021



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAXIALES EN EL REFUERZO
DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO
MECÁNICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA
CÉSAR CANEVARO UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN
JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE
LIMA**

TESIS

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

PERALES VERGARA, JOFFRE CHRISTOPHER

ARCE HUAMANÍ, ROBERTO CARLOS

LIMA - PERÚ

2021

Agradezco a Dios por darme la fuerza, la salud y la oportunidad de seguir avanzando; a mi madre, Gloria, por todo su esfuerzo, por guiarme y apoyarme incondicionalmente; a mi familia, por sostenerme y animarme en cada momento de mi vida.

Joffre Perales

Agradezco a mis padres, Roberto y Mercedes, por apoyarme incondicionalmente en todo momento; a mis hermanos, Álvaro y Juan, por alentarme día a día; a mi novia, Evelyn; a mi hijo, Roberto, por su paciencia y por ser mi fortaleza en cada paso; y a mi amigo, Joffre, por demostrar su lealtad.

Roberto Arce

Esta tesis está dedicada a mis abuelos, Gloria, Rosenda y Franklin; en especial a mi abuelo Alejandro por haberme acompañado y haber sido mi guía en gran parte de mi vida; a mi madre, Gloria, por todo su amor de madre y por confiar siempre en mí; a mi padre, Emilio, por sus enseñanzas; a mis hermanas, Ariana y Alexandra, por todo su apoyo y por motivarme a seguir avanzando; y, a mis familiares y amigos que están luchando contra alguna enfermedad.

Joffre Perales

Dedico esta tesis a cada miembro de mi familia, a los amigos que me alentaron y motivaron a seguir cumpliendo con cada objetivo, a cada persona que en esta pandemia perdió un familiar, y a los que siguen luchando día a día.

Roberto Arce

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. Situación problemática	1
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.4. Justificación de la investigación	4
1.5. Alcances y limitaciones de la investigación	5
1.6. Viabilidad de la investigación	5
1.7. Impacto de la investigación	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.2. Bases teóricas	15
2.3. Definición de términos básicos	45
2.4. Hipótesis	46
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	

3.1.	Diseño metodológico	48
3.2.	Definición de las variables	50
3.3.	Operacionalización de las variables	50
3.4.	Población y muestra	51
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
3.6.	Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos	54
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN		
4.1.	Información relativa al proyecto	55
4.2.	Evaluación del índice de condición del pavimento	56
4.3.	Características de los materiales	57
4.4.	Colocación de geomallas biaxiales	60
4.5.	Extracción de muestras	64
4.6.	Ensayos de laboratorio	69
CAPÍTULO V. RESULTADOS		
5.1.	Resultados de ensayos	74
5.2.	Carga vs deformación	76
5.3.	Módulo de rigidez	77
5.4.	Síntesis de resultados	78
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN		
6.1.	Contrastación de hipótesis	80
6.2.	Contrastación con antecedentes	82
CONCLUSIONES		84
RECOMENDACIONES		86
FUENTES DE INFORMACIÓN		88
ANEXOS		92

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Índice Nacional del Flujo de Vehículos Pesados de 3 a 7 ejes	2
Figura 2. Diagrama Causa – Efecto	3
Figura 3. Comportamiento del pavimento flexible	6
Figura 4. Fallas en los pavimentos	7
Figura 5. Esquema comparativo de espesores con refuerzo y sin refuerzo	10
Figura 6. Diseño tradicional vs Diseño con geomalla biaxial	11
Figura 7. Diseño tradicional vs Diseño con geomalla triaxiales	12
Figura 8. Diseño tradicional vs Diseño con geotextil tejido	12
Figura 9. Esquema comparativo de espesores según el Método Giroud – Han	13
Figura 10. Diseño de un pavimento flexible con y sin refuerzo	13
Figura 11. Sección típica de un pavimento flexible	15
Figura 12. Sellado de pavimentos	16
Figura 13. Mantenimiento periódico	17
Figura 14. Rehabilitación de pavimento	18
Figura 15. Fallas en pavimentos	20
Figura 16. Aplicación de riego de liga	22
Figura 17. Mezcla de concreto asfáltico	23
Figura 18. Descarga de material fresado hacia volquete	25
Figura 19. Toma de medidas a especímenes del pavimento	26
Figura 20. Tipos de ensayo de flexión y tensión sobre mezclas bituminosas.	29
Figura 21. Máquina de aplicación de carga axial	30

Figura 22. Propagación de la carga en la estructura del pavimento	31
Figura 23. Carga axial sobre probeta cilíndrica	33
Figura 24. Colocación de mallas biaxiales de aramida	34
Figura 25. Geomalla de fibra de vidrio	35
Figura 26. Colocación de geomallas biaxiales	35
Figura 27. Colocación de malla de acero	36
Figura 28. Colocación de geomalla biaxial de poliéster	37
Figura 29. Geomalla biaxial de polipropileno	38
Figura 30. Geomalla triaxial de polipropileno	38
Figura 31. Propiedades de los materiales	39
Figura 32. Fresado del pavimento	40
Figura 33. Limpieza de superficie con soplores mecánicos	41
Figura 34. Inspección e identificación de fallas	41
Figura 35. Aplicación de riego de liga	42
Figura 36. Colocación de geomalla biaxial	43
Figura 37. Colocación de carpeta asfáltica con pavimentadora	44
Figura 38. Compactación de carpeta asfáltica	44
Figura 39. Proceso metodológico de la investigación	48
Figura 40. Ubicación de Avenida César Canevaro	51
Figura 41. Pavimento terminado	52
Figura 42. Espécimen excluido de los ensayos	53
Figura 43. Máquina para extracción de núcleos	54
Figura 44. Pavimento terminado	56
Figura 45. Variación del PCI. Sentido de Sur a Norte	57
Figura 46. Variación del PCI. Sentido Norte a Sur	57
Figura 47. Geomalla Biaxial Fortgrid Asphalt 140	60
Figura 48. Colocación de Geomalla Biaxial	61
Figura 49. Extracción de muestra N° 01 sin geomalla	64
Figura 50. Extracción de muestra N° 01 sin geomalla	65
Figura 51. Extracción de muestra N° 02 con geomalla	65
Figura 52. Extracción de muestra N° 02 con geomalla	66
Figura 53. Extracción de muestra N° 03 con geomalla	66
Figura 54. Extracción de muestra N° 03 con geomalla	67
Figura 55. Extracción de muestra N° 04 con geomalla	67
Figura 56. Extracción de muestra N° 04 con geomalla	67
Figura 57. Extracción de muestra N° 05 sin geomalla	68
Figura 58. Extracción de muestra N° 05 sin geomalla	68

Figura 59. Extracción de muestra N° 06 sin geomalla	68
Figura 60. Extracción de muestra N° 06 sin geomalla	69
Figura 61. Uniformización de muestras	69
Figura 62. Resistencia a la compresión – Muestra 2 con refuerzo	71
Figura 63. Resistencia a la compresión – Muestra 3 con refuerzo	72
Figura 64. Muestra de pavimento con refuerzo	72
Figura 65. Pantalla de aplicación de carga	73
Figura 66. Condición de especímenes luego de los ensayos	73
Figura 67. Gráfico Carga aplicada vs Deformación	77
Figura 68. Valores de carga máxima	78
Figura 69. Valores de deformación	79
Figura 70. Valores de rigidez	79
Figura 71. Promedio de cargas que soportan las muestras	81
Figura 72. Promedio de deformaciones de las muestras	81
Figura 73. Promedio de rigidez	82
Figura 74. Ensayo a flexión bajo carga monotónica	83

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación económica de pavimento con y sin geomalla.	9
Tabla 2. Resultados de ensayo a flexión bajo carga monotónica	9
Tabla 3. Tipos de Cemento Asfáltico	24
Tabla 4. Comportamiento de los materiales	29
Tabla 5. Operacionalización de las variables	50
Tabla 6. Dosificación de mezcla sin asfalto y con asfalto	58
Tabla 7. Requisitos para mezcla de concreto asfáltico	59
Tabla 8. Espesores de especímenes	70
Tabla 9. Grado de compactación de especímenes	70
Tabla 10. Resultados de ensayo a compresión simple de muestras sin refuerzo.	74
Tabla 11. Resultados de ensayo a compresión simple de muestras con refuerzo	75
Tabla 12. Cálculo de la rigidez	77
Tabla 13. Resumen de resultados	78
Tabla 14. Resultados de vigas de control vs vigas reforzadas	83

RESUMEN

Actualmente, el tránsito de vehículos se incrementa aceleradamente, esto vuelve ineficientes a las vías pavimentadas, que presentan deterioros antes de cumplir su periodo de diseño. Por lo tanto, esta tesis tiene como objetivo la aplicación de geomallas biaxiales en el refuerzo de pavimentos para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida César Canevaro, en el distrito de San Juan de Miraflores - Lima Metropolitana.

Esta investigación está basada en un análisis cuantitativo experimental de tipo descriptivo, contiene la evaluación del comportamiento mecánico alcanzado al aplicar geomallas en una carpeta asfáltica. Para la evaluación se realizó el mantenimiento de la vía empleando las geomallas biaxiales sobre la superficie fresada del pavimento en determinadas zonas; luego, se extrajeron tres muestras del pavimento con refuerzo y tres sin refuerzo para ser llevadas al laboratorio, donde se evaluaron los núcleos del pavimento mediante un ensayo de resistencia a compresión simple a una temperatura ambiente entre 15°C y 25°C, con el fin de recrear las condiciones de campo y conocer el comportamiento debido al esfuerzo.

Como resultado se obtuvo que, en el comportamiento de los especímenes reforzados con geomallas, se incrementó la resistencia a la compresión simple en 14%, la deformación máxima alcanzada disminuyó en

21% y su rigidez se incrementó en 64%. Con las cifras mencionadas se corroboró que el reforzamiento de la Avenida César Canevaro con geomallas mejoró su comportamiento mecánico.

Palabra clave: geomalla biaxial, refuerzo de pavimentos, comportamiento mecánico, mantenimiento de pavimentos

ABSTRACT

Currently, vehicle traffic is increasing rapidly, this makes paved roads inefficient, as they deteriorate before reaching their design period. Therefore, this thesis aims to apply biaxial geogrids in pavement reinforcement to improve the mechanical performance of flexible pavement from Cesar Canevaro Avenue, located in San Juan de Miraflores district in Lima Metropolitana.

This investigation based on an experimental quantitative analysis of descriptive type, contains the mechanical performance evaluation achieved when applying biaxial geogrids in an asphalt layer. For the evaluation, road maintenance was realized applying biaxial geogrids on the milled surface of pavement in certain areas; then, six samples, three with reinforcement and three without reinforcement were extracted from pavement and taken to the laboratory, where the pavement cores were evaluated by compressive strength test at an ambient temperature from 15°C to 25°C, to recreate the pavement conditions and to know the behavior due to the strain.

As a result, it obtained that in performance of specimens reinforced with biaxial geogrids, the compressive strength was increased by 14%, the maximum deformation achieved decreased by 21% and its stiffness increased by 64%. With the mentioned percentages it was confirmed that geogrids

reinforcement of Cesar Canevaro Avenue improved its mechanical performance.

Key words: biaxial geogrids, pavements reinforcement, mechanical behavior, maintenance of pavements

INTRODUCCIÓN

Los geosintéticos son elementos que se vienen utilizando con distintos propósitos en una gran variedad de obras. En el área de pavimentos, estos geosintéticos se aplican como refuerzo en distintos niveles de la estructura, en el mundo se utilizan principalmente para prevenir el agrietamiento por reflexión, distribuir uniformemente las cargas del tránsito, aumentar resistencia al cizallamiento y resistencia a la fatiga y aumentar de la capacidad portante.

Esta investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la aplicación de geomallas biaxiales en el comportamiento mecánico del pavimento flexible, aplicando a nivel de la carpeta asfáltica este refuerzo durante los trabajos de mantenimiento de la Avenida César Canevaro en San Juan de Miraflores y evaluar las muestras del pavimento mediante el ensayo de compresión bajo carga axial, obteniendo la resistencia a la compresión, la deformación de las muestras y calculando su módulo de rigidez.

Para el desarrollo de esta investigación inicialmente se realizaron encuestas a profesionales relacionados al tema para la definición del problema, luego se obtuvieron los datos de una evaluación PCI que indicaba la necesidad de ejecutar un mantenimiento correctivo, también se recopilaron los datos del diseño de la mezcla asfáltica elaborado por la empresa

contratista. Durante las actividades de mantenimiento se aplicó en algunas zonas las geomallas biaxiales, posteriormente se extrajeron 06 núcleos del pavimento terminado, 03 con refuerzo y 03 sin refuerzo, los cuales fueron llevados a laboratorio para evaluarlos con el ensayo a compresión.

La importancia de esta investigación es que permitirá conocer el comportamiento de la carpeta asfáltica reforzada con geomallas biaxiales a través del ensayo a compresión simple, estableciendo criterios de utilización y los beneficios que conlleva utilizarlas en una construcción, mantenimiento o rehabilitación de pavimentos.

La presente investigación está desarrollada de la siguiente manera:

- Capítulo I: Planteamiento de la Investigación, se define la situación problemática, se formulan los problemas, de tipo general y específicos, se indican los objetivos, general y específicos, se justifica la investigación, se detallan los alcances y limitaciones de la investigación y la viabilidad de la investigación.
- Capítulo II: Marco teórico, en este capítulo se presenta los antecedentes internacionales y nacionales, bases teóricas, definiciones de términos básicos, la hipótesis general e hipótesis específicas.
- Capítulo III: Metodología de la investigación, se indica el diseño metodológico, se definen las variables, se muestra la Operacionalización de las variables, se desarrolla la población y muestra, se explican las técnicas e instrumentos para la recolección y procesamiento de datos.
- Capítulo IV: Desarrollo de la investigación, se informa acerca del proyecto, se indica el método de evaluación previa, se muestra las características, colocación de materiales, se detallan la extracción de muestras y los ensayos de laboratorio.
- Capítulo V: Se muestran los resultados de los ensayos, se analizan y se resumen.
- Capítulo VI: Se realiza la contrastación de las hipótesis y la comparación con otras investigaciones.

- Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, fuentes de información y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Situación problemática

En el Perú se presenta un problema recurrente relacionado a la infraestructura vial, el cual es la baja serviciabilidad debido al deficiente desempeño de los pavimentos que causa un acelerado deterioro de los mismos, por diversos motivos como incremento del flujo vehicular, clima, entre otros. Estos problemas generan costos por mantenimiento, que agregados al valor de la construcción implican, a largo plazo, mayores costos de los que se estimaron inicialmente.

El flujo vehicular sobre todo el de vehículos pesados se incrementa anualmente como se muestra en la figura 1, volviendo susceptibles a los pavimentos de sufrir daños en poco tiempo, por lo que reforzar las vías construidas resulta de gran importancia. Actualmente la Empresa Municipal Administradora de Peajes de Lima (EMAPE), empresa encargada de construir y realizar el mantenimiento a las vías urbanas Lima Metropolitana, implementa algunos sistemas de refuerzo en pavimentos para construcción, mantenimiento y mejoramiento de estas vías.

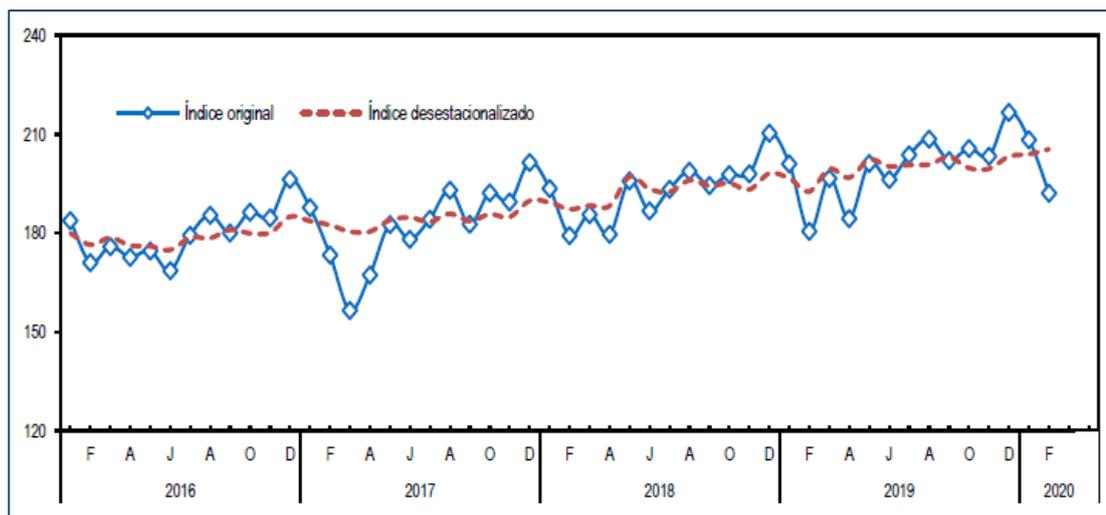


Figura 1. Índice Nacional del Flujo de Vehículos Pesados de 3 a 7 ejes

Fuente: INEI, 2020

En la presente investigación se tiene como muestra un pavimento deteriorado al que le aplicaremos un refuerzo de geomallas biaxiales a nivel de la carpeta asfáltica en la etapa de mantenimiento, posteriormente se tomarán muestras y se evaluará el comportamiento del pavimento y la influencia de la geomalla biaxial. De esta manera verificar el comportamiento mecánico de la estructura del pavimento reforzado, además de proporcionar a los usuarios una adecuada transitabilidad y prolongar la vida útil de la vía, contribuyendo económicamente a las entidades administradoras de vías.

A continuación, se presenta el Diagrama Causa – Efecto desarrollado a partir de encuestas realizadas a profesionales relacionados al tema de investigación, llegando a concluir el problema de la investigación.

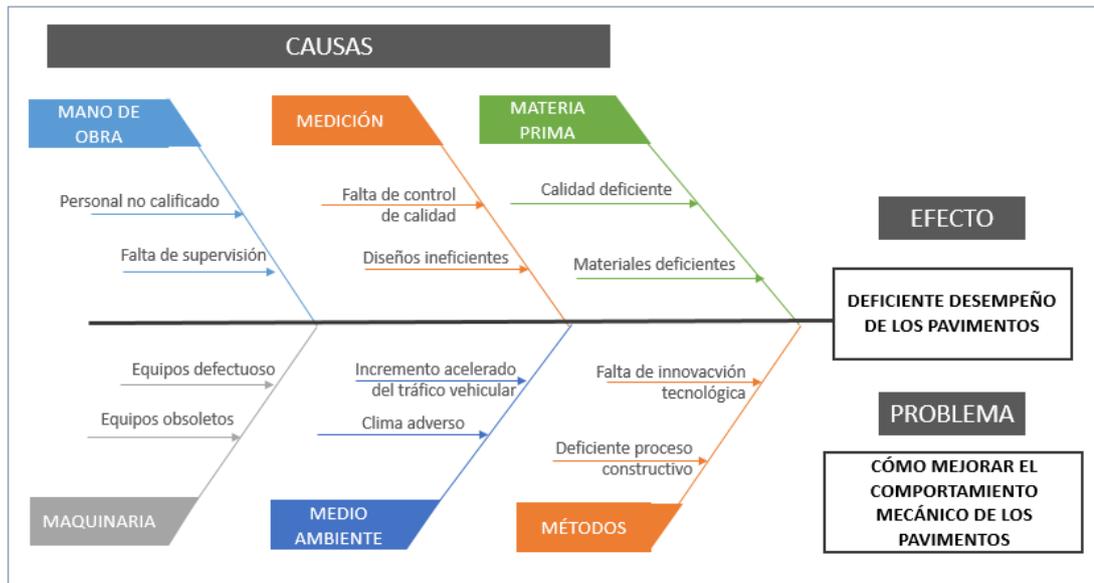


Figura 2. Diagrama Causa – Efecto

Elaborado por: los autores

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida la aplicación de geomallas biaxiales en el refuerzo de pavimentos influye en el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida César Canevaro?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera la aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica influye en la resistencia a la compresión bajo carga axial del pavimento flexible?
- ¿De qué manera la aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica influye en la deformabilidad del pavimento flexible?
- ¿De qué manera la aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica influye en la rigidez del pavimento flexible?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Aplicar geomallas biaxiales en el refuerzo de pavimentos para determinar la influencia en el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida César Canevaro

1.3.2. Objetivos específicos

- Aplicar geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica para determinar la influencia en la resistencia a la compresión bajo carga axial del pavimento flexible.

- Aplicar geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica para determinar la influencia en la deformabilidad del pavimento flexible.

- Aplicar geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica para determinar la influencia en la rigidez del pavimento flexible.

1.4. Justificación de la investigación

El tema en investigación resulta importante porque mostrará cual será el impacto de la utilización de geomallas biaxiales en el refuerzo de pavimentos flexibles, generará criterios de la utilización de este material en pavimentos tendremos una alternativa de construcción más adecuada a las solicitudes actuales y se realizará un análisis comparativo con las construcciones convencionales que se realizan en nuestro país, además servirá para mejorar la toma de decisiones de las entidades encargadas de realizar este tipo de obras.

1.5. Alcances y limitaciones de la investigación

1.5.1. Alcances de la investigación

El alcance de esta investigación es proporcionar los datos del comportamiento del pavimento flexible reforzado con la geomalla biaxial implementada en el estudio, para esto se verificará el proceso constructivo y se realizará extracciones de núcleos del pavimento para ensayarlos en laboratorio obteniendo como resultado el comportamiento de estas muestras reforzadas con las geomallas.

1.5.2. Limitaciones de la investigación

Durante el desarrollo de la investigación se presentaron limitaciones como las medidas de restricción impuestas por el estado por motivos de la pandemia Covid-19, aforo reducido y restricciones de movilización.

Además, se tuvieron las restricciones de seguridad de la obra por tránsito de maquinarias en el área de trabajo y los trámites para la solicitud de permisos, por parte de EMAPE y la empresa contratista, para estar presentes en los trabajos de mantenimiento y la toma de muestras posterior a las actividades.

También se tuvo la restricción del uso del laboratorio de la Universidad San Martín de Porres y la limitada atención de laboratorios privados debido a la pandemia.

1.6. Viabilidad de la investigación

La presente investigación es viable técnicamente porque se tiene el conocimiento necesario para la aplicación de esta metodología, además se cuenta con libros, revistas, antecedentes,

herramientas y el apoyo técnico de profesionales relacionados al tema de investigación.

Es viable legalmente porque se cuenta con la autorización de EMAPE y la empresa contratista para realizar las actividades de campo necesarias.

Es viable económicamente porque la empresa contratista se hizo cargo de los materiales, maquinarias necesarias para la aplicación de este sistema y parte del pago de los ensayos necesarios de laboratorio, además se verificó que el laboratorio cuente con los certificados de calibración de los instrumentos utilizados.

1.7. Impacto de la investigación

1.7.1. Impacto teórico

La presente investigación tiene un impacto teórico debido a que se conocerá la información respecto al comportamiento real que se alcanzó al aplicar las geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica del pavimento flexible de la Avenida Canevaro. La información aportada en este estudio son los resultados obtenidos mediante el ensayo a compresión simple, los cuales indicarán cuánto y cuáles son los beneficios de utilizar este material innovador en las construcciones de los pavimentos en nuestro país.

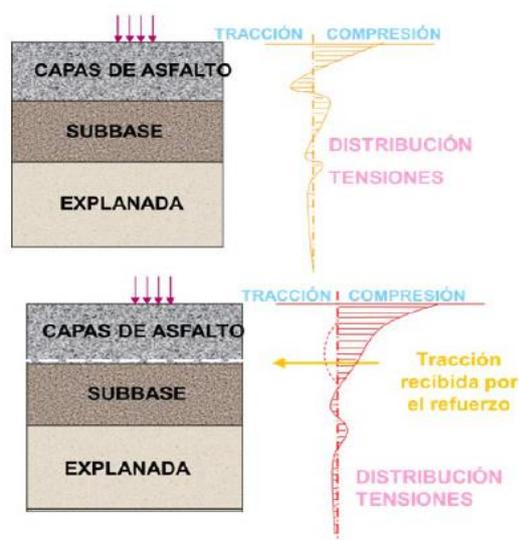


Figura 3. Comportamiento del pavimento flexible

Fuente: Serrano, 2015

1.7.2. Impacto práctico

Además tiene un impacto práctico debido a que el resultado de esta aplicación de geomalla beneficiará a los profesionales de la carrera de Ingeniería Civil, aportándoles conocimiento y criterios de uso de este refuerzo en pavimentos flexibles, así como también resultan beneficiados los usuarios de las vías al tener un pavimento mejor preparado para proporcionarles una adecuada transitabilidad, también se benefician las entidades ejecutoras de este tipo de obras, pudiendo aprovechar eficientemente el gasto público asignado a sus sectores.

