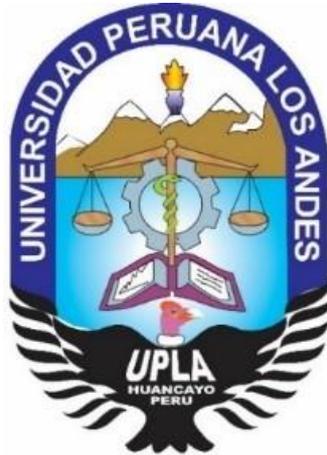


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Estabilización de base granular con refuerzo de geomallas
en el Distrito de Chilca – Huancayo, 2019**

Para Optar : El Grado Académico de Maestro en
Ingeniería Civil, Mención: Ingeniería de
Transportes

Autor : Bach. Omar Alex Huamani Salazar

Asesor : Ph. D. Tito Mallma Capcha

Línea de investigación : Transporte y Urbanismo

Institucional

Fecha de inicio / : 01.10.2019 al 02.07.2021

término

Huancayo – Perú

2021

JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



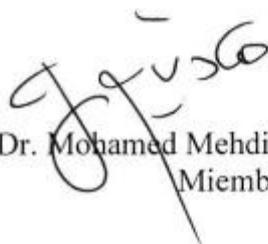
Dr. Aguedo Alvino Bejar Mormontoy
Presidente



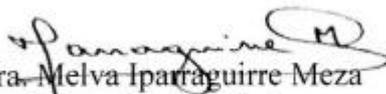
Mtro. Alcides Luis Fabian Brañez
Miembro



Dr. Julio Cesar Llallico Colca
Miembro



Dr. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed
Miembro



Dra. Melva Iparraquirre Meza
Secretaria Académica

Ph.D. Tito Mallma Capcha

ASESOR

DEDICATORIA

Sobre todas las cosas a Dios el maestro de mis sueños y anhelos, con amor profundo a mis padres, Teodoro y Josefina por materializar en mi lo mejor de ellos y llenarme de fe con su pleno apoyo hicieron que sea hijo formado con y en valores, a mi adorada esposa Patricia e hijos Gregory y Patrick quienes son mi motor, motivo y apoyo para seguir adelante.

Omar Alex Huamani Salazar.

AGRADECIMIENTO

Al concluir esta etapa tan trascendental en mi vida, agradezco en primer lugar infinitamente a mis adorados padres por guiarme en todo momento argumentar cada sueño mío y por cada oración regalada asimismo a mis amigos por su inmensa amistad sincera dejaron gran recuerdo, gracias también a Dios todopoderoso por el cariño dejado por mis amigos y familiares.

Omar Alex Huamani Salazar.

CONTENIDO

CARÁTULA	i
JURADOS	ii
ASESOR	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
CONTENIDO	vi
CONTENIDO DE TABLAS	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	20
1.2 Delimitación del problema.....	23
1.2.1 Delimitación espacial	23
1.2.2 Delimitación temporal	23
1.2.3 Delimitación del contenido	23
1.3 Formulación del problema.....	23
1.3.1 Problema general	23
1.3.2 Problema específico	23
1.4 Justificación	24
1.4.1 Social.....	24

1.4.2 Teórica.....	24
1.4.3 Metodológica.....	25
1.5 Objetivos.....	25
1.5.1 Objetivo general	25
1.5.2 Objetivos específicos.....	25
CAPÍTULO II.....	26
MARCO TEÓRICO.....	26
2.1 Antecedentes.....	26
2.1.1 Nacionales	26
2.1.2 Internacionales.....	27
2.2 Bases teóricas.....	29
2.2.1 Geomallas	29
2.2.2 Geosintético.....	32
2.2.3 Geomalla biaxial.....	32
2.2.4 Pavimento flexible.....	34
2.2.5 Base granular	35
2.2.6 Proctor modificado	39
2.2.7 California Bearing Ratio-CBR	39
2.2.8 Límites de Consistencia.....	40
2.3 Marco conceptual.....	43
2.3.1 Geomallas de refuerzo.....	43
2.3.2 Geomalla biaxial.....	43
2.3.3 Propiedades de las geomallas	43
2.3.4 Geosintéticos	44
2.3.5 Base granular	44

2.3.6 Material de préstamo	44
2.3.7 Proctor modificado	44
2.3.8 California Bearing Ratio- CBR	44
2.3.9 Método AASHTO para pavimento.....	45
CAPÍTULO III.....	46
HIPÓTESIS.....	46
3.1 Hipótesis general.....	46
3.1.1 Hipótesis específicas	46
3.2 Variables	46
3.2.1 V1: Geomallas de refuerzo.....	46
3.2.2 V2: Base granular	47
CAPÍTULO IV.....	48
METODOLOGÍA.....	48
4.1 Metodología de la investigación	48
4.2 Tipo de investigación.....	48
4.3 Nivel de investigación	49
4.4 Diseño de investigación	49
4.5 Población y muestra.....	50
4.5.1 Población.....	50
4.5.2 Muestra.....	50
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	50
4.6.1 Técnica	50
4.6.2 Instrumento de recolección de datos	51
4.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	51
4.7.1 Técnicas de procesamiento.....	51

4.7.2 Análisis de datos.....	51
4.8 Aspectos éticos de la investigación	52
CAPÍTULO V.....	53
RESULTADOS.....	53
5.1 Descripción de los resultados	53
5.1.1 Estudios básicos	53
5.1.2 Propiedades de la geomalla biaxial	56
5.1.3 Mecanismo de refuerzo al estabilizar la base granular.....	58
5.1.4 Diseño del pavimento flexible método AASHTO 93	61
5.1.5 Análisis de costos para la construcción del pavimento	75
5.2 Contrastación de hipótesis	85
5.2.1 Contrastación de hipótesis general	85
5.2.2 Contrastación de hipótesis específicas	86
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	89
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS 96	
Matriz de consistencia.....	97
Matriz de operacionalización del instrumento	98

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Lista de normativas empleados.....	55
Tabla 3. Propiedades físicas de las geomallas biaxial 20 kN/m.	56
Tabla 4. Propiedades mecánicas de la geomalla biaxial 20 kN/m.....	57
Tabla 5. Propiedades físicas de las geomallas biaxiales 30 kN/m.....	57
Tabla 6. Propiedades físicas de las geomallas biaxial 30 kN/m.....	58
Tabla 7. Resultados del cálculo de ejes equivalentes	62
Tabla 8. Tipos de geomalla biaxial consideradas en el diseño	64
Tabla 9. Resultado características geotécnicas de la subrasante.....	65
Tabla 10. valores del cálculo de CBR al mejorar la subrasante.....	66
Tabla 11. Diseño del pavimento flexible sección homogénea Av. Los Próceres	66
Tabla 12. Diseño del pavimento flexible sección homogénea Av. 9 de Diciembre	67
Tabla 13. Diseño del pavimento flexible sección homogénea Av. Leoncio Prado	68
Tabla 14. Espesor del pavimento con refuerzo en la Av. Los Próceres.....	70
Tabla 15. Espesor del pavimento con refuerzo en la Av. 9 de Diciembre.....	70
Tabla 16. Espesor del pavimento con refuerzo en la Av. Leoncio Prado	71
Tabla 17. Espesor de las estructuras del pavimento empleando geomalla tipo A y tipo B	72
Tabla 18. Espesor de las estructuras del pavimento empleando geomalla	73
Tabla 19. Espesor de las estructuras del pavimento empleando geomalla	74
Tabla 20. Análisis de precios unitarios y metrados para la subbase.....	76
Tabla 21. Análisis de precios unitarios de la base granulares si emplear refuerzo.....	77
Tabla 22. Cálculo de precios unitarios para la imprimación asfáltica	77
Tabla 23. Cálculo de precios unitarios para la carpeta asfáltica en caliente.....	78
Tabla 24. Presupuesto final de costos del pavimento sin refuerzo	78

Tabla 25. Determinación de metrados con refuerzo	79
Tabla 26. Análisis de precios unitarios para la subbase.....	79
Tabla 27. Determinación de precios unitarios con refuerzo	80
Tabla 28. Determinación de precios unitarios con refuerzo en la base granular	80
Tabla 29. Determinación de precios unitarios para imprimación asfáltica.....	81
Tabla 30. Precios unitarios para carpeta asfáltica en caliente.....	81
Tabla 31. Presupuesto final para la construcción del pavimento con geomalla 20 kN/m	82
Tabla 32. Determinación de metrados con refuerzo	82
Tabla 33. Precios unitarios para la subbase	83
Tabla 34. Determinación de precios unitarios con geomalla.....	83
Tabla 35. Determinación de precios unitarios para base granular	84
Tabla 36. Determinación de precios unitarios para imprimación asfáltica.....	84
Tabla 37. Determinación de precios unitarios para carpeta asfáltica.....	85
Tabla 38. Presupuesto de la construcción del pavimento con refuerzo – geomalla 30 kN/m	85
Tabla 39. Análisis espesores de la estructura del pavimento con refuerzo.....	86
Tabla 40. Análisis espesores de la estructura del pavimento con refuerzo.....	87
Tabla 41. Análisis comparativo de los presupuestos para la construcción de pavimento	87

CONTENIDO DE FIGURAS

<i>Figura 1. Esquema comparativo de pavimentación sin refuerzo con refuerzo</i>	21
<i>Figura 2. Presencia de baches y grietas en el pavimento Av. Los Próceres, Chilca</i>	22
<i>Figura 3. Presencia de piel de cocodrilo en el pavimento Av. Los Próceres, Chilca</i>	22
<i>Figura 4. Geomalla uniaxial</i>	30
<i>Figura 5. Geomalla biaxial</i>	31
<i>Figura 6. Geomalla triaxial</i>	31
<i>Figura 7. Confinamiento generado por la geomalla biaxial</i>	33
<i>Figura 8. Sección transversal de la estructura de pavimento</i>	34
<i>Figura 9. estructura del pavimento</i>	35
<i>Figura 10. Tipos de base granular</i>	36
<i>Figura 11. Ensayos para base granular</i>	37
<i>Figura 12. Pisón y molde para la prueba Proctor Modificado</i>	39
<i>Figura 13. Equipo de CBR para realizar la compactación</i>	40
<i>Figura 14. Límite de Atterberg</i>	41
<i>Figura 15. Prueba de límite, copa de casa grande y ranurador</i>	41
<i>Figura 16. Demostración de la resistencia cortante del límite líquido</i>	42
<i>Figura 17. Enrollamiento del material para conocer el límite plástico</i>	43
<i>Figura 18. Calicata C-1 Av. Leoncio Prado cuadra N°21</i>	53
<i>Figura 19. Calicata C-1 Av. Los Próceres cuadra N° 05</i>	54
<i>Figura 20. Calicata C-5 Av. 9 de Diciembre cuadra N°11</i>	54
<i>Figura 21. Geomalla confinada al someter una carga</i>	59
<i>Figura 22. Desplazamiento de la carga en forma uniforme</i>	60
<i>Figura 23. Rigidez que aporta las geomallas biaxiales</i>	60
<i>Figura 24. Valores de la desviación estándar normal (ZR)</i>	63

<i>Figura 25. Parámetros de coeficiente de drenaje</i>	<i>63</i>
<i>Figura 26. Análisis del espesor de las estructuras del pavimento</i>	<i>73</i>
<i>Figura 27. Análisis del espesor de las estructuras del pavimento</i>	<i>74</i>
<i>Figura 28. Análisis del espesor de las estructuras del pavimento</i>	<i>75</i>
<i>Figura 29. Presupuesto para la construcción del pavimento.....</i>	<i>88</i>

RESUMEN

En la presente investigación científica se ha planteado como objetivo principal determinar en qué medida el refuerzo con geomalla favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca - Huancayo 2019, para realizar la determinación se procedió a realizar el diseño de la estructura sin refuerzo y empleando refuerzo para el análisis de las ventajas que se obtiene, de los tramos siguientes Av. Los Próceres, Av. 9 de Diciembre, Av. Leoncio Prado, Para el diseño con refuerzo de geomalla se consideró dos tipos de geomalla que es de tipo A 20 kN/m y tipo B 30 kN/m para ambos diseños se hizo uso de las hojas de cálculo electrónica para determinar la diferencia de espesores en los tres diseños de la estructura del pavimento y así mismo se realizó los metrados y análisis de costos unitarios, la metodología que se utilizó para esta investigación fue primero el enfoque cuantitativo, el tipo de investigación asumido fue el aplicada, el diseño de investigación el experimental, del análisis de los tres diseños se pasó a una comparación y seguidamente se obtuvo como resultado con el uso de la geomalla biaxial 20 kN/m el espesor de la base granular y subbase reduce en 5% y 3% y con el uso de la geomalla biaxial tipo 30 kN/m el espesor de la base granular y subbase reduce en 5.5% y 3%. En los costos reduce con la geomalla biaxial 20 kN/m en 17% Y con la geomalla biaxial 30 kN/m en 19%.

Palabras clave: Pavimento, refuerzo, geomallas.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine to what extent the reinforcement with geogrid favors the flexible pavement by stabilizing the granular base in the district of Chilca - Huancayo 2019 to make the determination, the design of the structure without reinforcement was carried out and using reinforcement for the analysis of the advantages obtained, of the following sections: Av. Los Próceres, Av. 9 de December, Av. Leoni Prado, Para For the design with geogrid reinforcement, two types of geogrid were considered, which are type A 20 kN/m and type B 30 kN / m for both designs. Excel spreadsheets were used to determine the difference in thickness in the three designs of the structure of the pavement and also the measurements and analysis of unit costs were carried out, the methodology used for this research is of a quantitative approach, type of applied research, experimental research design, the analysis of the three designs was passed to a comparison and then The result was obtained with the use of the 20 kN/m biaxial geogrid, the thickness of the granular base and subbase reduced by 5% and 3% and with the use of the 30 kN/m biaxial geogrid the thickness of the granular base and subbase reduced by 5.5% and 3%. In costs it reduces with the 20 kN/m biaxial geogrid by 17% and with the 30 kN/m biaxial geogrid by 19%.

Keywords: Pavement, reinforcement, geogrids.

INTRODUCCIÓN

La investigación consiste en el reforzamiento de la base granular del suelo antes de una pavimentación, aplicando la tecnología de los últimos años se usa las geomallas biaxiales para mejorar la distribución de los esfuerzos esta tesis se divide en:

El capítulo I, que versa sobre el planteamiento del problema de investigación, para el cual primero se realiza la descripción de la situación problemática seguido de la descripción, delimitación y formulación del problema de investigación, los objetivos generales, objetivos específicos y la justificación e importancia del estudio propiamente dicho.

El capítulo II, trata sobre el marco teórico, dentro de ello se ha visto la revisión de antecedentes del estudio, las bases teóricas – científicas, y finalmente la definición de términos básicos descriptivos a través de citas textuales y no textuales.

El capítulo III, que trata sobre las hipótesis de investigación, como son la hipótesis general, y las hipótesis específicas y el sistema de variables, con su respectiva operacionalización de variables.

El capítulo IV, contiene la metodología de la investigación, su enfoque, tipo, diseño, población y muestra, además de las técnicas e instrumentos de recolección de datos y procesamiento de datos y recolección de datos, procesamiento de datos y análisis estadístico.

El capítulo V, donde se menciona la descripción de los resultados del trabajo de investigación, dividido en presentación de resultados en tablas, gráficos y figuras estadísticas.

Por último, se da a conocer las conclusiones, recomendaciones y las referencias bibliográficas utilizadas en la tesis.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En la actualidad se deben considerar aspectos muy importantes en el diseño y la ejecución de infraestructuras viales ya que se presencia accidentes de tránsito en puntos críticos de la ciudad de Huancayo problema por el cual deberían de preocuparse nuestras autoridades políticos y formuladores en el sector público porque ellos son los que deberían de influir en la exclusión de las condiciones de las vías de transporte que da lugar a la existencia de los accidentes de tránsito de esta manera contribuir a una visión al futuro para lograr vivir en una ciudad inclusiva y sostenible.

