



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO CON
GEOMALLA BIAxIAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD
DE CARGA DEL SUELO, TRAMO: SHAMBOYACU -
SANTA ROSA – LOS ÁNGELES - PROGRESO -PICOTA
– SAN MARTÍN”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ASESOR:

M.Sc. Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta

AUTORES:

BECERRA VÁSQUEZ, Cynthia Madeleine

LÓPEZ LÓPEZ, Jefferson Képler

TARAPOTO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado principalmente a Dios, por darme fuerzas e inspiración para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres César Becerra Saldaña y Luz Andrea Vásquez Coronel por haberme brindado su amor y apoyo, gracias a su sacrificio y trabajo de ustedes he logrado llegar hasta aquí. Ha sido un orgullo y privilegio ser su hija.

A mis amigos y a todas las personas que me apoyaron y han hecho que el trabajo se realice con éxito, por extender su mano en momentos difíciles y brindarme su conocimiento y enseñanzas para elaborar este trabajo.

Cynthia Madeleine, BECERRA VÁSQUEZ

Dedico este trabajo sin duda alguna a Hashem, lo más importante para mí, por haberme dado la vida y saber con mi mente y corazón que todo es por y para la Torá, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y de toda mi vida, por eso quiero dedicarle humanamente con esta fonética del hebreo con todas las fuerzas de mi pulmón y mis cuerdas vocales, cubriéndome los ojos: “Shema Israel Ado-nai Elo-heinu Ado-nai Ejad”. y seguido pronuncio casi como un suspiro: “baruj shem kevod maljutó leolam vaed”.

Jefferson Képler, LÓPEZ LÓPEZ

AGRADECIMIENTO

Me gustaría expresar mi agradecimiento a Dios en primer lugar por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad; a mis padres César y Andrea por haberme brindado su apoyo y confianza que me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más; y a todas las personas que me apoyaron e hicieron posible que este trabajo se realice con éxito.

Cynthia Madeleine, BECERRA VÁSQUEZ

Agradecer infinitamente a Hashem por todo, porque por Él, puedo agradecer a todos de mi entorno por lo logrado, a mi familia, a mis profesores que fueron una fuente de conocimientos muy importantes, Agradecer a nuestro asesor, por acompañarnos y ser un guía en esta etapa, pues le estaré agradecido siempre.

Jefferson Képler, LÓPEZ LÓPEZ

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

**FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA**

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 939-2021-UCP-FCEI del 22 de diciembre del 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Caleb Rios Vargas, M.Sc. | Presidente |
| • Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo, M.Sc. | Miembro |
| • Ing. Isaac Duhamel Castillo Chalco | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta, M. Sc.**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 19:00 horas del día 15 de junio del 2022, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad y el Director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO CON GEOMALLA BIAxIAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE CARGA DE SUELO, TRAMO: SHAMBOYACU – SANTA ROSA – LOS ÁNGELES - PROGRESO – PICOTA – SAN MARTÍN”**.

Presentado por los sustentantes:

**JEFFERSON KEPLER LOPEZ LOPEZ y CYNTHIA MADELEINE
BECERRA VASQUEZ**

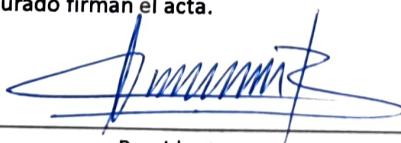
Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**.

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**.

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD CON LA NOTA DE (16) DIECISEIS**.

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 15 de junio del 2022 a las 07.00 p.m.



M.Sc. Ing. CALEB RÍOS VARGAS
PRESIDENTE DEL JURADO



M.Sc. Ing. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. ISAAC DUHAMEL CASTILLO CHALCO
MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA
ASESOR

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

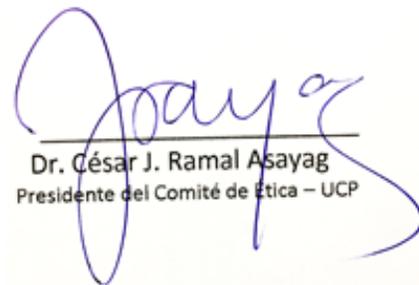
La Tesis titulada:

“DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO CON GEOMALLA BIAIXIAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO, TRAMO: SHAMBOYACU - SANTA ROSA – LOS ÁNGELES - PROGRESO -PICOTA – SAN MARTÍN”

De los alumnos: **BECERRA VÁSQUEZ CYNTHIA MADELEINE Y LÓPEZ LÓPEZ JEFFERSON KÉPLER**, de la Escuela de Posgrado, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **14% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 22 de Febrero del 2022.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

Document Information

Analyzed document	UCP_INGENIERÍA_2021_TESIS_CYNTHIABECERRA_JEFFERSONLOPEZ_V1.pdf (D128032580)
Submitted	2022-02-16T15:35:00.0000000
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	14%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50528 Fetched: 2022-02-16T15:35:31.2500000		4
W	URL: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50528/Ojanama_SN-Vela_MRF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2022-02-16T15:35:35.1900000		7
SA	Universidad Científica del Perú / UCP INGENIERÍACIVIL 2021 TESIS EVAMENDOZA RODILTENAZOA V1.pdf Document UCP INGENIERÍACIVIL 2021 TESIS EVAMENDOZA RODILTENAZOA V1.pdf (D123753932) Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com		1
W	URL: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2672_C.pdf Fetched: 2021-01-14T08:40:15.4130000		11
W	URL: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/5061/1/REP_MAEST.INGE_EDDY.MIRANDA_DISE%C3%91O.BASE.GRANULAR.REFORZADA.GEOMALLA.BIAXIAL.OPTIMIZAR.CALIDAD.CONSTRUCCION.PAVIMENTOS.FLEXIBLES.TRAMO.TAYABAMBA.ONGON.PROVINCIA.PATAZ.LA.LIBERTAD.pdf Fetched: 2021-04-23T20:34:56.5200000		3

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
APROBACIÓN	4
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1 Introducción	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	12
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	12
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	14
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES.....	16
2.2 BASES TEÓRICAS.....	16
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	42
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	44
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	44
3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	44
3.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	44
3.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	44
3.3 OBJETIVOS.....	45
3.3.1 OBJETIVO GENERAL	45
3.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	45
3.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.5 HIPÓTESIS.....	46
3.5.1 Hipótesis General.....	46
3.5.2 Hipótesis General.....	46
3.6 VARIABLES.....	46
3.6.1 Identificación de las variables	46
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	47
4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	47
4.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	47
4.1.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	47
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	47

4.2.1 POBLACIÓN.....	47
4.2.2 MUESTRA.....	48
4.3 VISITA INSITU Y ESTADO ACTUAL DE LA CARRETERA EN ESTUDIO	48
4.4 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	52
4.4.1 TÉCNICAS.....	52
4.4.2 INSTRUMENTO	52
4.4.3 PROCEDIMIENTO	52
4.5 PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	52
CAPÍTULO V: RESULTADOS	54
5.1 Determinar las características topográficas del terreno donde se aplicará la geomalla biaxial.	54
5.2 Determinar las características del estudio de mecánica de suelos del terreno donde se aplicó la geomalla biaxial.	54
5.3 Elaborar el diseño óptimo a utilizar con la geomalla biaxial para mejorar la capacidad de carga del suelo.....	55
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
7.1 CONCLUSIONES.....	60
7.2 RECOMENDACIONES.....	61
CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS	64

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Características de los rollos de geomalla	24
Ilustración 2: Tramo terreno natural sin refuerzo de geomalla	25
Ilustración 3: Tramo con refuerzo de geomalla	25
Ilustración 4: Tendido de la geomalla directo sobre una sub rasante blanda...	26
Ilustración 5: Distribución de cargas sobre la sub rasante con geomalla	27
Ilustración 6: Reducción del movimiento de tierras y espesor de la capa de base	28
Ilustración 7: Ubicación de la geomalla dentro de la estructura del pavimento	29
Ilustración 8: Interacción entre la geomalla y el material granular.....	30
Ilustración 9: Geomalla uni-axial	32
Ilustración 10: Geomalla bi-axial	33
Ilustración 11: Rollo de geomalla biaxial	36
Ilustración 12: Colocación y tendido de la geomalla	36
Ilustración 13: Traslapes recomendados para geomalla.....	37
Ilustración 14: Corrección de arrugas	37
Ilustración 15: Geomallas alineadas y tensada.....	38
Ilustración 16: Tendido de material sobre la geomalla	39
Ilustración 17: Procedimiento de compactación tradicional.....	40
Ilustración 18: Carretera Shamboyacu - Progreso	48
Ilustración 19: Carretera Shamboyacu – Progreso	49
Ilustración 20: Carretera Shamboyacu – Progreso	49
Ilustración 21: Carretera Shamboyacu – Progreso	50
Ilustración 22: Carretera Shamboyacu – Progreso	50
Ilustración 23: Carretera Shamboyacu – Progreso	51
Ilustración 24: Carretera Shamboyacu – Progreso	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados del Estudio de Mecánicas del Suelo.....	54
Tabla 2: Estudio de Relación de soporte de california (C.B.R.)	55
Tabla 3: Trafico actual por tipo de vehículo	55
Tabla 4: Diseño de pavimento asfaltico	56

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado “**DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO CON GEOMALLA BIAxIAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO, TRAMO: SHAMBOYACU - SANTA ROSA – LOS ANGELES - PROGRESO - PICOTA – SAN MARTIN**”, ha planteado como objetivo general mejorar la capacidad de carga del suelo en el diseño de un pavimento vehicular aplicando geomalla biaxial propuesta para la provincia de Picota el cual servirá como prototipo para todas las vías que aún faltan pavimentar. El estudio fue de tipo aplicado con un enfoque cuantitativo porque se usaron métodos y técnicas estadísticas para contrastar la verdad o falsedad de la hipótesis, asimismo presentó un diseño no experimental. Estuvo conformada por estudios topográficos, estudio de mecánica de suelos quienes permitieron efectuar el análisis comparativo del pavimento vehicular y se emplearon como técnicas la observación, planeamiento y seguimiento de diseño.

Las vías de comunicación son parte primordial para el desarrollo económico y social de la nación, ya que no sólo facilitan la comercialización de bienes, sino también, generan inversión nacional y extranjera para el país, lo que permite mejorar el mercado local, logrando así, acceso a todos los servicios; por lo que éstas deberían de mantenerse siempre en buenas condiciones.

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

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

Palabras claves: Pavimento vehicular, geomalla biaxial, capacidad de carga del suelo.