Los resultados de esta investigación pueden ser útiles para tener en consideración este refuerzo en obras de construcción y mantenimiento debido a los beneficios obtenidos, prolongando la aparición de fallas en los pavimentos.



Figura 4. Fallas en los pavimentos

Elaborado por: los autores

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

a) Álvarez y Bermúdez (2020) - Análisis Comparativo del Uso de Geomallas Biaxiales como Elemento de Refuerzo en Pavimentos Flexibles

En su investigación tuvieron como objetivo comparar y analizar el diseño de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales con un diseño de pavimento convencional. En este estudio se realizó el diseño de ambos tipos de pavimentos, se comparó sus costos, beneficios y diferencias entre estos, se obtuvo como resultado un espesor total de 62.5 cm para el pavimento convencional y un espesor de 45.5 cm para el pavimento reforzado por lo que se tuvo una reducción de 17 cm en la estructura. Además, se realizó un análisis de costos (Ver Tabla 1) en donde el costo del pavimento reforzado incrementó ligeramente los costos de materiales en comparación con el método convencional. Sin embargo, a pesar del incremento del costo resultó una opción viable por los beneficios que aportó al pavimento como el

incremento de su vida útil, mejor distribución de cargas sobre la superficie, control de deformaciones, entre otros.

Tabla 1. Comparación económica de pavimento con y sin geomalla.

PRESUPUESTO DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO	SIN GEOMALLA				CON GEOMALLA			
	CANT.	VOLUMEN (m3)	P.U.	PARCIAL	CANT.	VOLUMEN (m3)	P.U.	PARCIAL
CAPA DE RODADURA	-	0.90	708,000	637,200	-	0.90	708,000	637,200
BASE	-	2.40	27,000	64,800	-	1.80	27,000	48,600
SUB BASE	-	4.12	25,000	102,900	-	2.76	25,000	69,000
GEOMALLA PBX11	-	-	4,846	-	12.00	-	4,846	58,152
				804,900				812,952

Fuente: Álvarez y Bermúdez, 2020

b) Arias & Cárdenas (2019) - Evaluación de la Resistencia obtenida mediante un Ensayo de Flexión bajo Carga Monotónica en Especímenes de Mezcla Asfáltica Reforzada con Geomalla.

En su investigación tuvieron como objetivo principal evaluar la respuesta bajo carga monotónica en muestras prismáticas de mezcla asfáltica, mediante ensayo a flexión, al aplicar geomallas de refuerzo en el tercio inferior del espécimen. Como resultado se obtuvo una disminución de la deformación en el momento de falla comparado a pruebas de especímenes sin refuerzo, como se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de ensayo a flexión bajo carga monotónica

Mezcla	MDC-19 (5.0 % contenido de asfalto)			
Carga Max. (kN)	7.16	7.48	7.19	7.15
Def. (mm)	2.260	1.90	2.15	2.03
Promedio carga (kN)	7.245			
Promedio de deformación (mm)	2.09			
Mezcla	MDC-19 (5.5 % contenido de asfalto)			
Carga Max. (kN)	7.91	7.98	8.42	8.2
Def. (mm)	1.90	2.150	2.03	2.2
Promedio carga (kN)	8.13			
Promedio de deformación (mm)	2.07			

Fuente: Arias y Cárdenas, 2019

c) Almendarez & Reyes (2017) - Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras.

En su estudio aplicaron la metodología Giroud-Han para el diseño de pavimentos flexibles al utilizar geomallas triaxiales, calcularon los espesores de una base granular sin pavimento, llegaron a la conclusión que sin aplicar el refuerzo la base granular tendría que ser de 40 cm y al aplicar el refuerzo esta capa se reduce a 15 cm.

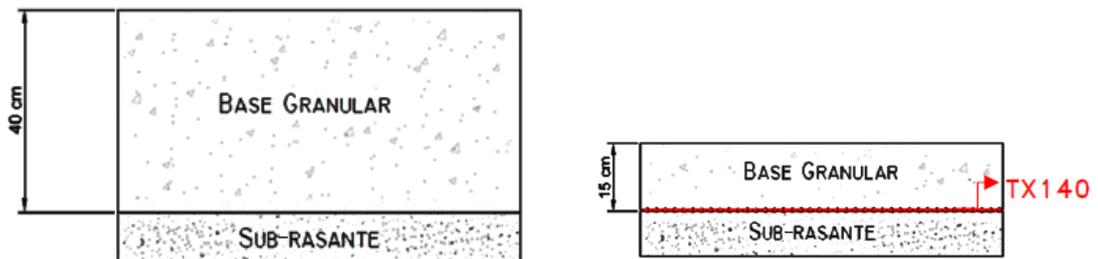


Figura 5. Esquema comparativo de espesores con refuerzo y sin refuerzo
Fuente: Almendarez y Reyes. 2017

d) Vargas et. al. (2017) - La Geomalla como Elemento de Refuerzo en Pavimentos Flexibles.

Presentaron en un artículo de investigación acerca de la utilización de las geomallas como refuerzo de pavimentos flexibles, dieron a conocer las características, ventajas y tipos de geomallas biaxiales, además indicaron los métodos para el diseño del pavimento y las posibles pruebas de campo y de laboratorio para la evaluación del desempeño de pavimentos reforzados con geomallas.

e) Namir et al. (2013) - Experimental Study on Surface Steel-Reinforcement for Asphalt Pavements.

En su investigación realizaron un estudio experimental sobre refuerzo de acero superficial para pavimentos asfálticos con la finalidad de retardar las tensiones en las capas superficiales de asfalto. En este estudio de tipo experimental se realizaron los siguientes ensayos: Ensayo de agrietamiento por fatiga y Ensayo de deformación permanente. Como resultado se obtuvo que la colocación de la malla de refuerzo a nivel de la base de la carpeta

asfáltica disminuyó la deformación por tracción en el fondo de la mezcla asfáltica y aumentó el número de ciclos para que se empiecen a desarrollar las grietas. Estas mejoras proporcionadas por el refuerzo de la malla de acero se manifestaron principalmente a altas temperaturas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

a) Coronel & Hoyos (2019) - Aplicación de Geosintéticos en el Diseño del Tramo Km 0+000 al Km 5+000 de la Carretera Santa Rosa – Puerto Churo Ubicado en el Distrito de Pion, Provincia de Chota Y Departamento de Cajamarca.

En su investigación presentaron como objetivos realizar los diseños de un pavimento, al aplicar a nivel de la base granular, tres tipos de geosintéticos: geomallas biaxiales, geomallas triaxiales y geotextiles tejidos. Luego de los estudios previos requeridos se obtuvieron los espesores para los tres casos (Ver Tabla 6, 7 y 8), cada uno se comparó con un diseño convencional y obtuvieron una reducción del relleno granular al aplicar los geosintéticos.



Figura 6. Diseño tradicional vs Diseño con geomalla biaxial

Fuente: Coronel y Hoyos, 2019

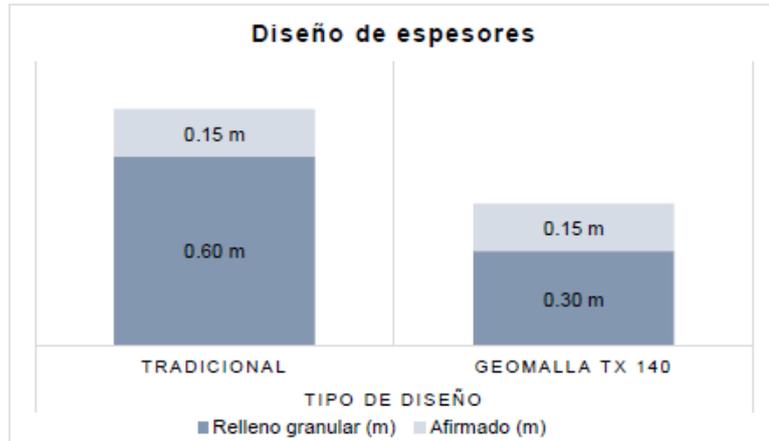


Figura 7. Diseño tradicional vs Diseño con geomalla triaxiales

Fuente: Coronel y Hoyos, 2019

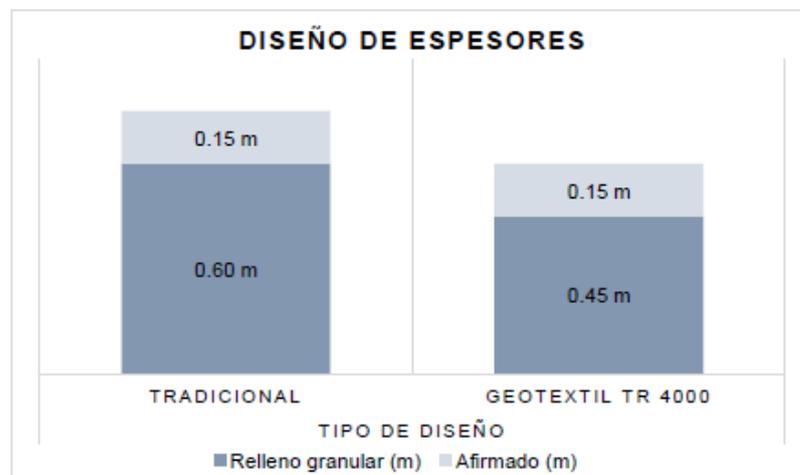


Figura 8. Diseño tradicional vs Diseño con geotextil tejido

Fuente: Coronel y Hoyos, 2019

b) Kari & Olortegui (2019) - Propuesta de Diseño de Pavimento Flexible Reforzado con Geomalla en la Interfaz Subrasante – Subbase Utilizando la Metodología Giroud – Han, para Mejorar el Tramo de la Carretera

En su investigación realizaron el diseño de un pavimento sin refuerzo y uno con refuerzo de geomalla triaxial a nivel de la subrasante para comparar ambos diseños en función al espesor de la base granular, el cual se redujo en un 33.33% cuando se diseñó con refuerzo.



Figura 9. Esquema comparativo de espesores según el Método Giroud – Han

Fuente: Kari y Olórtegui, 2019

c) Barrera & Diestra (2018) - Influencia de la Malla de Acero para Reducir el Costo en la Rehabilitación del Pavimento Flexible de la Av. 200 Ventanilla, Callao

En su investigación propusieron como objetivo determinar la influencia de la malla de acero en el costo de rehabilitación del pavimento flexible en estudio. En el desarrollo de esta tesis se realizaron calicatas para los estudios de mecánica de suelos y estudios de tráfico para el cálculo del índice medio diario anual (IMDa) con la finalidad de definir el diseño del pavimento sin refuerzo de malla y con refuerzo de malla a nivel de la base granular. Como conclusión se obtuvo que al aplicar la malla de acero como refuerzo en la base granular se redujo en 16.78 cm el espesor de esta capa y disminuyó el presupuesto en un 11.99%.

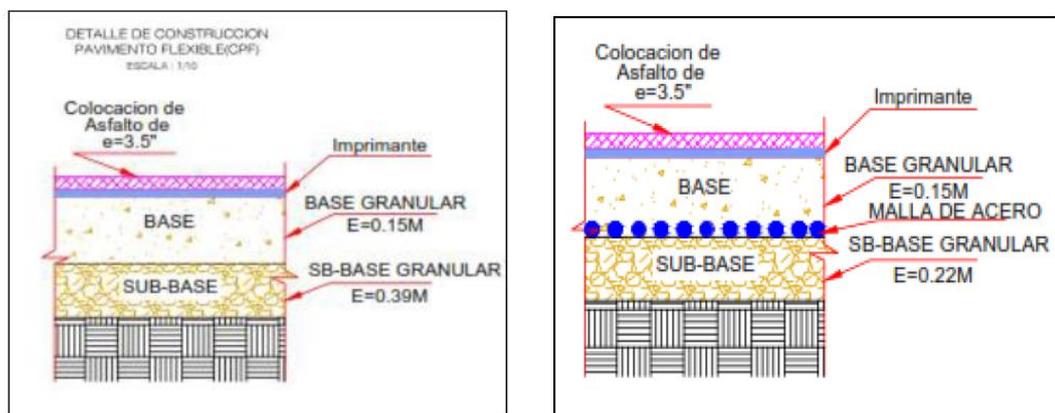


Figura 10. Diseño de un pavimento flexible con y sin refuerzo

Fuente: Barrera y Diestra, 2018

d) Reyes & Zamora (2018) - Diseño del Pavimento Flexible Utilizando el Sistema Bitufor como Medida Sustentable en la Carretera Costanera Huanchaco – Santiago de Cao, La Libertad.

En su investigación tuvieron como objetivo principal diseñar el pavimento flexible utilizando el sistema Bitufor a nivel de la carpeta asfáltica en la Carretera Costanera. Para realizar este diseño se realizó un estudio topográfico, estudio de tráfico vehicular y estudios de mecánica de suelos para determinar los espesores de las capas de un pavimento flexible tradicional y uno utilizando el sistema Bitufor. Finalmente se hizo una comparación de costos de ambos casos concluyendo que al aplicar el sistema Bitufor se obtuvo un ahorro económico del 9.34% en mezcla de asfalto en caliente.

e) Serrano, C. (2015) - Refuerzo de Asfalto mediante Geomallas para Alargar la Vida Útil de las Carreteras.

Presentaron en la revista científica Interempresas los beneficios que aportan los refuerzos para asfalto, donde destacaron dos tipos de refuerzo en carpeta asfáltica como soluciones para los problemas del pavimento: las geomallas fabricadas con fibra de vidrio (MacGrid) y las mallas de alambre de acero galvanizado (Road Mesh). Sobre esta última se indicó que debido a sus características es adecuado para emplearse como refuerzo de pavimentos en carreteras, aeropuertos, estacionamientos, etc., pues incrementa la capacidad de carga y puede triplicar la vida útil de los pavimentos reduciendo las fisuras térmicas, de reflexión o de fatiga. También mencionó que puede utilizarse en otras capas como la subbase pudiendo reducir su espesor en un 25% a 35%, incrementando el coste beneficio de este refuerzo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Pavimentos flexibles

Llamado también pavimento asfáltico, conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite transmitir pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle; la base y subbase, todas apoyadas sobre la subrasante, esta última puede ser del mismo material del proyecto o de préstamo, dependiendo de la portabilidad del suelo.

Este tipo de pavimento es más económico en su etapa de construcción y tiene un periodo de vida de entre 10 a 15 años, pero requieren de un tipo de mantenimiento para llegar a completar su periodo de vida útil.

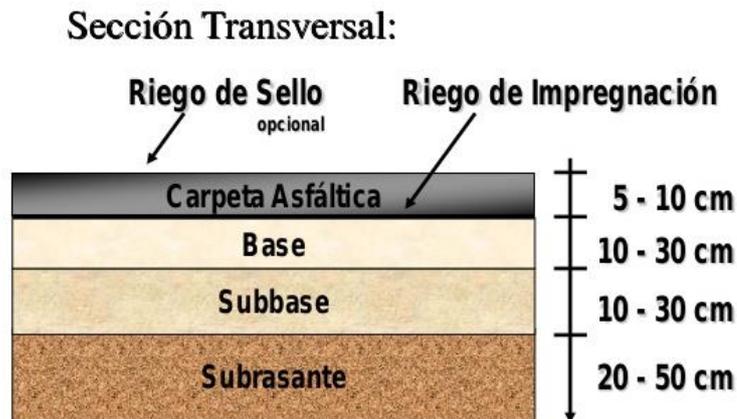


Figura 11. Sección típica de un pavimento flexible

Fuente: CANACEM, 2014

a) Mantenimiento de pavimentos

Los mantenimientos son actividades o acciones rutinarias, periódicas o de emergencia que se realizan en los pavimentos con la finalidad de mantener las condiciones funcionales, estructurales, superficiales y de seguridad para asegurar un adecuado tránsito y satisfacción de los usuarios. De acuerdo a la frecuencia de ejecución esta actividad se divide en mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico.

a.1) Mantenimiento rutinario

Son todas aquellas actividades y trabajos menores, permanentes y frecuentes, que se realizan con el propósito de proteger y preservar fundamentalmente la condición superficial y funcional de la infraestructura vial, contribuyendo así a que esta cumpla con el periodo de vida para la que fue diseñada, sin incidir significativamente en la natural evolución de la disminución de su capacidad estructural, producto de las sollicitaciones de cargas previstas en el diseño u otros agentes. Los trabajos se refieren a restablecer algunas características superficiales como la textura o simplemente a mantener la durabilidad de la mezcla asfáltica, y se aplican mientras el pavimento aún está en buen estado, no habiendo alcanzado a llegar ni siquiera el estado regular. Dentro de estas actividades rutinarias, se tienen: Sellado de fisuras y grietas, parchado superficial o profundo de calzada, tratar los pavimentos con zonas de exudación.



Figura 12. Sellado de pavimentos

Fuente: Revista Vial, 2015

a.2) Mantenimiento periódico

El mantenimiento periódico comprende los trabajos de menor frecuencia, realizados de acuerdo a una programación o como prevención en base a las condiciones que presente el pavimento, con la finalidad de evitar a tiempo la evolución de las fallas existentes en su estructura a causa de las cargas a las que está expuesta y a otros diversos motivos.

En este tipo de mantenimiento se realizan trabajos de recapeo que consiste en colocar una capa adicional sobre el pavimento existente sin alterar su estructura o realizar actividades de fresado y colocación de una nueva carpeta, cuando la condición del pavimento sea regular y antes de que este llegue a una condición mala.

La función de los trabajos de recapeo son las de mejorar la superficie de rodadura y reforzar la estructura de acuerdo a las solicitaciones de carga que presenten las vías. Este mantenimiento incluye actividades de reparaciones y mejoras de la estructura.



Figura 13. Mantenimiento periódico

Elaborado por: los autores

a.3) Rehabilitación

Otro tipo de actividades realizadas en pavimentos es la rehabilitación que consiste en recuperar las condiciones iniciales de construcción en función del soporte de carga de la estructura del pavimento, así como también su transitabilidad y seguridad.



Figura 14. Rehabilitación de pavimento

Fuente: Construplan, 2021

Se realiza cuando existen deficiencias estructurales, superficiales, funcionales o de seguridad con la finalidad de solucionar estos problemas. Antes de esta ejecutar esta actividad se realiza trabajos de demolición parcial o total del pavimento existente.

En un programa de conservación vial, esta actividad indeseada debido a que es producto de la inexistencia de trabajos de prevención o de algún suceso como desastre natural. Dentro de la rehabilitación existen dos tipos, superficial y estructural.

La rehabilitación superficial se enfoca en problemas de las capas superiores del pavimento relacionados al agrietamiento de la superficie y al envejecimiento del asfalto.

b) Evaluación superficial

Las vías son elementos de mucha importancia, ya que es un enlace entre las ciudades, y a través de ella se permite el crecimiento económico y

desarrollo social. Los pavimentos flexibles son estructuras que tienen un periodo de vida limitado, por muchos factores que pueden influir, como el diseño, procesos constructivos, materiales, aumento de tránsito vehicular, entre otros.

La evaluación superficial de una vía es aquella evaluación que se realiza con el objeto de determinar los daños que afectan al pavimento, y conocer mediante un informe la situación en el que se encuentra.

Existen distintas metodologías para la evaluación superficial de los pavimentos. Estas metodologías son sencillas de aplicar y no requieren de equipos experimentados. La evaluación que se realiza es de tipo visual, por lo general se realiza en dos etapas, una inicial y otra detallada.

La evaluación inicial se realiza con el fin de hacer un reconocimiento general del proyecto. Se recorre el camino, ya sea mediante un desplazamiento a pie o con la ayuda de un vehículo, se determina la serviciabilidad que ofrece el pavimento, posterior a ello se realiza la inspección de toda la vía a evaluar.

La evaluación detallada consiste en reconocer las fallas del pavimento caminando sobre ella, se recopilan los datos necesarios, como el tipo de falla teniendo en cuenta la ubicación, severidad y frecuencia, así como toda información que sea considerado imprescindible.

Con el fin de determinar las fallas en el pavimento, estas evaluaciones visuales deben de considerarse de manera periódica, ya que la información que se registre va a influir directamente en el comportamiento de la carpeta asfáltica y sus capas inferiores. Este tipo de evaluación es también importante porque permite determinar el procedimiento más adecuado que requiera la superficie del pavimento, antes de colocar la sobre capa de refuerzo.

La inspección visual comprende los siguientes pasos: primero, reconocer las fallas y las posibles causas de las mismas. Luego, ubicar las fallas en

una hoja de evaluación, según la metodología a usar. Posterior, se determina el grado de severidad y el tamaño de las fallas. A continuación, se cuantifica en la información recogida en el campo. Por último, se establecen los métodos y reparaciones adecuadas.

c) Fallas en los pavimentos

Durante el diseño del pavimento se considera que dentro del periodo de diseño se produzcan fallas que pueden ser: funcionales y estructurales.

La primera se observa cuando el pavimento no brinda a los usuarios una forma cómoda y los vehículos no pasan de forma segura sobre este. Las fallas estructurales se asocian a la degradación de las capas o de toda la estructura que conforma el pavimento al no poder llegar a soportar las cargas para las que fue diseñada. Se presenta cuando los materiales sufren agrietamiento estructural debido a las constantes cargas y descargas por las acciones de tránsito.



Figura 15. Fallas en pavimentos

Elaborado por: los autores

2.2.2. Especificaciones técnicas de construcción

El manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2013) contiene, en el Capítulo IV referente a Pavimentos flexibles, las disposiciones generales del proceso, maquinaria y materiales que corresponden a los trabajos que se serán necesarios durante el mantenimiento de la Avenida César Canevaro y garantizar una adecuada ejecución de las actividades.

Entre las secciones más importantes de este manual a tener en cuenta durante las actividades de mantenimiento, tenemos:

a) Aplicación del riego de liga

Se aplica el tipo de cemento asfáltico con grado de penetración de 60-70, seleccionado por el supervisor en una cantidad entre 0.1 – 0.4 (l/m²). Para su aplicación, dependerá de las áreas de trabajo; si el área es pequeña se aplicará mediante cocina asfáltica portátil, y si el área es mayor se aplicará con un tanque imprimador. No está autorizado aplicar por método de regadera manual. La superficie de aplicación debe de estar libre de residuos, polvos, barro, presencia de agua; de esta manera asegura una excelente adherencia entre las capas. Se debe tener cuidado si existen sumideros, barandas, vegetación, entre otros elementos similares. Se deberá tener en consideración que no se aplicará el riego de liga en temperaturas menores a 6°C u otro fenómeno como lluvias, nieve, granizo.



Figura 16. Aplicación de riego de liga

Elaborado por: los autores

b) Sellado de fisuras menores o iguales a 3mm

En esta actividad se prepara la superficie que presente este tipo de deficiencias, aplicando un material bituminoso con el objetivo de sellar, evitar su propagación y que la humedad llegue a las capas granulares inferiores. Los materiales que se aplican en esta sección son los siguientes:

- Material bituminoso, es una mezcla asfáltica fluida, de preferencia se usa del tipo curado lento.
- Agregado pétreo, se tiene a la arena fina que pasa el tamiz #4 (4.75mm).
- Otros, se tiene a asfaltos poliméricos o sellantes elastoméricos.

Se necesita un mínimo de 0.20m de área adyacente limpia, no se usarán herramientas manuales como cinceles, picos, ni eléctricas como rotomartillo para realizar la limpieza o marcado de la fisura. Solo se usará aire a presión, cepillos para realizar una limpieza superficial, evitando que crezca la fisura. Se aplica el material indicado por la supervisión. Para sellar se aplica arena fina, luego se procede con el barrido del área.

c) Sellado de grietas mayores a 3mm

Esta actividad es similar a la actividad anterior, con la diferencia que estas fallas necesitarán un tratamiento adicional para evitar su propagación.

d) Colocación del concreto asfáltico

En esta sección se realiza la colocación del concreto asfáltico en caliente, en el área debidamente preparada. Para la gradación de los agregados se aceptará como máximo el 1% de partículas inconsistentes. La fabricación de asfalto se realiza en planta cumpliendo todos los requisitos establecidos en el proyecto. Para su transporte se usan volquetes, estos deben de estar provistos de dispositivos para que mantenga su temperatura, así como para la protección y la prevención de emisiones contaminantes.