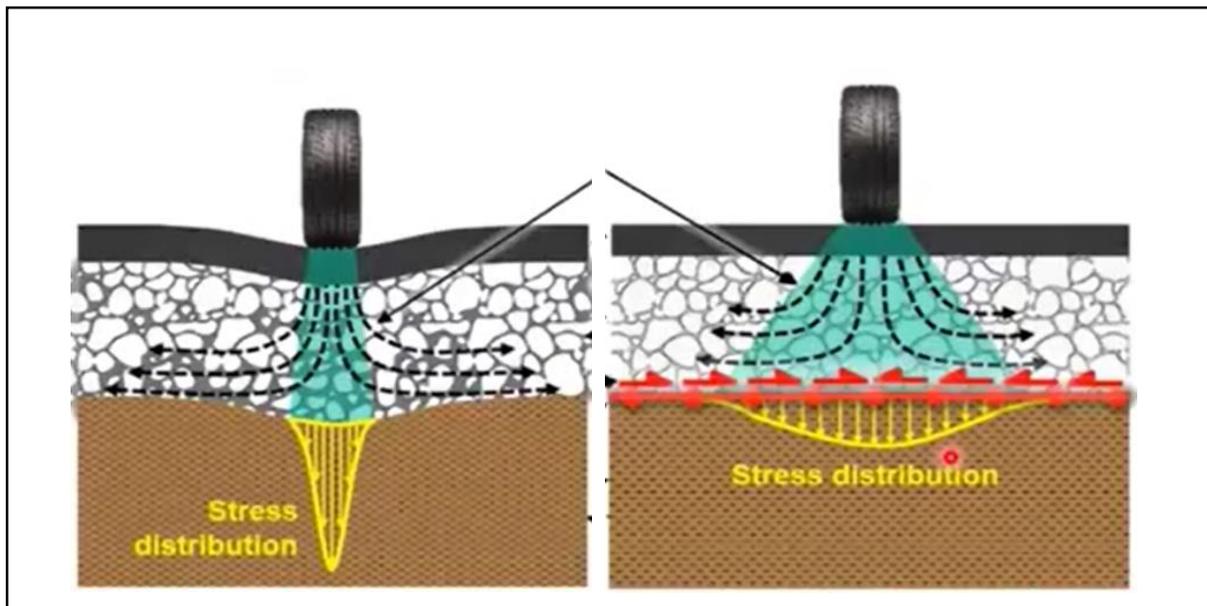
Teniendo un panorama más amplio podemos decir que las carreteras de Chilca se encuentran sometidas a grandes cargas durante el periodo de servicio debido a la tráfico de vehículos ligeros y pesados y esto genera las aparición de distintas patologías afectando la carpeta asfáltica y a ello se suma la presencia de suelos blandos de la subrasante, por tanto genera problemas comunes para la construcción de pavimentos flexibles incluyendo la filtración del agua de las lluvias provocadas por el clima de Huancayo.

La patología más común es la aparición de grietas en el pavimento dificultando la transmisión de las fuerzas transversales en toda la estructura de la carpeta asfáltica, en la actualidad se ha demostrado el importante desarrollo del uso de geosintéticos para retardar el tiempo de vida útil de la estructura produciendo un mejor efecto respecto a las fallas en solución a los problemas presentados en el pavimento, esta demostración se aplica debido al fallido de resultados de las

soluciones tradicionales en el mantenimiento ya que dicho mantenimiento consiste en tender una nueva capa asfáltica en todas las partes que se observan las fallas, pero esta solución no demuestra calidad y menos durabilidad pues al transcurrir el tiempo aparecen nuevamente los mismos problemas, concluyendo que la solución tradicional es poco eficiente, antieconómica y poco práctica.

Para la presente investigación se pretende hacer uso de geomallas realizando un reforzamiento en la base granular del pavimento del distrito de Chilca, Huancayo, ya que estas pistas se encuentran en mal estado generando incomodidad a los ciudadanos y a los conductores, pese a las continuas reparaciones es de nunca acabar con este problema, para dar a entender la mejora de las vías pavimentadas aplicando refuerzo se muestra en las figura 1 y para demostrar las vías con presencia de grietas y baches en el pavimento se da a conocer en las figuras 2 y 3.

Figura 1. Esquema comparativo de pavimentación sin refuerzo con refuerzo



Fuente: Macaferri (2021)

Figura 2. Presencia de baches y grietas en el pavimento Av. Los Próceres, Chilca



Figura 3. Presencia de piel de cocodrilo en el pavimento Av. Los Próceres, Chilca



1.2 Delimitación del problema

1.2.1 Delimitación espacial

El desarrollo de la investigación se elaboró en el distrito de Chilca mediante la elaboración de calicatas para el estudio e identificación del tipo de suelo en los tramos de Av. Los Próceres, Av. 9 de diciembre y Av. Leoncio Prado.

1.2.2 Delimitación temporal

El tiempo del desarrollo de la investigación se llevó a cabo seis meses considerando la ejecución y desarrollo completo de toda la estructura.

1.2.3 Delimitación del contenido

La investigación abarca a la identificación del tipo de suelo de las zonas de estudio mediante ensayos estándares, ensayos especiales y al diseño de la estructura de la carpeta asfáltica aplicando como refuerzo dos tipos de geomalla.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿En qué medida el refuerzo con geomalla favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019?

1.3.2 Problema específico

- ¿Cuáles son las propiedades de la geomalla que favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019?

- ¿Cuáles son los mecanismos de refuerzo de la geomalla que favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019?
- ¿Cuánto varía el costo del pavimento flexible comparando con la aplicación de dos tipos al estabilizar en la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019?

1.4 Justificación

1.4.1 Social

La estabilización de la base granular con geomallas biaxiales en el pavimento flexible tiene beneficios muy importantes entre los cuales tenemos la reducción de materiales de préstamo proveniente de las canteras y reduce el impacto ambiental porque permite menor explotación de canteras y a la vez puede ser maniobrado por cualquier personal u obrero sin necesidad que tenga una especialización por ello es importante determinar el diseño óptimo para la base granular reforzado en los tres tramos del distrito de Chilca, Huancayo.

1.4.2 Teórica

Las geomallas se clasifican en varios tipos, en este caso para esta investigación planteado se aplicó las geomallas biaxiales que tiene características parecidas e iguales porque su proceso de fabricación es de extrusión y luego son estiradas longitudinalmente y transversalmente asimismo se definen por sus espacios rectangulares y cuadrados que evita que sobrepase y/o penetre los agregados granulares a la subbase en especial si en la subrasante hay presencia de suelos blandos.

1.4.3 Metodológica

Para la determinación el tipo de suelo con el que está compuesto la subrasante de los tres tramos del distrito de Chilca, el diseño de las estructuras del pavimento y el costo de la construcción de la pavimentación de los tramos mencionados anteriormente, la herramienta usada fue el software Excel.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Determinar en qué medida el refuerzo con geomalla favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades de las geomallas que favorece al pavimento flexible al aplicar como refuerzo en la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019.
- Determinar los mecanismos de refuerzo de la geomalla que favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019.
- Determinar la variación del costo del pavimento flexible al aplicar dos tipos de geomalla al estabilizar la base granular del distrito en el Chilca – Huancayo, 2019.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Nacionales

Miranda (2019), en su tesis elaboró con título “ *Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles tramo Tayabamba – Ongón provincia de Pataz, La Libertad*” para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería y Transportes y Mantenimiento de las Vías en la Universidad Privada Antenor Orrego de la ciudad de Trujillo cuyo objetivo planteó elaborar el diseño aplicando refuerzo en la base granular con las geomallas biaxiales para optimizar la calidad en los años de duración del pavimentos flexibles en Tayabamba, Ongón, provincia de Pataz, La Libertad para lo cual empleó la método de la investigación tipo aplicada, nivel explicativo enfoque cuantitativo, método científico y diseño experimental en los resultados obtuvo que con el refuerzo de geomallas biaxiales se optimiza significativamente el espesor de la base y subbase al realizar el diseño del pavimento flexible comparado con el diseño sin refuerzo, finalmente concluyó que la geomalla biaxial evita que se genere la mezcla con los materiales de la subbase ya que al no producirse desplazamiento y mezcla con los materiales granulares en el pavimento aumenta el periodo de vida útil por más años.

Mera (2017), elaboró su tesis titulado “ *Evaluación técnico - económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa Cruz Bellavista del distrito Bellavista, Jaén - Cajamarca*” para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la

Universidad Nacional de Cajamarca por el cual el objetivo propuesto fue realizar una evaluación de las repercusiones técnico - económico al emplear las geomallas multiaxial en el reforzamiento de la subrasante y evidenciar el proceso de construcción con la geomalla en vías no pavimentadas en el tramo de la carretera y como resultado obtenido fue que se logró reducir el espesor en el diseño con geomalla multiaxial en los tramos en este caso variando de 5.4% a 39.2% también se evidenció con las geomallas la construcción del pavimento resultó económicamente viable donde el suelo tienen CRB menor al 2.5%, finalmente obtuvo un ahorro entre 10.09% y 24.48%.

Olarte (2015), en su tesis titulado “ *Proceso innovado para determinar el espesor de subrasante mejorada en suelos limo - arcillosos aplicado en la carretera puente Raither – puente Paucartambo*”, para optar el grado de Magister en Ciencias con mención en Ingeniería de Transportes en la Universidad Nacional de Ingeniería, fijó como objetivo realizar una propuesta para el análisis y calibración para la determinación del espesor de la calzada mejorado por medio de pruebas de campo y para analizar la deflexión y deformación del pavimento Flexible, finalmente en su investigación concluyó en cada que va aumentando el espesor mejorada disminuye el módulo de elasticidad en la capa que se mejor.

2.1.2 Internacionales

Miranda & Sánchez (2015), realizaron su investigación con título “ *Evaluación del módulo resiliente y deformación permanente de una base granular mecánicamente estabilizada con geomalla*” para optar el grado académico de Magister en Ciencias con mención en Ingeniería Vial en la Pontificia Universidad Católica de Ecuador, cuyo objetivo plantearon realizar una evaluación mecánica en laboratorio para analizar la contribución de la geomalla en la base granular por medio de ensayos AASHTO T-307 para obtener el módulo resiliente y NCHRP Reporte 598, Proyecto

4-31 Apéndice B, para la determinación de la deformación permanente, la metodología que emplearon fue la investigación tipo aplicada y de nivel explicativo, enfoque cuantitativo, método científico y diseño experimental, obtuvieron como resultado al realizar la comparación de los resultados obtenidos del módulo resiliente con y sin geomalla vio que aumentó mínimo en los valores del módulo resiliente finalmente determinó mediante su análisis que no existe ninguna influencia de la geomalla multidireccional respecto a los valores del módulo resiliente en la base granular finalmente concluyeron que de acuerdo a la granulometría de la base granular mediante la clasificación SUCS en un material GW y la clasificación AASHTO es un material correspondiente al grupo A-1 y sub grupo A-1-A.

Bustamante (2016), en su tesis realizó la investigación titulada “ *Evaluación en el nivel de resistencia de una subrasante, con el uso combinado de una geomalla y un geotextil*” para obtener el grado académico de Magister en Ciencias con Mención en Ingeniería en Viabilidad y Transportes en la Universidad de Cuenca – Ecuador cuyo objetivo de su investigación planteó demostrar el nivel de resistencia sobre una subrasante que puede proporcionar un geotextil y geomalla y sin aplicar ningún refuerzo, mediante la comparación de la resistencia de los materiales como resulta obtuvo que los esfuerzos efectivos máximos sin reforzamiento es de -14.52456 y factor reforzamiento es de 1, con geotextil es -6.7871769 y factor reforzamiento es de 1.54 con geotextil y geomalla es -4.0295695, con geomalla -6.1428746 y factor de reforzamiento es 1.58, la metodología empleado fue de tipo aplicada, nivel explicativo, método científico diseño experimental, finalmente concluyó que los materiales geosintéticos en la subrasante brinda un comportamiento elástico a la estructura del pavimento que al permitir un grado de deformación recupera su forma original.

Montejo & Otero (2016), realizaron su investigación titulada *“Evaluación del comportamiento mecánico de una estructura bicapa, reforzada con geomalla biaxial, compuesta por afirmado in vivo sobre subrasante blanda, aplicable a vías no pavimentadas”* para optar el grado de Magister en la Pontificia Universidad Católica, plantearon como objetivo realizar un análisis del comportamiento mecánico de vías que no se encuentran pavimentadas que tienen una conformación del afirmado que se encuentra reforzado con geomalla el cual tienen capacidad portante baja en la capa del subrasante, la metodología que aplicaron fue explicativa, nivel experimental, método científico, como resultados obtuvo que las geomallas de refuerzo tipo I produce un mejoramiento en la estructura entre el 30% y 50% y el tipo II entre el 30% y 80% incrementa el módulo resiliente porque aumenta el soporte de carga, finalmente concluyeron las geomallas de refuerzo genera un aumento en el soporte de los materiales granulares de la estructura de la base ya que crea una capa más rígida.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Geomallas

Son geosintéticos que sirven de refuerzo para estructuras planas elaborados con polímeros de que alcancen una buena durabilidad y resistencia, ha sido utilizado según su función en la estabilización y refuerzo de diferentes proyectos en el ámbito de la construcción buscando así interactuar con el suelo y así poder complementar su resistencia a la tensión, que son tejidos abiertos que permiten que el suelo golpee a través de la abertura y que los materiales se entrelacen para que el comportamiento compuesto causado tenga varios beneficios en sus aplicaciones que podrían reducir los costos generales.

2.2.1.1 Clasificación de geomallas

Geomalla uniaxial

Principal elemento para poder fabricar los geocolchones con la finalidad de poder soportar tensiones en una sola dirección de longitud, así su resistencia a la tracción se va a extender en todo el equipo, por ello usados para reforzar los suelos blandos en una dirección, (2019).

Figura 4. Geomalla uniaxial

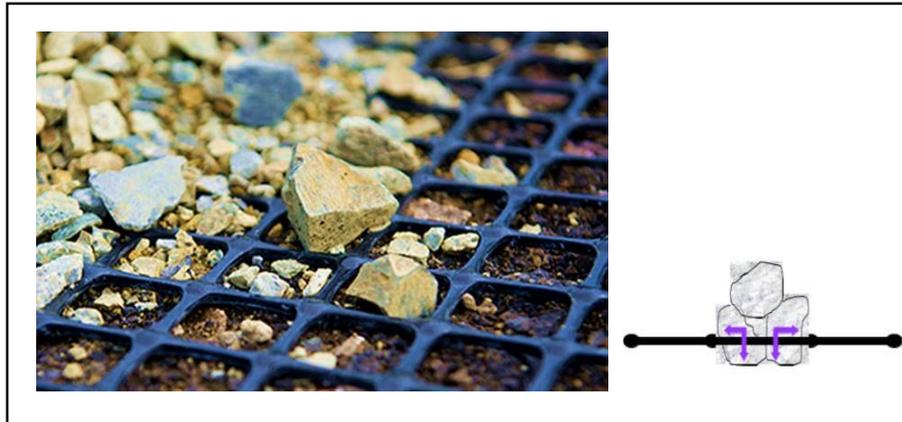


Fuente: Geomalla uniaxial (2021).

Geomalla biaxial

Geomembrana con dos direcciones que soportan en ambos sentidos una resistencia. Usado en obras civiles donde se demande altas cargas y donde los suelos tengan una baja capacidad portante, (Geoace, 2019 pág. 1).

Figura 5. Geomalla biaxial



Fuente: Geoace (2019).

Geomalla triaxial

Es un elemento que presenta características de alta eficacia, como un alto desempeño para la reducción del espesor de la estructura del pavimento, y están diseñadas de una lámina de polipropileno el cual disminuye los costos relacionados a la instalación, mantenimiento y presenta facilidad en su instalación. Universidad Tecnológica Centroamericana, (Universidad Tecnológica Centroamericana, 2014).

Figura 6. Geomalla triaxial



Fuente: Grupo Eofort (2020).

2.2.2 Geosintético

Se refiere al grupo de geo sintéticos derivados del petróleo, más conocidos como materiales plásticos en su tipología de mallas, fibras, perfiles, entre otros. Y estos a su vez se clasifican en geotextiles, geomembranas, geomallas, geodrenes, geoceldas, geomantas y geocompuestos de bentonita, Almendares Santos & Reyes Zúñiga (2017 pág. 2).

Geotextil

Geosintéticos permeables compuestos únicamente de materiales textiles (ASTM D4439), son mantas continuas de fibras y no tejida sus hojas son flexibles y permeables.