ABSTRACT

The present research work called "DESIGN OF ASPHALT PAVEMENT WITH BIAXIAL GEOGRID TO IMPROVE THE LOADING CAPACITY OF THE SOIL, SECTION: SHAMBOYACU - SANTA ROSA - LOS ANGELES - PROGRESO - PICOTA - SAN MARTIN", has raised as a general objective to improve the capacity of Soil loading in the design of a vehicular pavement applying biaxial geogrid proposed for the province of Picota, which will serve as a prototype for all the roads that still need to be paved. The study was applied with a quantitative approach because statistical methods and techniques were used to contrast the truth or falsehood of the hypothesis, it also presented a non-experimental design. It was made up of topographic studies, a study of soil mechanics, which allowed the comparative analysis of the vehicular pavement to be carried out, and observation, planning and design monitoring were used as techniques.

The communication channels are an essential part for the economic and social development of the nation, since they not only facilitate the commercialization of goods, but also generate national and foreign investment for the country, which allows improving the local market, thus achieving, Access to all services; so these should always be kept in good condition.

The use of biaxial geogrid as reinforcement of the flexible pavement structure is a modern method that is being used worldwide to reduce layer thicknesses, prolonging the useful life of the pavement, achieving more efficient and durable communication routes.

The criteria to be considered for the design of flexible pavement structures using the biaxial geogrid as reinforcement and the different types of geogrids available on the market with their different applications are described.

Keywords: Vehicular pavement, biaxial geogrid, soil bearing capacity.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

El tramo en estudio sufre un constante deterioro, causado por el incremento vehicular hacia las localidades, así como por el aumento de las cargas que soporta la estructura del pavimento, debido a que ésta, cuenta con un rango inferior de resistencia a carga vehicular comparado con otras vías ya ejecutadas en la región.

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

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

Se puede decir que el pavimento flexible es el más económico, es el que tiene mayor probabilidad de propuestas para ejecutar proyectos de mejoramiento de vías, en merito a los antecedentes expuestos se considera oportuno llevar a cabo la investigación correspondiente **DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO CON GEOMALLA BIAxIAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO, TRAMO: SHAMBOYACU - SANTA ROSA – LOS ANGELES - PROGRESO -PICOTA – SAN MARTIN**, a fin de dar solución a los diversos problemas de acceso hacia el tramo de estudio.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Una desventaja que tienen los pueblos aledaños a las ciudades cercanas, son el escaso medio de comunicación vial terrestre en los diferentes lugares de nuestro país, especialmente en la zona de selva y ceja de selva, que continuamente se ven involucrados en el mal estado de nuestras carreteras, esta problemática no solamente se da en este tramo de estudio sino también en la zona de sierra y costa. La población de estos sectores se las ingenia para habilitar kilómetros de carreteras con el fin de tener un camino o vía de transporte que garantice la mejora de sus economías.

Por lo general, los proyectos de carreteras de conectividad a los pueblos, donde permitan plantear desarrollo para su mejoramiento, ya que en la zona los suelos son conocidos por ser arcillosos con alta plasticidad y capacidad de soporte bajo, la cual es uno de los grandes problemas para la construcción de caminos vecinales, se ven obligado a ejecutar estudios para realizar estos trabajos con materiales provenientes de las únicas canteras calificadas que existen dentro del tramo a estudiar.

Las siguientes investigaciones son artículos científicos que muestran estudios y resultados que se obtuvieron al realizar la investigación.

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- **(JIMENEZ, Lucio 2016), EFICIENCIA DE LA UTILIZACIÓN DE LAS GEOMALLAS COMO ELEMENTOS DE REFUERZO EN LOS SUELOS FLEXIBLES (ARTÍCULO CIENTÍFICO). MÉXICO 2017.**

Su objetivo fue analizar las variables presentadas. Conclusión: Las geomallas son elementos que pueden ser instauradas en la estructura que presentan los pavimentos en un 40%, pueden ser a su vez uni-axial, para estructuras que sólo tendrán una sola dirección o biaxial, para estructuras que tienen dos direcciones. Es oportuno mencionar además que el uso de

las geomallas en los suelos flexibles implica que no se puedan mezclar las capas con los elementos de los pavimentos, pudiendo de esta manera disipar los esfuerzos suscitados por una carga superficial hacia un espacio de mayor soporte y brinda mayor capacidad a los suelos, generando un incremento en el periodo de duración de las infraestructuras viales.

- **CEPEDA, Luciano. EL DISEÑO DE LA CAPA DE PAVIMENTOS EN LA SOLDADURA DE CARRETERAS CON GEOMALLA BIAxIAL (ARTÍCULO CIENTÍFICO). COSTA RICA 2016.**

Su objetivo fue analizar las variables mencionadas. Conclusión: Las soldaduras por cisuras de las geomallas brindan mayor refuerzo a las obras ejecutadas, las mismas cuya finalidad fue construir carreteras e infraestructuras viales relacionadas a ella, puesto que se percibe que la adherencia obtenida en segundo sistema es 47% mayor a lo obtenido por el primer sistema, debiendo destacar pues que en el primer sistema no se utilizaron geomallas ni demás materiales geo sintéticos para la construcción de las carreteras de tal manera que se pueda reducir la aparición de dificultades e inconvenientes que afecten el libre tránsito de los vehículos, y además se llevó a cabo un estudio previo para determinar la cantidad de medios de transporte pesados que transitarían por tales infraestructuras viales.

- **(SANTOS, EDUARDO 2015). IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE PAVIMENTO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE GEOMALLAS PARA EL TRAMO DE LA CARRETERA DE LA BAJADA DE CHANDUY, DEPARTAMENTO DE POCITO (ARTÍCULO CIENTÍFICO). ECUADOR 2015.**

Su objetivo fue evaluar las deficiencias en las variables presentadas. Conclusión: El uso de concretos para los pavimentos es eficiente en un 60% debido que le brinda firmeza a la carretera, y la utilización de geomallas proporciona mayor duración en la construcción de autopistas de tal manera que su periodo de durabilidad se extienda. De igual manera, el uso de las geomallas al momento de construir el tramo de la carretera

asegura una mayor cobertura y también permitió reducir el nivel de riesgo frente a accidentes suscitados por el deterioro o daño de esta, sobre todo si se tiene en cuenta que el tramo de la carretera se encuentra muy cerca de las aguas verdes, representando ello un factor significativo para su durabilidad.

- **(RODRIGUEZ, VANESSA 2015), PLANTEAMIENTO Y COMPROBACIÓN DEL APORTE ESTRUCTURAS DE LAS GEOMALLAS DENTRO DE LAS CAPAS GRANULARES PARA ASEGURAR LA RESISTENCIA DE LAS CARRETERAS (TESIS DE PREGRADO). COLOMBIA 2015.**

Su objetivo fue describir las deficiencias de las variables presentadas. Conclusión: El uso de geomallas permite reemplazar los materiales que forman parte de la sub base para mejorar su efectividad en un 50%, conllevando así a una disminución de los costos y una reducción del impacto medio ambiental.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

- **(ROBLES, LUIS 2,018), APLICACIÓN DE LAS GEOMALLAS COMO MEDIDA PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LAS BASES Y SUB BASES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, VENTANILLA, AÑO 2018. (TESIS DE PRE-GRADO). PERÚ 2018.**

Su objetivo fue analizar el efecto de las variables mencionadas. Conclusión: La utilización de la geomalla clase B (LBO 302) genera mayores beneficios en comparación con la clase A (LBO 202) en el tramo considerado como objeto de estudio; además se pudo reconocer que el concreto empleado no fue de buena calidad, suscitando de esta manera que las infraestructuras viales presenten de manera consecutiva daños y deterioros que podrían ocasionar accidentes a aquellos individuos que frecuentemente transitan sobre las mismas.

- **(BERROSPI, JHERSON 2017) MANEJO DE LAS GEOMALLAS BIAXIALES DE POLIPROPILENO EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. LAS TORRES, LURIGANCHO - CHOSICA (TESIS PREGRADO). PERÚ 2017.**

Su objetivo fue analizar las variables presentadas. Conclusión: El 80% de las calles presentan rajaduras tanto en calles principales y secundarias debido a que no se emplearon los materiales adecuados en su construcción, por lo que se consideró conveniente que las infraestructuras viales sean reforzadas por geomallas biaxiales de buena calidad de tal manera que se pueda proporcionar mayor duración y evitar la aparición de hendiduras y daños que representen algún tipo de riesgo para las personas que transitan en ellas.

- **(NUÑEZ, Anselmo 2016), MEJORAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE LAS GEOMALLAS BIAXIALES COMO MEDIDA PARA OPTIMIZAR LA RESISTENCIA DE LAS CALLES PRINCIPALES DE LA CIUDAD DE PUNO (TESIS PREGRADO). PERÚ 2016.**

Su objetivo fue evaluar los medios de aplicación. Conclusiones: Las capas bases granulares de las construcciones de los pavimentos son ineficientes pues los materiales empleados no son adecuados para la construcción de la infraestructura vial, pues el aprovechamiento de estas es de un 76.7%, lo cual significa que se están reduciendo los costos de recursos materiales y humanos en la construcción de estas. Por tal motivo, se ha considerado oportuno reforzar las sub bases de los pavimentos haciendo uso de las geomallas biaxiales, pues según estudios realizados por diversos ingenieros, se conoce que la utilización de tales geomallas extendería el plazo de duración de las vías, lo cual significa una reducción de hasta el 38% del presupuesto destinado al mantenimiento de las infraestructuras viales

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

- **(PAREDES, FERNANDO Y DELGADO, JORGE 2019), DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS EN LA REPARACIÓN DE LOS SUELOS Y PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE TARAPOTO (TESIS PREGRADO) 2019.**

Su objetivo fue analizar las deficiencias evidenciadas. Conclusión: La evaluación del suelo ha obtenido un CBR de 13%, lo cual significa que la capacidad de los terrenos se encuentra en un nivel regular pues la filtración del agua, la escasez de recursos públicos y la falta de interés de las autoridades en el mantenimiento de las vías ocasionó que las pistas presenten deterioros o hendiduras, afectando así el libre tránsito de las personas.

- **(SANGAMA, LLESEL 2017). DISEÑO DE PAVIMENTOS VEHICULAR FLEXIBLES DE LOS CAMINOS VECINALES DE SAN JUAN DE TANGUMI, DE LA CIUDAD DE HABANA Y CALZADA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN (TESIS DE PREGRADO) 2017.**

Su objetivo fue analizar las deficiencias de las variables. Conclusión: La falta de utilización de materiales geo flexibles y geomallas ha ocasionado que los pavimentos de los caminos vecinales en estudio presentan rajaduras y son demasiado reducidos, por lo que representa un riesgo para los vehículos de transporte livianos y personas que transitan sobre los mismos, frente a ello se vio la necesidad de reforzar los pavimentos con las geomallas para proporcionar mayor soporte a las estructuras de las vías de tal manera que se evita la aparición de riesgos durante el libre tránsito de los vehículos.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Teorías relacionadas al tema

Respecto a la variable dependiente “capacidad de carga del suelo”, BERRY (1994) manifiesta que es una expresión que hace referencia a la fricción que existe entre los cimientos y el área del terreno de tal manera

que no puedan producirse fallos significativos ocasionados por un esfuerzo cortante en los suelos o un asentamiento excesivo como producto de una sobrecarga.