Para la colocación de la mezcla de asfalto en caliente (MAC) se necesita de un maquina pavimentadora, que se adecua al ancho necesario de la vía, esta máquina va a estar correctamente graduada para que se coloque el espesor de la carpeta solicitada. El volquete realizará el proceso de descarga a la maquina pavimentadora.



Figura 17. Mezcla de concreto asfáltico

Elaborado por: los autores

e) Cemento asfáltico

El tipo de cemento asfáltico a utilizar de acuerdo a los requerimientos

El material a usar será cemento asfáltico clasificado de acuerdo a su viscosidad o según su grado de penetración. Se tiene lo siguiente:

Tabla 3. Tipos de Cemento Asfáltico

Grado de Penetración	Grado de Viscosidad
40 - 50	40
60 - 70	20
85 - 100	10
120 - 150	5
200 - 300	25

Fuente: MTC, 2013

f) Emulsión asfáltica

Es un material compuesto por cemento asfáltico, emulsificante y agua; son usados en los riegos de imprimación y liga, sellos, tratamientos superficiales. Para su control se debe exigir su certificado de calidad, para verificar las características y requisitos solicitados. Se tiene cuidado al momento del vaciado, evitando que exista manipulación, así se evitará cualquier alteración del producto.

g) Fresado del pavimento asfáltico

Esta actividad consiste en cortar un determinado espesor de la carpeta de rodadura de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto. El equipo considerado para realizar este trabajo es una máquina fresadora que se encuentre en óptimas condiciones garantizando una correcta ejecución de esta actividad. Como requerimiento previo se debe hacer una limpieza a la superficie para proceder con el fresado, el material extraído se irá acumulando hacia un volquete para luego proceder a llevarlo a un centro de acopio indicado.



Figura 18. Descarga de material fresado hacia volquete

Elaborado por: los autores

2.2.3. Caracterización de las muestras del pavimento

Se caracteriza algunas propiedades de las muestras extraídas del pavimento como lo son los espesores de la carpeta, la ubicación en la que se encuentra la geomalla y el grado de compactación alcanzado en campo con el fin de conocer las condiciones reales del pavimento obtenidas luego de las actividades de mantenimiento.

MTC E 507: Espesor de especímenes compactados de mezclas asfáltica

Determinar el espesor de un espécimen del pavimento es usualmente utilizado para verificar que se haya colocado la cantidad adecuada de materiales según las especificaciones técnicas del proyecto.

Un paso previo a la toma de medidas de los espesores de los especímenes del pavimento es realizar la uniformización de las muestras extraídas, mejorando las superficies de contacto con la máquina de aplicación de carga.

Los instrumentos utilizados para realizar una medición directa del espesor son una regla, una wincha, calibradores u otros dispositivos que puedan medir en intervalos de hasta 0,10 cm.

Se deben efectuar un total de cuatro mediciones entre la superficie superior e inferior y el promedio de estas será registrado como el espesor del espécimen. Puede obtenerse el espesor de especímenes densos, uniformes y con un porcentaje de vacíos menor al 10%, dividiendo el volumen de la muestra entre el área de la sección transversal del espécimen. Ejemplo de este tipo de muestras son las briquetas elaboradas en laboratorio para el ensayo de Marshall y los núcleos extraídos del pavimento con broca diamantina.



Figura 19. Toma de medidas a especímenes del pavimento

Elaborado por: los autores

MTC E 509: Grado de compactación de una mezcla bituminosa

Para determinar el grado de compactación que presentan los especímenes se debe conocer la relación que existe entre el peso específico de esta muestra con el peso específico de un espécimen estándar que contenga los mismos materiales y características para lo cual se seguirá los procedimientos indicados en la norma MTC E 514.

Según el Método B de esta norma cuando la muestra pertenezca a un núcleo extraído del pavimento terminado, luego de terminar la perforación se debe extraer cuidadosamente con dispositivos adecuados, además cuando el TNM del agregado se igual o menor a 25mm, la broca diamantina deberá tener un diámetro de 100 mm, si el TNM es mayor, la broca deberá tener un diámetro de 150 mm.

Una vez obtenidos estos datos previos se determinará el grado de compactación dividiendo el Peso Específico de la muestra del pavimento entre el Peso Específico del espécimen estándar compactado en laboratorio, a este resultado se multiplicará por 100 para expresarlo en porcentaje.

$$\text{Grado de compactación} = \frac{\text{Peso específico muestra de pavimento}}{\text{Peso específico espécimen estándar}} \times 100$$

MTC E 514: Peso específico aparente y peso unitario de especímenes

Esta norma se utiliza como parte del proceso para calcular el grado de compactación, determinando el peso unitario y específico de muestras de pavimento asfáltico compactadas. A demás se utiliza para hallar el porcentaje de vacíos de aire mediante la norma MTC 505.

Los instrumentos necesarios para la aplicación de esta norma son una balanza que muestre valores de al menos tres cifras decimales y un recipiente con capacidad suficiente para poder sumergir en agua el espécimen.

Las muestras para ensayar pueden ser briquetas elaboradas en laboratorio o extraídas como núcleos del pavimento terminado. Además, los diámetros de estos deben medir por lo menos 4 veces el tamaño máximo del agregado con un espesor de al menos 1.5 veces el tamaño máximo del agregado.

Para determinar los valores de Peso específico aparente y Peso unitario de especímenes se aplica el procedimiento para especímenes completamente secos:

- Dejar 1 hora el espécimen y luego pesar para obtener el peso en el aire del espécimen seco. (A)
- Sumergir el espécimen en un baño con agua a 25 °C entre 3 y 5 minutos y luego pesar para obtener el peso del espécimen en agua. (C)
- Finalmente extraer y secar la superficie del espécimen y volver a pesar para obtener el peso en el aire del espécimen saturado con superficie seca. (B)

Para calcular los valores deseados se aplicará la siguiente fórmula:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

- A = Peso del espécimen seco en el aire
- B = Peso en el aire del espécimen saturado con superficie seca
- C = Peso del espécimen en agua
- B-C = Peso del volumen del agua correspondiente al volumen del espécimen a 25 °C

Luego se calcula el peso unitario del espécimen de la siguiente manera:

$$\text{Peso unitario} = \text{Peso específico aparente} \times 997,0$$

Donde:

$$997,0 = \text{Peso unitario del agua en kg/m}^3 \text{ a } 25 \text{ °C (0,9970 g/cm}^3\text{)}$$

2.2.4. Comportamiento mecánico del pavimento flexible

Según el Instituto Mexicano del Transporte (2018), los pavimentos tienen distintas propiedades como las de elasticidad, plasticidad y viscosidad de acuerdo al tipo de material que contengan estos.

Tabla 4. Comportamiento de los materiales

Tipos de Material	Elasticidad	Plasticidad	Viscosidad
Cemento	X		
Concreto	X		
Materiales Granulares	X	X	
Materiales Asfálticos	X		X
Asfalto	X	X	X

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte, 2018

Para la evaluación del comportamiento mecánico de las muestras del pavimento flexible se están utilizando los valores resultantes del ensayo a compresión, fuerza y deformación, y de estos valores se calcula indirectamente la rigidez que presentan las mismas muestras.

Resistencia a la compresión simple de muestras asfálticas

Para evaluar el comportamiento mecánico del pavimento flexible existen diferentes métodos como el ensayo de estabilidad y flujo por el método Marshall, ensayo de tracción indirecta, entre otros los cuales se descartaron, con el criterio de que para evaluar y conocer las propiedades que aportaba la geomalla de acuerdo a su colocación horizontal al plano de la superficie del pavimento se requería la aplicación de una fuerza axial perpendicular a esta.

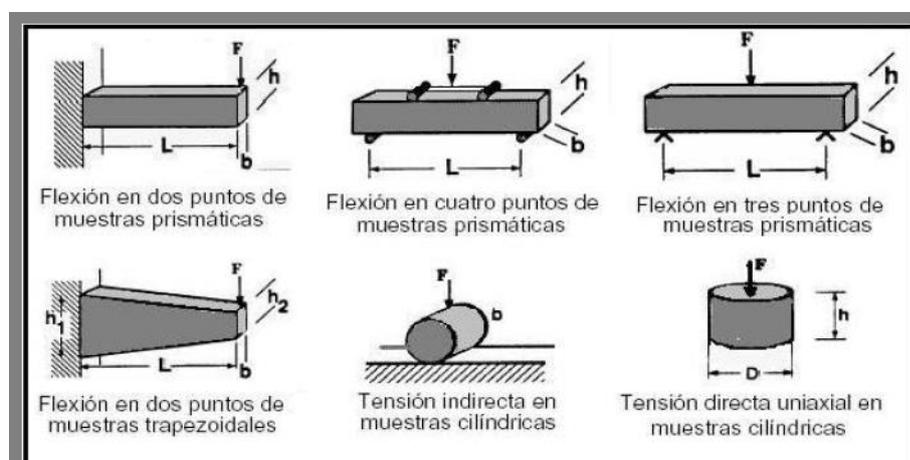


Figura 20. Tipos de ensayo de flexión y tensión sobre mezclas bituminosas.

Fuente: Dussán y Flautero, 2005

Se determinó emplear el ensayo de la norma MTC E 513 Resistencia a la Compresión simple de mezclas asfálticas, del *Manual de Ensayo de Materiales (2016)* del MTC, mediante este ensayo se mide la resistencia a la compresión de especímenes de mezcla asfáltica compactadas.

El instrumento más importante para la realización de esta prueba es la máquina de aplicación de carga vertical con capacidad suficiente que proporcione rangos controlables de deformación vertical.



Figura 21. Máquina de aplicación de carga axial

Elaborado por: los autores

Se define el procedimiento para el ensayo a compresión el cual se realiza de la siguiente manera:

- Mantener los especímenes de prueba en un baño ventilado no menor de 4 horas de duración a una temperatura de 25 ± 1 °C
- Posteriormente aplicarle una compresión axial sin confinamiento lateral a una velocidad de deformación vertical de 0.05 mm/min*mm de altura hasta llevarlo a la fractura de la muestra.
- Registrar los valores de carga mostrados por la máquina de compresión y la medida de la deformación de los especímenes.

Finalmente, para el cálculo de la resistencia a la compresión se divide la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal del espécimen de prueba.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

σ = Esfuerzo normal (KN/m²)

P = Carga máxima aplicada a la briqueta (KN)

A = Área de sección transversal de espécimen de prueba (m²)

Deformación

Según el Instituto Mexicano del Transporte (2018), las cargas de los neumáticos de los vehículos generan esfuerzos verticales sobre la carpeta asfáltica de pavimentos flexibles, produciendo compresión sobre estos materiales, observándose fallas como surcos o roderas como resultado de este esfuerzo. La magnitud de esta deflexión guarda relación con la rigidez total del pavimento, cuanto mayor sea la deflexión mayor será el esfuerzo transmitido hacia las capas inferiores, por lo tanto, el pavimento será más susceptible de sufrir fallas estructurales.

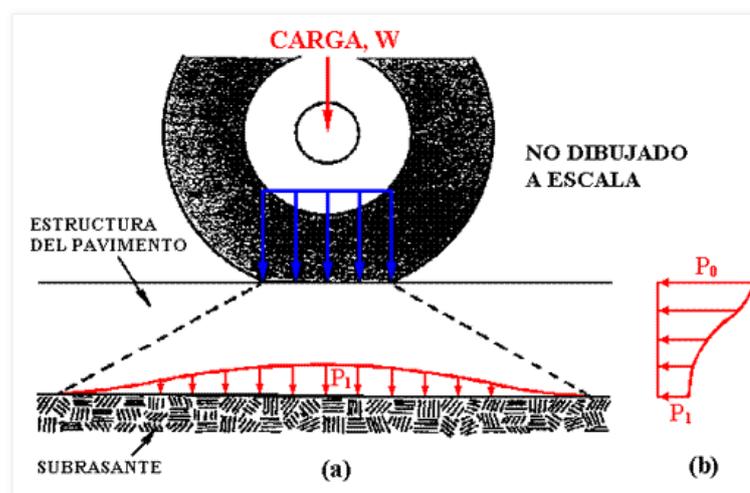


Figura 22, Propagación de la carga en la estructura del pavimento

Fuente: www.ingenierocivilinfo.com

La magnitud de la deformación puede medirse durante el ensayo tracción o compresión realizado a los especímenes del pavimento.

Adicionalmente para calcular el módulo de rigidez se calcula la deformación unitaria que está definida como la variación del espesor por unidad de longitud. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Deformación unitaria}(\varepsilon) = \frac{\Delta L}{L}$$

Donde:

ε = Variación del espesor por unidad de longitud

ΔL = Altura final – Altura inicial de la muestra

L = Altura o espesor inicial de la muestra

Rigidez del pavimento

Según la Norma Española UNE-EN 12697-26 (2012) al caracterizar las muestras en función de su rigidez, se permite estimar el comportamiento estructural de la carretera.

Según la Norma Española UNE-EN 12697-26 (2012) la rigidez es la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria calculada de la siguiente manera:

$$\text{Módulo de Rigidez (E)} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Donde:

σ = Esfuerzo normal (KN/m²)

ε = Variación del espesor por unidad de longitud

E = Módulo de rigidez (KN/m²)

Para la determinación del módulo de rigidez se pueden realizar ensayos con cargas pulsantes o sinusoidales mediante los siguientes ensayos:

- Ensayos a flexión
- Ensayos de tracción indirecta
- Ensayos de tracción directa uniaxial

También existen ensayos donde la carga aplicada no es sinusoidal, se aplica cargas a velocidad de deformación controlada adoptándose el ensayo de tracción directa uniaxial como guía al método de prueba.

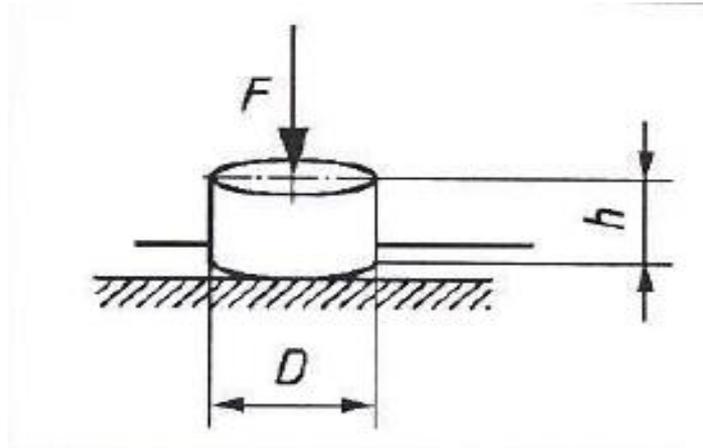


Figura 23. Carga axial sobre probeta cilíndrica

Fuente: Icontec, 2012

2.2.5. Refuerzo de pavimentos

Existe una variedad de opciones para el reforzamiento de los pavimentos flexibles, como los geosintéticos, geotextiles, mallas de acero, entre otros, que de acuerdo con las necesidades del proyecto se colocan desde el nivel del suelo, a nivel de la carpeta asfáltica o entre las capas intermedias que se encuentran entre ambas. De acuerdo al tipo de material se tiene:

a) Aramida

Según Andex (2018), las mallas biaxiales de aramida son una clase de fibra de alta resistencia térmica y alto servicio mecánico, gracias a su alto módulo de elasticidad, sufren roturas dúctiles. Se emplea como refuerzo de pavimentos a nivel de carpetas asfálticas, bases granulares, subbases y bases.



Figura 24. Colocación de mallas biaxiales de aramida

Fuente: Andex, 2018

b) Fibra de vidrio

Según Pavco (2018), las geomallas flexibles, que se usan entre capas, para el control de agrietamiento por reflexión, fatiga y deformaciones. Posee un alto módulo de elasticidad, es un material fácil de reciclar, ya que proviene de origen mineral, su punto de ebullición está entre los 800 y 850 °C, esto hace que se pueda trabajar con cualquier asfalto.

Según Bianchini – Maccaferri (2016), las geomallas de fibra de vidrio son compuestos creados para el refuerzo de estructuras de pavimentos donde existe baja portabilidad del suelo.



Figura 25. Geomalla de fibra de vidrio

Fuente: Maccaferri, 2016

Según Tensar (2013), las geomallas biaxiales están compuestas por hilos de fibra de vidrio, cada uno de esos hilos posee una alta resistencia a la tensión y un alto módulo de elasticidad. Esta geomalla impide el agrietamiento por fatiga y reflexión, es de fácil instalación, en un día de trabajo se pueden instalar hasta 20000 m². De acuerdo a las investigaciones y pruebas realizadas como cargas cíclicas indican que al aplicar este refuerzo la duración es hasta cinco veces más comparado con un pavimento tradicional.



Figura 26. Colocación de geomallas biaxiales

Fuente: Tensar, 2013

c) Acero

Según Prodac (2014), las mallas Mesh Track, son mallas de acero a doble torsión, con unión de tipo tejido, además cuentan con protección de aluminio y zinc, de esta manera se evita la corrosión. Esta malla tiene la característica de aumentar la resistencia estructural, y distribuye de una mejor manera las cargas, también retarda la aparición de fisuras, grietas. Se usa en la rehabilitación y diseño de carreteras.



Figura 27. Colocación de malla de acero

Fuente: Prodac, 2014

d) Poliéster

Según Geomatrix (2018), las mallas biaxiales están compuestas de fibra multifilamento de poliéster de alta tenacidad, que son diseñadas para controlar el reflejo en capas de concreto asfáltico, garantiza una alta resistencia a la tensión y a las cargas cíclicas, de esta manera se prolonga su vida útil, y se reducen los costos generados por el mantenimiento de las vías.



Figura 28. Colocación de geomalla biaxial de poliéster

Elaborado por: los autores

e) PP (Polipropileno)

Según Geosistemas (2017), las geomallas biaxiales de polipropileno son fabricados mediante el proceso de estiramiento de alta calidad, formándose las grillas, a través de los nodos de su estructura, se obtiene una mejor adherencia de las partículas del suelo. Esta geomalla posee una alta resistencia a la tracción en ambas direcciones, posee también una buena resistencia a los agentes externos como los hongos, sulfatos, entre otros. Se usa para otorgar estabilidad al suelo, reforzar la sub-base, bases, vías pavimentadas y sin pavimentar. El producto es de sencilla instalación, de esta manera permite el ahorro de costo en horas-hombre y beneficio de durabilidad del pavimento.



Figura 29. Geomalla biaxial de polipropileno

Fuente: Geosistemas, 2017

f) PEAD (Geomalla de polietileno de alta densidad)

Según Gerfor (2021), son geomallas triaxiales, llamados Geoceldas, está elaborado con polietileno de alta densidad, tienen la característica de ser flexibles, duraderas, estables, resistentes. Posee la capacidad de distribuir mejor la carga, al colocar esta geomalla se incrementa su coeficiente estructural, impidiendo el movimiento lateral inferior, para la estabilización de suelos, se pueden usar materiales no cohesivos como arena, limo, grava, entre otros; permite usar material de campo como relleno, a excepción de la arcilla y orgánico.



Figura 30. Geomalla triaxial de polipropileno

Fuente: Gerfor, 2021

A continuación, se muestra la relación Tensión – Deformación de los materiales de refuerzo mencionados:

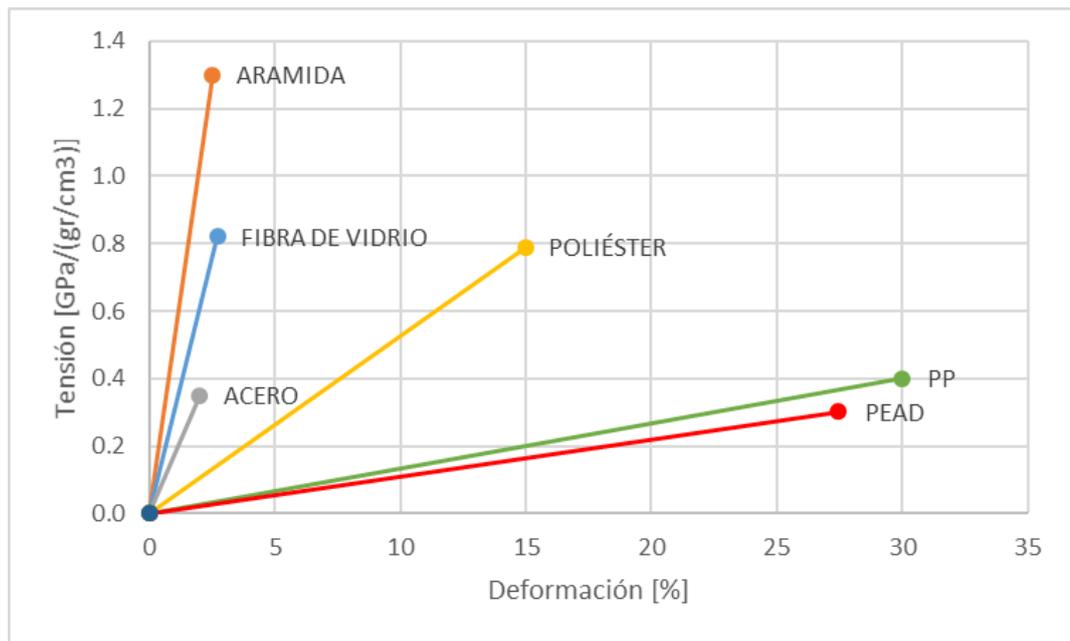


Figura 31. Propiedades de los materiales

Fuente: Pavco, 2018

2.2.6. Manual de diseño con geosintéticos de Pavco

El procedimiento de construcción aplicado en esta obra de mantenimiento es el mismo que se realiza con un pavimento convencional, con la diferencia que en la interfaz de la superficie del pavimento fresado con la nueva carpeta asfáltica se incluyó la geomalla biaxial en las zonas donde fue necesario este refuerzo de acuerdo con el estado del pavimento, fallas encontradas en la superficie fresada y criterio de los profesionales encargados del mantenimiento.

A continuación, se detalla los pasos para la aplicación de la geomalla biaxial.

a) Fresado del pavimento

Para el mantenimiento de este pavimento se inició con el fresado de la carpeta asfáltica existente con una máquina fresadora de asfalto la cual remueve unos 5 cm de la carpeta asfáltica, eliminando constantemente esta mezcla extraída hacia un volquete que la acompaña por delante hasta alcanzar su tope de carga. Adicionalmente, en los lugares inaccesibles para la máquina fresadora se realiza un picado con roto martillo.



Figura 32. Fresado del pavimento

Elaborado por: los autores

b) Limpieza de la superficie

Después del fresado de un tramo del pavimento inicial, se inició la limpieza de los restos producto de la actividad anterior. Esta limpieza inicial se realiza adaptando un accesorio al minicargador para que barra y aspire la mayor cantidad de restos posibles. Posteriormente, se realizó una limpieza utilizando un soplador de aire que garantice la máxima eliminación de polvillo que haya quedado en la superficie y entre las grietas con el fin de lograr una mejor adherencia de la capa que se colocará sobre esta.



Figura 33. Limpieza de superficie con soploadores mecánicos

Elaborado por: los autores

c) Identificación y tratamiento de fallas

Se realizó una inspección visual a la superficie limpia con el fin de identificar los tipos y severidad de fallas, así como las zonas en donde se requiera la colocación de la geomalla biaxial. En los lugares que se requirió, se niveló la superficie y se hizo un tratamiento adecuado a las fallas existentes.



Figura 34. Inspección e identificación de fallas

Elaborado por: los autores

d) Ligante asfáltico

Posteriormente se aplicó el riego de liga a presión constante, a temperatura promedio de 60°C, sobre toda la superficie adecuada para obtener una mejor adherencia entre la superficie fresada y el nuevo pavimento. Para esta tarea se empleó un tanque imprimador, con una boquilla de expansión, para que así se aplique un riego uniforme.



Figura 35. Aplicación de riego de liga

Elaborado por: los autores

e) Instalación del geosintético

La instalación de la geomalla puede ser realizada de forma manual o mecánica. Se necesitó de una pequeña cuadrilla que asegure la colocación, el desenrollo y la eliminación de arrugas, sin necesidad de que esta mano de obra sea especializada.