Geomallas

Materiales que cuentan con una apariencia de una red usual de elementos de tenacidad de tracción, referidos a las aberturas permiten la fricción entre las capas de suelo, (O. Sfriso, 2007).

2.2.3 Geomalla biaxial

Geomembrana con dos direcciones que soportan en ambos sentidos una resistencia. Usado en obras civiles donde se demande altas cargas y donde los suelos tengan una baja capacidad portante, (Prodac, 2016 pág. 1).

2.2.3.1 Funciones

- Refuerzo de terraplenes, subrasante, muros, taludes.
- Reducción de deformaciones.
- Transformación de suelos blandos.

2.2.3.2 Ventajas

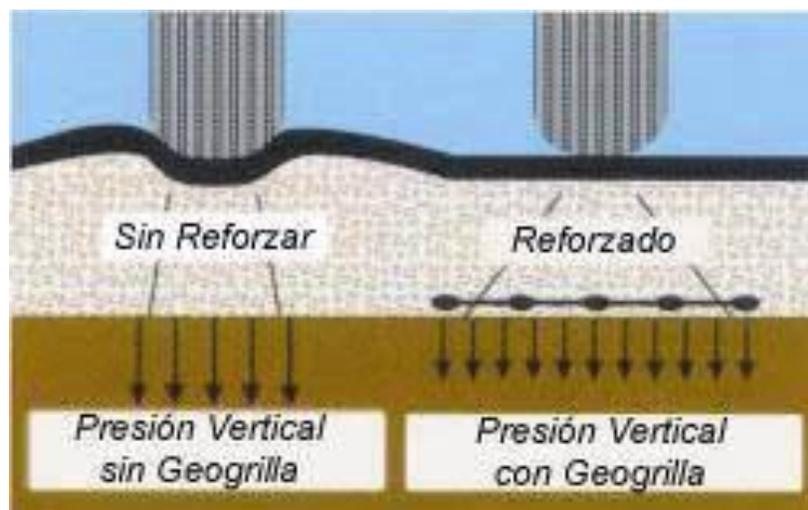
- Aumenta el tiempo de vida útil de la estructura de la carpeta asfáltica inicial.
- Acorta el grosor de las capas y disminuye el impacto ambiental permitiendo menos explotación de canteras. Amanaco geo sintéticos (s.f., pág. 5).

2.2.3.3 Aplicaciones

Su aplicación es con asistencia para estabilizar:

- Terraplenes.
- Suelos blandos.
- Vías férreas.
- Refuerzo de pista en aeropuertos.

Figura 7. Confinamiento generado por la geomalla biaxial

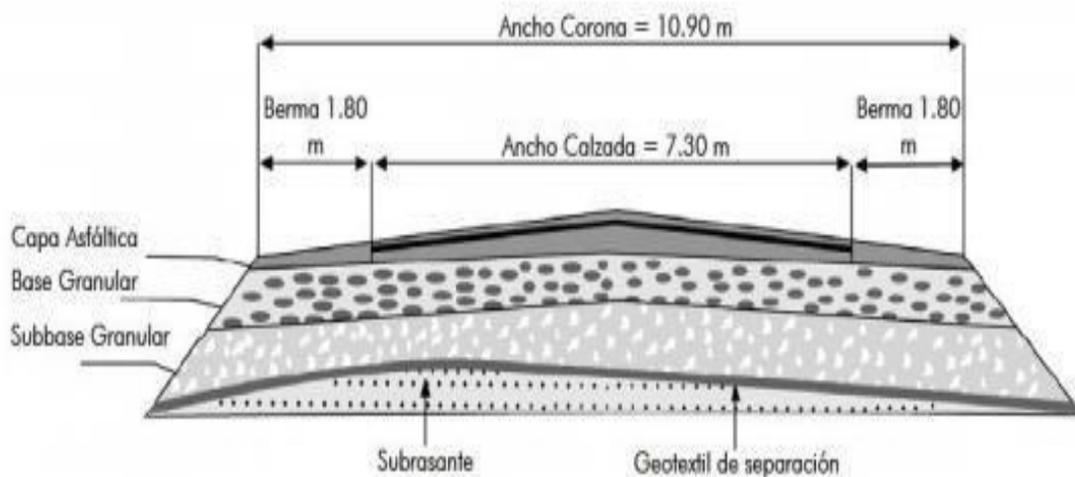


Fuente: Silva (2010).

2.2.4 Pavimento flexible

Son aquellos que cuya estructura se flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre el generalmente los pavimentos flexibles se construye en zonas de abundante tráfico está constituida por la carpeta asfáltica, base, subbase, subrasante.

Figura 8. Sección transversal de la estructura de pavimento



Fuente: (Arando, 2019).

2.2.4.1 Composición del pavimento

- Capa de subrasante: Está conformado por el material originario que se apoya toda la estructura del pavimento por tanto el espesor de esta capa es más ancho su finalidad es resistir las cargas y sobrecargas.
- Capa de subbase: construido directamente sobre la terracería lo cual reduce el espesor de la base, protegiendo a la base aislándola de la terracería.
- Capa de base granular: Está constituida por materiales pétreos se construye sobre la subbase.

- Capa de rodadura: Esta considerada por el área donde transitan generalmente los vehículos, y está compuesta por un material pétreo al que adiciona un producto asfáltico.

Figura 9. Estructura del pavimento



Fuente: Ortiz Mancera (2017).

2.2.5 Base granular

Son materiales granulares que son obtenidos de canteras o también procesados que para su aprobación deben cumplir con ciertos estándares para su colocado en la subbase afirmado o subrasante.

2.2.5.1 Clase de base granular

En función a la calidad de los agregados existe tres tipos de base granular (A, B y C) y estos se aplica en función al nivel del tránsito del proyecto de construcción.

Figura 10. Tipos de base granular

CLASE DE BASE GRANULAR	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

Fuente: Afirmados subbases y bases, (N.T.E. CE 010, 2010).

2.2.5.2 Proceso de base granular

- Preparación de las muestras para colocado y extendido de manera uniforme con motoniveladora sobre las capas de subbase o subrasante no mayor a 35cm.
- Batido con la cuchilla de la motoniveladora de los materiales de la base granular.
- compactado de ancho total de los materiales de la base granular con peso mínimo de 10 toneladas.
- humedecimiento del material para la compactación.

2.2.5.3 Aplicación de medición y pago de base granular

Esta medida en (m^3) del material que se va a usar, depende tambien de las especificaciones respectivas, el pago también se realiza por (m^3).

Figura 11. Ensayos para base granular

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Base Granular	Granulometría	MTCE 204	C 136	T 27	750 m ³	Cantera (2)
	Límite líquido	MTCE 110	D 4318	T 89	750 m ³	Cantera (2)
	Índice de plasticidad	MTCE 111	D 4318	T 90	750 m ³	Cantera (2)
	Abrasión Los Ángeles	MTCE 207	C131	T 96	2.000 m ³	Cantera (2)
	Equivalente de Arena	MTCE 114	D 2419	T 176	2.000 m ³	Cantera (2)
	Salas Solubles	MTCE 219			2.000 m ³	Cantera (2)
	CBR	MTCE 132	D 1883	T 193	2.000 m ³	Cantera (2)
	Partículas fracturadas	MTCE 210	D 5821		2.000 m ³	Cantera (2)
	Partículas Chatas y Alargadas		D 4791		2.000 m ³	Cantera (2)
	Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTCE 209	C 88	T 104	2.000 m ³	Cantera (2)
	Densidad y Humedad	MTCE 115	D 1557	T180	750 m ²	Pista
	Compactación	MTCE 117	D 4718	T191	250 m ²	Pista
		MTCE 124	D 2922	T238		

Fuente: Afirmados subbases y bases, (N.T.E. CE 010, 2010).

2.2.5.4 Metodología AASHTO

La metodología AASHTO 93 tiene como criterio de diseño, elevar el nivel del servicio en los periodos y en las repeticiones de las cargas de tránsito, en el caso de diseño de pavimentos flexibles, se tendrá como base la capacidad estructural de capas y la identificación en número estructural expresando así la resistencia que requiere un pavimento que va a estar constituido por la subrasante.

En el diseño de espesor de losa se asume espesores de losa de concreto, así este espesor debe cumplir los parámetros de diseño establecido y también soportar las cargas sin que estas puedan producir daños en el nivel de diseño.

ECUACIÓN AASTHO 93

$$\text{Log}_{10} W_{8.2} = Z_R \cdot S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D+25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D+25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{M_r C_d (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right)$$

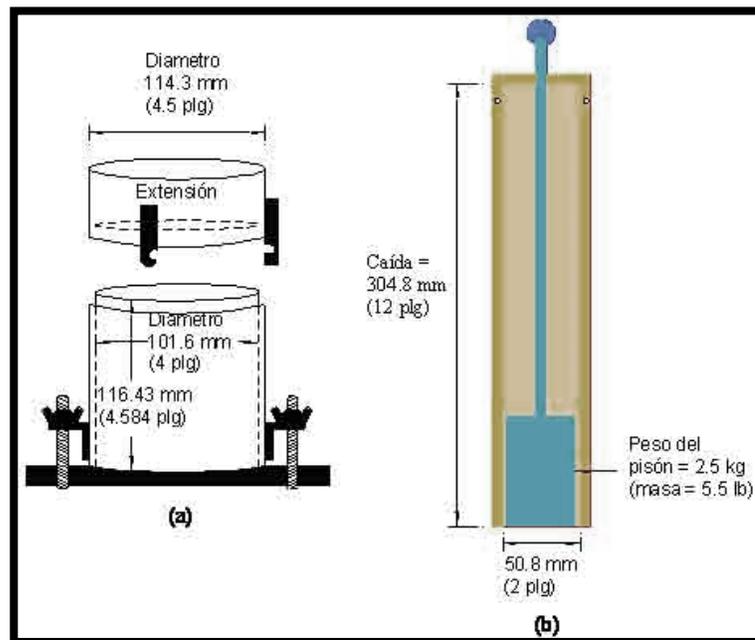
Donde:

- $W_{8.2}$ = Es el número conocido de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas en un periodo dado.
- Z_R = Es la desviación normalizada y estandarizada.
- S_o = Error estándar combinado en la predicción del tránsito.
- D = Espesor de pavimento de concreto medido en milímetros.
- ΔPSI = Incremento entre los índices de servicio inicial y final.
- P_t = Medición del Índice de servicio final.
- M_r = Resistencia media del concreto (método de carga en los tercios de luz).
- C_d = Coeficiente de la medición del drenaje.
- J = Coeficiente de medición de la transmisión de carga en las juntas.
- E_c = Módulo de medición de la elasticidad del concreto.
- K = Módulo de reacción, (base, sub base o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

2.2.6 Proctor modificado

Prueba para representar mejor las condiciones del campo, se encuentra normada por la ASTM, el ensayo es realizada con un molde metálico un pisón, el suelo se compacta en 5 capas cada 25 golpes.

Figura 12. Pisón y molde para la prueba Proctor Modificado



Fuente: Ensayos de ingeniería civil, (2011).

2.2.7 California Bearing Ratio-CBR

Se determina para ver su resistencia de los suelos y materiales cohesivos que tienen tamaños máximos de partículas de menos de 3/4" el ensayo se da inicio con la preparación de la muestra del suelo en el laboratorio considerando la humedad óptima y densidad.

- Prensa: Posee capacidad de penetración de un pistón a una especificidad técnica.

- Moldes: Referidos principalmente de metal, en forma cilíndrica de $152,4 \text{ mm} \pm 0,66 \text{ mm}$, de diámetro interior y de $177,8 \pm 0,46 \text{ mm}$, de altura.
- Pistón de penetración: De forma cilíndrica, diseño metálico de $49,63 \pm 0,13 \text{ mm}$ de diámetro ($1,954 \pm 0,005 \text{''}$) y un área de 1935 mm^2 (3 pulg^2).

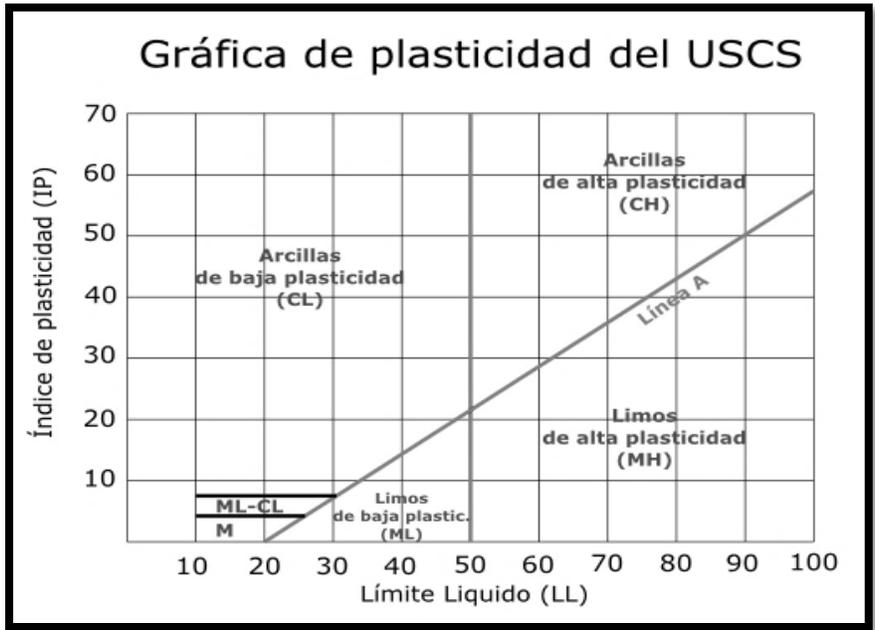
Figura 13. Equipo de CBR para realizar la compactación



2.2.8 Límites de Consistencia

Da a conocer la plasticidad de un suelo, su procedimiento es sencillo y se realiza enrollando el material a mano encima de una placa de vidrio.

Figura 14. Límite de Atterberg

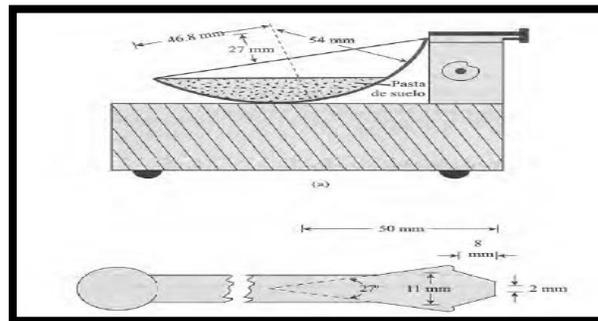


Fuente: Joseph E. Bowles, (2016).

2.2.8.1 Límite líquido

La prueba es ensayada en una copa de casa grande sobre una base dura dejándose caer sobre la base, el procedimiento es colocar una pasta sobre la copa, para luego ser cortada con una herramienta de corte de plástico, para luego dejar la copa con la manivela a una altura de 10mm. (Braja M, 2001, pág. 27 y 28).

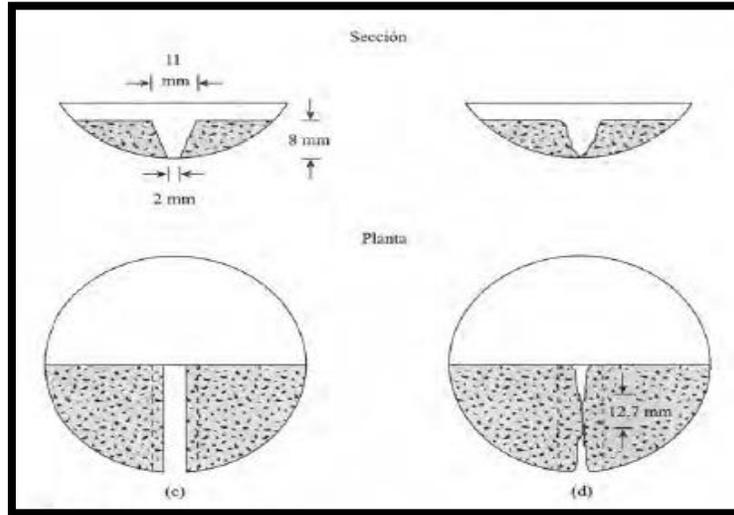
Figura 15. Prueba de límite, copa de casa grande y ranurador



Fuente: Braja M. 2001.

El golpe para cada dispositivo estándar corresponde a una resistencia cortante de aproximadamente 1/cm².