Asimismo, JUAREZ (1992) considera que está referida a la cualidad que caracteriza a un sistema de suelo, y no específicamente un rango intrínseco de los suelos; pues en algunos casos, la capacidad del suelo puede verse afectada por diversos factores físicos tales como su volumen, forma, etc., además del grado de profundidad de los elementos que componen sus cimientos, los mismos que aplican presión sobre este.

RODRIGUEZ (2014) señala que es una superficie cuya composición está formada por minerales degradados y materia orgánica que puede ser fácilmente descompuesta, la misma que envuelve la tierra por una capa con poco espesor y que, mezclada con la cantidad apropiada de aire y agua, puede brindar un gran soporte.

En relación con la variable independiente “Pavimento vehicular urbano con geomalla”, OFFENBACKER (2019), señala que son estructuras construidas en la subrasante de las vías con la finalidad de proporcionar resistencia a los suelos para soportar las cargas de los medios de transporte terrestre y brindar seguridad y confort a las personas que transitan sobre el mismo. Usualmente, los pavimentos se conforman por las capas: sub bases, bases y carpetas de rodadura.

Geomalla biaxial, tal y como lo expresa MEDINA (2019), es una estructura plana conformada por redes rectangulares, también llamadas grillas, de materiales interconectados de manera integral, las cuales pueden ser extruidas, adheridas o entrelazadas.

En relación con el tipo de geomalla biaxial, REYES (2015) sostiene que, de acuerdo con su proceso de fabricación, existen tres tipos de geomallas tales como la soldada, tejida y extruida. En lo que respecta al primer tipo, una geomalla soldada se caracteriza principalmente por ser fabricada con fibras de poliéster de alta constancia, lo cual permite que puedan

mantenerse juntas, y son recubiertos por polímeros con la finalidad de brindar un refuerzo adicional y proteger a los materiales principales de los factores ambientales; estas geomallas son consideradas como las que proporcionan mayor soporte y resistencia en comparación con las demás. Referente a la geomalla tejida, esta se caracteriza por ser fabricada con fibras de poliéster de alta consistencia, las cuales forman parte de las costillas y son cubiertas por un protector polímero como el PVC o látex; no obstante, suelen ser conformadas por entrelazados por filamentos perpendiculares en máquinas semejantes a un telar. Por último, en cuanto a la geomalla extruida, esta suele ser caracterizada por ser elaboradas con polietileno de alta tenacidad a través de la perforación de los materiales con la finalidad de generar un arreglo estable.

REYES (2015) manifiesta que las cualidades esenciales de una geomallas son: proporcionar soporte en la unión asegurar la transferencia en la carga de la malla, además de representar una estructura de malla abierta al momento de emplear medios de relleno de modo que se pueda elaborar un elemento compuesto con una capacidad de carga superior, dureza e inflexibilidad para simplificar una instalación y, a su vez, brindar soporte a las deformaciones que puedan presentarse una vez instaladas, y alta resistencia a las cargas dinámicas al igual que brindar duración para subsistir los esfuerzos realizados al momento de llevar a cabo las instalaciones al igual que dar resistencia cuando presente un estado de degradación.

HANANDE (2016), la clasificación de las ge o mallas pueden ser descritas de la siguiente manera: Geomalla Uni-Axial, proporciona resistencia a las estructuras mediante una dirección, es decir, brinda mayor firmeza a la tensión para enfocarlo en un solo sentido, es empleada en suelos con estructura de tipo granular. Geomalla Biaxial, fortifica las estructuras de los pavimentos en dos sentidos, el longitudinal y transversal, es empleada para reforzar los suelos y construir rampas de superficies fortalecidas. Geomalla Multi-Axial, refuerza las estructuras de los pavimentos para que

pueda resistir la tensión radial, es decir, dar soporte a la tensión en todas las direcciones que pueda tener debido a su diseño triangular.

Para la evaluación del pavimento vehicular urbano con geomalla, se tendrá en cuenta el manual de procedimientos para mediciones topográficas, por lo que comprenderá el estudio topográfico y el estudio de mecánica de suelo. En relación con el estudio topográfico, menciona que engloba una serie de actividades esenciales para la determinación geométrica de los puntos de un terreno, teniendo en cuenta todos los detalles naturales y sintéticos de modo que puedan ser representados dentro de un plano.

2.2.2 Criterios para considerar para el diseño de la estructura del Pavimento Flexible (Método AASHTO)

2.2.2.1 Variables en función del tiempo

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

2.2.2.2 Período de diseño

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

la vida útil del proyecto, el del pavimento original y el de los distintos refuerzos.

2.2.2.3 Vida útil del pavimento

La vida útil del pavimento es el período de tiempo que transcurre entre la construcción o rehabilitación del pavimento y el momento en que este alcanza su grado de serviciabilidad mínimo, y deja de ser cómodo y seguro para el usuario.

2.2.2.4 Variables en función del Tránsito

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

2.2.2.5 Tipo de tránsito a servir

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

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

Es importante que, al efectuar una evaluación de tránsito para una carretera determinada, se tome en cuenta la localización geográfica de la misma dentro del complejo de la red vial y áreas que la circundan, con el

objeto de visualizar en la medida de lo posible, los futuros desarrollos de complejos habitacionales, e industriales, por ejemplo, que contribuirán más adelante con el incremento en el flujo vehicular de la carretera proyectada.

En general se puede decir que el total del flujo vehicular para un tramo dado es exactamente la mitad para cada dirección del tránsito, sin embargo, es de mayor importancia la diferencia de peso existente entre los vehículos que van en una y otra dirección, como puede ser el caso de una fábrica cercana o un puerto, por ejemplo. Para lograr tomar en cuenta todas estas diferencias en el volumen y tipo de tránsito, es necesario obtener un número equivalente de ejes para una determinada carga.

2.2.2.6 Ejes equivalentes

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

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

Así como la distribución del tipo de camiones es importante, lo es también la de los pesos, debiendo conocer el peso total del camión y la distribución por ejes de este peso.

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

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

2.2.2.7 Serviciabilidad de la estructura

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

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

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

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

2.2.3 Utilización de la Geomalla como Refuerzo de la Estructura del Pavimento Flexible

2.2.3.1 Introducción a la Geomalla

Las carreteras están sometidas a importantes cargas dinámicas debido a la circulación de los vehículos, cargas que provocan la aparición de grietas, que, en conjunto con el agua, aceleran el proceso de deterioro de la estructura del pavimento flexible, La existencia de grietas interrumpe la transmisión de las fuerzas transversales inducidas por la acción del tráfico, disminuyendo las propiedades mecánicas de las capas que la conforman. Tradicionalmente el procedimiento que se emplea para solucionar este problema es el tendido de una nueva capa de asfalto, sin embargo, la experiencia ha demostrado que las fisuras con el paso del tiempo, si las condiciones del tráfico no varían o disminuyen, aparecen nuevamente en la nueva capa. Para intentar retrasar este fenómeno, se han empleado carpetas de rodadura con espesores mayores, lo cual representa una solución antieconómica, y poco práctica, ya que la transmisión de esfuerzos cortantes entre ambas capas es mínima, causado principalmente por una discontinuidad entre estas, que en algunos casos puede provocar hasta deslizamientos entre la capa superior e inferior, además de originar una mayor altura en los hombros de la carretera.

Con un sistema de refuerzo lo que se busca es lograr un incremento de la resistencia a tracción de todo el conjunto, no creando posibles discontinuidades dentro de las capas de la estructura del pavimento flexible.

Las geomallas pueden ser flexibles de hilos de poliéster, nylon o bien fibra de vidrio de alta densidad, fabricados con polietileno de alta densidad y

polipropileno, formadas por una red regular de elementos tensiles de tracción conectados en forma integral, con aberturas, uniones y costillas lo suficientemente grandes como para permitir una traba mecánica importante entre el suelo, el material y agregados circundantes, funcionando principalmente como refuerzo, agregando resistencia a las deformaciones y aumentando la capacidad soporte a las capas que conforman la estructura del pavimento flexible.

Ilustración 1: Características de los rollos de geomalla

Características de los rollos de geomalla BX Tensar								
Producto	Ancho del rollo		Longitud del rollo		Peso del rollo		Área del rollo	
	(m)	(pies)	(m)	(pies)	(kg)	(libras)	(m ²)	(yarda ²)
BX110047	3	9,8	75	246	45,6	100,5	225	268
BX110075	4	13,1	75	246	61,2	135	300	358,6
BX120040	3	9,8	50	164	46,3	102	150	179,3
BX120060	4	13,1	50	164	62,6	138	200	239,1
BX130060	4	13,1	50	164	50,5	111,5	200	239,1

2.2.3.2 Diferentes aplicaciones de la geomalla

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

2.2.3.3 Sistema de Mejoramiento de caminos

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

Ilustración 2: Tramo terreno natural sin refuerzo de geomalla



Ilustración 3: Tramo con refuerzo de geomalla



2.2.4 La geomalla como refuerzo de la subrasante

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

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

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

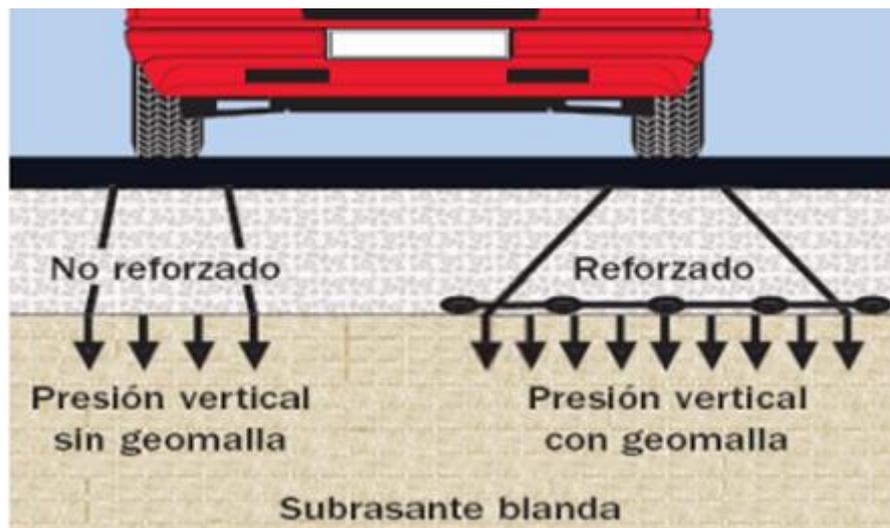
Ilustración 4: Tendido de la geomalla directo sobre una subrasante blanda