Tener en cuenta las siguientes recomendaciones para la instalación:

- Traslape mínimo de 15 cm en cualquier dirección
- Considerar una separación de 10 cm con el borde de la vía
- Espesor mínimo de capa de repavimentación de 5 cm
- Colocar la cara termofundida del geotextil hacia arriba

- El geotextil puede estar colocado directamente sobre la superficie fresada

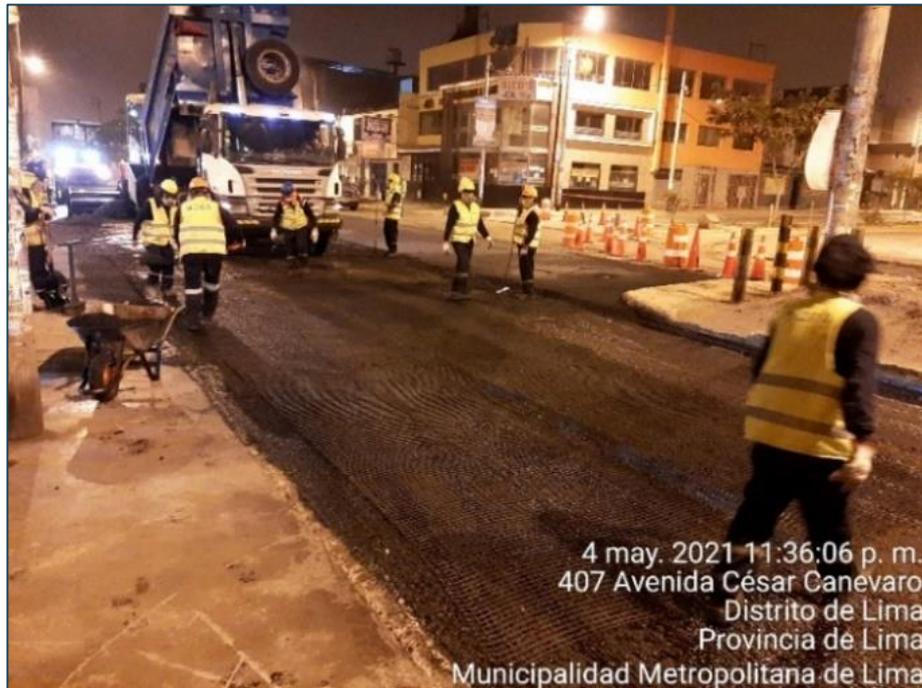


Figura 36. Colocación de geomalla biaxial

Elaborado por: los autores

f) Colocación de carpeta asfáltica

Previa medición de la temperatura de la mezcla asfáltica, mediante un termómetro digital, se verifica que esta no sea menor a 140°C, luego se posiciona la máquina pavimentadora debidamente calibrada para colocar una carpeta asfáltica de 5 cm de espesor, el cual se comprueba durante el proceso mediante un medidor de espesor de carpeta. En zonas de intersecciones se realizó la colocación de la mezcla de forma manual.



Figura 37. Colocación de carpeta asfáltica con pavimentadora

Elaborado por: los autores

g) Compactación de carpeta asfáltica

Finalmente, se realizó la compactación mediante el rodillo liso compactador, rodillo neumático con un total de 25 ciclos y compactación manual en zonas no accesibles para la maquinaria.



Figura 38. Compactación de carpeta asfáltica

Elaborado por: los autores

2.3. Definición de términos básicos

- **Carpeta asfáltica:** capa superficial de un pavimento asfáltico, llamada también carpeta de rodadura o capa de desgaste. (Sencico, 2010)
- **Compactación:** es un proceso por el cual se busca reducir el volumen de vacíos de del concreto asfáltico para incrementar su capacidad de soporte. (MTC, 2013)
- **Comportamiento mecánico:** según Colegio Mexicano de Ingenieros Civiles A.C. (2018) es la respuesta de un cuerpo sometido a fuerzas externas a través del cual se determinan sus propiedades como la resistencia y deformación.
- **Concreto asfáltico:** es una mezcla densa y uniforme de agregados y cemento asfáltico. (Sencico, 2010)
- **Lechada asfáltica:** es un mortero asfáltico resultante de la mezcla de gravilla, arena, filler, agua y emulsión asfáltica.
- **Estructura del pavimento:** está compuesto por capas de mezcla asfáltica y bases granulares colocadas sobre una capa sub-rasante natural o estabilizada. (Sencico, 2010)
- **Fisuras:** son rajaduras abiertas que no presentan pérdida de material, tienen un ancho menor o igual a 3 mm. (MTC, 2013)
- **Fresado:** consiste en recortar en frío un determinado espesor de la superficie del pavimento. (MTC, 2013)
- **Geotextiles:** es un tipo de geosintético elaborado de un material textil plano permeable polimérico. (Pavco, 2012)
- **Grado de compactación:** Según Narváez, el grado de compactación es la relación que se tiene de la densidad seca y la densidad seca máxima del suelo, determinado mediante un ensayo Proctor.
- **Grietas:** son hendiduras o rajaduras abiertas que presentan pérdida de material, tienen un ancho mayor a 3 mm. (MTC, 2013)
- **Imprimación asfáltica:** asfalto diluido aplicado sobre la base granular para impermeabilizarla y lograr su adherencia con la carpeta asfáltica. (MTC, 2013)

- **Pavimento:** estructura compuesta por capas que se apoya sobre un terreno preparado para soportarla hasta cumplir un determinado periodo. (Sencico, 2010)
- **Pavimento flexible:** pavimento con superficie de concreto asfáltico, compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden o no apoyarse sobre una base y una subbase granulares. (Sencico, 2010)
- **Resistencia a la compresión:** según el MTC, es un ensayo que se realiza a una muestra o testigo de forma cilíndrica en una prensa, donde se aplicará una fuerza hasta la rotura.
- **Riego de liga:** Según MTC, es la aplicación de manera distribuida del material asfáltico, sobre una superficie de concreto o asfalto existente, con el fin de lograr una óptima adherencia entre la nueva carpeta y la existente.
- **Tráfico:** determinación del número de aplicaciones de carga por eje simple equivalente, evaluado durante el periodo de diseño del proyecto. (Sencico, 2010)
- **Vías arteriales:** son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez media, que se integran al sistema de vías expresas y distribuir o repartir el tráfico a las vías colectoras y locales. (Sencico, 2010)
- **Vías urbanas:** espacio destinado al tránsito de vehículos y personas que se encuentran dentro del límite urbano. Se clasifican en: vías expresas, vías arteriales, vías colectoras y vías locales. (Sencico, 2010)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Aplicando geomallas biaxiales en el refuerzo de pavimentos se mejora el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida César Canevaro.

2.4.2. Hipótesis específicas

- **H1:** La aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica incrementa la resistencia a la compresión bajo carga axial del pavimento flexible.
- **H2:** La aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica disminuye la deformabilidad del pavimento flexible.
- **H3:** La aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica incrementa la rigidez del pavimento flexible.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño metodológico

El proceso metodológico empleado para esta investigación se muestra en el siguiente diagrama.

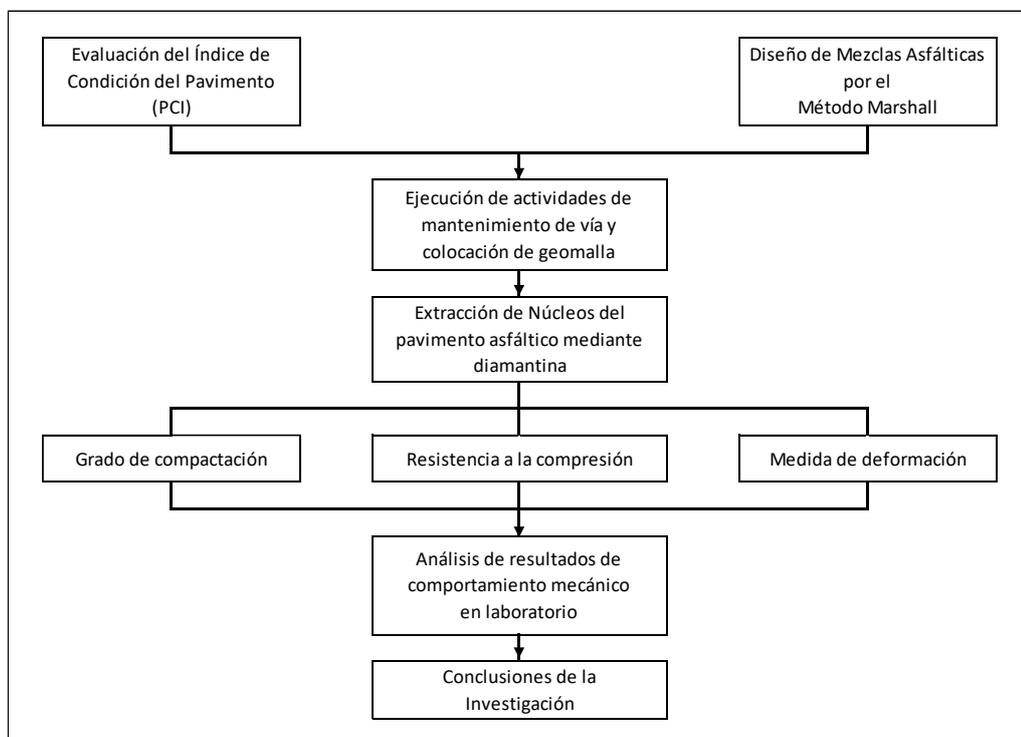


Figura 39. Proceso metodológico de la investigación

Elaborado por: los autores

A continuación, se define el enfoque, tipo, nivel y diseño de la investigación.

3.1.1. Tipo de la investigación

Es de **tipo aplicada** porque se utilizarán los conocimientos relacionados a la carrera de Ingeniería Civil y propone la implementación de las geomallas biaxiales como refuerzo adicional en pavimentos para lo que se verificará las hipótesis mediante los ensayos elegidos.

3.1.2. Nivel de la investigación

De acuerdo a los objetivos planteados en esta investigación se debe experimentar, describir y explicar el comportamiento de las muestras, la cantidad de información necesaria en este estudio fue regular, se tuvo un tamaño de muestra menor a 30 unidades, en el acceso a las muestras se tuvo un cierto grado de dificultad y los instrumentos para el procesamiento de datos arrojaron resultados cuantitativos, por lo que se deduce un análisis de **nivel descriptivo** conforme a las características mencionadas. Además, según el periodo de tiempo es **transversal** porque la evaluación de las muestras se realizó en un único y determinado tiempo.

3.1.3. Enfoque de la investigación

Desde el punto de vista de los objetivos se busca medir los valores del desempeño mecánico del pavimento mediante los ensayos de evaluación que se realizaron a las muestras con y sin refuerzo en laboratorio, además de que los resultados fueron numéricos por lo que se deduce que la presente investigación tuvo un **enfoque cuantitativo**.

3.1.4. Diseño de la investigación

Según el propósito del proyecto, el diseño de la investigación es **experimental** debido a que en el desarrollo del estudio se utilizaron las geomallas biaxiales durante las actividades de mantenimiento, además se realizaron ensayos a las muestras extraídas del pavimento.

3.2. Definición de las Variables

En la presente investigación se identificaron las variables dependiente e independiente, donde la variable independiente son las geomallas biaxiales y la variable dependiente es el comportamiento mecánico del pavimento flexible.

- **Geomallas biaxiales (V.I.):** según Pavco (2012), son geomallas flexibles colocadas en las capas del pavimento utilizadas principalmente para control de reflexión de grietas y deformaciones.
- **Comportamiento mecánico del pavimento flexible (V.D.):** según Colegio Mexicano de Ingenieros Civiles A.C. (2018) es la respuesta de un cuerpo sometido a fuerzas externas a través del cual se determinan sus propiedades como la resistencia y deformación.

3.3. Operacionalización de las variables

Tabla 5. Operacionalización de las variables

VARIABLES			
V. INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Geomallas Biaxiales	Propiedades mecánicas de la geomalla biaxial	Resistencia a la tracción	N/mm ²
		Resistencia al corte	N
		Módulo de elasticidad	KN/mm ²

V. DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Comportamiento mecánico del pavimento flexible	Resistencia a la compresión bajo carga axial	Esfuerzo	KN/ m ²
	Deformabilidad	Deformación	mm
	Rigidez	Esfuerzo Deformación unitaria	KN/m ²

Elaborado por: los autores

3.4. Población y muestra

La población en esta investigación está compuesta por la carpeta asfáltica terminada que tiene una longitud de 2100 metros en el sentido norte - sur, y sentido sur – norte 2100 metros, con un ancho promedio de 6.20 metros, obteniéndose un área total de pavimento de 26040.00 m² aproximadamente en carril de ida y vuelta de la Avenida César Canevaro entre el tramo desde Avenida Mariano Pastor Sevilla hasta Avenida Guillermo Billinghurst, ubicada en el Distrito de San Juan de Miraflores, Provincia y Departamento de Lima.



Figura 40. Ubicación de Avenida César Canevaro

Fuente: Google Maps, 2021

El muestreo aplicado en esta investigación de diseño experimental es el de asignación por conveniencia, es decir, que los especímenes extraídos se seleccionaron de acuerdo con la disposición del refuerzo colocado en el pavimento. Las muestras corresponden a los especímenes extraídos del pavimento para evaluación del desempeño, que según la norma del MTC, se requiere un mínimo de 03, para el caso de esta investigación se extrajeron 03 con refuerzo y 03 sin refuerzo.



Figura 41. Pavimento terminado

Elaborado por: los autores

Los criterios para la aceptación de las muestras extraídas con diamantina son los siguientes:

- Sección de la muestra debe ser uniforme
- Muestra completa al momento de la extracción, no partida
- Obtener el espesor requerido para los ensayos
- Muestras no contaminadas, libres de polvo y otros residuos



Figura 42. Espécimen excluido de los ensayos

Elaborado por: los autores

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica aplicada para la recolección de datos es la observación, ya que se realizaron inspecciones visuales durante las actividades de mantenimiento con el objetivo de identificar las fallas y la severidad de estas, se realizó la toma de fotografías de todo el proceso realizado en la investigación, y mediante diamantina se extrajeron muestras del pavimento terminado para su posterior evaluación en laboratorio.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron los instrumentos para medición de longitudes como el odómetro o wincha, calibre de cursor digital para medir los espesores de las muestras con precisión, termómetro digital para verificar la temperatura de la mezcla y la máquina para extracción de núcleos mediante diamantina

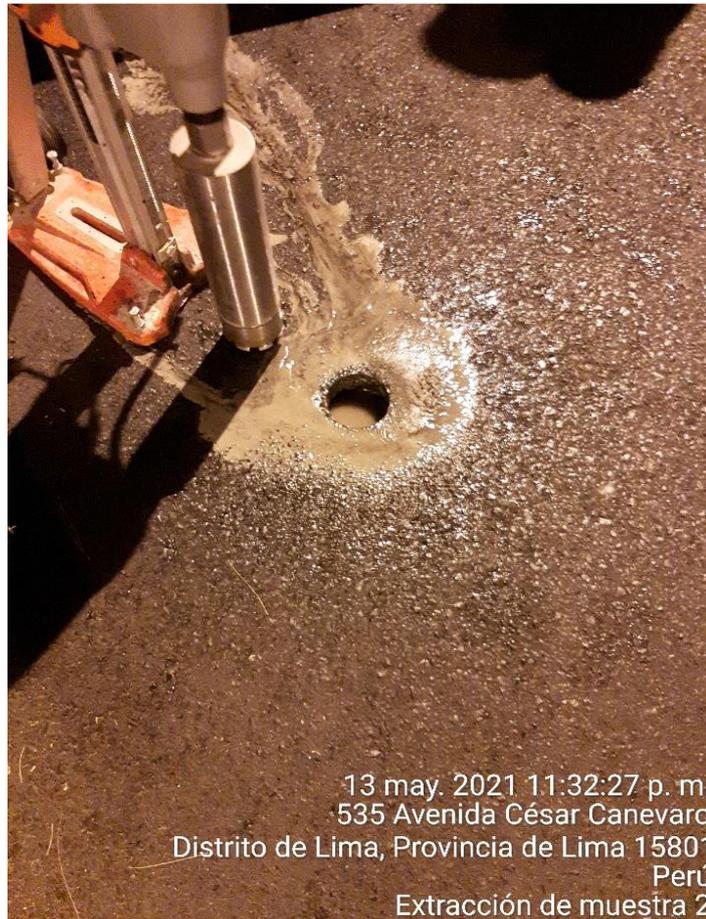


Figura 43. Máquina para extracción de núcleos

Elaborado por: los autores

3.6. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos

Para la obtención de datos para análisis se realizaron los ensayos de Grado de Compactación y Resistencia a compresión simple de mezclas asfálticas, posteriormente estos datos fueron procesados ordenándolos mediante cuadros con el programa Excel, se muestran los resultados correspondientes grado de compactación, resistencia a la compresión y medida de la deformación de los especímenes y se hicieron las comparaciones mediante las herramientas del mismo programa como gráfico de barras, histogramas, entre otros y para la descripción de los resultados y redacción de la investigación se utilizó el programa Word.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Información relativa al proyecto

Nombre del proyecto	: Servicio de fresado y colocación de mezclas Asfálticas para vías metropolitanas y otras vías
Avenida	: Av. César Canevaro (Av. Guillermo Billinghurst Hasta Av. Mariano Pastor Sevilla)
Ubicación	: Distrito de San Juan de Miraflores, Lima
Clima	: Promedio anual de temperatura de 18.5°C
Características de la vía	: 2 vías de 2 carriles cada una
Ancho de calzada	: 6.20 m promedio
Longitud de calzada	: 2100.00 m en cada sentido
Área total de pavimento	: 26 040.00 m ²

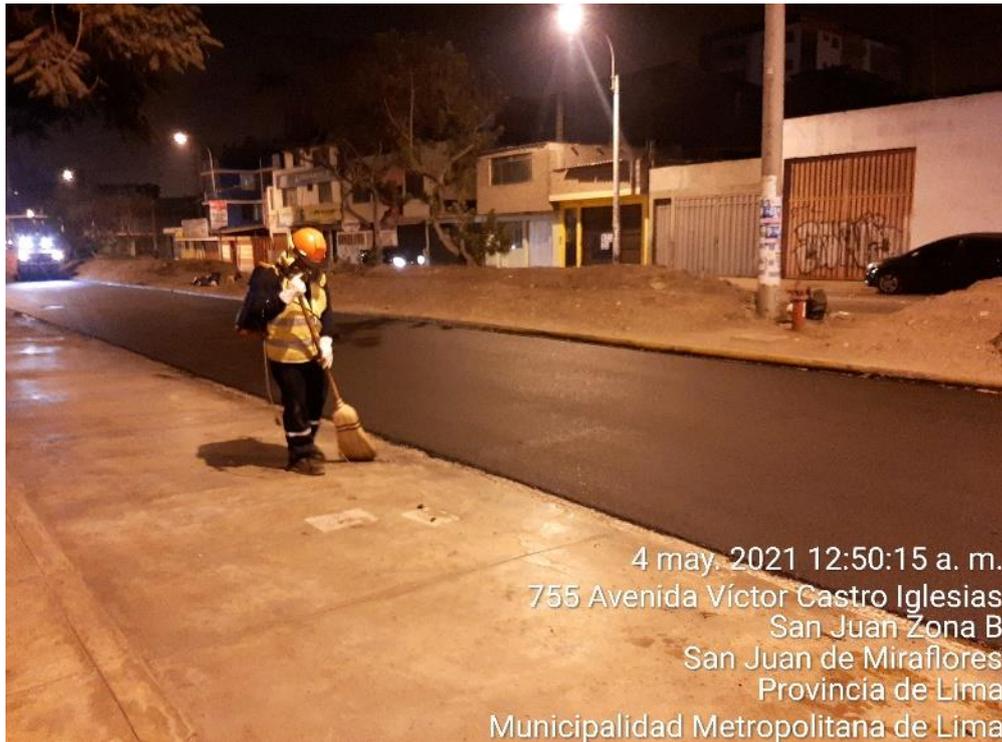


Figura 44. Pavimento terminado

Elaborado por: los autores

4.2. Evaluación del índice de condición del pavimento

Según un informe realizado por EMAPE en el mes de Setiembre del año 2020 referente a una evaluación de la condición del pavimento flexible de la Avenida César Canevaro, se identificaron 7 clases de fallas estructurales y superficiales: piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, hundimientos, abultamientos, huecos, presencia de desgaste superficial del ligante asfáltico y desprendimiento de agregados en la mayor parte de la vía.

De este análisis se deduce una condición predominante de tipo “REGULAR” (Ver Figura 45) con un valor del PCI de 49 y otra condición de tipo “BUENO” (Ver Figura 46) con un valor del PCI de 55 para los tramos de ida y vuelta respectivamente, por lo que se concluye que la vía requiere un mantenimiento de tipo correctivo.

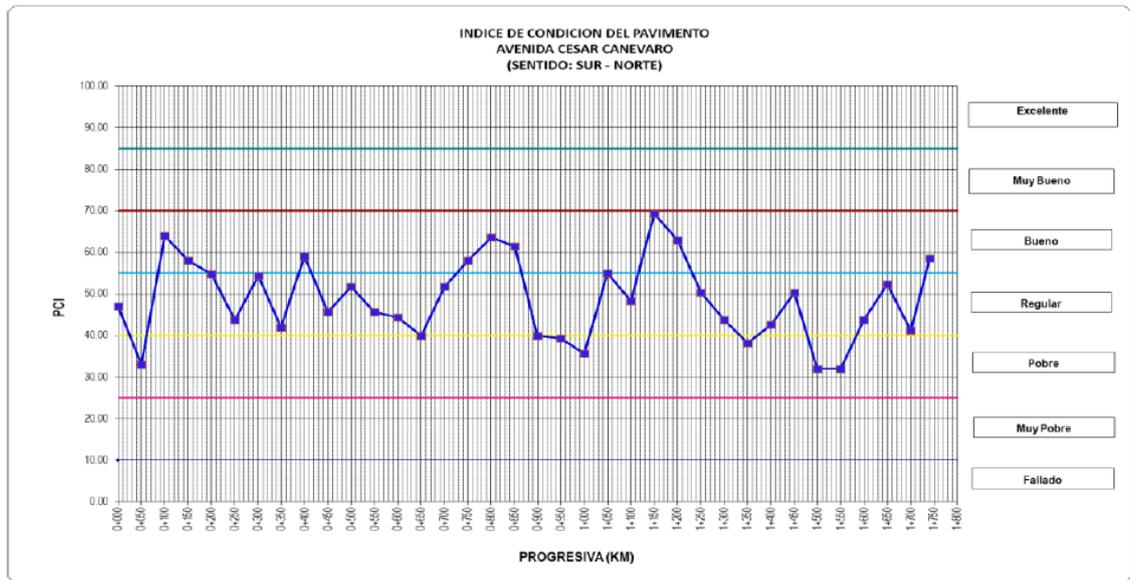


Figura 45. Variación del PCI. Sentido de Sur a Norte

Fuente: EMAPE, 2020

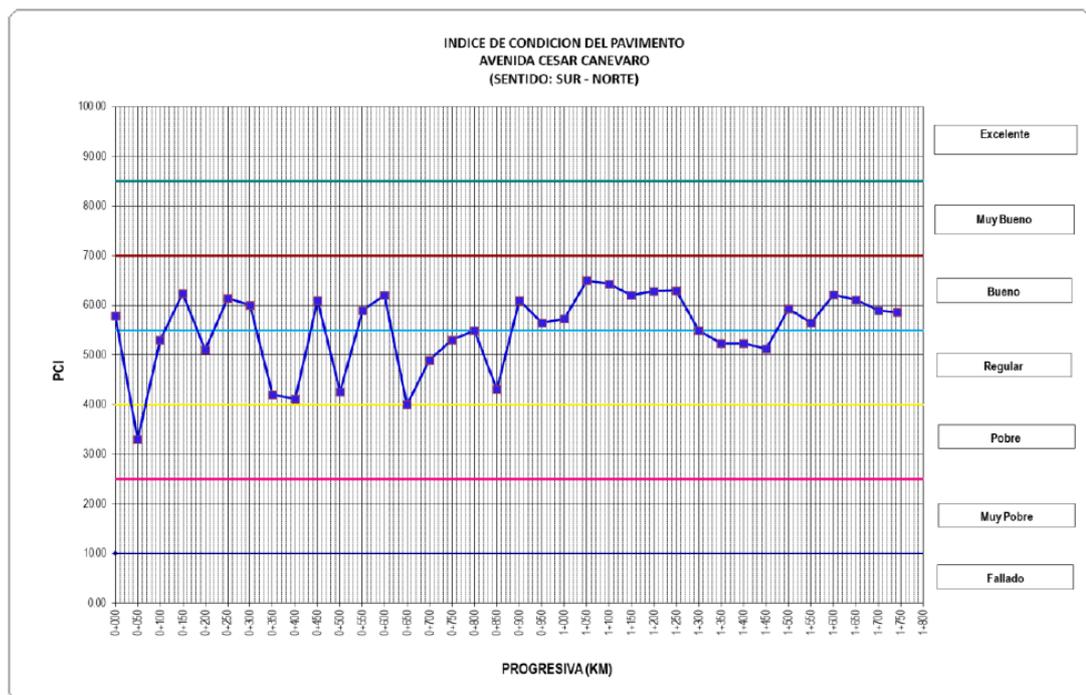


Figura 46. Variación del PCI. Sentido Norte a Sur

Fuente: EMAPE, 2020

4.3. Características de los materiales

a) De la mezcla asfáltica

El diseño de mezcla asfáltica en caliente se elaboró de acuerdo al Manual de Carreteras EG – 2013 del MTC,

eligiendo el tipo de cemento asfáltico de grado de penetración 60-70 utilizado en climas con temperatura media anual entre 15 y 24 °C, también se verificó que se realicen los ensayos necesarios a los agregados finos y gruesos cumpliendo con los requerimientos de la Tabla 423-01 y 423-02 presentes en este manual. La gradación utilizada para la elaboración de la mezcla asfáltica fue la gradación tipo MAC-1.