Figura 16. Demostración de la resistencia cortante del límite líquido



Fuente: Joseph E. Bowles, (2016).

2.2.8.2 Limite plástico

ensayo para determinar la plasticidad del suelo, la prueba se determina mediante la obtención de unos 4 a 6 muestras de 20 g y seguidamente el enrollamiento del material sobre un vidrio esmerilado.

Figura 17. Enrollamiento del material para conocer el límite plástico



Fuente: Joseph E. Bowles, (2016).

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Geomallas de refuerzo

De material de polímero, fabricado a través de láminas perforadas que le da forma a una malla abierta con estructura plana, resistente a la tracción y es utilizada en el suelo y con otros materiales.

2.3.2 Geomalla biaxial

Se aplican en estructuras bidimensionales ya que tienen características super uniformes y homogéneas producidas a través de riguroso proceso de extrusión (Amanco geosintéticos pág. 4).

2.3.3 Propiedades de las geomallas

La cualidad de la geomalla es confirmada por las Normas de ASTM D-6637, para dar aprobación a cada una de las propiedades de las geomallas, (Alvarado Sánchez, 2012 pág. 17).

2.3.4 Geosintéticos

Es aquel material sintético que tiene una gran aportación para mejorar obras de ingeniería civil, así como en taludes pavimentaciones y/o muros de contención, (Alvarado Sánchez, 2012 pág. 10).

2.3.5 Base granular

Es aquella capa donde su proceso de construcción consiste en la compactación de los materiales granulares previamente preparados y asimismo es considerado como uno de las capas más porque tiene un soporte mayor para el mejor desempeño de la capa de rodadura.

2.3.6 Material de préstamo

Se evalúa, según su cumplimiento con los requisitos establecidos y estandarizados de granulometría, con sus respectivas especificaciones técnicas, en detalle la especificación granulométrica se refiere a la gradación es una de las más trascendentales de los agregados específicos por tanto afecta a todas las propiedades importantes de una mezcla asfáltica incluyendo entre otros a la dureza, estabilidad, durabilidad, permeabilidad y trabajabilidad, (Minaya, 2017).

2.3.7 Proctor modificado

Ensayo que está determinado por la relación que existe entre el contenido de agua y también del peso unitario seco de los suelos propiamente dicho.

2.3.8 California Bearing Ratio- CBR

Este dado por el contexto de la evaluación de la resistencia de materiales específicos cohesivos que poseen tamaños máximos de partículas menores a 19mm (3/4”).

2.3.9 Método AASHTO para pavimento

Este método introduce un concepto de serviciabilidad en el diseño del pavimento por que busca brindar una superficie lisa.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis general

El refuerzo con geomalla favorece significativamente al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca, Huancayo - 2019

3.1.1 *Hipótesis específicas*

- Las propiedades de la geomalla favorecen significativamente al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019.
- Los mecanismos de refuerzo favorecen significativamente al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019
- El costo varía favorable y significativamente en el pavimento flexible al aplicar dos tipos de geomalla al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019

3.2 Variables

3.2.1 *VI: Geomallas de refuerzo*

Definición conceptual

(Miranda Ramos E.), definió que tiene como función aumentar la capacidad de carga de un terreno: lo cual se obtiene mediante la distribución de cargas, producto de la interacción o fricción a la que es sometido el geosintético.

Definición operacional

Se determinó mediante sus dimensiones: Propiedades de las geomallas, distribución de cargas y costos de las geomallas.

3.2.2 V2: Base granular

Definición conceptual

Es la capa compuesta por materiales granulares arena y material fino, cuyo beneficio posee alta resistencia a la deformación lo cual hace que soporte altas presiones.

Definición operacional

Se determinó mediante sus dimensiones: Estudio de suelos de la zona en estudio, estudio de material de préstamo, diseño del pavimento por el método AASHTO.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Metodología de la investigación

Según Arias (2012), el método científico es un conjunto de etapas, fases técnicas, y procedimiento que se utilizan para poder formular y a su vez resolver los problemas de la investigación mediante la prueba de la hipótesis o su verificación.

Para esta investigación se dio inicio con la observación directa de los hechos, y se describió como va mejorando la base granular, el costo del diseño y las propiedades que van a influir en la resistencia estructural haciendo uso de las geomallas como base de refuerzo, así haciendo verificación de las hipótesis a través del diseño de capas de las estructuras que tiene el pavimento finalmente teniendo en cuenta todas las consideraciones se aplicó el método científico.

4.2 Tipo de investigación

Según Borja (2012), la investigación que es tipo aplicada, propone una manera que sea confiable así entender la situación de la investigación realizando la recolección de datos y a su vez el análisis de los mismos de manera práctica buscando contribuir con la sociedad.

Para la investigación fue necesario especificar los materiales a usar, es decir qué tipo de geomallas se empleó en el diseño del pavimento flexible y así mismo se detalló así las propiedades que se tenga de esa manera esta investigación se consideró de tipo aplicada.

0₂ y 0₄ Post Test

X: Manipulación de la Variable Independiente

4.5 Población y muestra

4.5.1 Población

Para Arias (2016), la población en una investigación está dado por todos los sujetos y/o objetivos que intervienen como unidad de análisis en una investigación y generalmente está dado por un número.

En la presente investigación se consideró como población las geomallas de refuerzo para estabilización de base granular.

4.5.2 Muestra

Según Toledo (2014), considera que las muestras de una investigación están dadas por una parte de la población de estudio, pero tomadas con connotación científica, esto sería bajo su forma probabilística o dirigida. por ello como muestra considerada fueron las geomallas biaxiales tipo A y tipo B.

4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1 Técnica

Para Arias (2012) es el proceso que involucra la forma de recogida de datos para una investigación especificada.

En la presente investigación, se aplicó la observación directa lo cual se basa en la revisión documental relacionadas al tema de estudio y problemas planteado en la investigación,

la revisión nos ayuda a adquirir conocimientos de gran importancia y sirve como base para el desarrollo de la investigación.

4.6.2 Instrumento de recolección de datos

Según Hernández et al. (2014), es un instrumento observable que materializa la técnica de investigación en el recojo de datos.

En la presente investigación, se aplicó como instrumento la ficha de recopilación de información, fichas técnicas de las geomallas y resultados de los ensayos en laboratorio.

4.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

4.7.1 Técnicas de procesamiento

El procesamiento de dato se ejecutó a través de los ensayos realizados en laboratorio procesando en las hojas de cálculo en el software Excel a su vez representando mediante tablas y gráficos.

Las hojas de cálculo en el programa Excel fueron usados en el análisis de costos y ensayos de clasificación de suelos, Proctor modificado, CBR, evaluación de los materiales del presta de cantera para la base granular y seguidamente dimensionar los espesores de la capa del pavimento con refuerzo de geomallas y sin refuerzo de geomallas.

4.7.2 Análisis de datos

Para el análisis de datos se tomó como fuente de consulta a MACCAFERRI GEOSYNTHETICS debido a que en sus ponencias presentaron sus trabajos, mecanismos de funcionamiento y características de la geomalla. Para el diseño de pavimentos primero se

evalúa el CBR de las muestras de suelo obtenidos de los ensayos en laboratorio y seguidamente los materiales para emplear en la base granular, primero se determina el número estructural según la metodología AASHTO se procede al análisis de los espesores con refuerzo y sin refuerzo en la base granular para analizar la variación en los espesores de la estructura del pavimento y finalmente se realiza un análisis de costos para cada diseño elaborado.

4.8 Aspectos éticos de la investigación

Según Alvarez (2018), define que consiste en recoger y hacer uso racional de la información procesada bajo los componentes de la ética investigativa.

Se contemplaron aspectos éticos como:

- Mantener una investigación basada con respeto sin alterar la veracidad de los resultados.
- Trabajar conforme a las normativas vigentes.
- Brindar resultados veraces y respetar los resultados tal y como fueron obtenidos. al momento de utilizar los instrumentos aplicados.
- Velar por los derechos del autor citando la bibliografía utilizada para esta investigación.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Descripción de los resultados

5.1.1 Estudios básicos

5.1.1.1 Estudio de suelos

Para el estudio de suelos se realizó calicatas para la extracción de muestras y así obtener las características del material que contiene la subrasante ya que es el único medio disponible que nos permite examinar un perfil, ver el grado de compactación del terreno, presencia de capas impermeables de suelo en estado natural para lo cual se perforaron 10 calicatas con profundidades mínimas de 1.5 m según el MTC, las calicatas fueron elaborados en la Av. Leoncio Prado cuadra N°21 C-1 L. Derecho prog. 00+506.20, cuadra N°28 C-02 L. Derecho prog. 01+276.71, cuadra N°33 C-03 L. Derecho prog. 01+865.16.

Figura 18. Calicata C-1 Av. Leoncio Prado cuadra N°21



Av. Los Próceres cuadra N°05 C-01 Eje prog. 00+506.20, cuadra N°09 C-02 L. Derecho prog. 01+105.65, cuadra N°12 C-03 L. Derecho prog. 01+439.14, cuadra N°16 C-04 Izquierdo prog. 01+914.03.

Figura 19. Calicata C-1 Av. Los Próceres cuadra N° 05



Av. 9 de Diciembre, cuadra N°11 C-01 L. Derecho prog. 00+114.16 cuadra N°16 C-02 L. Derecho prog. 00+583.30 cuadra N°22 C-03 L. Derecho prog. 01+060.08.

Figura 20. Calicata C-5 Av. 9 de Diciembre cuadra N°11



5.1.1.2 Ensayos de laboratorio

Se realizó los trabajos de campo y laboratorio para obtener características físicas y mecánicas de la muestra para lo cual los ensayos realizados se visualizan en la tabla 1.

Tabla 1. Lista de normativas empleados

Ensayos	Norma
Límites de consistencia	NTP 339.129
Contenido de humedad	NTP 339.127
Clasificación SUCS y AASTHO	NTP 339.134 - NTP 339.135
Análisis granulométrico	NTP 339.128
C.B.R California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos	N.T.P. 339.175
Proctor modificado	N.T.P. 339.141

Nota. En la tabla 1 y se menciona los ensayos de laboratorio realizados según las especificaciones de la norma técnica peruana.

Tabla 2: Ensayos realizados para evaluación de cantera

ENSAYOS	NORMATIVA
Porcentaje de caras fracturadas en los agregados	MTC E-210
Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles	N.T.P. 400.019
Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso	N.T.P. 400.040
RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS AGREGADO GRUESO	
Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de Sulfato de Sodio o Sulfato de Magnesio	N.T.P. 400.016
Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino	N.T.P. 339.146
Determinación de la Inalterabilidad de agregados por medio de Sulfato de Sodio o Sulfato de Magnesio	N.T.P. 400.016
RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS AGREGADO FINO	

5.1.2 Propiedades de la geomalla biaxial

Al transitar los vehículos pesados y livianos se produce tensión horizontal excesivo y así genera grietas en la capa de rodadura, fuerza vertical de compresión y deformaciones permanentes en la estructura del pavimento, para combatir a esta deformación de las capas puede ser controlada por las geomallas biaxiales que gracias a sus propiedades físicas y mecánicas es ideal para mejorar la vida útil de la superficie del pavimento se puede decir también que actúa como un efecto “zapato de nieve” distribuyendo las cargas en áreas más extensas de la subrasante, posteriormente reduce los espesores de las capas generando menor esfuerzo en las subrasantes.

Tabla 3. Propiedades físicas de las geomallas biaxial 20 kN/m.

PROPIEDADES FÍSICAS	Unidades	Ensayo	EGB 20
Abertura nominal de la malla longitudinal (TD) ⁽¹⁾	mm		36
Abertura nominal de la malla transversal (TD) ⁽¹⁾	mm		38
Polímero			Polipropileno
Color			Negro

Fuente: Liharperú (2021)

Tabla 4. Propiedades mecánicas de la geomalla biaxial 20 kN/m

PROPIEDADES MECANICAS	Unidades	Ensayo	EGB 20
Resistencia longitudinal a la tracción (MD)	kN/m	ASTM D 6637	20.0
Resistencia transversal a la tracción (TD)	kN/m	ASTM D 6637	20.0
Resistencia longitudinal al 2% de deformación (MD)	kN/m	ASTM D 6637	7.0
Resistencia transversal al 2% de deformación (TD)	kN/m	ASTM D 6637	7.0
Resistencia longitudinal al 5% de deformación (TD)	kN/m	ASTM D 6637	14.0
Resistencia transversal al 5% de deformación (TD)	kN/m	ASTM D 6637	14.0
Eficiencia de las juntas	%	GRI GG2	93
Rigidez flexuaral	mg-cm	ASTM D 1388	1,000,000
Espesor mínimo de la costilla Longitudinal (MD)	mm	ASTM D 1777	1.30
Espesor mínimo de la costilla transversal (MD)	mm	ASTM D 1777	1.00
Estabilidad de las aperturas	m-N/deg	COE Method	0.70

Fuente: Liharperu (2021)

Tabla 5. Propiedades físicas de las geomallas biaxiales 30 kN/m

PROPIEDADES FÍSICAS	Unidades	Ensayo	EGB 30
Abertura nominal de la malla longitudinal (TD) ⁽¹⁾	mm		36
Abertura nominal de la malla transversal (TD) ⁽¹⁾	mm		38
Polímero			Polipropileno
Color			Negro

Fuente: Liharperu (2021)

Tabla 6. Propiedades físicas de las geomallas biaxial 30 kN/m

PROPIEDADES MECANICAS	Unidades	Ensayo	EGB 30
Resistencia longitudinal a la tracción (MD)	kN/m	ASTM D 6637	30,0
Resistencia transversal a la tracción (TD)	kN/m	ASTM D 6637	30,0
Resistencia longitudinal al 2% de deformación (MD)	kN/m	ASTM D 6637	10,5
Resistencia transversal al 2% de deformación (TD)	kN/m	ASTM D 6637	10,5
Resistencia longitudinal al 5% de deformación (TD)	kN/m	ASTM D 6637	21,0
Resistencia transversal al 5% de deformación (TD)	kN/m	ASTM D 6637	21,0
Eficiencia de las juntas	%	GRI GG2	93
Rigidez flexuaral	mg-cm	ASTM D 1388	3,500,000
Espesor mínimo de la costilla Longitudinal (MD)	mm	ASTM D 1777	2.00
Espesor mínimo de la costilla transversal (MD)	mm	ASTM D 1777	1.50
Estabilidad de las aperturas	m-N/deg	COE Method	1.40

Fuente: Liharperu (2021)

Nota. Las propiedades detalladas en las tablas 2, 3, 4, 5 para probar su desempeño de las geomallas biaxiales fueron sometidas a ensayo según la norma ASTM, ya que mediante ello podemos ver sus propiedades que favorece al estabilizar la base granular y así mismo según los ensayos la geomalla es resistente a la tracción, longitudinal y transversal, deformación longitudinal y transversal.

5.1.3 Mecanismo de refuerzo al estabilizar la base granular

Con las informaciones coleccionadas de las investigaciones de CIDELSA-Ingeniería en geosintéticos en el 2015 y varios investigadores como Giroud y Noiray en 1981, Giroud et al. en 1985, Berg et al. en 2000 se obtuvo mecanismos muy importantes que proporciona en la estabilización de la base granular las geomallas biaxiales dichos mecanismo ayudan que el

subbase y base tengan un confinamiento lateral, mejora la capacidad portante de la vía, actúa como una membrana tensionada en las cargas aplicadas desde la parte superior referido a la capa de rodadura.

5.1.3.1 Base y subbase confinado

Son obtenidos mediante un experimento que fue plasmado con muestra de materiales granulares con dimensión de 50 de altura y 50 de ancho sobreentendiendo que es una base granular confinado en las partes laterales se aplicó carga vertical en la parte superior y observó la deformación de la muestra granular confinado. Como resultado se obtuvo por el método de observación que no presento ningún tipo de deformación.