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

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

Ilustración 5: Distribución de cargas sobre la subrasante con geomalla



En la medida en que la resistencia de la subrasante se incrementa, la aplicación de la geomalla va de estabilización mecánica de la misma, a refuerzo de la capa de base granular, en general, la utilización de la geomalla se recomienda para subrasantes, en los rangos de:

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

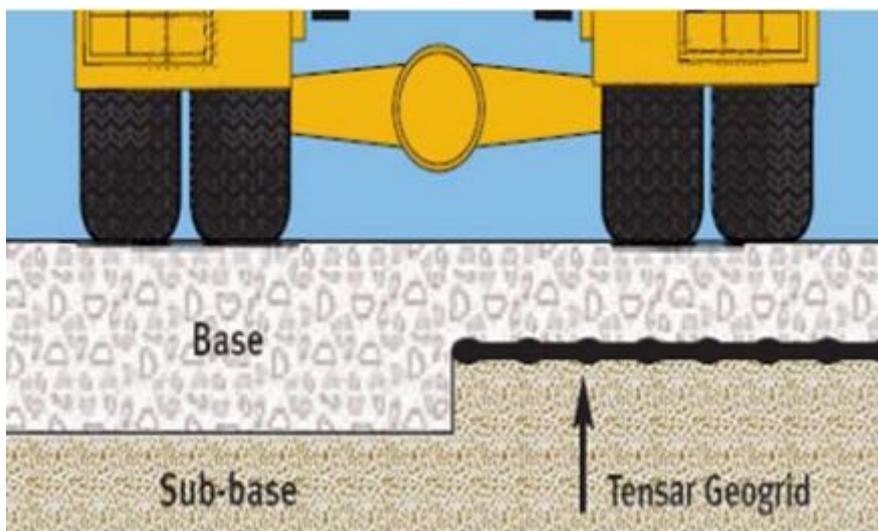
2.2.5 La geomalla como refuerzo de la base de la estructura del pavimento flexible

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

Se ha podido demostrar que la utilización de la geomalla aumenta significativamente la vida útil de la estructura del pavimento flexible,

además de contribuir con la reducción de las capas de base, y aumentar la capacidad soporte de esta, dando como resultado un ahorro significativo en los costos tanto de construcción como de operación.

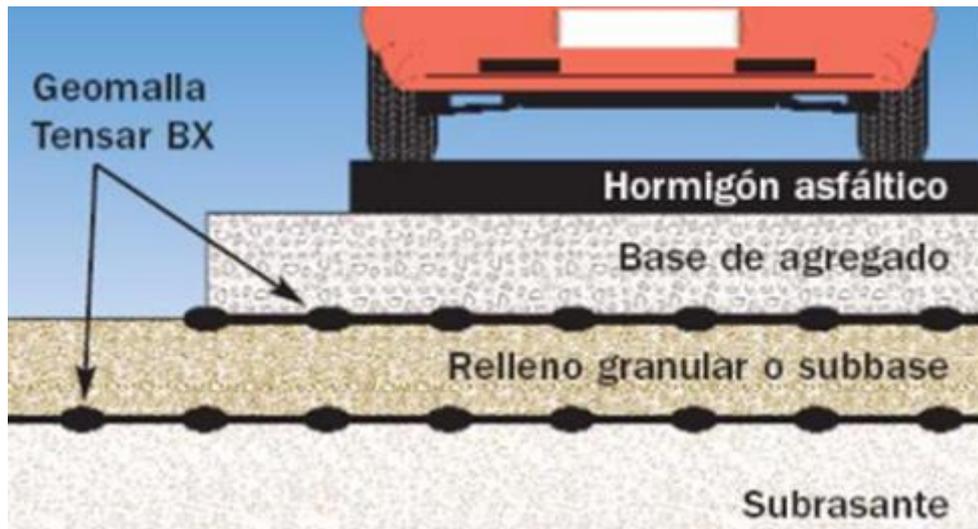
Ilustración 6: Reducción del movimiento de tierras y espesor de la capa de base



Las geomallas han sido utilizadas con éxito como refuerzo de estructuras granulares en pavimentos flexibles desde el año de 1980 en Estados Unidos. Este tipo de refuerzo se ha definido como refuerzo de base, como efecto de restricción lateral o de refuerzo de confinamiento, debido a la unión que se genera en la interacción del suelo granular con la geomalla.

El agregado no reforzado se desplaza lateralmente bajo las cargas del tráfico, causando el ahuellamiento, y finalmente el fallo de la estructura del pavimento flexible. Las capas reforzadas con geomalla resisten este movimiento lateral y brindan un mejor desempeño a largo plazo.

Ilustración 7: Ubicación de la geomalla dentro de la estructura del pavimento

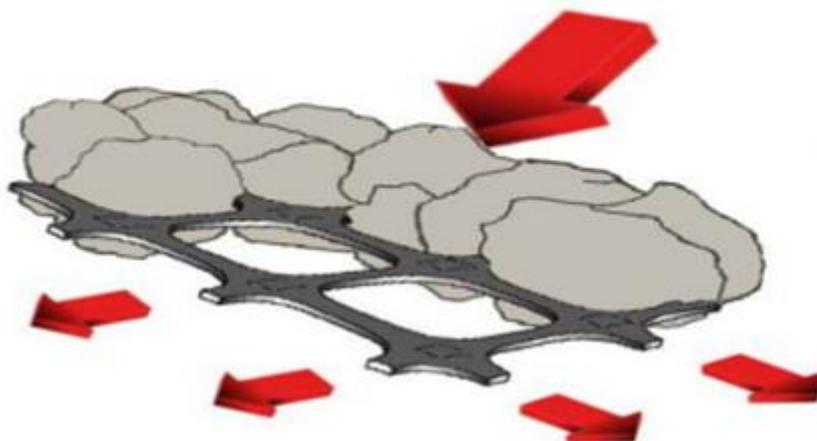


La restricción al desplazamiento lateral hace referencia al confinamiento que restringe el desplazamiento del material granular ante la aplicación de cargas. Dado que la mayoría de los materiales utilizados para la construcción de pavimentos flexibles son esfuerzo – dependientes, la restricción al desplazamiento lateral hace que queden trabajando permanentemente a compresión, obteniendo como resultado un aumento en el módulo mecánico de la capa de base, lo que significa una mayor capacidad soporte y de distribución de esfuerzo, por lo tanto, menores deformaciones sobre la subrasante.

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

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

Ilustración 8: Interacción entre la geomalla y el material granular



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

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

2.2.6 Tipos de Geomallas y sus características

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

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

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

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

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

2.2.6.1 Geomallas uniaxiales

Las geomallas uniaxiales poseen toda su capacidad alineada en una única dirección, con juntas transversales, éstas, se utilizan en aplicaciones donde se conoce a ciencia cierta la dirección de aplicación de la carga, soportando así grandes cargas de tracción en la dirección del rollo, por ejemplo, en el refuerzo de taludes y muros, fabricadas principalmente con polietileno.

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

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

mecanismos se resisten al movimiento o pull out de la malla, creando un refuerzo eficaz.

Ilustración 9: Geomalla uniaxial



2.2.6.2 Geomallas biaxiales

Las geomallas biaxiales poseen su capacidad de carga en ambas direcciones, aproximadamente perpendiculares entre sí, y se utilizan para refuerzos con cargas en direcciones variables, por ejemplo, carreteras.

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

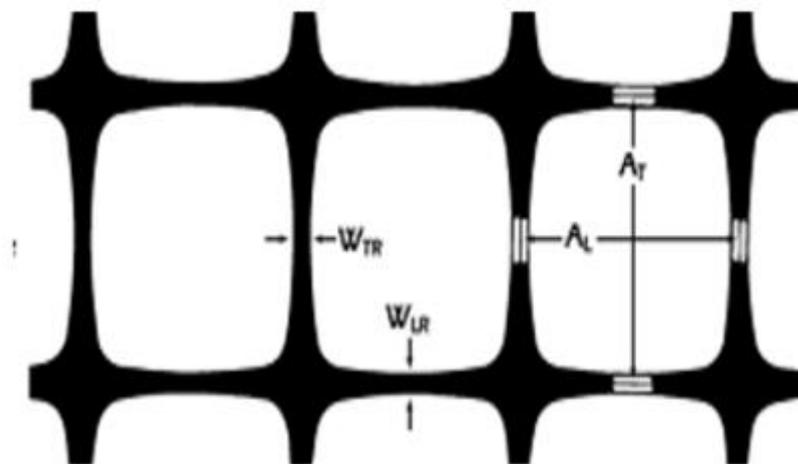
Estas son fabricadas principalmente con resinas selectas de polipropileno, son química y biológicamente inertes y muy resistentes a procesos degenerativos de los suelos, además de ser resistentes al desgaste, rasgaduras y punzonamiento, a fin de resistir cargas dinámicas aplicadas en cualquier dirección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

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

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

A partir de investigaciones realizadas en Estado Unidos, se ha demostrado que para el refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles, se requiere que la geomalla biaxial esté a una profundidad óptima entre veinticinco y treinta y cinco centímetros de la superficie de rodadura, para lograr un mejor desempeño de esta y obtener todos los beneficios proporcionados por la geomalla.

Ilustración 10: Geomalla biaxial



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

2.2.7.1 Refuerzo

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

2.2.7.2 Mejora de la capacidad de soporte

El segundo mecanismo es en consecuencia al desplazamiento hacia arriba de la envolvente de falla del sistema del pavimento. La geomalla actúa como una barrera que controla la superficie inferior de la envolvente de falla, confinándola completamente a la capa de base granular, que ofrece mayor resistencia que la subrasante.

2.2.8 Características específicas para geomallas utilizadas en refuerzo de pavimentos

2.2.8.1 Tamaño de la abertura

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

2.2.8.2 Área de la abertura

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

2.2.8.3 Grosor de las costillas y uniones

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

2.2.8.4 Resistencia a Torsión

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

2.2.8.5 Resistencia a la flexión

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

2.2.8.6 Resistencia a la Tensión

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

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

2.2.9 Procedimiento de Instalación de campo

Al recibir el producto en campo, debe de asegurarse de haber recibido el producto solicitado, ya que las geomallas tienen un aspecto similar a simple vista, pero distintas características estructurales. Examinar la geomalla para asegurarse que no tiene defectos o daños que pudieron haberse producido durante el envío y manipulación del producto. Es indispensable almacenar las geomallas de tal modo que no tengan contacto excesivo con lodo, concreto húmedo y otros materiales nocivos que puedan quedar adheridos a ella. Se pueden almacenar descubiertas durante seis meses a la intemperie, en forma vertical o tradicionalmente en forma horizontal en pilas de hasta cinco rollos de altura.

Ilustración 11: Rollo de geomalla biaxial



La instalación de la geomalla debe de realizarse durante el día, en ausencia de lluvia, es recomendable no extender los rollos de geomalla durante la noche ya que la iluminación artificial no garantiza suficiente visibilidad ni permite identificar y corregir de inmediato los defectos que pudieran surgir durante la instalación.