El diseño de mezcla establece los pesos porcentuales de la dosificación de la mezcla con respecto a los agregados secos mostrados en la tabla 6, por lo que se requiere conocer el contenido de humedad de los agregados, los cuales son Arena Chancada (Cantera Lurín) de TM < 3/8", Arena Chancada (Cantera Carapongo) de TM < 3/8" y Grava chancada (Cantera Carretera Central) de TM < 3/4" con una humedad de los agregados de 0.59%, 1.18% y 0.31% respectivamente, conocida esta información se corrige los pesos y se incluye el asfalto para cumplir con el diseño.

Tabla 6. Dosificación de mezcla sin asfalto y con asfalto

DOSIFICACIÓN	SIN C.A.P. 60-70	CON C.A.P. 60-70
CEMENTO ASFÁLTICO (60-70)	0.00%	5.40%
#1 Arena Chancada Lurín	35.00%	33.11%
#2 Arena Chancada Carapongo	17.00%	16.08%
# 3 Grava Chancada 3/4" Carretera Central	48.00%	45.41%

Elaborado por: los autores

De acuerdo con el diseño de mezcla se realiza una producción de prueba para verificar que la mezcla de concreto asfáltico cumpla con los requisitos como se muestra en la tabla 7 de acuerdo con las normas del MTC y a las especificaciones técnicas del proyecto.

Tabla 7. Requisitos para mezcla de concreto asfáltico

ESPECIFICACIONES MARSHALL	OBTENIDO	ESPECIFICACIÓN
N° DE GOLPES EN CADA EXTREMO DEL ESPÉCIMEN		75
ÓPTIMO CONTENIDO DE C.A.	5.40	
PESO UNITARIO (grs/cc)	2.405	Según diseño
VACÍOS (%)	4.3	3 - 5
RELACIÓN POLVO/ASFALTO (%)	1.2	0.6 - 1.3
V.M.A. (%)	16.6	mín. 14
VFA (%)	74.2	65 - 75%
FLUJO (mm)	3.4	2 - 4
FLUJO 0.01" (pulg)	13	8 - 14
ESTABILIDAD (kgs)	1223	mín. 831
ÍNDICE DE RIGIDEZ (kgs/cm)	3610	1700 - 4000
ESTABILIDAD RETENIDA (%)	87.7	mín. 75%
ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD	8.1	mín. 5

Elaborado por: los autores

b) Del geosintético

El tipo de geosintético utilizado para esta investigación es una geomalla de poliéster de alta tenacidad recubierta con copolímero bituminoso de alto desempeño llamada FORTGRID ASPHALT 140 fabricada por la empresa Geomatrix, el cual presenta algunas propiedades como resistencia a temperaturas de 240°C y una resistencia a la carga cíclica de 800 KN/m.



Figura 47. Geomalla Biaxial Fortgrid Asphalt 140

Elaborado por: los autores

4.4. Colocación de geomallas biaxiales

Siguiendo el Manual de Geosintéticos de Pavco detallado en las bases teóricas, como se observa en la figura 48 se colocaron de forma manual las geomallas biaxiales, esparciendo mezcla sobre la malla con el objetivo de fijarlos a la superficie en las zonas designadas por los supervisores que se muestran en los planos PG-01 y PG-02.

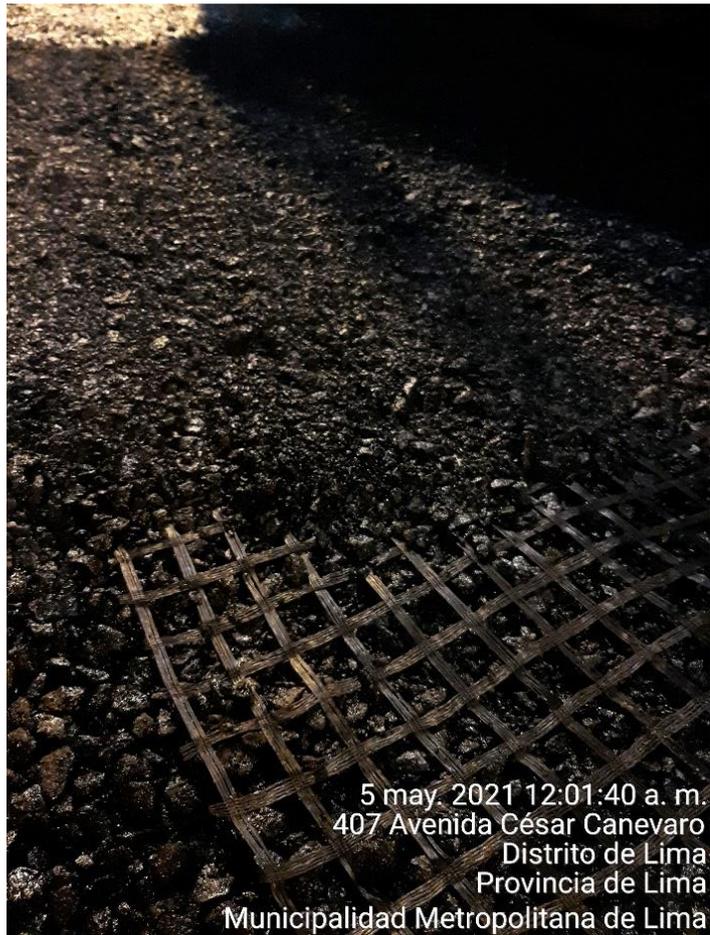
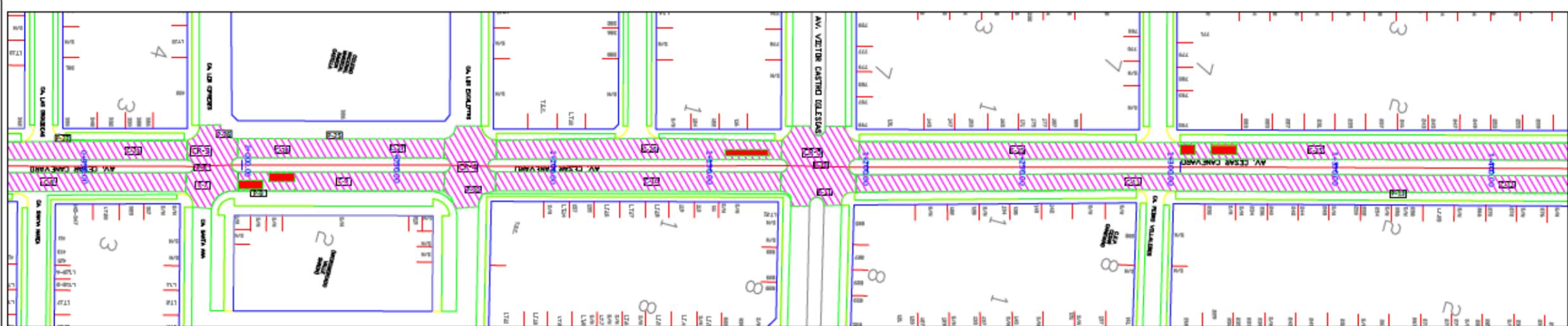
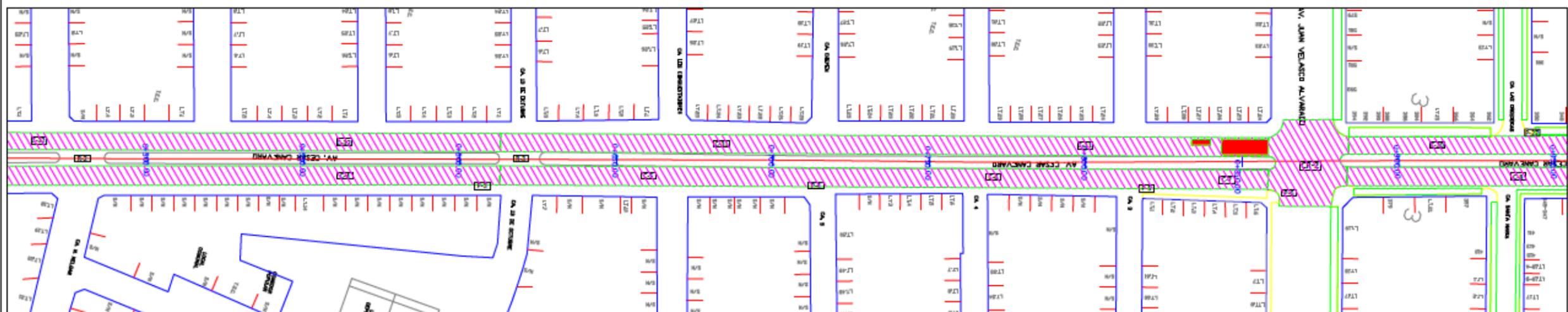
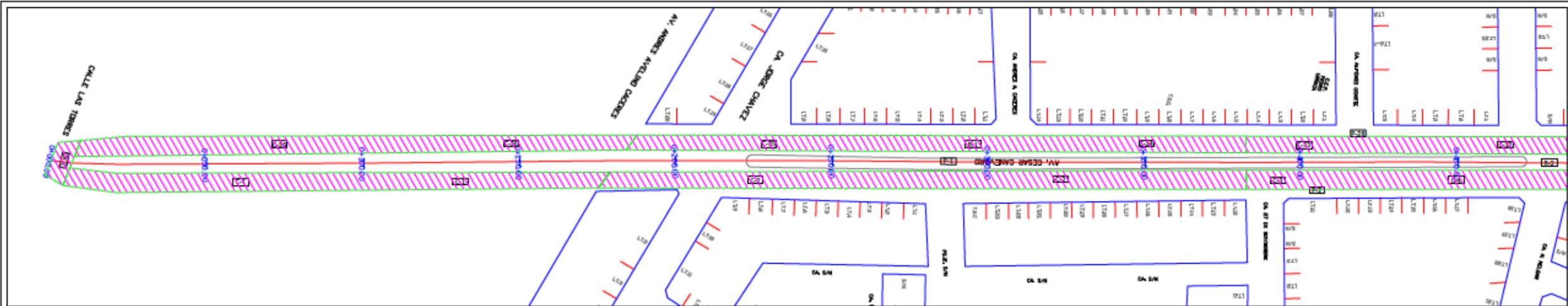


Figura 48. Colocación de Geomalla Biaxial

Elaborado por: los autores

Se dispuso la colocación de las geomallas biaxiales en los lugares donde se observaba zonas con requerimiento de refuerzo debido a las fallas presentes. Aproximadamente se colocó un total de 300 m² de geomallas biaxiales.



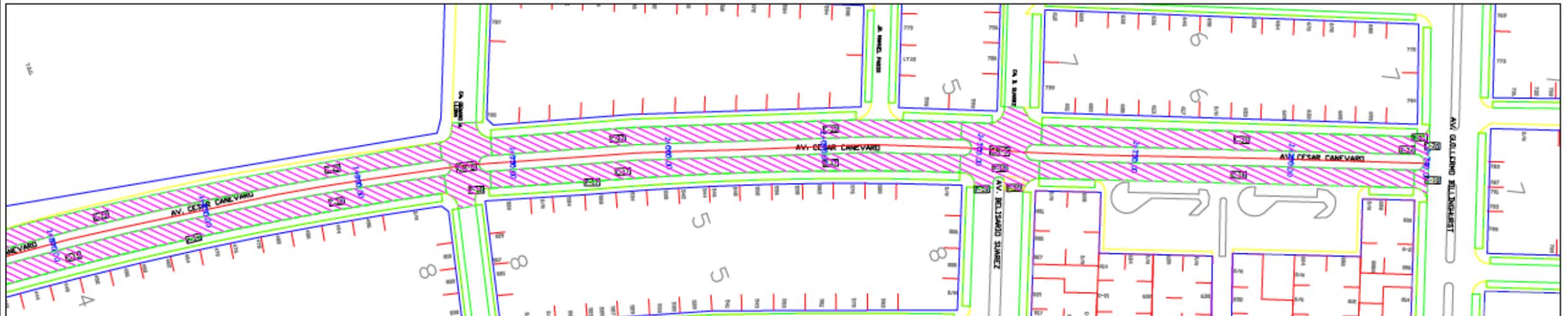
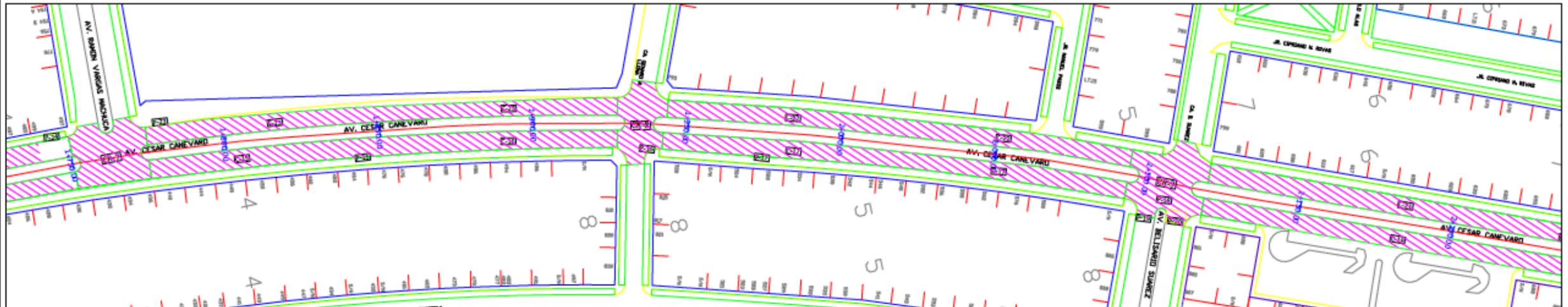
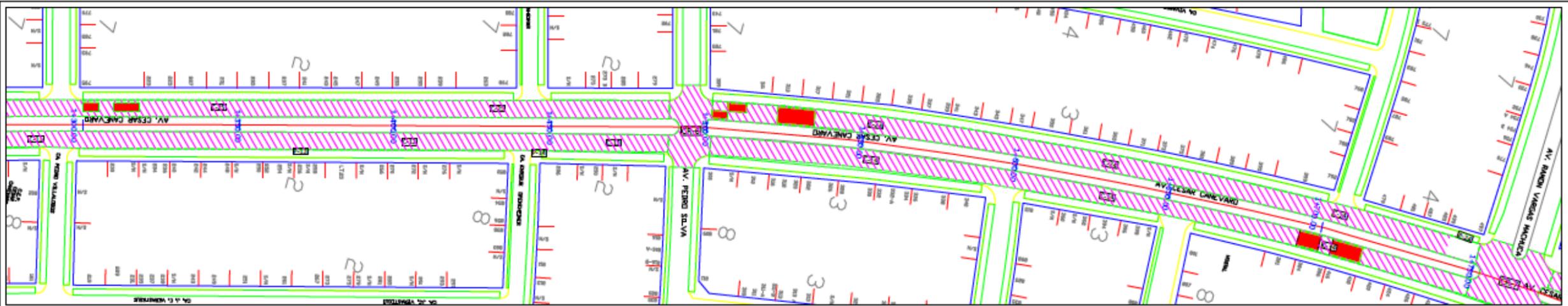
LEYENDA:
 AREA DE COLOCACIÓN DE GEOMALLA BIAJIAL (0,00)
 AREA DE FRESADO Y COLOCACIÓN (2100,00)

PLANO GENERAL 01
 UNIDAD DE MUESTRA 01
 04-000 - 1+350

TEMA: APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAJIALES EN EL REFUERZO DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CESAR CANAVARO UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA

BACHILLERES:
 JOFFRE PERALES VERGARA
 ROBERTO ARCE HUAMANI
 FECHA:
 MAYO 2021

ESCALA S/E
 LAMINA N° PG - 01



 USMP FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	LEYENDA:  AREA DE COLOCACIÓN DE GEOMALLA BIAJIAL (0,00)  AREA DE FRESADO Y COLOCACIÓN (2100,00)	PLANO GENERAL 02 UNIDAD DE MUESTRA 01 1+350 - 2+741	TEMA: APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAJIALES EN EL REFUERZO DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CESAR CANEVARO UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA	BACHILLERES: JOFFRE PERALES VERGARA ROBERTO ARCE HUAMANI	ESCALA S/E
				FECHA: MAYO 2021	LAMINA N° PG - 02

4.5. Extracción de muestras

En esta etapa se realizaron las extracciones de los núcleos del pavimento mediante diamantina con la finalidad de comparar el comportamiento real de la vía con refuerzo y sin refuerzo y con las características alcanzadas en las actividades de mantenimiento, se extrajeron 3 muestras de cada caso con diámetros de 100 mm, los espesores de los especímenes estuvieron entre 7.5 cm a 8.5 cm aproximadamente, los cuales contenían a la carpeta asfáltica colocada y parte del pavimento fresado con la finalidad de que la geomalla biaxial quede dentro de la muestra y no por debajo de esta.

Los instrumentos utilizados para la extracción de los núcleos de asfalto fueron una maquina extractora de núcleos con broca diamantina de 4" alimentada de energía por un generador de corriente.

A continuación, se muestra la extracción de las 6 muestras del pavimento ubicadas en los puntos donde se observó la colocación de la geomalla biaxial durante el proceso de construcción. Como primer paso se ubica la máquina de extracción sobre el pavimento y se fija para evitar que la máquina sufra algún desplazamiento horizontal.



Figura 49. Extracción de muestra N° 01 sin geomalla
Elaborado por: los autores

Después de cada extracción de núcleo del pavimento se procede a comprobar si cumple con los requerimientos mínimos de acuerdo de los criterios de inclusión, forma uniforme, espesor y diámetro. También se identifica el lugar de donde se extrajo y se rotula el número de muestra que corresponda.

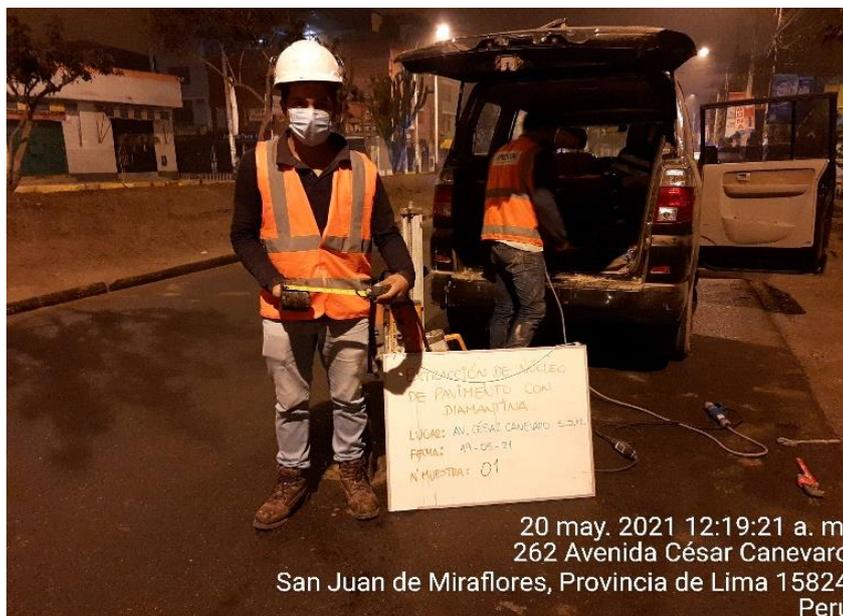


Figura 50. Extracción de muestra N° 01 sin geomalla

Elaborado por: los autores

De la misma forma se procede con la extracción de la muestra N° 02 y con las siguientes muestras.



Figura 51. Extracción de muestra N° 02 con geomalla

Elaborado por: los autores



Figura 52. Extracción de muestra N° 02 con geomalla

Elaborado por: los autores



Figura 53. Extracción de muestra N° 03 con geomalla

Elaborado por: los autores



Figura 54. Extracción de muestra N° 03 con geomalla
Elaborado por: los autores



Figura 55. Extracción de muestra N° 04 con geomalla
Elaborado por: los autores



Figura 56. Extracción de muestra N° 04 con geomalla
Elaborado por: los autores



Figura 57. Extracción de muestra N° 05 sin geomalla
Elaborado por: los autores



Figura 58. Extracción de muestra N° 05 sin geomalla
Elaborado por: los autores



Figura 59. Extracción de muestra N° 06 sin geomalla
Elaborado por: los autores

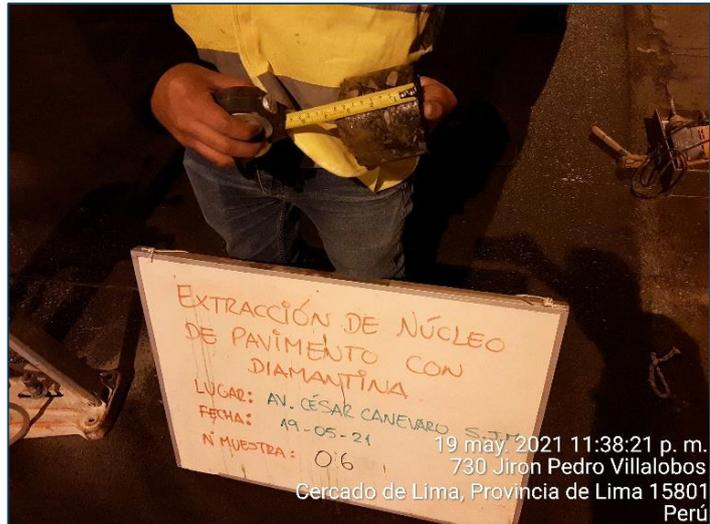


Figura 60. Extracción de muestra N° 06 sin geomalla

Elaborado por: los autores

4.6. Ensayos de laboratorio

Una vez obtenidas las muestras se procedió con la limpieza superficial de cada una, eliminando el polvo o cualquier elemento extraño que no corresponda a la carpeta asfáltica, para medir los espesores de los especímenes se utilizó una wincha siguiendo los pasos indicados según la norma MTC E 507 correspondiente a espesor o altura de especímenes compactados de mezclas de pavimento asfáltico.



Figura 61. Uniformización de muestras

Elaborado por: los autores

De acuerdo a lo mencionado anteriormente se determinó las medidas de los espesores de los especímenes como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Espesores de especímenes

MUESTRAS		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
CON REFUERZO / SIN REFUERZO		SR	CR	CR	CR	SR	SR
MEDIDAS	1	5.70	9.00	8.80	7.88	8.00	8.00
	2	6.80	8.34	8.50	8.00	8.00	8.20
	3	6.50	9.00	8.90	8.00	7.58	7.70
	4	6.60	8.90	8.20	8.40	7.90	8.10
PROMEDIO DEL ESPESOR (cm)		6.40	8.81	8.60	8.07	7.87	8.00

Elaborado por: los autores

Adicionalmente como parte de la caracterización de los especímenes, se determinó el grado de compactación alcanzado durante el mantenimiento, obteniéndose un promedio de 98.50 % de las muestras extraídas.