Figura 21. Geomalla confinada al someter una carga

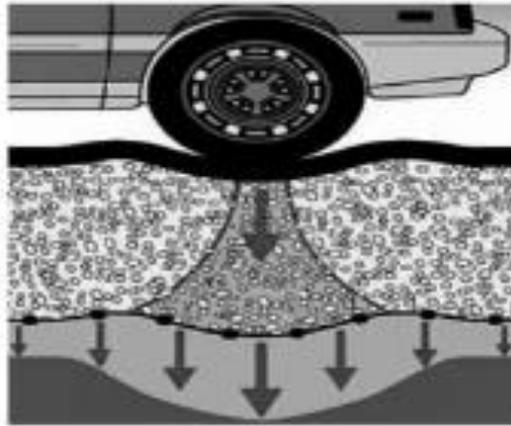


Fuente: CIDELSA- Ingeniería en geosintéticos (2015)

5.1.3.2 Capacidad portante de la vía mejorado

Se genera una distribución de cargas de manera uniforme en la capa de rodadura debido a la base granular reforzado con geomalla biaxial se verifica la capacidad portante mejorado a través de verificación de fallas originados en el periodo de vida útil del pavimento.

Figura 22. Desplazamiento de la carga en forma uniforme



Fuente: CIDELSA- Ingeniería en geosintéticos (2015)

5.1.3.3 Membrana tensionada

Este efecto se evalúa mediante una prueba que consiste en adoptar el material con el efecto de la carga sobre la cara cóncava así se ve que el esfuerzo es mayor que la cara convexa y así se observa que bajo la aplicación de carga el esfuerzo vertical transmitido por la geomalla a la subrasante es menor que es el esfuerzo vertical transmitido hacia la geomalla.

Figura 23. Rigidez que aporta las geomallas biaxiales



Fuente: CIDELSA- Ingeniería en geosintéticos (2015)

5.1.3.3.1 Restricción del pase de los agregados hacia la base inferior

Se da mediante la interacción entre la geomalla y los agregados ya que al aplicar la carga en la parte superior en las geomallas se produce un efecto de desplazamiento hacia la parte lateral de la capa reforzada o también se le puede llamar tensión específica.

5.1.3.3.2 Mejora en la distribución de los esfuerzos de la capa de rodadura a la subrasante

La mejora consiste en el aumento de rigidez por que disminuye los esfuerzos por lo que las geomallas actúan por debajo de la base y los esfuerzos ya se desplazan de manera uniforme a toda el área de la subbase y la subrasante ya no se concentra en un solo lugar, así como en vías no reforzadas.

5.1.4 Diseño del pavimento flexible método AASHTO 93

La Guía de Diseño AASHTO versión 1993 considera como parámetros para iniciar con el diseño del pavimento flexible el módulo resiliente, ejes equivalentes del diseño, serviciabilidad inicial y final, confiabilidad, desviación estándar y numero estructural.

5.1.4.1 Estudio de tráfico

Considerando el Factor de Carga o Factor Destructivo, el IMDA calculado en la sección anterior y las tasas de crecimiento del tráfico para los 10 o 20 años se calcula el número de ejes equivalentes utilizando la siguiente fórmula:

$$ESAL = 365 \times D \times L \times \sum FDi \times IMDAi \times \left[\frac{(1 + TCi)^n - 1}{TCi} \right]$$

Tabla 7. Resultados del cálculo de ejes equivalentes

AVENIDA	TRÁFICO ACUMULADO
Los Próceres	2,137,419
9 de Diciembre	2,217,382
Leoncio Prado	2,188,175

5.1.4.2 Determinación del número estructural (SN)

El número estructural requerido se convierte en espesores de carpeta asfáltica, el cual está dado por la siguiente actuación:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

5.1.4.3 Módulo resiliente (MR)

Evidentemente es una estimación que se realiza a través de un módulo elástico que se fundamenta en la medición de varias cargas repetidas en ambientes artificiales con fines específicos.

$$MR=2,555*CBR^{0.64}$$

5.1.4.4 Confiabilidad

Es básicamente un medio para calcular con certeza y altos índices de probabilidad de diseño la aseguración de un proceso específico.

Figura 24. Valores de la desviación estándar normal (ZR)

CONFIABILIDAD R (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR Z _R
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Guía de Diseño AASHTO 93

5.1.4.5 Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles

La siguiente tabla presenta los coeficientes de drenaje para la realización de pavimentos flexibles para su detalle y consecución.

Figura 25. Parámetros de coeficiente de drenaje

Calidad de drenaje	% de tiempo en que la estructura del pavimento es expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos que 1 %	1-5%	5-25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Guía de Diseño AASHTO 93

Geomalla biaxial extruida MacGrid

Conocido como Geomalla biaxial extruida de polipropileno cuya función sirve para el refuerzo y estabilización de suelos

Los tipos de geomalla considerados para el cálculo del diseño aplicado en el refuerzo de la base granular del pavimento se clasifican en dos tipos con sus propiedades de resistencia a la tensión.

Tabla 8. Tipos de geomalla biaxial consideradas en el diseño

Tipo	Geomalla biaxial	Esfuerzo a la tensión
A	MacGrid	20 kN/m
B	MacGrid	30 kN/m

5.1.4.6 Resultados de estudio de suelos

De los ensayos de laboratorio realizados se han logrado identificar las características geotécnicas de la subrasante ya que se encuentran posicionadas por debajo de la estructura del pavimento.

Cumpliendo con los parámetros estipulados en la norma nos establece que si el IP es +12% se da a entender que el suelo está compuesto de finos e interpretando de un punto ingenieril es una alerta, ya que puede existir suelos geotécnicamente inestables al borde de colapsos.

Para el análisis de los ensayos de CBR los suelos se clasifican en muy pobre cuando el CBR es de 0 a 3, pobre a regular con un CBR de 3 a 7, regular con un CBR de 7 a 20, bueno con un CBR de 20 a 50, excelente con un CBR de > 50.

Tabla 9. Resultado características geotécnicas de la subrasante

TRAMOS-AVENIDA	CUADRA	CALICATA		SUCS AASHTO						PROCTOR		CBR		CBR con mejoramiento en la subrasante
		KM	H	CH	LL	LP	IP	ML	AASHTO	OCH	MDS	100%	95%	MDS
												MDS	MDS	
Leoncio Prado	N°21	00+506.20	1.5	15	31	24	17	ML	A-4 (3)	15.8	1.972	5.10%	3.30%	12.05%
Leoncio Prado	N°28	01+276.71	1.5	19	37	21	16	CL	A-6 (13)	16.9	1.958	4.80%	3.60%	12.00%
Leoncio Prado	N°33	01+865.16	1.5	20	36	22	14	CL	A-6 (12)	21.4	1.696	4.90%	3.20%	12.23%
Próceres	N°05	00+506.20	1.5	13	34	21	13	CL	A-6 (9)	19.8	1.724	4.50%	2.90%	11.01%
Próceres	N°09	01+105.65	1.5	16	35	23	12	CL	A-6 (8)	19.4	1.717	4.70%	3.20%	10.99%
Próceres	N°12	01+439.14	1.5	16	32	18	14	CL	A-6 (10)	19.7	1.712	4.40%	2.80%	11.20%
Próceres	N°16	01+914.03	1.5	18	33	19	14	CL	A-6 (9)	20.1	1.702	4.60%	3.10%	11.03%
9 de Diciembre	N°11	00+114.16	1.5	15	30	25	15	CL	A-4 (4)	16.5	1.827	5.20%	3.70%	12.01%
9 de Diciembre	N°16	00+583.30	1.5	13	31	24	17	ML	A-4 (4)	16.3	1.818	5.30%	3.50%	12.13%
9 de Diciembre	N°22	01+060.08	1.5	15	30	26	14	ML	A-4 (2)	16.4	1.814	5.50%	3.80%	12.01%

Nota. En la presente tabla cumpliendo con los parámetros estipulados se visualizó que los resultados de IP están por encima del 12% por tanto los tramos en estudio están compuestos por limos y arena de baja plasticidad, los suelos son considerados geotécnicamente inestables, también se especifica los valores del CBR según los datos obtenidos el valor del CBR MDS al 100% se encuentran en el rango de 4% a 5.50% y el CBR MDS al 95% se encuentra en el rango de 2% a 3.80% considerados suelos de pobre a regular.

5.1.4.7 Ensayo de materiales de préstamo para la base del pavimento

La evaluación se realiza con el objetivo de mejorar la subrasante ya que en la tabla N°3 se obtuvo el resultado del CBR MDS al 95% en el rango de 2% a 3.80% aproximadamente para un reforzamiento de base se requiere un CBR mayor a 5%, el material de préstamo para el diseño de las capas del pavimento fue extraído de la cantera Umuto realizando los ensayos que a continuación se muestra en la tabla.

Evaluado el material de préstamo de cantera para mejorar la subrasante de los tramos en estudio se volvió a reensayar para su obtención del CBR de la subrasante mejorada que a continuación se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 10. valores del cálculo de CBR al mejorar la subrasante

TRAMO	CBR DE DISEÑO (%)
Av. Los Próceres	11
Av. 9 de Diciembre	12
Av. Leoncio Prado	12

5.1.4.8 Diseño del pavimento por método AASHTO sin refuerzo

Para realizar el diseño de la estructura del pavimento flexible se tomó los resultados obtenidos de los ensayos de CBR detallados en la tabla N°13 y se procedió a realizar el diseño inicial mediante la ecuación AASHTO 93 según los parámetros estipulados en el manual de carreteras.

Tabla 11. Diseño del pavimento flexible sección homogénea Av. Los Próceres

DATOS DE DISEÑO DE ESPESOR DE MEJORAMIENTO:	
A. Periodo de diseño	20 años
B. Numero de ejes equivalentes	2.14E+06
C. CBR de subrasante (%) (Mr)	3(5161)
MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE	
A. SN subrasante de diseño CBR=12%	3.17
B. SN subrasante inadecuada CBR=3%	4.47
C. Diferencial SN requerido	1.30
D. Coeficiente estructural granular (CBR=16%)	0.09
E. Mejoramiento granular (cm)	36.68
F. Espesor adoptado (cm)	40
DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA):	
1. PROPIEDADES DE MATERIALES	
A. Módulo de resiliencia de la base granular (KIP/IN ²)	42.00
B. Módulo de resiliencia de la subbase	27.00

2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

A. Numero de ejes equivalentes total (W18)	2.14E+06
B. Factor de confiabilidad (R)	85%
standard normal deviate (Zr)	-1.036
overall standard deviation (So)	0.45
C. Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr, ksi) (usando CBR)	12.530
D. Serviciabilidad inicial (pi)	4.0
E. Serviciabilidad final (pt)	2.5
F. Periodo de diseño (Años)	20

3. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

A. Coeficientes estructurales de capa	Plg.	Cm
Concreto Asfáltico (a1)	0.43	0.17
Base granular (a2)	0.13	0.052
Subbase (a3)	0.12	0.047
B. Coeficientes de drenaje de capa		
Base granular (m2)	1.15	
Subbase (m3)	1.00	

DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA):

	SN REQUERIDO
Numero estructural requerido total (SN _{TOTAL})	3.170
Numero estructural requerido C.A. (SN ₁)	1.950
Numero estructural requerido base (SN ₂)	0.380
Numero estructural requerido S. base (SN ₃)	0.840

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO (AASHTO SIMPLIFICADO)

	H (cm)	SN	SN REQUERIDO
Carpeta de rodadura (D ₁)	9.0	1.531	
Capa base (D ₂)	25.0	1.471	
Subbase (D ₃)	20.0	0.945	
Reemplazo de material CBR 12%	40.0		
Total		3.947	3.170

Tabla 12. Diseño del pavimento flexible sección homogénea Av. 9 de Diciembre

DATOS DE DISEÑO DE ESPESOR DE MEJORAMIENTO:

A. Periodo de diseño	20 años
B. Número de ejes equivalentes	2.22E+06
C. CBR de subrasante (%) (Mr)	3(5161)

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

A. SN subrasante de diseño CBR=12%	3.19
B. SN subrasante inadecuada CBR=3%	4.50
C. Diferencial SN requerido	1.31

D. Coeficiente estructural granular (CBR=16%)	0.09
E. Mejoramiento granular (cm)	36.98
F. Espesor adoptado (cm)	40

DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA):

1. PROPIEDADES DE MATERIALES

A. Módulo de resiliencia de la base granular (KIP/IN ²)	42.00
B. Módulo de resiliencia de la subbase	27.00

2. DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

A. Número de ejes equivalentes total (W18)	2.22E+06
B. Factor de confiabilidad (R)	85%
standard normal deviate (Zr)	-1.036
overall standard deviation (So)	0.45
C. Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr, ksi) (usando CBR12%)	12.530
D. Serviciabilidad inicial (pi)	4.0
E. Serviciabilidad final (pt)	2.5
F. Periodo de diseño (Años)	20

3. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

	plg	cm
A. Coeficientes estructurales de capa		
Concreto Asfáltico		
(a1)	0.43	0.17
Base granular (a2)	0.13	0.052
Subbase		
(a3)	0.12	0.047
B. Coeficientes de drenaje de capa		
Base granular (m2)	1.15	
Subbase		
(m3)	1.00	

DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA):

	SN REQUERIDO
Número estructural requerido total (SN _{TOTAL})	3.190
Número estructural requerido C.A. (SN ₁)	1.970
Número estructural requerido base (SN ₂)	0.375
Número estructural requerido s. base (SN ₃)	0.845

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO (AASHTO SIMPLIFICADO)

	H (cm)	SN	SN REQUERIDO
Carpeta de rodadura (D ₁)	9.0	1.531	
Capa base (D ₂)	25.0	1.471	
Subbase (D ₃)	20.0	0.945	
Reemplazo de material CBR 12%	40.0		
Total		3.947	3.190

Tabla 13. Diseño del pavimento flexible sección homogénea Av. Leoncio Prado

DATOS DE DISEÑO DE ESPESOR DE MEJORAMIENTO:			
A. Periodo de diseño			20 años
B. Número de ejes equivalentes			2.19E+06
C. CBR de subrasante (%) (Mr)			3(5161)
MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE			
A. SN subrasante de diseño CBR=12%			3.18
B. SN subrasante inadecuada CBR=3%			4.49
C. Diferencial SN requerido			1.31
D. Coeficiente estructural granular (CBR=16%)			0.09
E. Mejoramiento granular (cm)			36.98
F. Espesor adoptado (cm)			40
DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA):			
1. PROPIEDADES DE MATERIALES			
A. Módulo de resiliencia de la base granular (KIP/IN ²)			42.00
B. Módulo de resiliencia de la subbase			27.00
2. DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. Número de ejes equivalentes total (W18)			2.19E+06
B. Factor de confiabilidad (R)			85%
Standard normal deviate (Zr)			-1.036
Overall standard deviation (So)			0.45
C. Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr, ksi) (usando CBR)			12.530
D. Serviciabilidad inicial (pi)			4.0
E. Serviciabilidad final (pt)			2.5
F. Periodo de diseño (Años)			20
3. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
A. Coeficientes estructurales de capa		plg	cm
Concreto Asfáltico (a1)		0.43	0.17
Base granular (a2)		0.13	0.052
Subbase (a3)		0.12	0.047
B. Coeficientes de drenaje de capa			
Base granular (m2)			1.15
Subbase			
(m3)			1.00
DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA):			
			SN REQUERIDO
Número estructural requerido total (SN _{TOTAL})			3.180
Número estructural requerido C.A. (SN ₁)			1.960
Número estructural requerido base (SN ₂)			0.375
Número estructural requerido s. base (SN ₃)			0.845
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO (AASHTO SIMPLIFICADO)			
	H (cm)	SN	SN REQUERIDO
Carpeta de rodadura (D ₁)	9.0	1.531	
Capa base (D ₂)	25.0	1.471	
subbase (D ₃)	20.0	0.945	
Reemplazo de material CBR 12%	40.0		
Total		3.947	3.180

Nota. Obtenido los espesores en el diseño del pavimento sin refuerzo de geomalla para la Av. Los Próceres se obtuvo en la carpeta de rodadura 9 cm, para la base 25 cm, subbase 20 cm de espesor, para Av. 9 de diciembre se obtuvo en la carpeta de rodadura 9 cm, para la base 25 cm, subbase 20cm de espesor y en la Av. Leoncio Prado se obtuvo en la carpeta de rodadura 9 cm, para la base 25 cm, subbase 20 cm de espesor, a continuación, se procede a calcular los espesores empleando como refuerzo las geomallas biaxial tipo A y tipo B.