Sobre la vía, desenrollar la geomalla en la dirección del tráfico, de manera que el eje largo del rollo ruede paralelo a los patrones del tráfico, para subrasantes muy blandas es aconsejable desenrollar la geomalla en forma transversal o perpendicular a la alineación del terraplén del camino.

Ilustración 12: Colocación y tendido de la geomalla



Traslapar los rollos adyacentes en sus costados y extremos, de acuerdo con los datos de la tabla

Ilustración 13: Traslapes recomendados para geomalla

Resistencia de la subrasante	¿Se debe eliminar la vegetación?	Orientación de BX ³	Traslape de BX ⁴	¿Ataduras? ^{5,4}	¿Tráfico directo? ⁵
$CBR \leq 0,5$	N	T o L	90 cm	S	N
$0,5 \leq CBR \leq 2$	Usualmente	L	60 cm – 90 cm	N	N
$2 \leq CBR \leq 4$	S	L	30 cm – 60 cm	N	Limitado
$4 \leq CBR$	S	L	30 cm	N	S

Notas:

1. El resumen es una presentación general, consulte el texto para obtener información específica.
2. S = Sí, normalmente se requiere; N = No, normalmente no se requiere.
3. Orientación de la geomalla (eje del rollo en relación con el tráfico): T = Transversal, L = Longitudinal.
4. Regla general de traslape de la geomalla: Traslape = 90 cm para $CBR \leq 1$; Traslape = 30 cm para $CBR \geq 3$; interpolar.
5. Tráfico directo se refiere sólo a equipos convencionales con neumáticos.

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

Ilustración 14: Corrección de arrugas



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

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

Ilustración 15: Geomallas alineadas y tensada



Al momento de esparcir el material sobre la geomalla con maquinaria, es común que el desplazamiento genere ondulaciones de la geomalla delante del relleno que avanza, provocando que estas ondulaciones se eleven a tal grado que puedan ser dañadas por el equipo de tendido. Para solucionar esto, se debe de tensar nuevamente la geomalla en el sector afectado, eliminando en este caso la ondulación si fuera pequeña. Por otro lado, si la ondulación es considerablemente grande y la geomalla no está lo suficientemente tensa, deben eliminarse por completo las clavijas o el material apilado para permitir que las ondulaciones se disipen en los extremos y bordes del rollo.

Debe tenerse cuidado que los dispositivos y accesorios de la maquinaria pesada, no queden atrapadas con la geomalla, las cuchillas deben de levantarse gradualmente a medida que se vierta el material de relleno,

procurando que el mismo caiga en forma de cascada sobre la geomalla, en lugar de ser empujado sobre ella.

Ilustración 16: Tendido de material sobre la geomalla



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

Ilustración 17: Procedimiento de compactación tradicional



Si la geomalla se daña durante o después de la instalación, se debe de reparar colocando un parche en el área dañada, sustituir el relleno y colocar el parche extendiéndolo un metro más allá del área dañada en todas las direcciones.

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

2.2.10 Uso de Geomallas como refuerzo de Pavimentos

Las vías, en general, pueden ser clasificadas dentro de dos grandes grupos: permanentes y temporales dependiendo del tráfico que recibirán, el tiempo de vida que tendrán y el desempeño que se espera de cada una de ellas.

Las vías temporales, generalmente tienen un periodo de vida entre uno y tres años, aproximadamente. Estas esperan un tráfico no muy significativo y por lo tanto casi siempre son vías no pavimentadas.

Estas pueden incluir desvíos, producto de alguna obra en proceso, caminos de acceso y plataformas de construcción necesarias para la construcción de vías permanentes o terraplenes sobre suelos blandos. El uso de geosintéticos permite que el equipo pesado pueda transitar por un área que es muy débil para soportar este tipo de carga por sí misma ya que su uso puede ser una alternativa económica al uso de tratamientos de mejoramiento más costosos.

Por otro lado, las vías permanentes, que pueden ser pavimentadas o no pavimentadas, generalmente, esperan un tráfico mayor a un millón de pasadas de ejes equivalentes y un periodo de vida que supera los diez años.

En este caso, el diseño consiste en determinar los materiales adecuados para asegurar que no habrá una falla prematura de la sección proyectada del pavimento.

2.2.11 Métodos de Diseño de Pavimentos Flexibles

En todos los métodos de diseño de pavimentos se acepta que durante la vida útil de la estructura se pueden producir dos tipos de fallas, la funcional y la estructural. La falla funcional se deja ver cuando el pavimento no brinda un paso seguro sobre él, de tal forma que no transporta cómoda y seguramente a los vehículos.

La falla estructural está asociada con la pérdida de cohesión de algunas o todas las capas del pavimento de tal forma que éste no pueden soportar las cargas a las que está sometido. No necesariamente las dos fallas se producen al tiempo; en este caso se hará referencia a la falla estructural. La falla estructural en un pavimento se presenta cuando los materiales que conforman la estructura, al ser sometida a repeticiones de carga por acción del tránsito, sufren un agrietamiento estructural relacionado con la deformación o la tensión horizontal por tracción en la base de cada capa; en este sentido la falla relaciona la deformación o la tensión producida con

el número de repeticiones admisibles; esto se denomina falla por fatiga o sea por repeticiones de carga.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1 PAVIMENTO

Los pavimentos son estructuras que están constituidos por un conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidos entre la superficie de las sub rasante (Capa superior de las explanaciones) y la superficie de rodadura, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie uniforme, de textura apropiada, resistentes a la acción del tránsito, intemperismo y de otros agentes perjudiciales, así mismo transmitir adecuadamente al terreno de fundación los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

2.3.2 PAVIMENTO FLEXIBLE

Los pavimentos flexibles están formados por una serie de capas y la distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema de capas.

2.3.3 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Los caminos de bajo volumen de tránsito se estructuran como caminos de bajo costo. Consecuentemente tienen alineamientos de diseño que evitan movimientos de tierra mayores; con estructuras y obras de arte, por lo general diseñadas para periodos de corto y mediano plazo de vida útil; con capas de revestimiento granular afirmados y en general, con características que disturban lo menos posible la naturaleza del terreno.

2.3.4 GEOMALLAS

Las geomallas pueden ser flexibles de hilos de poliéster, nylon o bien fibra de vidrio de alta densidad, fabricados con polietileno de alta densidad y polipropileno, formadas por una red regular de elementos tensiles de

tracción conectados en forma integral, con aberturas, uniones y costillas lo suficientemente grandes como para permitir una traba mecánica importante entre el suelo, el material y agregados circundantes, funcionando principalmente como refuerzo, agregando resistencia a las deformaciones y aumentando la capacidad soporte a las capas que conforman la estructura del pavimento flexible.

2.3.5 GEOMALLAS BIAXIALES

Las geomallas biaxiales usualmente son utilizadas para mejorar el proceso constructivo y el refuerzo de una subrasante pobre. La principal función de una geomalla en este tipo de aplicación es de refuerzo (reduce el espesor de relleno), aumento de la vida útil de la estructura o una combinación de ambos. Una función secundaria es la de separación entre la subrasante y el relleno.

Históricamente las geomallas fueron introducidas en el mercado en los años 80 y por ese tiempo los geotextiles eran usados como refuerzo y separación de subrasantes.

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los pobladores de las localidades Shamboyacu - Santa Rosa - Los Ángeles - Progreso - Picota - San Martín, tienen la necesidad de contar con una vía de acceso rápida, que pueda integrarse entre localidades y por ende con los principales mercados para comercializar sus productos y elevar cuantitativamente el comercio y el movimiento económico de la zona en estudio. Esto me motivó a presentar el proyecto de tesis titulado: DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO CON GEOMALLA BIAxIAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO, TRAMO: SHAMBOYACU - SANTA ROSA – LOS ANGELES - PROGRESO -PICOTA – SAN MARTIN, para el beneficio económico de los pobladores de las localidades en mención.

3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

3.2.1 PROBLEMA GENERAL

Realizar el Diseño de Pavimento Asfáltico reforzada con geomalla biaxial; para mejorar la capacidad de carga del suelo, del tramo Shamboyacu - Santa Rosa - Los Ángeles - Progreso - Picota – San Martín.

3.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuál es la situación actual del tramo de estudio para aplicar la geomalla biaxial y de esa forma mejorar la capacidad de carga del suelo?
- ¿Cuáles son las características del estudio de mecánica de suelos de en donde se aplicará la geomalla biaxial y de esa forma mejorar la capacidad de carga del suelo?
- ¿Cuál es el diseño óptimo a utilizar la geomalla biaxial para mejorar la capacidad de carga del suelo?

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la capacidad de carga del suelo de un pavimento asfáltico utilizando la geomalla biaxial para el tramo Shamboyacu - Santa Rosa - Los Ángeles - Progreso - Picota – San Martín.

3.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la situación actual del tramo en estudio para aplicar la geomalla biaxial y de esa forma mejorar la capacidad de carga del suelo.
- Determinar las características topográficas del tramo en estudio donde se aplicará la geomalla biaxial y de esa forma mejorar la capacidad de carga del suelo.
- Determinar las características del estudio de mecánica de suelos del tramo de estudio en donde se aplicará la geomalla biaxial y de esa forma mejorar la capacidad de carga del suelo.
- Elaborar el diseño óptimo a utilizar con la geomalla biaxial para mejorar la capacidad de carga del suelo en el tramo Shamboyacu - Santa Rosa - Los Ángeles - Progreso - Picota – San Martín.

3.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se presenta a través de sustento teórico quienes darán validez a las informaciones correspondientes a la geomalla biaxial, de acuerdo a las relaciones prácticas será de utilidad como antecedentes para una propuesta de implementación de geomalla biaxial con la finalidad de optimizar la capacidad del suelo de un pavimento asfáltico.

3.5 HIPÓTESIS

3.5.1 Hipótesis General

Con la utilización de la geomalla biaxial en el tramo Shamboyacu - Santa Rosa - Los Ángeles - Progreso - Picota – San Martín se mejorará la capacidad de carga del suelo.

3.5.2 Hipótesis General

- Determinación de la situación actual del tramo Shamboyacu - Santa Rosa - Los Ángeles - Progreso - Picota – San Martín se mejorará la aplicación de la geomalla biaxial y de esa forma mejorar la capacidad de carga del suelo.
- Determinación de las características topográficas del tramo Shamboyacu - Santa Rosa - Los Ángeles - Progreso - Picota – San Martín nos permitirá aplicar la geomalla biaxial de esa forma mejorar la capacidad de carga del suelo.
- Elaboración del diseño óptimo utilizando la geomalla biaxial se mejorará la capacidad de carga del suelo.