Tabla 9. Grado de compactación de especímenes

MUESTRAS			M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
CON REFUERZO / SIN REFUERZO			SR	CR	CR	CR	SR	SR
1	Peso de la Briqueta al Aire	gr	719.80	749.10	829.40	722.30	915.60	690.40
2	Peso de la Briqueta Saturada	gr	721.50	751.00	831.20	724.10	917.40	692.10
3	Peso de la Briqueta al Agua	gr	415.30	436.50	483.10	419.20	528.10	402.80
4	Volumen Briqueta por Desplazamiento	cm ³	306.20	314.50	348.10	304.90	389.30	289.30
5	Peso Unitario	gr/cm ³	2.351	2.382	2.383	2.369	2.352	2.386
6	Peso Unitario Marshall (Laboratorio)	gr/cm ³	2.405	2.405	2.405	2.405	2.405	2.405
7	Peso Específico Máximo (Rice)	gr/cm ³	2.513	2.513	2.513	2.513	2.513	2.513
8	Grado de Compactación	%	97.74	99.04	99.07	98.50	97.79	99.23

Elaborado por: los autores

Una vez recolectados los datos previos para caracterizar las muestras se procedió a realizar el ensayo de resistencia a la compresión simple a las muestras con y sin refuerzo. Los ensayos se realizaron a temperatura ambiente con la finalidad de simular las condiciones de campo.

Los instrumentos utilizados fueron la máquina de aplicación de carga y un dial para medición de la deformación. El proceso aplicado en este ensayo es aplicar sobre la superficie de la muestra una carga axial que va incrementando hasta llegar a la rotura del espécimen, mientras incrementa el valor de la carga que se muestra en la pantalla digital de la máquina utilizada, se anotan los valores de la carga aplicada y la medida de la deformación en ese determinado momento.



Figura 62. Resistencia a la compresión – Muestra 2 con refuerzo

Elaborado por: los autores



Figura 63. Resistencia a la compresión – Muestra 3 con refuerzo
Elaborado por: los autores



Figura 64. Muestra de pavimento con refuerzo
Elaborado por: los autores



Figura 65. Pantalla de aplicación de carga

Elaborado por: los autores



Figura 66. Condición de especímenes luego de los ensayos

Elaborado por: los autores

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultados de ensayos

Se obtuvieron los siguientes datos de los ensayos a compresión axial para los especímenes sin geomalla biaxial de refuerzo.

Tabla 10. Resultados de ensayo a compresión simple de muestras sin refuerzo.

SIN GEOMALLA					
MUESTRA 1 M-1		MUESTRA 5 M-5		MUESTRA 6 M-6	
Fuerza (kg)	Deformación (mm)	Fuerza (kg)	Deformación (mm)	Fuerza (kg)	Deformación (mm)
100	0.000	100	0.000	100	0.000
200	0.000	200	0.000	200	0.000
300	0.000	300	0.000	300	0.030
400	0.030	400	0.040	400	0.100
500	0.090	500	0.060	500	0.180
600	0.140	600	0.110	600	0.210
700	0.190	700	0.160	700	0.290
800	0.270	800	0.230	800	0.360
900	0.340	900	0.360	900	0.430
1000	0.410	1000	0.450	1000	0.490
1100	0.480	1100	0.520	1100	0.540

1200	0.510	1200	0.570	1200	0.610
1300	0.580	1300	0.620	1300	0.640
1400	0.610	1400	0.680	1400	0.710
1500	0.650	1500	0.700	1500	0.760
1600	0.700	1600	0.730	1600	0.810
1700	0.750	1700	0.780	1700	0.860
1800	0.840	1800	0.810	1800	0.910
1900	0.850	1900	0.840	1900	0.960
1906	0.850	2000	0.880	2000	1.010
-	-	2100	0.910	2100	1.070
-	-	2200	0.980	2200	1.180
-	-	2300	1.020	2300	1.220
-	-	2358	1.030	2400	1.280
-	-	-	-	2500	1.300
-	-	-	-	2560	1.310

Elaborado por: los autores

De la misma manera en la siguiente tabla 11 se presentan los resultados de los ensayos a compresión axial para las muestras con geomalla biaxial de refuerzo.

Tabla 11. Resultados de ensayo a compresión simple de muestras con refuerzo

CON GEOMALLA					
MUESTRA 2 M-2		MUESTRA 3 M-3		MUESTRA 4 M-4	
Fuerza (kg)	Deformación (mm)	Fuerza (kg)	Deformación (mm)	Fuerza (kg)	Deformación (mm)
100	0.000	100	0.000	100	0.000
200	0.000	200	0.000	200	0.000
300	0.000	300	0.000	300	0.050
400	0.050	400	0.080	400	0.070
500	0.080	500	0.140	500	0.130
600	0.100	600	0.180	600	0.170
700	0.140	700	0.220	700	0.210
800	0.190	800	0.270	800	0.260
900	0.230	900	0.310	900	0.310
1000	0.280	1000	0.350	1000	0.340
1100	0.310	1100	0.380	1100	0.370
1200	0.350	1200	0.410	1200	0.400
1300	0.390	1300	0.440	1300	0.450
1400	0.430	1400	0.480	1400	0.470
1500	0.500	1500	0.510	1500	0.510

1600	0.540	1600	0.530	1600	0.530
1700	0.580	1700	0.560	1700	0.550
1800	0.610	1800	0.590	1800	0.580
1900	0.650	1900	0.610	1900	0.600
2000	0.690	2000	0.640	2000	0.630
2100	0.730	2100	0.670	2100	0.660
2200	0.770	2200	0.680	2200	0.700
2300	0.800	2300	0.720	2300	0.730
2400	0.840	2400	0.770	2400	0.750
2500	0.880	2500	0.810	2500	0.790
2569	0.890	2590	0.820	2605	0.810

Elaborado por: los autores

5.2. Carga vs deformación

Del procesamiento de los resultados mostrados en las tablas 10 y 11 se obtuvo la relación de la deformación con la carga aplicada de acuerdo al incremento de esta última. En la comparación de resultados de los ensayos que se muestran en la figura 67 se observa el incremento en la medida de la deformación en función al incremento de la carga axial aplicada y se forma una curva de la deformación de las muestras reforzadas con geomallas por debajo de la curva de las muestras sin refuerzo, lo que indica que los especímenes reforzados muestran una menor deformación con la aplicación de las geomallas biaxiales.

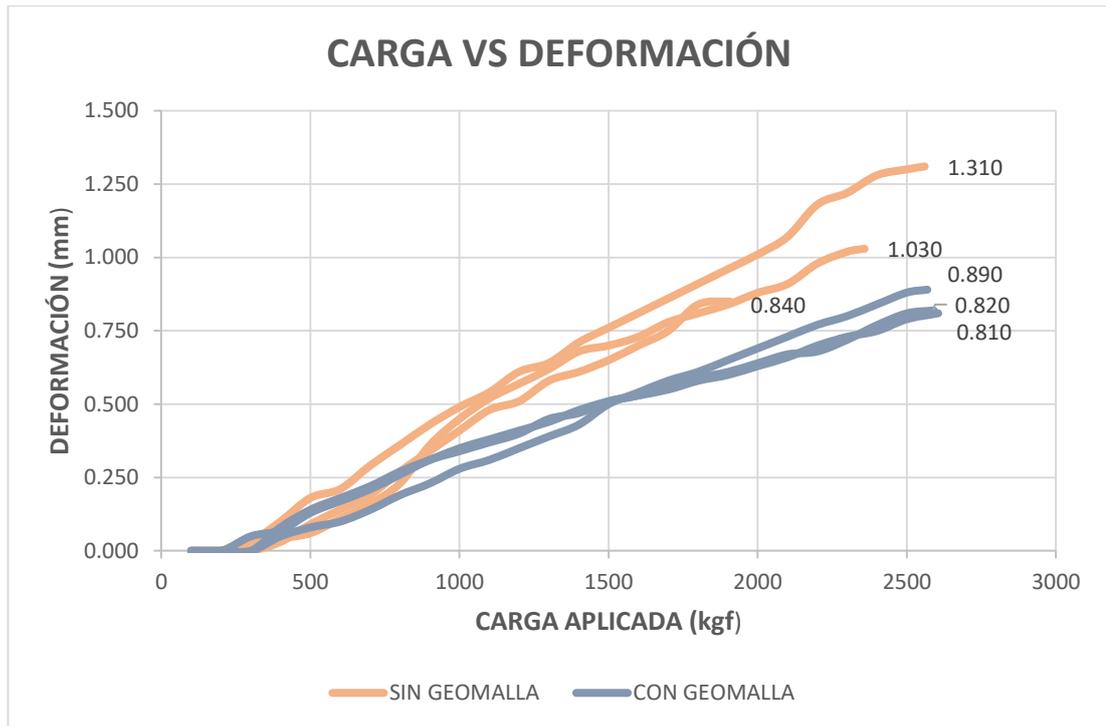


Figura 67. Gráfico Carga aplicada vs Deformación

Elaborado por: los autores

5.3. Módulo de rigidez

Para el cálculo del módulo de rigidez como indicador del comportamiento de los especímenes del pavimento flexible se relacionó la carga máxima soportada con la deformación unitaria de cada muestra, como se detalla a continuación:

Tabla 12. Cálculo de la rigidez

	CÓD.	DIÁMETRO PROMEDIO (m)	ESPESOR (m)	DEFORMACIÓN (m)	ϵ (Def./Espesor)	CARGA MÁXIMA (kN)	ÁREA (m ²)	σ (kN/m ²)	RIGIDEZ (kN/m ²) 10 ³
SIN GEOMALLA	M-1	0.1	0.064	0.00085	0.013	18.68	0.0079	2378.1	179.1
	M-5	0.1	0.079	0.00103	0.013	23.11	0.0079	2942.5	224.7
	M-6	0.1	0.080	0.00131	0.016	25.09	0.0079	3194.2	195.1
CON GEOMALLA	M-2	0.1	0.088	0.00089	0.010	25.17	0.0079	3204.9	317.2
	M-3	0.1	0.086	0.00082	0.010	25.38	0.0079	3231.7	338.9
	M-4	0.1	0.081	0.00081	0.010	25.53	0.0079	3250.6	323.7

Elaborado por: los autores

De los resultados obtenidos en la tabla 12 se observa una rigidez mayor en los especímenes reforzados con geomallas con valores entre 317 a 339 mientras que con los especímenes sin refuerzo se obtuvo valores entre 180 a 225 aproximadamente.

5.4. Síntesis de resultados

A continuación, se muestra un resumen de los resultados obtenidos, tanto para la carga, deformación y rigidez.

Tabla 13. Resumen de resultados

	CÓDIGO DE MUESTRA	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	CARGA MÁXIMA (KN)	RIGIDEZ $\left(\frac{\text{Esfuerzo}}{\epsilon}\right)$
SIN GEOMALLA	M-1	10	0.850	18.68	179.1
	M-5	10	1.030	23.11	224.7
	M-6	10	1.310	25.09	195.1
CON GEOMALLA	M-2	10	0.890	25.17	317.2
	M-3	10	0.820	25.38	338.9
	M-4	10	0.810	25.53	323.7

Elaborado por: los autores

De esta tabla se comparan los resultados de cada valor calculado de deformación, carga y rigidez, resultando un mejor comportamiento de las muestras de carpeta asfáltica reforzadas con geomallas.

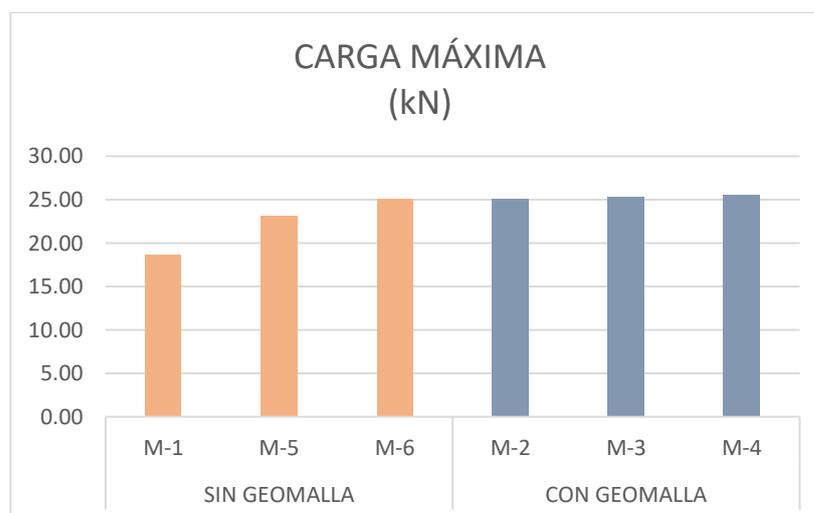


Figura 68. Valores de carga máxima

Elaborado por: los autores

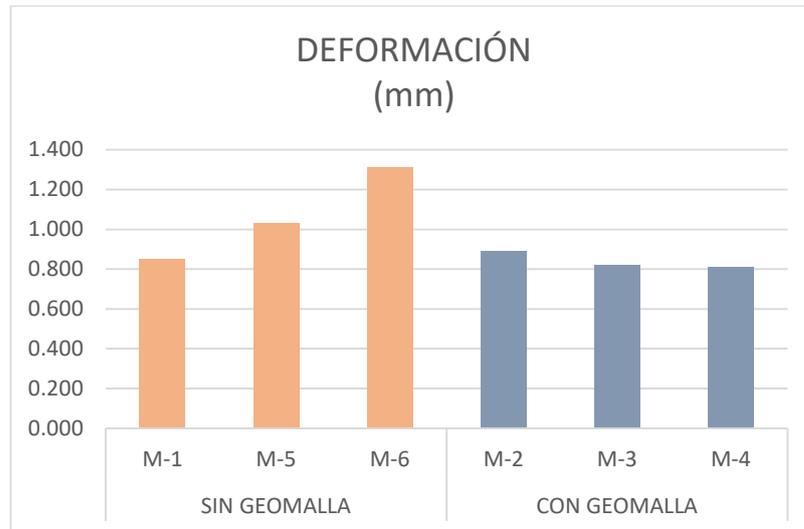


Figura 69. Valores de deformación

Elaborado por: los autores

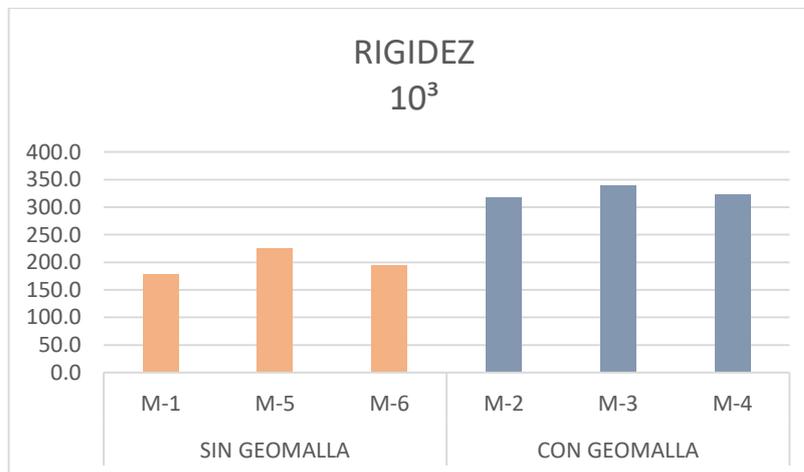


Figura 70. Valores de rigidez

Elaborado por: los autores

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

6.1. Contrastación de hipótesis

6.1.1. Hipótesis específica 1

La aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica incrementa la resistencia a la compresión bajo carga axial del pavimento flexible.

La hipótesis planteada **es válida** ya que las muestras reforzadas con geomallas biaxiales tuvieron un comportamiento uniforme llegando a soportar una carga promedio de 25.36 KN la cual fue mayor en un 14% comparado al promedio de carga de 22.30 KN soportada por las muestras sin refuerzo que tuvieron un comportamiento variable.

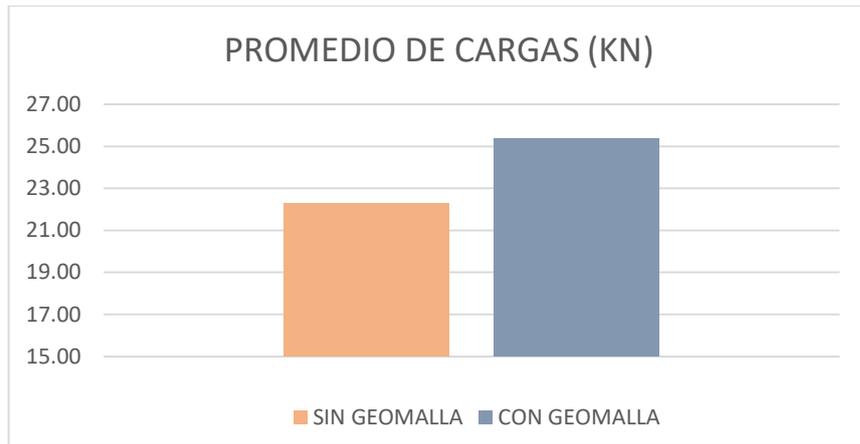


Figura 71. Promedio de cargas que soportan las muestras

Elaborado por: los autores

6.1.2. Hipótesis específica 2

La aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica disminuye la deformabilidad del pavimento flexible.

La hipótesis planteada **es válida** ya que las muestras reforzadas con geomallas biaxiales alcanzaron una deformación promedio de 0.84 mm la cual fue menor en un 21% comparado al promedio de deformación de las muestras sin refuerzo que tuvieron un promedio de 1.063 mm.

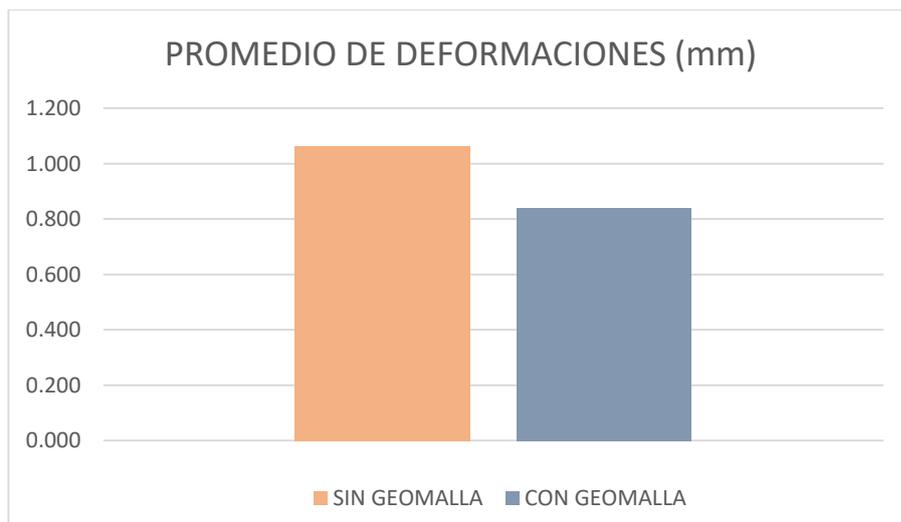


Figura 72. Promedio de deformaciones de las muestras

Elaborado por: los autores

6.1.3. Hipótesis específica 3

La aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica incrementa la rigidez del pavimento flexible.

En relación al valor de la rigidez de las muestras con refuerzo llegó a ser en promedio $326.61 \times 10^3 \text{ KN/m}^2$, comparado con las muestras sin refuerzo que tuvieron en promedio un valor de $199.60 \times 10^3 \text{ KN/m}^2$, se incrementó en un 64% al aplicar las geomallas biaxiales, por lo tanto, la hipótesis planteada **es válida**.

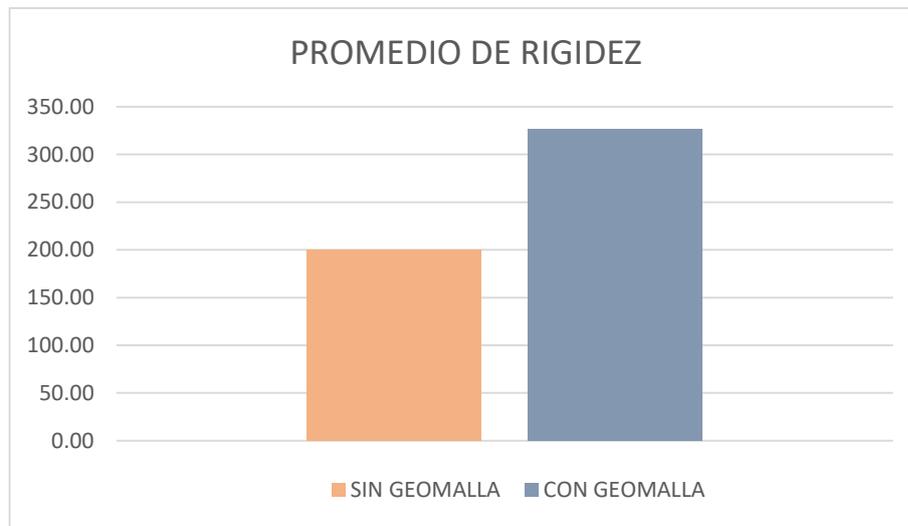


Figura 73. Promedio de rigidez

Elaborado por: los autores

6.2. Contrastación con antecedentes

En esta sección se presenta la comparación de la tendencia de los resultados de los ensayos a las muestras con refuerzo y sin refuerzo, con los resultados obtenidos en otras investigaciones similares.

Según Arias y Cárdenas (2019) en su investigación realiza ensayos a flexión baja carga monotónica obteniendo los valores promedio mostrados en la tabla 14 para las muestras de forma prismática reforzadas con geomallas biaxiales, los cuales compara con los resultados de Buitrago, Salgado y Romero (2017) con los resultados de los ensayos realizados a las vigas de control de similares características, pero sin refuerzo.

Tabla 14. Resultados de vigas de control vs vigas reforzadas

PROMEDIO	PROMEDIO DEFORMACIÓN (in/1000)	PROMEDIO CARGA (kN)	PROMEDIO RIGIDEZ
VIGAS DE CONTROL	162.00	4.53	0.0280
VIGAS CON GEOMALLA	21.75	7.25	0.3333

Fuente: Arias y Cárdenas, 2019

Si bien las variaciones entre las vigas de control y las vigas con geomallas comparadas con las de esta investigación existen diferencias en forma, modo de aplicación de la carga, entre otras características, por lo que difieren en valores y variación porcentual, sin embargo, mantienen la tendencia de crecimiento y decrecimiento de los valores promedio de carga, deformación y rigidez.

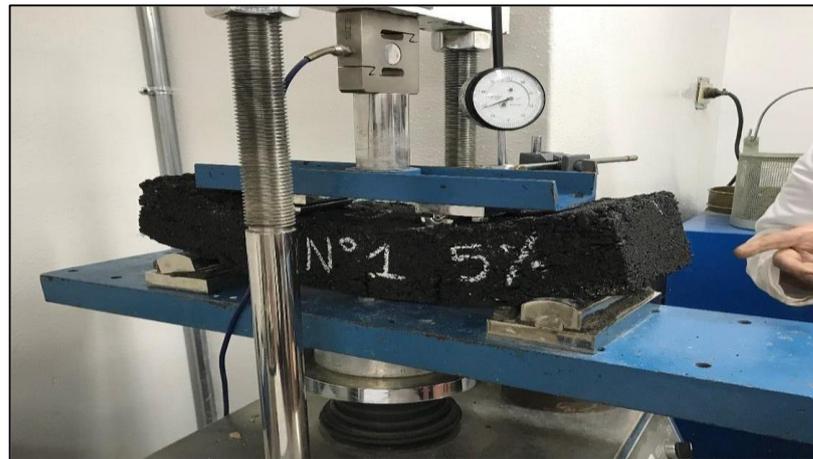


Figura 74. Ensayo a flexión bajo carga monotónica

Fuente: Arias y Cárdenas, 2019

CONCLUSIONES

1. La aplicación de geomallas biaxiales en el refuerzo de pavimentos mejoró el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida César Canevaro en los aspectos de resistencia a la compresión, deformación y rigidez, absorbiendo de mejor manera las cargas generadas sobre la carpeta asfáltica; y, disminuyó las tensiones hacia las capas inferiores.
2. La aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica incrementó la resistencia a la compresión bajo carga axial del pavimento flexible en un 14.00 % respecto al valor promedio alcanzados por los especímenes ensayados que no presentaban geomallas de refuerzo.
3. La aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica disminuyó la deformación del pavimento flexible en un 21.00 % respecto a las máximas medidas de la deformación en los especímenes ensayados que no presentaban geomallas de refuerzo.
4. La aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica incrementó la rigidez del pavimento flexible en un 64.00 % respecto al valor promedio del módulo de rigidez calculados para los especímenes ensayados que no presentaban geomallas de refuerzo.