5.1.4.9 Diseño del pavimento con refuerzo de geomallas biaxial

La determinación del espesor se con refuerzo de geomalla biaxial se realiza con el mismo procedimiento del diseño sin refuerzo para los tres tramos en estudio que son, Av. Los Próceres, Av. 9 de diciembre y Av. Leoncio Prado, asimismo cada diseño se realiza para cada tipo de geomalla que se clasifican en tipo A con resistencia al esfuerzo de tensión 20 kN/m y tipo B con resistencia al esfuerzo de tensión 30 kN/m.

Tabla 14. Espesor del pavimento con refuerzo en la Av. Los Próceres

RESULTADOS DEL DISEÑO CON GEOMALLAS 20 GB			
		H requerido(cm)	H diseño(cm)
Carpeta de rodadura (D ₁)		9.0	9
Capa base (D ₂)		19.7	20
Subbase (D ₃)		3.1	15
Reemplazo de material CBR 9%		35.0	35
LCR:	1.27	Total	79

RESULTADOS DEL DISEÑO CON GEOMALLAS 30 GB			
		H requerido(cm)	H diseño(cm)
Carpeta de rodadura (D ₁)		9.0	9
Capa base (D ₂)		22.1	22
Subbase (D ₃)		-5.4	15
Reemplazo de material CBR 9%		35.0	35
LCR:	1.43	Total	79

Tabla 15. Espesor del pavimento con refuerzo en la Av. 9 de diciembre

RESULTADOS DEL DISEÑO CON GEOMALLAS 20 GB			
		H requerido(cm)	H diseño(cm)
Carpeta de rodadura (D ₁)		9.0	9
Capa base (D ₂)		20.2	20
Subbase (D ₃)		2.6	15
Reemplazo de material CBR 9%		35.0	35
LCR:	1.27	Total	79

RESULTADOS DEL DISEÑO CON GEOMALLAS 30 GB			
		H requerido(cm)	H diseño(cm)
Carpeta de rodadura (D ₁)		9.0	9
Capa base (D ₂)		22.8	22
Subbase (D ₃)		-6.1	15
Reemplazo de material CBR 9%		35.0	35
LCR:	1.43	Total	79

Tabla 16. Espesor del pavimento con refuerzo en la Av. Leoncio Prado

RESULTADOS DEL DISEÑO CON GEOMALLAS 20 GB			
		H requerido(cm)	H diseño(cm)
Carpeta de rodadura (D ₁)		9.0	9
Capa base (D ₂)		19.9	20
Subbase (D ₃)		2.9	15
Reemplazo de material CBR 9%		35.0	35
LCR:	1.27	Total	79

RESULTADOS DEL DISEÑO CON GEOMALLAS 30 GB			
		H requerido(cm)	H diseño(cm)
Carpeta de rodadura (D ₁)		9.0	9
Capa base (D ₂)		22.5	22
Subbase (D ₃)		-5.7	15
Reemplazo de material CBR 9%		35.0	35
LCR:	1.43	Total	79

Nota. El diseño con refuerzo de geomallas biaxial 20 kN/m para los 3 tramos en estudio se obtuvo para la carpeta de rodadura un espesor de 9 cm, la base 20 cm y subbase de 15 cm y

con geomalla biaxial 30 kN/m para los 3 tramos en estudio se obtuvo para la carpeta de rodadura un espesor de 9 cm, la base 22 cm y subbase de 15 cm.

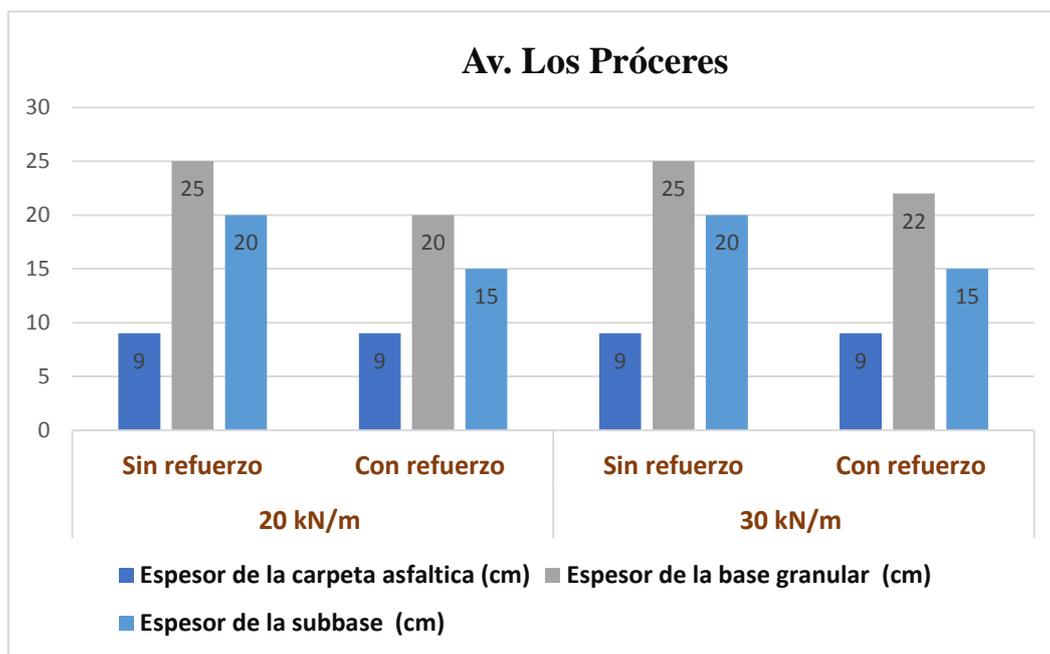
5.1.4.10 Análisis comparativo del espesor de las capas

Con los resultados del espesor del pavimento flexible calculado por el método AASTHO 93 demostrado en las tablas de diseño elaboró un análisis mediante un gráfico de barras con fines de evaluar de qué manera al estabilizar la base granular con las geomallas biaxial con resistencia al esfuerzo de tensión 20 kN/m y resistencia al esfuerzo de tensión 30 kN/m favorece en la construcción del pavimento.

Tabla 17. Espesor de las estructuras del pavimento empleando geomalla tipo A y tipo B

Espesor	20 kN/m		30 kN/m	
	Sin refuerzo	Con refuerzo	Sin refuerzo	Con refuerzo
Espesor de la carpeta asfáltica (cm)	9	9	9	9
Espesor de la base granular (cm)	25	20	25	22
Espesor de la subbase (cm)	20	15	20	15

Figura 26. Análisis del espesor de las estructuras del pavimento

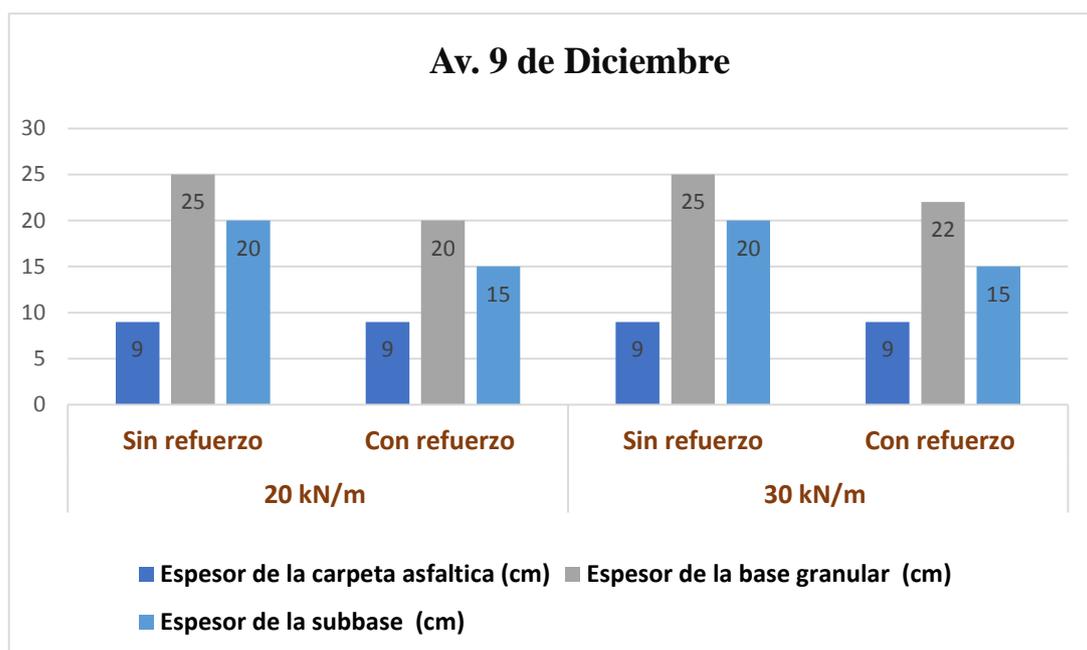


Nota. En el presente gráfico se puede visualizar que al estabilizar la base con geomalla biaxial tipo 20 kN/m el espesor de la base granular y subbase reduce 5 cm y así mismo al estabilizar la base con geomalla biaxial tipo 30 kN/m el espesor de la base granular reduce 3 cm y subbase 5 cm.

Tabla 18. Espesor de las estructuras del pavimento empleando geomalla

Espesor	20 kN/m		30 kN/m	
	Sin refuerzo	Con refuerzo	Sin refuerzo	Con refuerzo
Espesor de la carpeta asfáltica (cm)	9	9	9	9
Espesor de la base granular (cm)	25	20	25	22
Espesor de la subbase (cm)	20	15	20	15

Figura 27. Análisis del espesor de las estructuras del pavimento

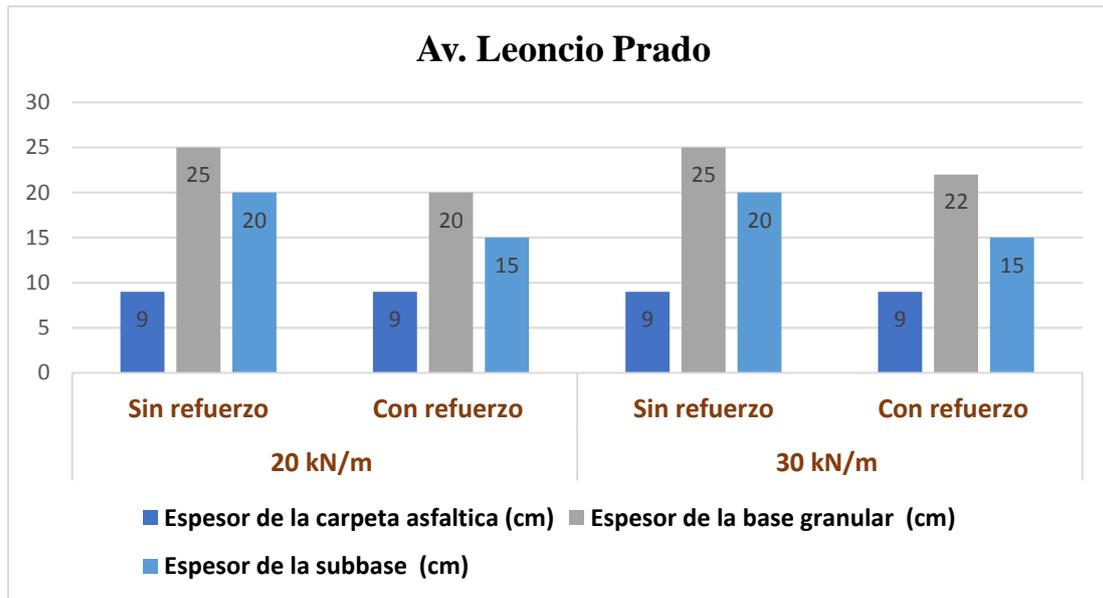


Nota. En el presente se puede visualizar la diferencia de espesores entre el diseño con refuerzo y sin refuerzo en este caso empleando la geomalla 20 kN/m el espesor para la base granular y subbase reduce 5 cm, empleando la geomalla 30 kN/m reduce 3 cm y 5 cm.

Tabla 19. Espesor de las estructuras del pavimento empleando geomalla

Espesor	20 kN/m		30 kN/m	
	Sin refuerzo	Con refuerzo	Sin refuerzo	Con refuerzo
Espesor de la carpeta asfáltica (cm)	9	9	9	9
Espesor de la base granular (cm)	25	20	25	22
Espesor de la subbase (cm)	20	15	20	15

Figura 28. Análisis del espesor de las estructuras del pavimento



Nota. En el presente gráfico se puede visualizar que al estabilizar la base con geomalla biaxial tipo 20 kN/m el espesor de la base granular y subbase reduce 5cm y así mismo al estabilizar la base con geomalla biaxial tipo 30 kN/m el espesor de la base granular reduce 3cm y subbase 5cm.

5.1.5 Análisis de costos para la construcción del pavimento

5.1.5.1 Costo del pavimento sin refuerzo en la base granular

Teniendo en cuenta los espesores que se obtuvieron en el diseño del pavimento flexible sin refuerzo con la ecuación AASHTO 93 especificado en los ítems anteriores se realiza el análisis de costos lo cual se desarrolló con metrados de toda el área a pavimentar especificado y asimismo fue diseñado para el análisis de precios unitarios con los metrados que se obtuvieron se procedió al desarrollo los costos unitarios por partida.

Tabla 20. Análisis de precios unitarios y metrados para la subbase

N°	Nombre	Unid	Metrado		
1.00	Pavimento flexible sin refuerzo				
1.01	Sub base e = 0.20 m con afirmado	m ²	2,950.00		
1.02	Base granular e = 0.25 m c/equipo pesado	m ²	2,950.00		
1.03	Imprimación asfáltica (dosif 0.40 gl /m ² -tanque 1750gl)	m ²	2,950.00		
1.04	Carpeta asfáltica en caliente de 9 cm	m ²	2,950.00		
1.00	pavimento flexible sin refuerzo				
1.01	Sub base E=0.20 m				
Rendimiento	910	costo unitario directo por: m ²	17.5		
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Capataz	hh	1	0.0045	19	0.15
Oficial	hh	1	0.0065	17	0.2
Peón	hh	4	0.035	15.4	0.4
					0.75
Materiales					
Afirmado para subbase	m ³		0.375	30	12
Agua puesta en obra	m ³		0.045	8.3	0.5
					12.5
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3%	1.3	0.04
Motoniveladora de 125 hp	hm	1	0.0062	180	1.12
Camión cisterna 4X2 (Agua) 122 HP 2000	hm	1	0.0059	150	1.7
Rodillo liso vibr autopropulsado 136-170 hp 10-12 t	hm	1	0.0089	147	1.39
					4.25

Nota. En la presente tabla se especifica los metrados obtenidos para subbase, base granular, imprimación asfáltica y carpeta asfáltica en caliente posterior a ello se especifica los costos unitarios para cada actividad e incluyendo los materiales y equipos a usar.