3.6 VARIABLES

3.6.1 Identificación de las variables

Variable Independiente:

Diseño de pavimento asfáltico con geomalla biaxial.

Variable dependiente:

Capacidad de carga del suelo.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

4.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio será aplicado con enfoque cuantitativo; que busca recopilar teorías relacionadas con las variables del objeto de estudio de tal manera que se pueda estudiar la realidad problemática que se evidencia en el ámbito de estudio, de manera que se puedan utilizar o aplicar los conocimientos adquiridos para brindar medidas correctivas frente a las mismas. Asimismo, cuenta con un enfoque cuantitativo porque se usó métodos y sistemas estadísticos.

4.1.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El estudio presentará un diseño no experimental, pues se realizó sin la necesidad de manipular a las variables del estudio; es decir, no se ha variado de forma intencional a las variables, dedicándose únicamente a la observación de los cambios de su forma natural y completamente descriptivos.

GE: O₁ - X - O₂

Dónde:

GE-----O-----X

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Caminos vecinales sin asfaltar en la provincia de Picota

4.2.1 POBLACIÓN

Suelo del tramo Shamboyacu – Santa Rosa – Los Ángeles – Progreso del Distrito de Shamboyacu – Picota – San Martín.

4.2.2 MUESTRA

Tramo Shamboyacu - Santa Rosa - Los Ángeles - Progreso - Picota – San Martín.

4.3 VISITA INSITU Y ESTADO ACTUAL DE LA CARRETERA EN ESTUDIO

A continuación, se muestra en el siguiente panel fotográfico el estado actual de la vía en estudio.

Ilustración 18: Carretera Shamboyacu - Progreso



Fuente: Fotografía Propia

Ilustración 19: Carretera Shamboyacu – Progreso



Fuente: Fotografía Propia

Ilustración 20: Carretera Shamboyacu – Progreso



Fuente: Fotografía Propia

Ilustración 21: Carretera Shamboyacu – Progreso



Fuente: Fotografía Propia

Ilustración 22: Carretera Shamboyacu – Progreso



Fuente: Fotografía Propia

Ilustración 23: Carretera Shamboyacu – Progreso



Fuente: Fotografía Propia

Ilustración 24: Carretera Shamboyacu – Progreso



Fuente: Fotografía Propia

4.4 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.4.1 TÉCNICAS

Los instrumentos de la presente investigación registran datos que darán un valor y representa las variables de la investigación.

4.4.2 INSTRUMENTO

Para la técnica de Experimentación se utilizará una Ficha de validación como instrumento.

4.4.3 PROCEDIMIENTO

- En el presente estudio, el primer paso para efectuar el análisis de los datos fue la recopilación de los datos empleando las técnicas y aplicando los instrumentos diseñados en función a la problemática expuesta tales como ensayos, análisis de calicatas, diseños de los pavimentos.
- Elaboración de los informes respectivos en el Proyecto de Tesis.

4.5 PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.

En lo que respecta a la acumulación de los datos, ello fue realizado de manera más sencilla y práctica en comparación a los estudios realizados para contar con toda información verídica y fehaciente, las cuales fueron expuestas en los resultados conforme a los objetivos planteados inicialmente.

Se usará el método AASTHO para determinar el sistema estructural del pavimento con geomallas y del diseño convencional.

Ensayo de laboratorio para obtener la clasificación del suelo, mediante la aplicación de los parámetros y lineamientos señalados en la Norma Técnica Peruana, a través de la cual se determinará el tipo del suelo.

Ensayo de laboratorio para obtener las características del suelo, mediante la aplicación de los parámetros y lineamientos señalados en la Norma Técnica Peruana.

Ensayo de laboratorio para medir la capacidad de carga del suelo, mediante la aplicación de los parámetros y lineamientos señalados en la Norma Técnica Peruana.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1 Determinar las características topográficas del terreno donde se aplicará la geomalla biaxial.

El principal objetivo del levantamiento topográfico es determinar la posición relativa entre los puntos sobre un plano horizontal, además nos permitirá definir la ubicación altimétrica del eje de la vía, determinando de tal manera el perfil longitudinal y las secciones transversales del tramo Shamboyacu - Santa Rosa – Los Ángeles - Progreso - Picota – San Martín.

La cual tiene una elevación de 640 msnm y la menor elevación de 420 msnm inicio y fin del tramo a intervenir.

5.2 Determinar las características del estudio de mecánica de suelos del terreno donde se aplicó la geomalla biaxial.

Tabla 1: Resultados del Estudio de Mecánicas del Suelo

Calicata	M.D.S (gr/cm ³)	O.C.H	LL %	LP %	IP %	SUCS	AASHTO
C - 01	1.891	7.60	28.40	17.99	10.41	SC	A-6=(0)
C - 02	1.916	7.50	27.26	18.01	9.25	SC	A-4=(0)
C - 03	1.894	7.56	19.80	13.30	6.50	SC-SM	A-2-4=(0)

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos del estudio de suelo que se realizó se ha encontrado:

Calicata 01 un suelo conformado por arena arcillosa, teniendo un índice de plasticidad (IP) de 10.41%, límite líquido (LL) de 28.40% y límite plástico (LP) de 17.99%.

Calicata 02 está conformada por un suelo arena arcillosa (SC), teniendo un índice de plasticidad (IP) de 9.25%, límite líquido (LL) de 27.26% y límite plástico (LP) de 18.01%.

Calicata 03 un suelo con arena limosa limosas - arcillosa, teniendo un índice de plasticidad (IP) de 6.50%, limite liquido (LL) de 19.80% y limite plástico (LP) de 13.30%.

Tabla 2: Estudio de Relación de soporte de california (C.B.R.)

Calicata	Profundidad (m.)	CBR al 100%	CBR al 95%	CBR al 75%
C - 01	0.20 – 1.50	13.80	8.40	4.80
C - 02	0.20 – 1.50	14.40	9.10	5.20
C - 03	0.20 – 1.50	13.40	8.60	5.00

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos de la tabla 8 se puede observar que de las tres calicatas se realizaron los estudios de relación de soporte de california (C.B.R.) al 75%, 95% y 100%, el cual indica la capacidad portante del suelo e indispensable para el cálculo correspondiente de diseño de pavimento flexible.

5.3 Elaborar el diseño óptimo a utilizar con la geomalla biaxial para mejorar la capacidad de carga del suelo.

Tabla 3: Trafico actual por tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	162	47.23
Camioneta	112	32.65
C.R.	23	6.71
Micro	0	0.00
Bus Grande	21	6.12
Camión 2E	9	2.62
Camión 3E	3	0.87
SEMI TRAYLER	13	3.79
TOTAL	343	100.00

Fuente: Elaboración propia

El estudio realizado de los conteos volumétricos y clasificación de vehículos en campo en seis días por motivos de la emergencia sanitaria, y un factor de corrección que estime el comportamiento anualizado del tráfico de pasajeros y mercancías. Se tuvo como resultado que el índice medio anual (IMD) es de 343 vehículos para el periodo de diseño de 10 años.

Tabla 4: Diseño de pavimento asfáltico

Tipo de Vehículo	Subrasante (cm)	Sub base (cm)	Base (cm)	C.A (cm)	Mejora capacidad de carga %
Pavimento vehicular	40	15	20	5	20
Pavimento vehicular urbano con geomalla biaxial en la subrasante	15	15	20	5	38
Pavimento vehicular con geomalla biaxial en la sub base y base	40	10	15	5	38
Pavimento vehicular con geomalla biaxial en la sub base	40	0.10	0.20	5	25

Fuente: Elaboración propia

Se muestra los tipos de diseños realizados para obtener un óptimo resultado, es así que el pavimento vehicular con geomalla biaxial en la sub base y base es uno de los óptimos ya que al adicionar la geomalla de 20 KN se reduce considerablemente el espesor del pavimento flexible y mejora la capacidad de carga con respecto al método convencional.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Para Sangama (2009), en su investigación señala instaurar un tipo de geo textil destinado a la ejecución de un proyecto u obra específica es necesario aplicar la normatividad AASHTO M-288-05, la cual proporciona los lineamientos y criterios esenciales según las funciones para las cuales se están utilizando, pues puede ser empleado para separar, reforzar, repavimentar, filtrar y drenar, siendo estos divididos en tres clases conforme al rigor de los requerimientos y términos de la instalación y el rendimiento a la que se encuentra expuesto. La Clase I es empleada principalmente cuando las condiciones y requerimientos presentan un nivel de severidad alto, mientras que la Clase II es utilizada en aquellos casos en los que las condiciones y requerimientos presentan un nivel de severidad medio y la Clase III es empleada en aquellos casos en los que las condiciones y requerimientos presentan un nivel de severidad bajo; así pues, las pruebas realizadas dentro del laboratorio para estudiar los geo sintéticos no se llevan a cabo dentro del país y, sólo a través del certificado de calidad presentado por el fabricante es el único medio por el cual se diseñará o supervisará un producto específico de tal manera que su utilización pueda ser aceptada o rechazada.

6.2 Para Paredes (2019), En su trabajo de investigación sobre el pavimento flexible es el más económico, de acuerdo a presupuesto elaborado por el tesista, por lo tanto, es el que tiene mayor probabilidad de propuesta para los proyectos de pavimentación de vías, esto debido a los escasos recursos públicos, se trata de hacer más con menos; Al realizar el ensayo de mecánica de suelos se obtuvo un CBR= 12.00%, por lo que se concluye el terreno posee una capacidad portante de regular a mala, y debido a esto el terreno de fundación va tener que ser mejorado. La topografía de la zona en estudio es plana y alineada, lo cual constituye una ventaja para el diseño geométrico vial.

En nuestro trabajo de investigación, se pudo obtener resultados topográficos en el que se aprecia la pendiente Transversal máxima de 10.58% y mínima de 1.25% para determinar los volúmenes de corte y relleno, teniendo un terreno ondulado de tipo 2. Por lo que la topografía de la vía es diferente tipo de terreno.

6.3 Según Jiménez (2017), en su investigación sobre eficiencia de la utilización de las geomallas como elementos de refuerzo en los suelos flexibles. Concluye: que en los suelos flexibles implica que no se puedan mezclar las capas con los elementos de los pavimentos, pudiendo de esta manera disipar los esfuerzos suscitados por una carga superficial hacia un espacio de mayor soporte y brinda mayor capacidad a los suelos, generando un incremento en el periodo de duración de las infraestructuras viales.

En nuestro proyecto de investigación se obtuvo suelos de arena arcillosa, mezcla de arena y arcilla de color amarillento oscuro, suelo húmedo de baja consistencia la cual favorece la aplicación de la geomalla biaxial en el tramo Shamboyacu - Santa Rosa – Los Ángeles - Progreso - Picota – San Martín.