5. Las geomallas biaxiales tienen un costo aproximado de \$ 1.55 por m², por lo que al emplearlas de acuerdo a la metodología de esta investigación también se incrementará el valor del mantenimiento de la vía en la misma proporción, sin embargo, este costo adicional es compensado con los beneficios que aportan las geomallas al pavimento.

RECOMENDACIONES

1. Considerar la colocación de geomallas biaxiales desde la etapa de construcción, aunque se incremente el valor de construcción, este queda compensado con las propiedades que aporta a la estructura del pavimento.
2. Considerar la colocación de geomallas biaxiales en pavimentos flexibles en zonas donde se vayan a detener los vehículos como en las intersecciones y antes de los semáforos, debido a que las cargas se concentrarán un mayor tiempo en estos lugares y exigirán un mejor comportamiento al pavimento.
3. Ensayar especímenes de diferente geometría a las de esta investigación debido a las características de las geomallas biaxiales y determinar sus propiedades con otros ensayos que se adapten mejor de acuerdo a la forma y dimensión de las muestras del estudio.
4. Evitar realizar ensayos destructivos o que no requieran de la extracción de muestras del pavimento terminado para verificación de la calidad y propiedades, en lo posible, con la finalidad de no alterar o dañar la estructura y el acabado final del pavimento.

5. Extraer especímenes de dimensiones uniformes, tener una superficie lisa y deberían tener en lo posible un espesor similar para efectos de comparación.
6. Realizar estudios sobre el estado de pavimentos con condiciones similares, que presenten zonas con geomallas de refuerzo y zonas sin refuerzo, para verificar y comparar la durabilidad del pavimento en ambos casos y revalidar las hipótesis de esta investigación.
7. No utilizar los resultados de esta investigación como especificación para otros proyectos similares, sin embargo, pueden utilizarse con el objetivo de comparación.
8. Tener convenios con laboratorios externos por parte de la universidad, en el caso de que sucedan hechos extraordinarios y no sea posible utilizar el laboratorio de la universidad, con la finalidad de asegurar el apoyo a la investigación del estudiante.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Álvarez, L. & Bermúdez, W.** (2020). *Análisis comparativo del uso de geomallas biaxiales como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles* (Tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Manizales, Colombia. Recuperado de: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9344>
- Arias, O. & Cárdenas, C.** (2019). *Evaluación de la resistencia obtenida mediante un ensayo de flexión bajo carga monotónica en especímenes de mezcla asfáltica reforzada con geomalla* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Manizales, Colombia. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/23911?locale=es>
- Barrera, J. & Diestra, F.** (2018). *Influencia de la malla de acero para reducir el costo en la rehabilitación del pavimento flexible de la Av. 200. Ventanilla – Callao* (Tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú. Recuperado de: <https://repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/6629>

PAVCO (2012). *Manual de diseño con Geosintéticos* (9na ed.). Recuperado de: <http://www.geosoftpavco.com/descarga-manual.php>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015). *Manual de Carreteras E.E.T.T. Generales para construcción*. Recuperado de: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013\).pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013).pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Recuperado de: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-06-16%20Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Namir, A., Saad, I. y Nabil, J. (2013, Agosto). Experimental Study on Surface Steel-Reinforcement for Asphalt Pavements. *Journal of Engineering and Sustainable Development*. Recuperado de: <https://iasj.net/iasj/download/f81147ef59bd9693>

Reyes, B. & Zamora, J. (2018). *Diseño del pavimento flexible utilizando el sistema bitufo en la carretera Costanera Huanchaco – Santiago de Cao, La Libertad 2018* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12367>

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (2010). *Norma CE.010 Pavimentos Urbanos*. Recuperado de: <http://page.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>

Serrano, C. (2015, 03 de junio). Refuerzo de asfalto mediante geomallas para alargar la vida útil de las carreteras. *Revista Interempresas*. Recuperado de: <https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/138111-Refuerzo-de-asfalto-mediante-geomallas-para-alargar-la-vida-util-de-las-carreteras.html>

Vallejo, J. & Vásquez, J. (2020). *Uso del sistema bitufo en la reducción de las patologías del pavimento flexible de las avenidas Junín y Miguel Grau. Castilla – Piura.2020* (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48827>

Paredes, E. (2009). *Comportamiento mecánico de las mezclas tipo SMA (Stone Mastic Asphalt)* (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/135>

Empresa Municipal Administradora de Peajes de Lima. (2020). *Evaluación de la condición de pavimento flexible con fines de mantenimiento en la Av. César Canevaro, ubicada en el Distrito de San Juan de Miraflores, Lima* (Informe N. 8)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Flujo vehicular por unidades de Peaje* (Informe N. 4). Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin-flujo_febrero2020.pdf

Universidad Nacional de Ingeniería. (2001). *Manual de laboratorio ensayos para pavimentos* (Informe N. 1). Recuperado de: <https://www.udocz.com/pe/read/16055/--manual-de-ensayos-para-pavimentos>

Loma, J. (20 de diciembre de 2017). UNE-EN 12697-26:2012: Rigidez. Anexo C, Ensayo de tracción indirecta sobre probetas cilíndricas (IT-CY). *Revista de asfalto y pavimentación*. Recuperado de:
https://issuu.com/editorialprensatecnica/docs/asfalto_27

Dussán, E. & Flautero, F. (2005). *Automatización de ensayos dinámicos del laboratorio de pavimentos en el equipo N.A.T. (NOTTINGHAM ASPHALT TESTER) de la Pontificia Universidad Javeriana* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Recuperado de:
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7028>

Instituto Mexicano del Transporte (2018). *Teorías para calcular esfuerzos, deformaciones y deflexiones en pavimentos flexibles: un enfoque mecanicista*. Recuperado de:
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt72.pdf>

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo I. Matriz de consistencia	93
Anexo II. Encuestas a expertos relacionada al tema de tesis	94
Anexo III. Certificado de calibración de equipo de carga	104
Anexo IV. Ensayos de compresión	106
Anexo V. Ficha técnica de la geomalla biaxial	112

Anexo I. Matriz de Consistencia

 MATRIZ DE CONSISTENCIA							
Título de la Investigación		APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAXIALES EN EL REFUERZO DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CÉSAR CANEVARO UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA					
Elaborado por		Arce Huamani, Roberto Carlos Perales Vergara, Joffre Christopher					
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	DISEÑO
¿En qué medida la aplicación de geomallas biaxiales en el refuerzo de pavimentos influye en el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida César Canevaro?	Aplicar geomallas biaxiales en el refuerzo de pavimentos para determinar la influencia en el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida César Canevaro	Aplicando geomallas biaxiales en el refuerzo de pavimentos se mejora el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la Avenida César Canevaro	Geomallas Biaxiales	Propiedades mecánicas de la geomalla biaxial	Resistencia a la tracción	N/mm ²	Tipo aplicado porque se utiliza la geomalla como refuerzo Nivel descriptivo porque se evalúa la influencia de la geomalla en el pavimento Enfoque cuantitativo porque se obtiene valores numéricos Diseño experimental porque se manipula la variable independiente
					Resistencia al corte	N	
Módulo de elasticidad	KN/mm ²						
Porcentaje de alargamiento	%						
							MUESTRA
							03 Muestras con geomallas 03 Muestras sin geomallas Tipo de muestreo: por conveniencia
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	V. DEPENDIENTE	INSTRUMENTOS			
¿De qué manera la aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica influye en la resistencia a la compresión bajo carga axial del pavimento flexible?	Aplicar geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica para determinar la influencia en la resistencia a la compresión bajo carga axial del pavimento flexible	La aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica incrementa la resistencia a la compresión bajo carga axial del pavimento flexible	Comportamiento mecánico del pavimento flexible	Resistencia a la compresión bajo carga axial	Carga	KN	Recolección de datos: Extractor de núcleos de pavimento con diamantina Procesamiento de datos: Realización de ensayos a los núcleos de pavimento
¿De qué manera la aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica influye en la deformabilidad del pavimento flexible?	Aplicar geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica para determinar la influencia en la deformabilidad del pavimento flexible	La aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica disminuye la deformabilidad del pavimento flexible		Deformabilidad	Deformación	mm	
¿De qué manera la aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica influye en la rigidez del pavimento flexible?	Aplicar geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica para determinar la influencia en la rigidez del pavimento flexible	La aplicación de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica incrementa la rigidez del pavimento flexible		Rigidez	Esfuerzo Deformación unitaria	KN/m ²	
							PROCEDIMIENTOS
							1. Evaluación PCI 2. Diseño de mezcla asfáltica 3. Mantenimiento de vía 4. Extracción de muestras 5. Ensayos de laboratorio 6. Análisis y resultados 7. Conclusiones

Anexo II. Encuestas a expertos relacionada al tema de tesis

ENCUESTA Nro. 01	
ENCUESTA DE EXPERTOS SOBRE TEMA DE TESIS ENFOCADA AL TEMA DE PAVIMENTOS	
TESIS:	Reforzamiento de Carpeta Asfáltica con Geomallas Biaxiales para reducción de recursos y costos de construcción del pavimento de la Avenida Carlos Izaguirre, Tramo Av. Canta Callao hasta Av. Alejandro Bertello
PRESENTADO POR:	ARCE HUAMANÍ ROBERTO CARLOS PERALES VERGARA JOFFRE CHRISTOPHER
ENCUESTADO:	ING. CÉSAR ALEJANDRO JIMENEZ RUIDIAS
CIP	41653
I. SOBRE EL TÍTULO	
1. ¿Qué propuesta sugiere para mejorar el título de la investigación?	
El título es adecuado y expresa adecuadamente lo que se quiere exponer	
2. ¿Cuál es la importancia de Reforzar la carpeta asfáltica con geomallas biaxiales?	
El reforzamiento de pavimentos permite el aumento de la capacidad estructural del pavimento, por lo que se podrá disminuir los espesores que con el refuerzo incluido podrán soportar la misma carga de tráfico y por ende, disminuir el costo de construcción del pavimento.	
3. ¿Qué objetivos se podrían plantear en esta investigación?	
Evaluar la influencia de las geomallas en la estructura de un pavimento, en cuanto a la mejora de la capacidad estructural, disminución de los espesores, aumento del periodo de vida y ahorro económico	
4. ¿Qué aspectos se deben de tener en cuenta en el estudio para la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
<p>Todos los aspectos que implican el diseño de un pavimento flexible:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipo y propiedades del suelo de subrasante - Tráfico - Clima - Drenaje - Diseño de capas del pavimento - Propiedades de las geomallas - Etc. 	
5. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?	
Permite generar criterios para el diseño de pavimentos reforzados que permitan generar ahorro en proyectos viales importantes y mejorando la capacidad estructural de dichos pavimentos	

ENCUESTA Nro. 02	
ENCUESTA DE EXPERTOS SOBRE TEMA DE TESIS ENFOCADA AL TEMA DE PAVIMENTOS	
TESIS:	Reforzamiento de Carpeta Asfáltica con Geomallas Biaxiales para reducción de recursos y costos de construcción del pavimento de la Avenida Carlos Izaguirre, Tramo Av. Canta Callao hasta Av. Alejandro Bertello
PRESENTADO POR:	ARCE HUAMANÍ ROBERTO CARLOS
	PERALES VERGARA JOFFRE CHRISTOPHER
ENCUESTADO:	ING. MARLON CUBAS ARMAS
CIP	110039
I. SOBRE EL TÍTULO	
1. ¿Qué propuesta sugiere para mejorar el título de la investigación?	
REFORZAMIENTO DE LA CARPETA ASFÁLTICA CON GEOMALLAS BIAXIALES PARA MEJORAR LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO DE LA AVENIDA CARLOS IZAGUIRRE, TRAMO AV. CANTA CALLAO HASTA AV. ALEJANDRO BERTELLO	
2. ¿Cuál es la importancia de Reforzar la carpeta asfáltica con geomallas biaxiales?	
APLICAR NUEVAS TECNOLOGÍAS QUE PERMITAN AUMENTAR LA DURABILIDAD Y REDUCIR LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO EN EL TIEMPO	
3. ¿Qué objetivos se podrían plantear en esta investigación?	
ESTABLECER EL PROCESO PARA EL REFORZAMIENTO CON GEOMALLAS BIAXIALES. EVALUAR EL CUMPLIMIENTO TÉCNICO DEL NUEVO PAVIMENTO REFORZADO. ANÁLISIS COMPARATIVO ECONÓMICO DEL REFORZAMIENTO PROPUESTO VS CONVENCIONAL.	
4. ¿Qué aspectos se deben de tener en cuenta en el estudio para la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
EL ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DEL USO DE GEOMALLAS BIAXIALES DEBE SER MUY PRECISO Y DEBE CONSIDERAR TAMBIÉN EL MANTENIMIENTO.	
5. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?	
MAYOR DURABILIDAD DE LA CAPA DE RODADURA Y MEJOR SERVICIABILIDAD AL USUARIO.	
6. ¿Cuál es el problema principal que genera la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
COSTOS. SÓLO DEBE SER APLICABLE EN VÍAS DE ALTO TRÁNSITO	

ENCUESTA Nro. 03	
ENCUESTA DE EXPERTOS SOBRE TEMA DE TESIS ENFOCADA AL TEMA DE PAVIMENTOS	
TESIS:	Reforzamiento de Carpeta Asfáltica con Geomallas Biaxiales para reducción de recursos y costos de construcción del pavimento de la Avenida Carlos Izaguirre, Tramo Av. Canta Callao hasta Av. Alejandro Bertello
PRESENTADO POR:	ARCE HUAMANÍ ROBERTO CARLOS
	PERALES VERGARA JOFFRE CHRISTOPHER
ENCUESTADO:	ING. WALTER JESUS VERA TORRES
CIP	219651
I. SOBRE EL TÍTULO	
1. ¿Qué propuesta sugiere para mejorar el título de la investigación?	
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA, A NIVEL DE ASFALTO, REFORZADO CON GEOMALLAS BIAXIALES EN LA AV. CARLOS IZAGUIRRE: TRAMO AV. CANTA CALLAO – AV. ALEJANDRO BERTELLO.	
2. ¿Cuál es la importancia de Reforzar la carpeta asfáltica con geomallas biaxiales?	
AUMENTAR LA VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO Y GARANTIZAR EL CONFORT DEL TRÁNSITO VEHICULAR.	
3. ¿Qué objetivos se podrían plantear en esta investigación?	
EL OBJETIVO ES DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA, A NIVEL DE ASFALTO REFORZADO CON GEOMALLAS BIAXIALES.	
4. ¿Qué aspectos se deben de tener en cuenta en el estudio para la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
CLIMATOLOGÍA PROCESO CONSTRUCTIVO COSTO ESTUDIO DE TRÁFICO ESTUDIO GEOTÉCNICO	
5. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?	
DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN, REDUCCIÓN DE COSTOS.	
6. ¿Cuál es el problema principal que genera la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
NO HE TRABAJADO CON GEOMALLAS BIAXIALES.	

ENCUESTA Nro. 04	
ENCUESTA DE EXPERTOS SOBRE TEMA DE TESIS ENFOCADA AL TEMA DE PAVIMENTOS	
TESIS:	Reforzamiento de Carpeta Asfáltica con Geomallas Biaxiales para reducción de recursos y costos de construcción del pavimento de la Avenida Carlos Izaguirre, Tramo Av. Canta Callao hasta Av. Alejandro Bertello
PRESENTADO POR:	ARCE HUAMANÍ ROBERTO CARLOS PERALES VERGARA JOFFRE CHRISTOPHER
ENCUESTADO:	ING. CHRISTIAN PONCE
CIP	197837
I. SOBRE EL TÍTULO	
1. ¿Qué propuesta sugiere para mejorar el título de la investigación?	
Está bien formulado.	
2. ¿Cuál es la importancia de Reforzar la carpeta asfáltica con geomallas biaxiales?	
Tener una alternativa constructiva que se relacione al costo, manteniendo la sostenibilidad en el tiempo.	
3. ¿Qué objetivos se podrían plantear en esta investigación?	
Disminuir costos, aumentar durabilidad de los pavimentos.	
4. ¿Qué aspectos se deben de tener en cuenta en el estudio para la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
La calidad de las geomallas.	
5. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?	
Podría mejorar el proceso constructivo con más rapidez.	
6. ¿Cuál es el problema principal que genera la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
La facilidad para conseguir las geomallas y personal calificado para la instalación.	

ENCUESTA Nro. 05	
ENCUESTA DE EXPERTOS SOBRE TEMA DE TESIS ENFOCADA AL TEMA DE PAVIMENTOS	
TESIS:	Reforzamiento de Carpeta Asfáltica con Geomallas Biaxiales para reducción de recursos y costos de construcción del pavimento de la Avenida Carlos Izaguirre, Tramo Av. Canta Callao hasta Av. Alejandro Bertello
PRESENTADO POR:	ARCE HUAMANÍ ROBERTO CARLOS
	PERALES VERGARA JOFFRE CHRISTOPHER
ENCUESTADO:	ING. ELVIS GARY BERRIO CALDERÓN
CIP	101136 (03-06-2008)
I. SOBRE EL TÍTULO	
1. ¿Qué propuesta sugiere para mejorar el título de la investigación?	
MEJORAMIENTO DE PAVIMENTO CON GEOMALLAS BIAXIALES	
2. ¿Cuál es la importancia de Reforzar la carpeta asfáltica con geomallas biaxiales?	
AYUDA A CONTRARESTAR LOS ESFUERZOS POR FLEXIÓN	
3. ¿Qué objetivos se podrían plantear en esta investigación?	
MEJORAR LA RESISTENCIA Y DURABILIDAD DEL PAVIMENTO	
4. ¿Qué aspectos se deben de tener en cuenta en el estudio para la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
ESTUDIOS DE SUELOS MEZCLA ASFÁLTICA ESTUDIO DE TRÁNSITO	
5. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?	
ESTABLECER UNA ALTERNATIVA EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO ASFALTICO	
6. ¿Cuál es el problema principal que genera la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
OXIDO DE MALLAS, POR NO HABER BUEN RECUBRIMIENTO	

ENCUESTA Nro. 06	
ENCUESTA DE EXPERTOS SOBRE TEMA DE TESIS ENFOCADA AL TEMA DE PAVIMENTOS	
TESIS:	Reforzamiento de Carpeta Asfáltica con Geomallas Biaxiales para reducción de recursos y costos de construcción del pavimento de la Avenida Carlos Izaguirre, Tramo Av. Canta Callao hasta Av. Alejandro Bertello
PRESENTADO POR:	ARCE HUAMANÍ ROBERTO CARLOS
	PERALES VERGARA JOFFRE CHRISTOPHER
ENCUESTADO:	ING. ALEJANDRO ELIAS VELAZCO RIOS
CIP	231250
I. SOBRE EL TÍTULO	
1. ¿Qué propuesta sugiere para mejorar el título de la investigación?	
EL TÍTULO ES CORRECTO.	
2. ¿Cuál es la importancia de Reforzar la carpeta asfáltica con geomallas biaxiales?	
LA ESTABILIDAD AL PODER DISTRIBUIR CARGAS.	
3. ¿Qué objetivos se podrían plantear en esta investigación?	
VERIFICAR LA VIABILIDAD, LA IMPORTANCIA, Y LA INVERSIÓN.	
4. ¿Qué aspectos se deben de tener en cuenta en el estudio para la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
LA CORRECTA COLOCACIÓN, PUESTO QUE, SI FALLA LA DISTRIBUCIÓN DE LAS CARGAS, NO SERÍA LA CORRECTA.	
5. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?	
LA VIABILIDAD DEBIDO A LA REDUCCIÓN DE COSTO Y SU FUNCIONALIDAD.	
6. ¿Cuál es el problema principal que genera la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
LA FILTRACIÓN E INADECUADA COLOCACIÓN DE LA GEOMALLA.	

ENCUESTA Nro. 07	
ENCUESTA DE EXPERTOS SOBRE TEMA DE TESIS ENFOCADA AL TEMA DE PAVIMENTOS	
TESIS:	Reforzamiento de Carpeta Asfáltica con Geomallas Biaxiales para reducción de recursos y costos de construcción del pavimento de la Avenida Carlos Izaguirre, Tramo Av. Canta Callao hasta Av. Alejandro Bertello
PRESENTADO POR:	ARCE HUAMANÍ ROBERTO CARLOS
	PERALES VERGARA JOFFRE CHRISTOPHER
ENCUESTADO:	ING. JAVIER FLORES PEREZ
CIP	61146
I. SOBRE EL TÍTULO	
1. ¿Qué propuesta sugiere para mejorar el título de la investigación?	
Reforzamiento de Carpeta Asfáltica con Geomallas Biaxiales para reducción costos cumpliendo las normas de calidad del pavimento de la Avenida Carlos Izaguirre	
2. ¿Cuál es la importancia de Reforzar la carpeta asfáltica con geomallas biaxiales?	
<p>Usualmente se usan refuerzos, cuando el diseño del pavimento no brinda la adecuada capacidad de soporte. Entonces se requiere usar estructura de mayor espesor, en esos casos hablamos de reforzar el pavimento.</p> <p>Un factor importante es el costo del m³ de base y subbase granular que podría estar encarecida por el transporte del material desde grandes distancias.</p>	
3. ¿Qué objetivos se podrían plantear en esta investigación?	
<p>Reducir costos Aumentar la calidad Innovar tecnologías Ahorrar tiempo, en caso de que el análisis de programación de obra lo demuestre</p>	
4. ¿Qué aspectos se deben de tener en cuenta en el estudio para la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
Me abstengo. No conozco al detalle dicho producto	
5. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?	
Introducir la innovación de nuevas tecnologías y que sirva como lección a futuros Ingenieros y a quienes aún no hemos utilizado estas tecnologías.	
6. ¿Cuál es el problema principal que genera la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
Me abstengo. No conozco al detalle dicho producto	

ENCUESTA Nro. 08	
ENCUESTA DE EXPERTOS SOBRE TEMA DE TESIS ENFOCADA AL TEMA DE PAVIMENTOS	
TESIS:	Reforzamiento de Carpeta Asfáltica con Geomallas Biaxiales para reducción de recursos y costos de construcción del pavimento de la Avenida Carlos Izaguirre, Tramo Av. Canta Callao hasta Av. Alejandro Bertello
PRESENTADO POR:	ARCE HUAMANÍ ROBERTO CARLOS
	PERALES VERGARA JOFFRE CHRISTOPHER
ENCUESTADO:	ING. Pedro Alvarez
CIP	13049
I. SOBRE EL TÍTULO	
1. ¿Qué propuesta sugiere para mejorar el título de la investigación?	
Elaborar y plantear bien el problema y de ahí va a salir el título de tu tesis	
2. ¿Cuál es la importancia de Reforzar la carpeta asfáltica con geomallas biaxiales?	
En el problema tienes que enfocar porque es importante colocar reforzamiento con Geomallas, si es por costos, tiene que hacer un análisis de tu costo beneficio que obtendrás con este método	
3. ¿Qué objetivos se podrían plantear en esta investigación?	
El objetivo que el investigador persigue, si es reducir recurso (costo) es el análisis de como reduces tus costos en recursos, en materiales y en mantenimiento a lo largo de la vida útil proyectada de tu obra, deberás hacer la comparación con el método que planteas y el método clásico.	
4. ¿Qué aspectos se deben de tener en cuenta en el estudio para la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
Con el método que planteas es importante saber si tu estudio es confiable para ser utilizado en la obra que propones; es decir que utilizar la geomalla se acomoda al tipo de terreno que tienes, al tipo de cargas que van a estar sometidos y que tempo de vida útil le proyectas.	
5. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?	
Si tu estudio está bien realizado se podría utilizar en futuras obra de igual dimensión ahorrando costo de ejecución, mantenimiento, mejorando la vida útil del proyecto.	
6. ¿Cuál es el problema principal que genera la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
No lo podría precisar, se tendría que hacer una comparación entre una vía con Geomalla biaxial y una convencional	