Tabla 21. Análisis de precios unitarios de la base granulares si emplear refuerzo

1.00	Pavimento flexible sin refuerzo				
1.02	Base granular E = 0.25				
	m				
Rendimiento	390			costo unitario directo por: m ²	19.32
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Capataz	hh	1	0.018	20	0.17
Oficial	hh	1	0.069	18	0.16
Peón	hh	4	0.039	16.5	0.4
					0.73
Materiales					
Afirmado para subbase	m ³		0.375	330	10
Agua puesta en obra	m ³		0.045	8.5	0.76
					10.76
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3%	1.3	0.04
Motoniveladora de 125 hp	hm	1	0.0171	180.5	2.59
Camión cisterna 4X2 (Agua) 122 HP 2000	hm	1	0.0171	158.8	2.65
Rodillo liso vibr autopulsado 136-170 hp 10-12 t	hm	1	0.0171	150	2.55
					7.83

Tabla 22. Cálculo de precios unitarios para la imprimación asfáltica

1.00	Pavimento flexible sin refuerzo				
1.03	Imprimación asfáltica (dosif 0.38 gl/m²- tanque 1750 gl)				
Rendimiento	3,800.00	m ²		costo unitario directo por: m ²	5.12
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Oficial	hh	2	0.005	16	0.08
Peón	hh	3	0.006	19.6	0.09
					0.17
Materiales					
Kerosene industrial	m ³		0.08	10.6	0.95
Asfalto liquido re-250	m ³		0.32	10.55	3.5
					4.45
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3%	0.15	0
			0.0025	75.12	0.15

Compresora neumática Diesel 250 - 330 pcm - 87hp	hm	1	0.0019	140.8	0.35	
Camión imprimador	hm	1				0.5

Tabla 23. Cálculo de precios unitarios para la carpeta asfáltica en caliente

1.00 Pavimento flexible sin refuerzo						
1.04 Carpeta asfáltica en caliente de 3"						
Rendimiento	560	m ²		costo unitario directo por:		31.26
				m ²		
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Oficial	hh	2.608	0.051	18	0.8	
Peón	hh	8.375	0.1395	16.2	2	
						2.8
Materiales						
Mezcla asfáltica	m ³		0.061	370	22.4	
						22.4
Equipos						
Herramientas manuales	%MO		3%	2.8	0.09	
Pavimentación sobre orugas hp 10 -16'	hm	1.2876	0.0025	135.4	2.82	
Rodillo neumático autopropulsado 127 hp 8 -23 cm	hm	1.001	0.0019	150.8	2.35	
Transporte de mezcla asfáltica	hm	1.0145	0.0159	40	0.8	6.06

A continuación, en el presente cuadro se muestra el presupuesto formulado para realizar un análisis y comparación de precios del pavimento flexible sin refuerzo

Tabla 24. Presupuesto final de costos del pavimento sin refuerzo

N°	Nombre	Unid	Metrado	P. U	Parcial
1.00 Pavimento flexible sin refuerzo					
1.01	Sub base e = 0.20 m con afirmado	m ²	2,950.00	17.5	51625
1.02	Base granular e = 0.25 m c/equipo pesado	m ²	2,950.00	19.32	56994
1.03	Imprimación asfáltica (dosif 0.38 gl/m ² - tanque 1750 gl)	m ²	2,950.00	5.12	15104
1.04	Carpeta asfáltica en caliente de 9 cm	m ²	2,950.00	31.26	92217
				Total	215940

5.1.5.2 Costo del pavimento con refuerzo en la base granular con geomalla 20 kN/m

En efecto para el análisis de los costos en el pavimento flexible con refuerzo de la geomalla biaxial 20 kN/m se desarrolló el metrado cuyo procedimiento es el mismo que en la tabla 20 que a continuación se sintetiza en la siguiente tabla.

Tabla 25. Determinación de metrados con refuerzo

N°	Nombre	Unid	Metrado
2.00	Pavimento flexible sin refuerzo		
2.01	Sub base e = 0.15 m con afirmado	m ²	2,950.00
2.02	Geomalla biaxial tipo a (20 kN/m)	m ²	2,950.00
2.03	Base granular e = 0.20 c/equipo pesado	m ²	2,950.00
2.04	Imprimación asfáltica (dosif 0.40 gl/m ² - tanque 1750 gl)	m ²	2,950.00
2.05	Carpeta asfáltica en caliente de 9 cm	m ²	2,950.00

Tabla 26. Análisis de precios unitarios para la subbase

2.00	Pavimento con refuerzo geomalla tipo "A"- 20 kN/m				
2.01	Sub base E = 0.15 m				
Rendimiento	1,500.00			costo unitario directo por: m ²	9.79
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Capataz	hh	1	0.0058	15	0.13
Oficial	hh	1	0.0049	16	0.08
Peón	hh	4	0.022	14.9	0.22
					0.43
Materiales					
Afirmado para subbase	m ³		0.275	31	6.7
Agua puesta en obra	m ³		0.025	7.9	0.25
					6.95
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3%	0.4	0.01
Motoniveladora de 125 hp	hm	1	0.0051	158	0.82
Camión cisterna	hm	1	0.0051	150	0.8
Rodillo liso vibr autopropulsado 136-170 hp 10-12 t	hm	1	0.0051	145	0.78
					2.41

Tabla 27. Determinación de precios unitarios con refuerzo

2.00		Pavimento con refuerzo geomalla tipo "A"- 20 kN/m				
2.02		Aplicación de geomalla biaxial tipo "A"- 20 kN/m				
Rendimiento	600	m ²		costo unitario directo por:		5.29
				m ²		
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Oficial	hh	1	0.0197	17.5	0.29	
Peón	hh	1	0.0197	15.5	0.25	
						0.54
Materiales						
Sujetador tipo grampas	Pza		2	0.55	1	
Geomalla biaxial tipo 20 kN/m	m ³		1	2.9	3.75	
						4.75
Equipos						
Herramientas manuales	%MO		3%	0.55	0.04	
						0.04

Tabla 28. Determinación de precios unitarios con refuerzo en la base granular

2.00		Pavimento con refuerzo geomalla tipo "A"- 20 kN/m				
2.03		Base granular e = 0.20 m				
Rendimiento	450	m ²		costo unitario directo por:		17.05
				m ²		
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Oficial	hh	1	0.0175	16.5	0.25	
Peón	hh	4	0.069	15	1.05	
						1.3
Materiales						
Afirmado para subbase	m ³		0.323	30	10.3	
Agua puesta en obra	m ³		0.035	7.5	0.3	
						10.6
Equipos						
Herramientas manuales	% mo		3%	1.3	0.05	
Motoniveladora de 125 hp	hm	1%	0.165	160.55	2.5	
Rodillo liso vibr autopropulsado 136-170hp 10-12t	hm	1	0.165	155.6	2.6	
Camión Cisterna	hm	1	0.165	145.5	2.5	5.15

Tabla 29. Determinación de precios unitarios para imprimación asfáltica

2.00	pavimento con refuerzo geomalla tipo "A"- 20 kN/m				
2.04	Imprimación asfáltica (dosif 0.40 gl/ m² - tanque 1800gl)				
Rendimiento	4,000.00	m ²	costo unitario directo por:		4.32
			m ²		
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Oficial	hh	2	0.0038	16.5	0.07
Peón	hh	2	0.0038	15	0.05
					0.12
Materiales					
Kerosene industrial	gal		0.084	10.42	0.85
Asfalto líquido re=250	gal		0.322	10.55	3.35
					4.2
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3%	0.1	0
Compresora neumática Diesel 250-330 pcm-87hp	hm	1	0.0025	75	0.15
Camión Imprimador	hm	1	0.0025	130	0.3
					0.45

Tabla 30. Precios unitarios para carpeta asfáltica en caliente

2.00	Pavimento flexible sin refuerzo				
2.05	Carpeta asfáltica en caliente 3"				
Rendimiento	500	m ²	costo unitario directo por:		24
			m ²		
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Oficial	Hh	2.606	0.041	16	0.65
Peón	Hh	8.265	0.128	15.5	1.85
					2.5
Materiales					
Mezcla asfáltica	m ³		0.0593	360	21.5
					21.5
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3%	2.6	0.05
Pavimentadora sobre orugas hp 10-16'	Hm	1.258	0.0025	135.4	2.6
Rodillo neumática autopropulsado 127 hp 8-23 ton	Hm	1.0008	0.0025	145.9	2.3
Trasporte de mezcla asfáltica	Hm	1.014	0.016	35	0.55
					5.5

El presupuesto en resumen se muestra a continuación, en el presente cuadro formulado para elaborar un análisis comparativo de los precios para la construcción del pavimento

Tabla 31. Presupuesto final para la construcción del pavimento con geomalla 20 kN/m

N°	Nombre	Unid	Metrado	P. U	Parcial
2.00	Pavimento flexible sin refuerzo				
2.01	Sub base e = 0.15 m con afirmado	m ²	2,950.00	9.79	28880.5
2.02	Geomalla biaxial tipo a (20 kN/m)	m ²	2,950.00	5.29	15605.5
2.03	Base granular e = 0.20 c/equipo pesado	m ²	2,950.00	17.05	50297.5
2.04	Imprimación asfáltica (dosif 0.40 gl/m ² -tanque 1750 gl)	m ²	2,950.00	4.32	12744
2.05	Carpeta asfáltica en caliente de 9 cm	m ²	2,950.00	24	70800
					Total 178327.5

5.1.5.3 Determinación del costo del pavimento con refuerzo de geomalla 30 kN/m

Como presupuesto final se tiene con la geomalla biaxial tipo B y analizar los precios se presenta a continuación.

Tabla 32. Determinación de metrados con refuerzo

N°	Nombre	Unid	Metrado
3	Pavimento flexible sin refuerzo		
3.01	Sub base e=0.15 m con afirmado	m ²	2,950.00
3.02	Geomalla biaxial tipo B (30 kN/m)	m ²	2,950.00
3.03	Base granular e=0.22 m c/equipo pesado	m ²	2,950.00
3.04	Imprimación asfáltica (dosif 0.40 gl/m ² -tanque 1750 gl)	m ²	2,950.00
3.05	Carpeta asfáltica en caliente de 9 cm	m ²	2,950.00

Tabla 33. Precios unitarios para la subbase

3.00		Pavimento con refuerzo geomalla tipo "B"- 30 kN/m				
3.01		Sub base E = 0.15 m				
Rendimiento	1,600.00				costo unitario directo por: m ²	8.81
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Oficial	Hh	1	0.0045	16.5	0.08	
Peón	Hh	4	0.0175	15.5	0.3	
						0.38
Materiales						
Afirmado para subbase	m ³		0.213	31	6.2	
Agua puesta en obra	m ³		0.025	8.01	0.15	
						6.35
Equipos						
Herramientas manuales	%MO		3%	0.39	0.01	
Motoniveladora de 125 hp	hm	1	0.0052	158.6	0.69	
Camión cisterna	hm	1	0.0052	153.5	0.7	
Rodillo liso vibr autopropulsado 136 -170 hp 10 -12 t	hm	1	0.0052	145.3	0.68	
						2.08

Tabla 34. Determinación de precios unitarios con geomalla

3.00		Pavimento con refuerzo geomalla tipo "B"- 30 kN/m				
3.02		Aplicación de geomalla biaxial tipo "B"- 30 kN/m				
Rendimiento	600 m ²				costo unitario directo por: m ²	5.4
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Oficial	hh	1	0.017	16.5	0.3	
Peón	hh	1	0.017	15.1	0.2	
						0.5
Materiales						
Sujetador tipo grampas "u"	pza		2	0.56	1	
Geomalla biaxial tipo 30 EGB	m ³		1	3.9	3.9	
						4.9
Equipos						
Herramientas manuales	%MO		3%	0.55	0.04	
						0.04

Tabla 35. Determinación de precios unitarios para base granular

3.00		Pavimento con refuerzo geomalla tipo "B"- 30 kN/m				
3.03		Base granular e = 0.22 m				
Rendimiento	470	m ²		costo unitario directo por:		16.77
				m ²		
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Oficial	hh	1	0.0172	16.9	0.5	
Peón	hh	4	0.0694	15.5	1.05	
						1.55
Materiales						
Afirmado para subbase	m ³		0.315	30	9.5	
Agua puesta en obra	m ³		0.035	8.01	0.2	
						9.7
Equipos						
Herramientas manuales	%MO		3%	1.4	0.02	
Motoniveladora de 125 hp	hm	1	0.0165	160.5	2.8	
Rodillo liso vibr autopropulsado 136 - 170hp 10 -12t	hm	1	0.0165	162.63	2.7	
Camión Cisterna	hm	1	0.0165	145.52	2.56	5.52

Tabla 36. Determinación de precios unitarios para imprimación asfáltica

3.00		Pavimento con refuerzo geomalla tipo "B"- 30 kN/m				
3.04		Imprimación asfáltica (dosif 0.40 gl/m²-tanque 1750 gl)				
Rendimiento	560	m ²		costo unitario directo por:		4.27
				m ²		
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Oficial	hh	2	0.0038	16.5	0.07	
Peón	hh	2	0.0038	15	0.05	
						0.12
Materiales						
Kerosene industrial	gal		0.084	10.42	0.8	
Asfalto líquido re =250	gal		0.322	10.55	3.35	4.15
Equipos						
Herramientas manuales	%MO		3%	0.1	0	
Compresora neumática Diesel 250-330 pcm - 87hp	hm	1	0.0025	75	0.15	
Camión imprimador	hm	1	0.0025	130	0.25	
						0.4

Tabla 37. Determinación de precios unitarios para carpeta asfáltica

3.00		Pavimento flexible sin refuerzo				
3.05		Carpeta asfáltica en caliente 9 cm				
Rendimiento	500	m ²		costo unitario directo por: m ²		24
Mano de Obra	unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Oficial	hh	2.606	0.041	16	0.65	
Peón	hh	8.265	0.128	15.5	1.85	
						2.5
Materiales						
Mezcla asfáltica	m ³		0.0593	360	21.5	21.5
Equipos						
Herramientas manuales	%MO		3%	2.6	0.05	
Pavimentadora sobre orugas hp 10-16'	hm	1.258	0.0025	135.4	2.6	
Rodillo neumática autopropulsado 127 hp 8-23 ton	hm	1.0008	0.0025	145.9	2.3	
Trasporte de mezcla asfáltica	hm	1.014	0.016	35	0.55	5.5

Tabla 38. Presupuesto de la construcción del pavimento con refuerzo – geomalla 30 kN/m

N°	Nombre	Unid	Metrado	P.U.	Parcial
3.00 Pavimento flexible sin refuerzo					
3.01	Sub base e = 0.14 m con afirmado	m ²	2,950.00	8.81	25989.5
3.02	Geomalla biaxial tipo a (30 kN/m)	m ²	2,950.00	5.4	15930
3.03	Base granular e = 0.4 c/equipo pesado	m ²	2,950.00	16.77	49471.5
3.04	Imprimación asfáltica (dosif 0.40 gl/ m ² -tanque 1750gl)	m ²	2,950.00	4.27	12596.5
3.05	Carpeta asfáltica en caliente de 12 cm	m ²	2,950.00	24	70800
				Total	174787.5

5.2 Contrastación de hipótesis

5.2.1 Contrastación de hipótesis general

Este proceso consiste básicamente en la realización de una comparación de hipótesis general planteada en la investigación por tanto se ha verificado los planteamientos de diversas tipologías de investigadores, cada uno de ellos con sus respectivas cualidades y propiedades.

- **Hipótesis alterna (Ha):** El refuerzo con geomalla favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular.
- **Hipótesis nula (Ho):** El refuerzo con geomalla no favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular.

5.2.2 Contratación de hipótesis específicas

- **Hipótesis alterna (Ha-01):** Las propiedades de la geomalla favorece significativamente al pavimento flexible al aplicar como refuerzo en la base granular.
- **Hipótesis nula (Ho):** Las propiedades de la geomalla no favorece significativamente al pavimento flexible al aplicar como refuerzo en la base granular.
- **Hipótesis alterna (Ha-02):** El refuerzo con geomalla favorece significativamente en el espesor de las estructuras del pavimento al aplicar en la base granular
- **Hipótesis nula (Ho):** El refuerzo con geomalla no favorece significativamente en el espesor de las estructuras del pavimento al aplicar en la base granular.
- **Hipótesis alterna (Ha-03)** El costo varía favorable y significativamente en el pavimento flexible al aplicar como refuerzo dos tipos de geomalla.
- **Hipótesis nula (Ho):** El costo no varía favorablemente en el pavimento flexible al aplicar como refuerzo dos tipos de geomalla.