6.4 Para Leal (2015), en su investigación sobre separación de las capas de los pavimentos a través de geomallas concluyo: que la construcción de 4 secciones del pavimento haciendo uso de distintas secciones de control, dentro de las cuales sólo en dos de ellas fueron reforzadas por materiales geo textiles, mientras que los dos restantes han sido reforzados con geomallas, por medio del cual se pudo deducir que el rendimiento de los pavimentos flexibles reforzados con los materiales geo textiles no proporcionan beneficios significativos, pues el índice de mejoramiento sólo fue 0.9; y además se presentaron grietas y fisuras en distintas partes de los pavimentos, mientras que las secciones reforzadas con geomallas brindaron mayor soporte al pavimento.

En nuestra investigación se desarrolló 4 tipos de diseños dentro de ellas se encuentra en pavimento flexible convencional y el resto con geomalla biaxial de 20 KN/m.

6.5 Para Rodríguez (2015), en su investigación planteamiento y comprobación del aporte estructuras de las geomallas dentro de las capas granulares para asegurar la resistencia de las carreteras concluyó: que el uso de geomallas permite reemplazar los materiales que forman parte de la sub base para mejorar su efectividad en un 50%, conllevando así a una disminución de los costos y una reducción del impacto medio ambiental.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Mediante el estudio realizado, se puede concluir que la mayor cantidad de tramos y vías de accesos se encuentran sin pavimentar, y que a la vía en cuestión de estudio está ubicado en el distrito de Shamboyacu, provincia de Picota, generando así un mayor flujo de vehículos.
- Con los resultados obtenidos de la topografía sobre las pendientes longitudinales, pendientes transversales y ubicación para poder establecer la velocidad de diseño; es así como el terreno es de tipo ondulado tipo 2 por la concepción de pendientes longitudinales que se encuentra entre 0.24% y 6.92.
- De acuerdo a la información obtenida por los ensayos realizados y la visita al terreno, la subrasante está constituido por materiales inadecuados que no reúnen las condiciones para una buena cimentación por tal motivo se tiene que mejorar el terreno natural o subrasante, realizando corte del terreno natural de 0.40 m., de espesor con la finalidad de mejorar la subrasante, y realizar limpieza del terreno y homogenizar la superficie, debiendo compactar todo el fondo excavado y reemplazar con material de características apropiadas, con la finalidad de garantizar la estabilidad del pavimento, el relleno se realizara compactando el terreno natural hasta alcanzar al 90% de la M.D.S., determinado por el Proctor modificado, luego se hará capas no mayores a 20 cm., de espesor.
- Al contar con los cálculos y análisis para el diseño, se llegó a la conclusión que el uso de la geomalla demostró ser una de las soluciones prácticas y económicas para mejorar la capacidad de carga del suelo ya que permitió mejorar las propiedades mecánicas del suelo, viéndose esto reflejado en la reducción de la subrasante y de los espesores del pavimento flexible.

Es así que, dentro de los diseños planteados para la investigación, se encuentra la que está aplicada en la subrasante disminuyendo su espesor y mejorando la capacidad de carga en un 38%.

Así mismo se planteó el uso de la geomalla biaxial en la sub base y base de un pavimento vehicular urbano, la cual mejoró la capacidad de carga del suelo en un 38% permitiendo reducir el espesor del pavimento flexible y optándolo como diseño óptimo.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades correspondientes tener en cuenta todos los tramos de las vías de acceso y tránsito del distrito de Shamboyacu, debido al crecimiento constante de la población.
- Se recomienda que el levantamiento topográfico sea preciso evitando los cambios drásticos en la latitud, longitud y elevación.
- Se deberá tener especial cuidado en eliminar todo tipo de material extraño, que resultan perjudiciales para la construcción, tales como son: raíces, palos, troncos, material orgánico y otras porciones de la subrasante que no son las apropiadas y no sirven para el objetivo propuesto.
- Para garantizar la permanencia del pavimento, se recomienda que el pavimento tenga un mantenimiento rutinario, preventivo y correctivo durante el periodo de duración previsto.
- Con el uso de la geomalla se obtiene pavimentos en donde se presenta ahorro en los materiales a utilizar, aumento de vida útil de la estructura y se contribuye con los rendimientos de obra, además tener en cuenta la adquisición de la geomalla biaxial.

CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVA, Jorge. Uso de geosintéticos en la solución de problemas geotécnicos. Geos. Perú. 2017.
- ALZA, Augusto. Uso de geosintéticos en Pavimentos. Congreso Nacional de Carreteras. Tecnología de Materiales. 2019.
- BERROSPI, Jherson. Manejo de las geomallas biaxiales de polipropileno en el pavimento flexible de la Av. las Torres en el Distrito de Lurigancho Chosica, Lima, 2017. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo. 2017. Lima – Perú.
- CEPEDA, Luciano. El diseño de la capa de pavimentos en la soldadura de carreteras con geomalla biaxial. (Artículo científico) Métodos & Materiales.
- CIDELSA. Cidelsa Geomallas. [En línea]. Lima: 2015. [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2017]
- CORREA, Jorge. Diseño y verificación del pavimento con geomallas en capas granulares para la resistencia de carreteras. (Tesis de pregrado) Corporación Universitaria Minuto de Dios – Zipaquirá. Colombia. 2015.
- GAVILANES, Nydia. Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de Geomalla aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua- La Maná. Disertación (Artículo científico). Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2012.
- JIMENEZ, Lucio. Eficiencia de la utilización de las geomallas como elementos de refuerzo en los suelos flexibles (Artículo científico). Ingeniería. 2017. México.
- LEAL, Valentina. Separación de capas de pavimento con geomalla. (Tesis de pregrado). Universidad de Ibagué. Colombia. 2015.

- NOVOA, Luz. Aplicación de la geomalla triaxial para mejorar la estabilización de suelos.
- NUÑEZ, Anselmo. Estructuras de pavimentos con aplicaciones de geomallas biaxiales para mejorar la resistencia de las calles principales. (Tesis de pregrado). Universidad del Altiplano. 2016. Puno, Perú.
- SANTOS, Eduardo. Implementación de modelos de pavimento mediante la utilización de geomallas para el tramo de la carretera de la Bajada de Chanduy, Departamento de Pucallpa.
- VARGAS, Esteban. Geomallas en los parámetros mecánicos de materiales para vías (Artículo científico). México. 2015.

ANEXOS

DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO CON GEOMALLA BIAxIAL PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO, TRAMO: SHAMBOYACU - SANTA ROSA – LOS ANGELES - PROGRESO -PICOTA – SAN MARTIN

Datos de Diseño

Tipo de Tránsito	: Mediano - Pesado	
Indice Medio Diario	: 450 Vehiculos	
Vehiculos Pesados	: 80.00 %	
Vehiculos Livianos	: 20.00 %	
	Veh. Ligeros hasta 4000 lbs/eje	= 226 Vehiculos
	Veh. Ligeros > 4000 lbs/eje	= 148 Vehiculos
	pero < 8000 lsb/eje	
	Vehiculos H15 - S12	= 36 Vehiculos
	Vehiculos H15 - S16	= 25 Vehiculos
	Vehiculos H20 - S16	= 15 Vehiculos
		} 80.00 % (Vehiculos Livianos)
		} 20.00 % (Vehiculos Pesados)
Condiciones del Tipo de Carretera	: Pavimentadas con bajo volumen de tránsito	
Clasificación Funcional	: Arteria principal	
Número de Carriles	: 02 carriles	
Periodo de Diseño "Pd"	: 20 años	
Tasa de Crecimiento de Anual de Tránsito	: 4.0 %	
Indice de Serviciabilidad Inicial (Pi)	: Pi = 4.0	
Indice de Serviciabilidad Final (Pf)	: Pf = 2.0	
C.B.R. Sub Rasante Natural	: 10.20 %	
C.B.R. Sub Base	: 43.00 %	
C.B.R. Base	: 81.00 %	
Temperatura Media de la Zona	: 26.0 ° C	
Calidad de Drenaje	: Buena	

Procedimiento de Cálculo

1. **Cáculo del Factor de Crecimiento :** Factor de Crecimiento = $\frac{(1+r)^n - 1}{r}$

Factor de Crecimiento = 29.78

2. **Determinación del Número de Ejes Equivalentes en el Carril de Diseño para el Perlo de Diseño :**

Tipo de Vehiculo	Nº veh./día (02 sent.)	Nº veh./día (01 sent.)	Nº veh./año	F.C.	ESAL en carril de diseño	Factor de Crecimiento	ESALdiseño
Veh. Ligeros hasta 4000 lbs.	226.00	113.00	41,245.00	0.002	82.50	29.78	2457.00
Veh. Ligeros entre > 4000 lbs. hasta 8000 lbs.	148.00	74.00	27,010.00	0.030	810.30	29.78	24131.00
Veh. Comerc. H15 - S12	36.00	18.00	6,570.00	3.560	23,389.20	29.78	696530.00
Veh. Comerc. H15 - S16	25.00	12.50	4,562.50	2.530	11,543.10	29.78	343754.00
Veh. Comerc. H20 - S16	15.00	7.50	2,737.50	8.590	23,515.10	29.78	700280.00
Total	450.00	225.00	82,125.00	14.71	59,340.20		1,767,152.00
						W¹⁸ =	1.77E+06

4. Tránsito en el Carril de Diseño (W_{18}) : $W_{18} = D_D \times D_L \times W_{18}^0$
- Se considera para : $D_D = 0.50$ (Factor de Distribución Direccional)
 $D_L = 1.00$ (Factor de Distribución por Carril)
- Entonces : $W_{18} = 883,576.00$
 $W_{18} = 8.84E+05$
3. Factor de Confiabilidad "R" : $R = 95\%$ (Para una vía cuya funcionabilidad es de arteria principal)
4. Desviación Estandar Normal "Zr" : $Zr = -1.645$ (Obtenido en función de la confiabilidad)
5. Perdida por Serviciabilidad " ΔPSI " : $\Delta PSI = P_i - P_f$
 $\Delta PSI = 2.00$
6. Módulo Resiliente Efectivo del Suelo "Mr" : $Mr = 3000 \times C.B.R.^{0.65}$ (En psi) \Rightarrow Ec. "a"
 $Mr = 4326 \times \ln(C.B.R.) + 241$ (En psi) \Rightarrow Ec. "b"
- a. Módulo resiliente de sub rasante natural = 13574 psi = 13.57 ksi
- b. Módulo resiliente de sub base granular = 16512 psi = 16.51 ksi
- c. Módulo resiliente de base = 19251 psi = 19.25 ksi
7. Error Estandar "So" : $So = 0.45$ (Se recomienda valores entre 0.40 y 0.50 para pavimentos flexibles)
8. Número Estructural Requerido "SN" :
- a. Número estructural requerido para Sub Rasante Natural :
- $SN = 2.70$
- $$\log_{10}(W_{18}) = Zr \cdot So + 9.36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10}(Mr) - 8.07$$
- $$5.90 = 5.80$$
- b. Número estructural requerido para Sub Base Granular :
- $SN = 2.50$
- $$\log_{10}(W_{18}) = Zr \cdot So + 9.36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10}(Mr) - 8.07$$
- $$5.90 = 5.80$$
- c. Número estructural requerido para Base Granular : 6
- $SN = 2.30$
- $$\log_{10}(W_{18}) = Zr \cdot So + 9.36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10}(Mr) - 8.07$$
- $$5.90 = 5.70$$