ENCUESTA Nro. 09	
ENCUESTA DE EXPERTOS SOBRE TEMA DE TESIS ENFOCADA AL TEMA DE PAVIMENTOS	
TESIS:	Reforzamiento de Carpeta Asfáltica con Geomallas Biaxiales para reducción de recursos y costos de construcción del pavimento de la Avenida Carlos Izaguirre, Tramo Av. Canta Callao hasta Av. Alejandro Bertello
PRESENTADO POR:	ARCE HUAMANÍ ROBERTO CARLOS
	PERALES VERGARA JOFFRE CHRISTOPHER
ENCUESTADO:	ING. JOSE LUIS CHUNGA
CIP	80292
I. SOBRE EL TÍTULO	
1. ¿Qué propuesta sugiere para mejorar el título de la investigación?	
SI, SE TIENE LAS DOS VARIABLES, INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE	
2. ¿Cuál es la importancia de Reforzar la carpeta asfáltica con geomallas biaxiales?	
REFORZARIA EN DOBLE SENTIDO	
3. ¿Qué objetivos se podrían plantear en esta investigación?	
1° OBJETIVO REDUCCIÓN DE COSTOS 2° MEJORAR TECNOLOGICAMENTE 3° SOLUCIÓN A PROBLEMAS ASFALTICOS DE AV. IZAGUIRRE	
4. ¿Qué aspectos se deben de tener en cuenta en el estudio para la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
TENER EN CUENTA CARGA VIVA, MUERTA, % DE COMPACTACIÓN,	
5. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?	
TEORICAMENTE SE LOGRARÍA LO DE LOS OBJETIVOS	
6. ¿Cuál es el problema principal que genera la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	

ENCUESTA Nro. 10	
ENCUESTA DE EXPERTOS SOBRE TEMA DE TESIS ENFOCADA AL TEMA DE PAVIMENTOS	
TESIS:	Reforzamiento de Carpeta Asfáltica con Geomallas Biaxiales para reducción de recursos y costos de construcción del pavimento de la Avenida Carlos Izaguirre, Tramo Av. Canta Callao hasta Av. Alejandro Bertello
PRESENTADO POR:	ARCE HUAMANÍ ROBERTO CARLOS
	PERALES VERGARA JOFFRE CHRISTOPHER
ENCUESTADO:	ING. ANDRÉS VALENCIA
CIP	40506
I. SOBRE EL TÍTULO	
1. ¿Qué propuesta sugiere para mejorar el título de la investigación?	
<p>APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAXIALES EN EL REFUERZO DE CARPETAS ASFÁLTICAS PARA REDUCIR RECURSOS.</p> <p>NO SE PONE EL NOMBRE DE LA AVENIDA PORQUE DARÍA LA IMPRESIÓN DE QUE LAS GEOMALLAS FUNCIONAN SÓLO EN ESA AVENIDA</p>	
2. ¿Cuál es la importancia de Reforzar la carpeta asfáltica con geomallas biaxiales?	
ESA RESPUESTA TIENE QUE DARSE USTED MISMO. USTED ES EL QUE INVESTIGA Y DEBE CONSIDERARLO EN EL OBJETIVO	
3. ¿Qué objetivos se podrían plantear en esta investigación?	
LOS OBJETIVOS SON PROPIOS DEL QUE INVESTIGA. HAY INNUMERABLES OBJETIVOS QUE DEPENDEN DE LA CULTURA, ESPECIALIDAD Y EXPERIENCIA DEL INVESTIGADOR	
4. ¿Qué aspectos se deben de tener en cuenta en el estudio para la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
DEBES CONSIDERAR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE AMBAS PARTES PARA DETERMINAR LAS POSIBLES REACCIONES QUE PUDIERA SUCEDER CUANDO ESTÉN EN CONTACTO, A FIN DE DETERMINAR LA DURABILIDAD DEL ASFALTO	
5. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?	
LA RESPUESTA ES DE USTED, QUE INVESTIGA. PARA MI NO HAY NINGÚN APORTE PORQUE ESTE TEMA YA FUE ESTUDIADO	
6. ¿Cuál es el problema principal que genera la utilización de geomallas biaxiales en la carpeta asfáltica de un pavimento?	
ESO LO DETERMINA USTED CUANDO FINALICE SU TRABAJO; Y, COMO CONCLUSIÓN DEBERÁ RESALTAR LOS PROBLEMAS (SI LO HUBO)	

Anexo III. Certificado de calibración de equipo de carga



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-06445-2021

PROFORMA : 2506A

Fecha de emisión : 2021 - 05 - 06

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA CBR

Marca : NO INDICA
Modelo : 315-X6
Nº Serie : HIW0198
Intervalo de indicación : 5000 kg
Resolución : 0,1 kg
Procedencia : No Indica
Ubicación : Laboratorio
Fecha de Calibración : 2021 - 04 - 26

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación indirecta utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de unidades.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	23,0 °C	23,2 °C
HUMEDAD RELATIVA	69,0%	70,0%

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

(01) 262 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe

Certificado : TC-06445-2021

Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión AEP Transducers	Celda de Carga ANYLOAD 30000 Kg	TC-0593-2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (kg)	Lectura Convencionalmente Verdadera (kg)	Error (kg)	Incertidumbre (kg)
500,0	487,0	-13,0	0,1
1000,0	975,0	-25,0	0,1
1500,0	1436,5	-63,5	0,1
2000,0	1944,0	-56,0	0,1
2500,0	2463,0	-37,0	0,1
3000,0	2964,5	-35,5	0,1
3500,0	3464,5	-35,5	0,1
4000,0	3944,0	-56,0	0,1
4500,0	4434,5	-65,5	0,1
5000,0	4945,3	-54,7	0,1

OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



 Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

 (01) 262 9536
 (51) 988 901 065

 informes@testcontrol.com.pe
 www.testcontrol.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CO-015
	COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES DE BRIQUETAS ASFÁLTICAS	Versión	01
		Fecha	05-08-2021
		Página	1 de 1

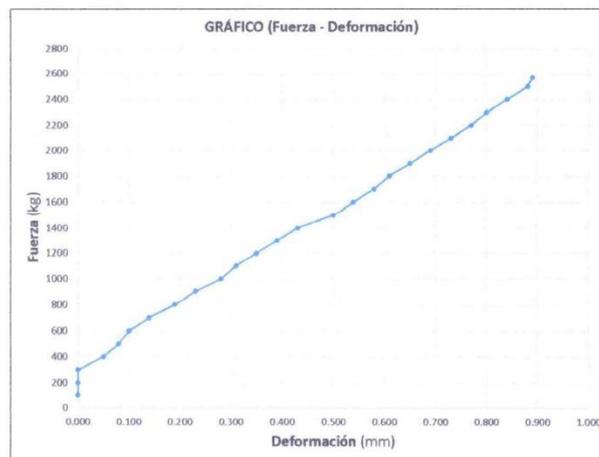
LABORATORIO DE CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTES	: JOFFRE PERALES VERGARAJ ROBERTO ARCE HUAMANÍ
TESIS	: APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAJIALES EN EL REFUERZO DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CÉSAR CANEVARO UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA
UBICACIÓN	: AVENIDA CÉSAR CANEVARO, DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA DE LIMA. FECHA : 04/06/2021

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS ASFÁLTICAS

IDENTIFICACIÓN	DIÁMETRO PROMEDIO cm	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²
M-2 (REFORZADO CON GEOMALLA)	10.0	2568.5	78.5	32.7

Fuerza (kg)	Deformación (mm)
100	0.000
200	0.000
300	0.000
400	0.050
500	0.080
600	0.100
700	0.140
800	0.190
900	0.230
1000	0.280
1100	0.310
1200	0.350
1300	0.390
1400	0.430
1500	0.500
1600	0.540
1700	0.580
1800	0.610
1900	0.650
2000	0.690
2100	0.730
2200	0.770
2300	0.800
2400	0.840
2500	0.880
2569	0.890
--	--
--	--
--	--
--	--
--	--



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S A C  EMERSON ARENO HUAMANÍ ING. EN INGENIERÍA CIVIL REG. Nº 123456	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S A C  CONTROL DE CALIDAD JJ GEOTECNIA
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CO-015
	COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES DE BRIQUETAS ASFÁLTICAS	Versión	01
		Fecha	05-06-2021
		Página	1 de 1

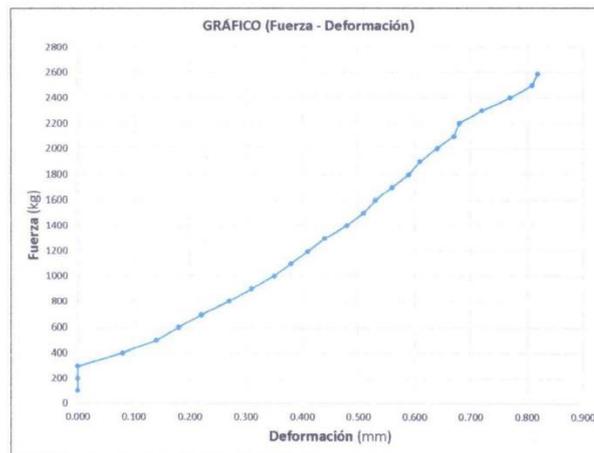
LABORATORIO DE CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTES	: JOFFRE PERALES VERGARA/ ROBERTO ARCE HUAMANÍ
TESIS	: APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAXIALES EN EL REFUERZO DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CÉSAR CANEVARO UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA
UBICACIÓN	: AVENIDA CÉSAR CANEVARO, DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA DE LIMA. FECHA : 04/06/2021

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS ASFÁLTICAS

IDENTIFICACIÓN	DIÁMETRO PROMEDIO cm	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²
M-3 (REFORZADO CON GEOMALLA)	10.0	2590.0	78.5	33.0

Fuerza (kg)	Deformación (mm)
100	0.000
200	0.000
300	0.000
400	0.080
500	0.140
600	0.180
700	0.220
800	0.270
900	0.310
1000	0.350
1100	0.380
1200	0.410
1300	0.440
1400	0.480
1500	0.510
1600	0.530
1700	0.560
1800	0.590
1900	0.610
2000	0.640
2100	0.670
2200	0.680
2300	0.720
2400	0.770
2500	0.810
2590	0.820
--	--
--	--
--	--
--	--



OBSERVACIONES:
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CO-015
	COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE BRIQUETAS ASFÁLTICAS	Versión	01
		Fecha	05-06-2021
		Página	1 de 1

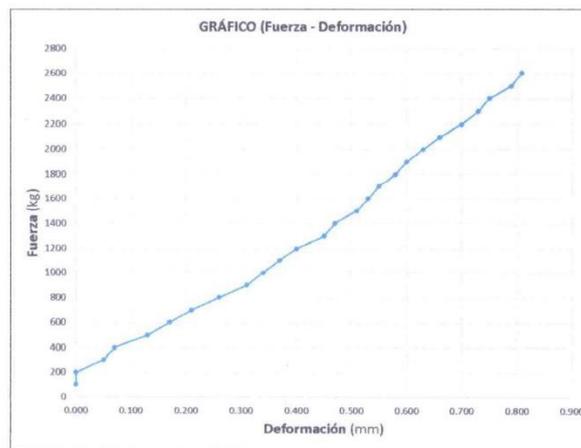
LABORATORIO DE CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTES	: JOFFRE PERALES VERGARA/ ROBERTO ARCE HUAMANÍ		
TESIS	: APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAJIALES EN EL REFUERZO DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CÉSAR CANEVARO UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA		
UBICACIÓN	: AVENIDA CÉSAR CANEVARO, DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA DE LIMA.	FECHA	: 04/06/2021

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS ASFÁLTICAS

IDENTIFICACIÓN	DIÁMETRO PROMEDIO cm	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²
M-4 (REFORZADO CON GEOMALLA)	10.0	2605.1	78.5	33.2

Fuerza (kg)	Deformación (mm)
100	0.000
200	0.000
300	0.050
400	0.070
500	0.130
600	0.170
700	0.210
800	0.260
900	0.310
1000	0.340
1100	0.370
1200	0.400
1300	0.450
1400	0.470
1500	0.510
1600	0.530
1700	0.550
1800	0.580
1900	0.600
2000	0.630
2100	0.660
2200	0.700
2300	0.730
2400	0.750
2500	0.790
2605	0.810
--	--
--	--
--	--
--	--
--	--



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  INGENIERO CIVIL ING. MER MORENO HUAMAN 2015-2016 N.º 311906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
---	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CO-015
	COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE BRIQUETAS ASFÁLTICAS	Versión	01
		Fecha	05-06-2021
		Página	1 de 1

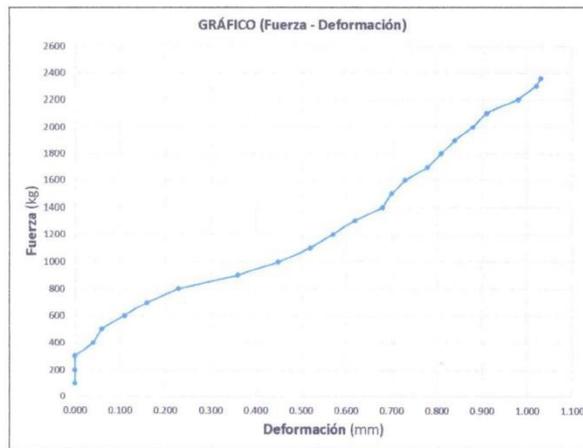
LABORATORIO DE CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTES	: JOFFRE PERALES VERGARÁ/ ROBERTO ARCE HUAMANI		
TESIS	: APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAJIALES EN EL REFUERZO DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CÉSAR CANEVARO UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA		
UBICACIÓN	: AVENIDA CÉSAR CANEVARO, DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA DE LIMA.	FECHA	: 04/06/2021

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS ASFÁLTICAS

IDENTIFICACIÓN	DIÁMETRO PROMEDIO cm	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²
M5 (PATRÓN)	10.0	2358.2	78.5	30.0

Fuerza (kg)	Deformación (mm)
100	0.000
200	0.000
300	0.000
400	0.040
500	0.060
600	0.110
700	0.160
800	0.230
900	0.360
1000	0.450
1100	0.520
1200	0.570
1300	0.620
1400	0.680
1500	0.700
1600	0.730
1700	0.780
1800	0.810
1900	0.840
2000	0.880
2100	0.910
2200	0.980
2300	1.020
2358	1.030
--	--
--	--
--	--
--	--
--	--
--	--



OBSERVACIONES:
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  EMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP Nº 24909	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-LAB-CO-015
	COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE BRIQUETAS ASFÁLTICAS		Versión	01
			Fecha	05-06-2021
			Página	1 de 1

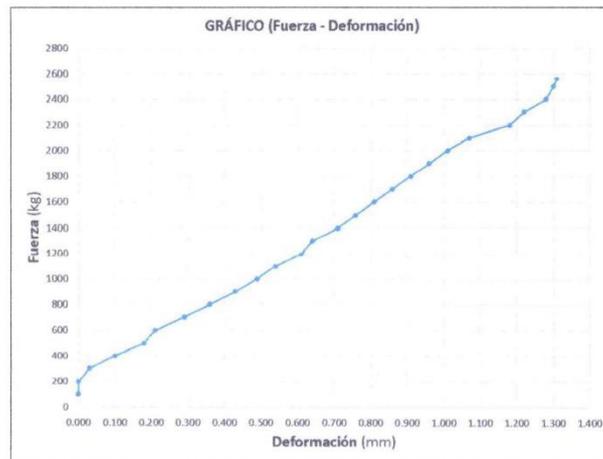
LABORATORIO DE CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTES	: JOFFRE PERALES VERGARÁ/ ROBERTO ARCE HUAMANI		
TESIS	: APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAJIALES EN EL REFUERZO DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CÉSAR CANEVARO UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA		
UBICACIÓN	: AVENIDA CÉSAR CANEVARO, DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, PROVINCIA DE LIMA.	FECHA	: 04/06/2021

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS ASFÁLTICAS

IDENTIFICACIÓN	DIÁMETRO PROMEDIO cm	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²
M-6 (PATRÓN)	10.0	2559.9	78.5	32.6

Fuerza (kg)	Deformación (mm)
100	0.000
200	0.000
300	0.030
400	0.100
500	0.180
600	0.210
700	0.290
800	0.360
900	0.430
1000	0.490
1100	0.540
1200	0.610
1300	0.640
1400	0.710
1500	0.760
1600	0.810
1700	0.860
1800	0.910
1900	0.960
2000	1.010
2100	1.070
2200	1.180
2300	1.220
2400	1.280
2500	1.300
2560	1.310
--	--
--	--
--	--
--	--
--	--



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  ELMER MASENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 21115-F	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTRÓL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

Anexo V. Ficha Técnica de la Geomalla Biaxial

FORTGRID[®] ASPHALT Geomallas



GEO MATRIX
Los Expertos en Geosintéticos

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

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



Refuerzo de carpetas asfálticas

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	NORMA DE ENSAYO	UNIDAD	VALORES				
			140	160	300	700	
Factor de eficiencia para control de reflejo de agrietamiento GEF ⁽²⁾	AASHTO T321		1,4	1,6	3,2	7,0	
Tipo de polímero		Fibras multifilamento de poliéster de alta tenacidad PET, recubiertas con copolímero bituminoso de alto desempeño.					
Resistencia a altas temperaturas (punto de ablandamiento)	ASTM D 276	°C	240				
Tamaño de abertura	Medido	mm	MD	27	28	24	22
			TD	29	26	26	22
Porcentaje de área abierta	Medido	%	64	55	46	43	

RESISTENCIA A LA CARGA CÍCLICA

Módulo de tensión cíclica ⁽³⁾	ASTM D 7556	Kn/m	800	1300	1820	2340
--	-------------	------	-----	------	------	------

DURABILIDAD

Peso molecular fibra ⁽⁴⁾	GRI GG8	g/mol	27977			
Nivel del grupo Carboxilo ⁽⁴⁾	GRI GG7	m mol/kg	15,2			

PRESENTACIÓN DEL ROLLO

Ancho ⁽⁵⁾ x largo	Medido	m	3,8x120	3,8x70	3,8x60	3,8x50
Área		m ²	456	266	228	190
Ancho ⁽⁵⁾ x largo		m	5,3x120	5,3x60		
Área		m ²	636	318		

Observaciones

MD: Dirección longitudinal. **TD:** Dirección transversal. **(1)** PET: Poliéster de Alta Tenacidad (PET) de peso molecular mayor a 25000 g/mol y grupos carboxilos finales menores a 30 m mol/kg, resistente a la degradación por rayos UV (resistencia retenida mayor al 90% evaluada bajo la norma **(ASTM D 4355)**, biológicamente inerte y resistente a ácidos, álcalis y condiciones químicas agresivas presentes naturalmente en los suelos. **(2)** Evaluación de desempeño realizada en Texas A&M Transportation Institute TTI, ver reporte Use of Fortgrid Asphalt Geogrids to improve the Cracking Performance of HMA. **(3)** Promedio de los módulos cíclicos encontrados a deformaciones permanentes de 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 3,0 y 4,0% ejecutando 1000 ciclos de carga de +/-0,10% de deformación; **(4)** Resistencia a la hidrólisis, reporte **FHWA-RD 97 142/143/144 y 00-157**; **(5)** Los anchos pueden variar en un rango de +/- 1.0 %. %.

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

Multifilamento G5 debe su alta estabilidad química y física a la complejidad polimérica del Poliéster de Alta Tenacidad (PET) utilizado y al proceso de transformación de GEOMATRIX, que incluye procesos especiales de tensionamiento y orientación mediante los cuales se le confieren características particulares entre las que se destacan la alta resistencia a la carga cíclica, un amplio rango de deformación sin pérdida del módulo cíclico a tensión, bajo creep y resistencia a las altas temperaturas. Estas características, combinadas con la técnica de construcción y el impregnado con copolímero, dan como resultado una geomalla de alto desempeño, resistente al daño por instalación, de alta estabilidad dimensional y alta eficiencia en la interacción con el agregado (entramamiento).

Para mayor información consultar el sitio web www.geomatrix.co.



2021 - 01

Las geomallas Fortgrid Asphalt se caracterizan en términos del aumento en la resistencia al agrietamiento de sobre capas asfálticas GEF, la resistencia al corte en la interface y su resistencia a la carga cíclica a deformaciones permanentes, ofreciendo un escenario realista con criterios claros de selección. A continuación se explica su significado con base en estudios específicos realizados por Geomatrix y el profesor PhD. Lubinda Walubita, ingeniero civil investigador del TTI Transportation Institute en Texas A&M University. Si desea mayor información por favor consulte la sección de pavimentos en nuestra biblioteca especializada de nuestra página web www.geomatrix.co.

FACTOR DE EFICIENCIA PARA CONTROL DE REFLEJO DE AGRIETAMIENTOS GEF

Es un indicador de la capacidad de la geomalla para reforzar las sobrecapas asfálticas determinado como la relación entre el número de ciclos de carga en condición reforzada y el número de ciclos de carga en condición no reforzada, afectado por un factor de calibración que traslada los resultados de laboratorio a campo. Este factor se determinó a través de las investigaciones realizadas [1], demostrando que las FORTGRID ASPHALT ofrecen valores entre 1.4 a 7.0, superando ampliamente la oferta de otras geomallas como se aprecia en la Figura 1.

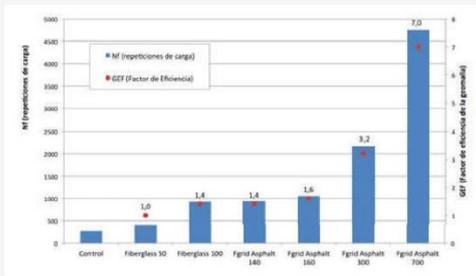


Figura 1. RESULTADOS de ENSAYOS de carga cíclica AASHTO T 321 y factor de eficiencia GEF de LAS GEOMALLAS

PORCENTAJE DE ÁREA ABIERTA

Este aspecto refleja la incidencia del balance entre resistencia y área de contacto en la resistencia al corte en la interface de las capas asfálticas. Las geomallas FORTGRID ASPHALT logran una excelente interacción que supera en al menos 1.5 veces la resistencia al corte en la interface [1], frente a otras geomallas como se aprecia en la Figura 2.

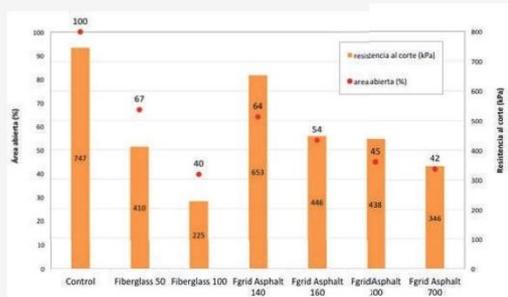
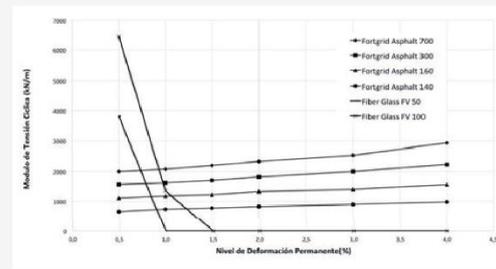


Figura 2. RESULTADOS de ENSAYOS de resistencia al corte AASHTO TP 114 y porcentaje de área abierta.

MODULO DE TENSIÓN CICLICA A DEFORMACIONES PERMANENTES

Representa el comportamiento de la geomalla en su capacidad de resistir la carga cíclica a lo largo de la ocurrencia de deformaciones permanentes. Las investigaciones realizadas indican que las geomallas FORTGRID ASPHALT mantienen constante el módulo, como se muestra en la Figura 3, manteniendo la capacidad de recuperación elástica de la sobrecapa asfáltica, con lo cual se aumenta su resistencia al reflejo de agrietamientos y en general su vida útil. Este aspecto es fundamental si se tiene en cuenta que el asfalto al envejecerse pierde su capacidad elástica haciéndose más susceptible al agrietamiento.



El ingeniero diseñador puede elegir entre las distintas referencias que se ofrecen de acuerdo con el valor del factor de eficiencia GEF que convenga en cada caso. Para mayor información se recomienda consultar la herramienta de cálculo y guía de diseño asociadas en el sitio web <http://www.geomatrix.co>

REFERENCIAS

[1] Walubita, L. F., Torres, O. L, Use of Fortgrid Asphalt Geogrids to Improve the Cracking Performance of HMA. Geomatrix, Bogotá. 2016

Geomatrix cuenta con su propio laboratorio acreditado por el Geosynthetic Accreditation Institute – Laboratory Accreditation Program (GAI-LAP), el cual garantiza la competencia e independencia del laboratorio para llevar a cabo pruebas específicas de Geosintéticos. El alto nivel de calidad permanente se garantiza mediante la implementación de buenas prácticas de un sistema de gestión de calidad enmarcado en las normas NTC-ISO 9001, NTC-ISO 14001, NTC-ISO 45001; así como de un sistema de inspección y evaluación estricto, conforme a los lineamientos de las normas ASTM D4354 y ASTM D4759 y de las especificaciones de supervivencia establecidas en FHWA NHI 07 – 092 y AASHTO M288

Para mayor información consultar el sitio web www.geomatrix.co.