Tabla 39. Análisis espesores de la estructura del pavimento con refuerzo

Espesor	20 kN/m		% que varia
	Sin refuerzo	Con refuerzo	
<i>Espesor de la carpeta asfáltica (cm)</i>	9	9	0%
<i>Espesor de la base granular (cm)</i>	25	20	5%
<i>Espesor de la subbase (cm)</i>	20	15	3%

Tabla 40. Análisis espesores de la estructura del pavimento con refuerzo

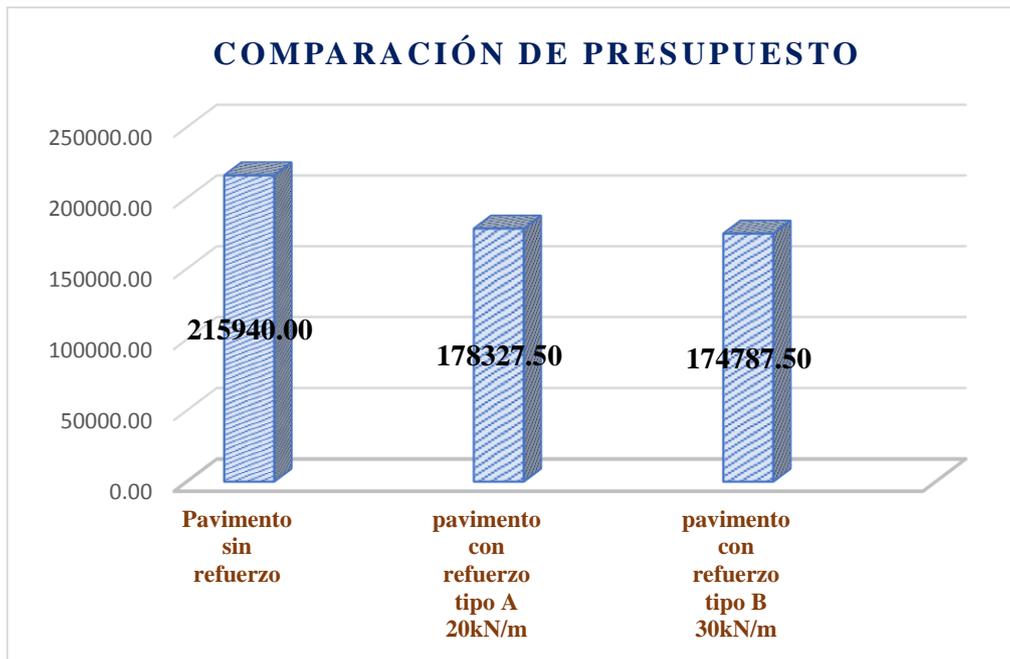
Espesor	30 kN/m		% que varia
	Sin refuerzo	Con refuerzo	
<i>Espesor de la carpeta asfáltica (cm)</i>	9	9	0%
<i>Espesor de la base granular (cm)</i>	25	22	5.5%
<i>Espesor de la subbase (cm)</i>	20	15	3%

Nota. Según las tablas 39 y 40 se realizó la comparación de los espesores de las capas del pavimento flexible con y sin refuerzo, se observa que el espesor de la carpeta asfáltica reduce en 0% por lo que mantiene su dimensionamiento del espesor, mientras que en la base granular y sub base si hay una reducción con una variación de 5% y 3% y posterior a ello en la tabla 39 se observa que el espesor de la carpeta asfáltica reduce en 0% por lo que mantiene su dimensionamiento del espesor, mientras que en la base granular y sub base si hay una reducción con una variación de 5.5% y 3%.

Tabla 41. Análisis comparativo de los presupuestos para la construcción de pavimento

	Pavimento sin refuerzo	Pavimento con refuerzo 20 kN/m	Pavimento con refuerzo 30 kN/m
PRESUPUESTO			
(Soles)	215940.00	178327.50	174787.50

Figura 29. Presupuesto para la construcción del pavimento



Nota. En la tabla 41 y figura 29 se observa que el presupuesto para la construcción del pavimento con refuerzo empleando la geomalla biaxial 20 kN/m varía en un 17.4% y empleando la geomalla biaxial tipo 30 kN/m varía en un 19% y asimismo al realizar la comparación de precios de los dos tipos de geomalla biaxial varía en un 2%.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Al usar la geomalla biaxial para estabilizar la base granular de la estructura del Pavimento se tiene como evidencia los resultados para el principal objetivo, se obtuvo que la estabilización con la geomalla biaxial favorece en la reducción de la estructura del pavimento ya que reduce en el espesor de la base granular de 5% y 5.5% al respecto lo demostró el autor Miranda & Sánchez (2015) citado como antecedente internacional en su investigación titulado “influencia de la geomalla en el diseño del pavimento flexible en la vía de evitamiento ubicado en el norte de Cajamarca” por lo que realizó una comparación del desempeño de las capas del pavimento con refuerzo y sin refuerzo alguno.
- Las propiedades de la geomalla favorecen al pavimento flexible según el resultado del objetivo específico N°1 genera un alto desempeño longitudinal y transversal al someterse a tracción, longitudinal y transversal en la deformación gracias a sus fibras de polipropileno, al respecto lo demostró el autor Bustamante (2016) citado como antecedente internacional titulado “Evaluación en el nivel de resistencia de una subrasante, con el uso combinado de una geomalla y un geotextil” donde dió detalles mediante una comparación de los diagramas de carga/deformación en los escenarios vertidos en su informe.
- Los mecanismos de refuerzo de la geomalla biaxial que obtiene a favor el pavimento flexible en la estabilización de la base granular planteado según el resultado del objetivo específico N°2 es el confinamiento de la base y subbase, mejoramiento de la capacidad portante, membrana tensionada, restricción del desplazamiento lateral de los agregados de la base a la subbase, mejoramiento en la distribución de esfuerzos sobre la subrasante, al respecto lo demostró Miranda (2019) citado como antecedente internacional en su

investigación referido a la comparación de la vida útil del pavimento sin emplear refuerzo en la base granular y empleando refuerzo en la base granular.

- Al usar la geomalla biaxial en la estabilización de la base granular, según los resultados obtenidos del objetivo específico N°3 se determinó que el costo para la construcción del pavimento sin refuerzo y el costo empleando la geomalla biaxial 20 kN/m varia en un 17% y empleando la geomalla biaxial 30 kN/m varia en un 19% y asimismo al realizar la comparación de precios de los dos tipos de geomalla biaxial varia en un 2%, al respecto el autor Mera Heredia (2017) citado como antecedente nacional en su investigación referido al estudio técnico-económico del uso de geomalla multiaxial, de igual manera en comparación del refuerzo si resulta económicamente viable al emplear como refuerzo.

CONCLUSIONES

- Se concluye que la geomalla biaxial reduce el espesor de la estructura del Pavimento, en la carpeta asfáltica reduce en 0% por lo que mantiene su dimensionamiento del espesor, mientras que en la base granular y subbase si hay una reducción con una variación de 20% y 25% y posterior a ello, el espesor de la carpeta asfáltica reduce en 0% por lo que mantiene su dimensionamiento del espesor, mientras que en la base granular y subbase si hay una reducción con una variación de 12% y 25%.
- Las propiedades de la geomalla actúan con alto desempeño longitudinal y transversal al someterse a tracción, longitudinal y transversal en la deformación gracias a sus fibras de polipropileno.
- Los mecanismos de refuerzo de la geomalla biaxial es el confinamiento de la base y subbase, mejorando de la capacidad portante, membrana tensionada, limitación del desplazamiento lateral de los materiales granulares de la base ala subbase, mejoramiento en la distribución de esfuerzos sobre la subrasante.
- El costo para construir el pavimento sin refuerzo y el costo empleando la geomalla biaxial tipo A - 20 kN/m varia en un 17% y empleando la geomalla biaxial tipo B - 30 kN/m varia en un 19% y asimismo al realizar la comparación de precios de los dos tipos de geomalla biaxial varia en un 2%.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de las geomallas biaxial ya que trae buenos beneficios al diseño y se evidencia que genera una reducción en las capas granulares y subbase aportando mayor resistencia al esfuerzo y siendo accesible con el medio ambiente.
- En el uso de geomallas biaxiales para el reforzamiento de la base granular es recomendable verificar que la aplicación de este material sea óptimas condiciones y supervisar el proceso constructivo para evitar que esto altere su resistencia afectando sus propiedades y así obtenga mayor rendimiento.
- Al momento de tender en la vía la geomalla para el reforzamiento no deben transitar los vehículos directamente sobre la geomalla ya que podrían maltratarla, rajarla y evitar que funcione correctamente y así alterar los mecanismos de refuerzo.
- La geomalla biaxial 20 kN/m es recomendable para usar en la estabilización de la base granular ya que en los resultados obtenidos genera mayor reducción en el espesor de las capas de la estructura del pavimento y por consiguiente reduce el costo en la construcción del pavimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almandarez Santos, L. N., & Reyes Zuniga, J. C. (2017). *Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras*. Honduras.
- Alvarado Sánchez, S. A. (2012). *Análisis técnico sobre el uso de geomallas de refuerzo para la pavimentación y repavimentación de carreteras*.
- Alvarez, P. (2018). Ethics and Research Primer. *Ética e Investigación*, 122-149. Obtenido de file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-EticaEInvestigacion-6312423.pdf
- Amanco geosintéticos. (s.f.). *Geomallas, funciones y aplicaciones*. Obtenido de www.mexichem.com.m.
- Arias. (2016).
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación, Introducción a la Metodología Científica* (Sexta ed.). Caracas, Venezuela: Episteme.
- Behar Rivero, D. (2008). *Metodología de la investigación*. Mexico.
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo.
- Braja M, D. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Mexico.
- Bustamante Noboa, A. (2016). *Evaluación en el nivel de resistencia de una subrasante, con el uso combinado de una geomalla y un geotextil*. Cuenca, Ecuador.
- Carrasco Díaz, S. (2013). *Metodología de la Investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Cidelsa geosintéticos. (2017). *Los grandes proyectos requieren grandes aliados*.

Defensoria del pueblo. (2016).

Geoace. (2019). *Uso de geomallas.*

Georedes. (2017). *geosai@geosai.com.* Obtenido de *geosai@geosai.com.*

Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucia. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta Edición ed.). México D.F.

Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio. (2014). *Métodología de la investigación.* Mexico D.F: MC Graw Hill Education.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metología de la Investigación* (Sexta ed.). México, México: McGRAW-HILL.

Lizárra López, M. T. (2013). *Diseño y construcción de pavimentos flexibles aplicando geomallas de polipropileno como sistema de reforzamiento estructural.* México.

MACCAFERRI. (2019). *Maccaferri.com.* Obtenido de *Maccaferri.com.*

Marco, M. H. (2017). *Evaluación técnico-económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera .* Cajamarca.

Minaya, O. y. (2017). *diseño moderno de pavimentos asfálticos .*

Miranda Narvaez, F. M., & Sánchez Quintero, E. A. (2015). *Evaluación del módulo resiliente y deformación permanente de una base granular mecánicamente estabilizada con geomalla.* Quito.

Miranda Ramos, E. (2019). *Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimento flexibles, tramo Tatabamba-Ongon.* Provincia de pataz. La Libertad. Trujillo.

- Miranda Ramos, E. (2019). *Diseño de una base granular reforzada con geomalla blaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles, tramo Tayabamba-Ongon, Provincia de Pataz. La Libertad. Trujillo.*
- N.T.E. CE 010. (2010). Pavimentos urbanos. En *Afirmados subbases y bases.*
- O. Sfriso, A. (2007). *Introducción a los geosintéticos.*
- Otero, M. y. (2016). *evaluación del comportamiento mecanico de una estructura bicapa, reforzada con geomalla biaxial, compuesta por afirmado invias sobre subrasante blanda, aplicable a vias no pavimentadas.*
- Pinares, J. R. (2015). *Proceso innovado para determinar el espesor de subrasante mejorada en suelos limo-arcillosos aplicado en la carretera puente raither – puente paucartambo. Lima.*
- Prodac. (2016). *www.prodac.com.pe.* Obtenido de *infraestructura@prodac.com.pe.*
- Tensar. (2016). *Geomalla Tensar Triax(TX).* EE.UU.
- Toledo. (2014).
- Universidad Tecnológica Centroamericana, H. (2014).
- Wilmer, D. C. (2017). *Influencia de la geomalla en el diseño del pavimento flexible en la vía de evitamiento norte. Cajamarca.*

ANEXOS

Matriz de consistencia

"ESTABILIZACIÓN DE BASE GRANULAR CON REFUERZO DE GEOMALLAS EN EL DISTRITO DE CHILCA – HUANCAYO, 2021"						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><u>PROBLEMA GENERAL</u></p> <p>¿En qué medida el refuerzo con geomalla favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019?</p> <p><u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</u></p> <p>- ¿Cuáles son las propiedades de la geomalla que favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019?</p> <p>- ¿Cuáles son los mecanismos de refuerzo de la geomalla que favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019?</p> <p>- ¿Cuánto varía el costo del pavimento flexible comparando con la aplicación de dos tipos al estabilizar en la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019?</p>	<p><u>OBJETIVO GENERAL</u></p> <p>Determinar en qué medida el refuerzo con geomalla favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019.</p> <p><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u></p> <p>- Determinar las propiedades de la geomalla que favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019.</p> <p>- Determinar los mecanismos de refuerzo de la geomalla que favorece al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019.</p> <p>- Determinar la variación del costo del pavimento flexible al aplicar dos tipos de geomalla al estabilizar la base granular del distrito en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019.</p>	<p><u>HIPÓTESIS GENERAL</u></p> <p>. El refuerzo con geomalla favorece significativamente al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019.</p> <p><u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</u></p> <p>- Las propiedades de la geomalla favorece significativamente al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019.</p> <p>- Los mecanismos de refuerzo favorecen significativamente al pavimento flexible al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019.</p> <p>- El costo varía favorable y significativamente en el pavimento flexible al aplicar dos tipos de geomalla al estabilizar la base granular en el distrito de Chilca – Huancayo, 2019.</p>	<p><u>VARIABLES INDEPENDIENTES</u></p> <p>V1: Geomallas de refuerzo</p> <p><u>VARIABLES DEPENDIENTES</u></p> <p>V2: Base granular</p>	<p>D1: Propiedades</p> <p>D2: Mecanismo de refuerzo</p> <p>D3: costo</p> <p>D1: Estudio de suelos</p> <p>D2: Estudio de material de préstamo</p> <p>D3: Espesor de la base granular por el método de diseño AASHTO</p>	<p>I1: físicas I2: mecánicas I3: Durabilidad</p> <p>I1: Resistencia a la tracción</p> <p>I1: Precios unitarios de geomalla tipo A I2: Precios unitarios de geomalla tipo B</p> <p>I1: Ensayo para la compactación de suelo en laboratorio utilizando una energía modificada I2: Ensayo normalizado In Situ para C.B.R I3: Ensayos estándares</p> <p>I1: Resistencia del agregado grueso al desgaste I2: Análisis físico – químicos del agregado grueso I3: Prueba estándar para el valor equivalente del agregado fino.</p> <p>I1: Estudio de tráfico vial I2: Coeficiente de drenaje I3: Coeficiente estructural</p>	<p><u>METODO DE LA INVESTIGACIÓN:</u></p> <p>Científico.</p> <p><u>ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN:</u></p> <p>Cuantitativo.</p> <p><u>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</u></p> <p>Aplicada.</p> <p><u>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</u></p> <p>Cuasi - Experimental.</p> <p>GE:0₁ X 0₂</p> <p>GC: 0₃ - 0₄</p> <p><u>POBLACIÓN:</u></p> <p>Geomallas de refuerzo para base granular.</p> <p><u>MUESTRA:</u></p> <p>Geomalla biaxial.</p> <p><u>TECNICAS E INSTRUMENTOS:</u></p> <p><u>TÉCNICAS:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación directa <p><u>INSTRUMENTO:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Formatos de los ensayos. • Ficha de recompilation de datos. • Ficha técnica de la geomalla.

Matriz de operacionalización del instrumento

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES INDICADORES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA
V1: Geomallas de refuerzo	Geo sintético hecha de una lámina con agujero que permite aumentar la resistencia del material con el que haga contacto, Su forma es como la malla, el refuerzo puede ser biaxial con una apertura de malla rectangular.	Para mejorar las pistas de Chilca se pretende hacer uso de las geomallas para darle un refuerzo a la base granular y garantizar mayor durabilidad y resistencia al pavimento.	D1: Propiedades	I1: Físicas I2: Mecánicas I3: Durabilidad	Ficha técnica de geomalla	Intervalo
			D2: Distribución de cargas	I1: Resistencia a la tracción		
			D3: Costo	I1: Precios unitarios de geomalla tipo B I2: Precios unitarios de geomalla tipo A	Ficha de proforma de geomalla	
V2: Base granular	Es la capa de pavimento que tiene como función primordial distribuir y transmitir las cargas asociadas por el tránsito a la subbase ya través de ella a la subrasante.	La base granular debe cumplir estudios para garantizar calidad	D1: Estudio de suelos.	I1: Ensayo para la compactación de suelo en laboratorio utilizando una energía modificada I2: Ensayo normalizado In Situ para C.B.R I3: Ensayos estándares	Formatos con reporte de ensayos	Intervalo
			D2: Estudio de material de préstamo.	I1: Resistencia del agregado grueso al desgaste I2: Análisis físico – químicos del agregado grueso I3: Prueba estándar para el valor equivalente del agregado fino		
			D3: Diseño por el método AASHTO	I1: Estudio de tráfico vial I2: Coeficiente de drenaje I3: Coeficiente estructural	Tablas de cálculos	