9. Coeficientes de Drenaje Recomendado "mi" :

Para el proyecto se esta considerando una condición de drenaje:
Buena

De acuerdo a esto se considera los siguientes niveles de humedad próximos a la saturación que son:

- a. **Para Sub Base Granular** : 5.0 % - 25.0 %
- b. **Para Base Granular** : 1.0 % - 5.0 %

Con estos datos referenciales de humedades próximos a la saturación, entramos a los monogramas respectivos de donde se obtendra los coeficientes de drenaje recomendado. De esta manera se obtuvo los siguientes valores:

- a. **Para Base Granular** : $m_2 = 1.15$
- b. **Para Sub Base Granular** : $m_3 = 1.00$

10. Coeficientes de Capas :

- a. Carpeta asfáltica : Módulo de elasticidad "E" : **E = 475000 psi**
Coeficientes: a1 = 0.45 pulg⁻¹
- b. Base Granular : Módulo resiliente de Base Granular : 19251 psi
(C.B.R. = 81 %)
Coeficientes: a2 = 0.13 pulg⁻¹
- c. Sub Base Granular : Módulo resiliente de SubBase Granular : 16512 psi
(C.B.R. = 43 %)
Coeficientes: a3 = 0.11 pulg⁻¹

11. Diseño de Espesores : Con el valor ESALdiseño entramos a tabla para encontrar los espesores mínimos recomendados:

Para un ESALdiseño de 1,767,152.00 tenemos :

- a. Se sabe que la carpeta asfáltica se cimentará sobre la base granular, por tanto el espesor requerido para esta será:

Espesor carpeta asfáltica (Eca) :

$$Eca = \frac{SN \text{ (Base Granular)}}{a1}$$

$$Eca = 5.11 \text{ pulg.}$$

$$Eca = 5.60 \text{ pulg.}$$

Por recomendaciones de espesores mínimos de la AASHTO se tiene que para un ESALdiseño entre 500,001 - 2'000,000 se considere un espesor de 2.00 pulg.

Por tanto, se tiene: **Eca 1= 2.00 pulg.**

La diferencia se considera una espesor de colchón de piedra chancada (Ecpch) :

$$Ecpch = 3.60 \text{ pulg.}$$

RESUMEN:

b. Se sabe que la base granular se cimentará sobre la sub base granular, por tanto el espesor requerido para esta será:

Se considera además que para el colchón de arena se tiene:

- b.1. Para Colchón de Arena : 1.0 % - 5.0 % (Humedad próximo a la saturación)
- b.2. Para Colchón de Arena : m4 = 1.25 (Coeficientes de drenaje)
- b.3. Para Colchón de Arena : a4 = 0.15 (Coeficiente de Capa)

Espesor base granular (Ebg) :

$$Ebg = \frac{SN \text{ (Sub Base Granular)} - (a1 \times Eca) - (a4 \times m4 \times Ecpch)}{(a2 \times m2)}$$

Ebg = 6.19 pulg.

Ebg = 6.20 pulg.

El espesor total es :

Ebg T = Ebg + Ecpch

Ebg T = 9.80 pulg.

c. Se sabe que la sub base granular se cimentará sobre la sub rasante natural, por tanto el espesor requerido para esta será:

Espesor sub base granular (Esbq) :

$$Esbq = \frac{SN \text{ (Sub Base Granular)} - (a1 \times Eca) - (a2 \times m2 \times Ebg T)}{(a3 \times m3)}$$

Esbq = 7.94 pulg.

Esbq = 8.00 pulg.

Resumen

12. Espesores a tener en consideración para un tránsito liviano - mediano :

- a. Carpeta asfáltica : Espesor carpeta asfáltica = 2.00 pulg.
- b. Base Granular : Espesor base granular = 6.20 pulg.
- c. Sub Base Granular : Espesor sub base granular = 8.00 pulg.

Nota: Se considera una sola capa en la estructura de sub base y base, debido a que estos tienen espesores mínimos. De esta manera la estructura del pavimento será:

a. <u>Carpeta asfáltica :</u>	Espesor carpeta asfáltica = 2.00 pulg.
b. <u>Base Granular :</u>	Espesor base granular = 6.20 pulg.
b. <u>Sub Base Granular :</u>	Espesor sub base granular = 8.00 pulg.
Espesor Parcial	

A considerar :	= 5.00 cm
A considerar :	= 6.00 pulg.
A considerar :	= 8.00 pulg.
Espesor Final	

- CARPETA ASFALTICA : **5.00cm**
- BASE GRANULAR : **15.00cm**
- SUB BASE GRANULAR: **20.00cm**

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON GEOMALLA BIAXIAL



SERVICIOS GENERALES "CIRR"

DE: JAVIER ROMERO CORDOVA
RUC: 10403101970

- Estudios de Suelos y Canteras.
- Diseños de Mezcla de: Concreto, Asfalto y Suelos.
- Servicio de Ensayos de Laboratorio en Obras Suelos, Concreto y Asfalto
- Servicios de Supervisión en Obra
- Alquiler de Equipos de Laboratorio



ESTABILIZACIÓN DE PLATAFORMA DE TRABAJO

De acuerdo con Giroud, es posible determinar el espesor de material granular compactado requerido para estabilizar un terreno blando, con y sin la utilización de un refuerzo, teniendo en cuenta las condiciones de la subrasante. Lo anterior orientado a obtener una plataforma de compactación lo suficientemente rígida sobre el terreno blando, que permita empezar los trabajos de conformación de estructuras de relleno o pavimento sin sufrir ahuellamientos o deformaciones severas.

$$h = \frac{0.868 + (0.661 - 1.006 \cdot J^2) \left(\frac{r}{H}\right)^{\frac{3}{2}} \log N}{1 + 0.204 \left(\frac{3.48 CBR_{Máx}^{0.3}}{CBR_{SH}} - 1\right)} \left(\sqrt{\frac{P}{H r^2}} \left[\frac{s}{f_s} \left(1 - 0.9 e^{-\left(\frac{s}{H}\right)^2}\right) N_c f_c CBR_{SK}\right] - 1 \right) r$$

Donde:

h = Espesor de la capa de material requerido (m)

N = Número de Ejes Equivalentes

P = Carga por rueda (kN)

p = Presión de Inflado

r = radio del área de contacto de la llanta (m)

CBRsg = CBR de la subrasante (%)

CBRbc = CBR del material de reemplazo (%)

s = profundidad de Ahuellamiento permitido = 50mm

fs = factor igual a 75mm

fc = factor igual a 30Kpa

Nc = Factor de capacidad portante,

Dónde: Nc=3.14 y J=0 para capa de base sin refuerzo

Nc=5.71 y J depende de la especificación técnica de la geomalla.

Para estimar el espesor de material granular sin y con refuerzo se ingresó la siguiente información:

Carga Por Eje:	80 kN
Presión de Inflado:	550 kPa
Número de Repeticiones:	1000.0
Ahuellamiento Máximo Permitido:	50 mm
CBR Material Granular (%):	40.0
CBR Subrasante (%):	8.0


Victor Aaron Chung Garazatua
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 15986



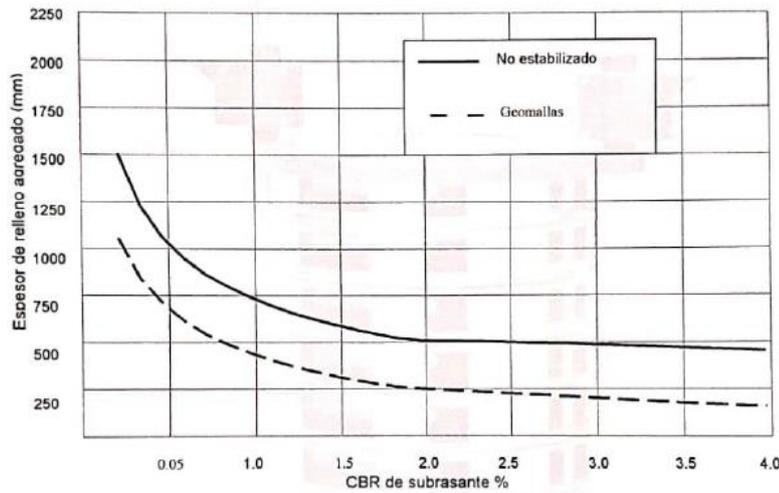
OFICINA PRICIPAL: JR. MIRAFLORES N°488-LA BANDA DE SHILCAYO
EMAIL: serviciosgeneralescirr@gmail.com
CELULAR: 956217383 / 939175863



SERVICIOS GENERALES "CIRR"

DE: JAVIER ROMERO CORDOVA
RUC: 10403101970

- Estudios de Suelos y Canteras.
- Diseños de Mezcla de Concreto, Asfalto y Suelos.
- Servicio de Ensayos de Laboratorio en Obra: Suelos, Concreto y Asfalto
- Servicios de Supervisión en Obra
- Alquiler de Equipos de Laboratorio



Realizando los respectivos análisis se encontraron los siguientes valores:

Sin Refuerzo

Tipo de Refuerzo:	<i>Victor Aaron Chung Garazatu</i>	Sin Refuerzo
Espesor Material Granular:	INGENIERO CIVIL	0,40
Optimización de Granulares:	REG CIP N° 15986	0%

Refuerzo Geomallas biaxial

Tipo de Refuerzo:		Con refuerzo
Espesor Material Granular:		0,15
Optimización de Granulares:		0,63%

Con este método nos damos cuenta que para un suelo de baja capacidad portante es necesario hacer un reemplazo de 0.40m de material tal como se había recomendado en el proyecto. Pero con la utilización de geomallas biaxial como refuerzo, se garantiza que se realizará un ahorro en promedio del 63% ya que reducen en 0.25 m de espesor de material granular requeridos para la conformación de la plataforma de trabajo.

OFICINA PRICIPAL: JR. MIRAFLORES N°488-LA BANDA DE SHILCAYO
EMAIL: serviciosgeneralescirr@gmail.com



DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON GEOMALLAS BIAXIAL 20KN

Proyecto: "Diseño de pavimento vehicular urbano con geomalla biaxial para mejorar la capacidad de carga del suelo, Morales - 2020"

El aporte estructural de la geomalla se da por el incremento del esfuerzo del coeficiente. Layer Coefficient Ratio (LCR).

ecuación basada de la ecuación de la AASHTO 93:

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

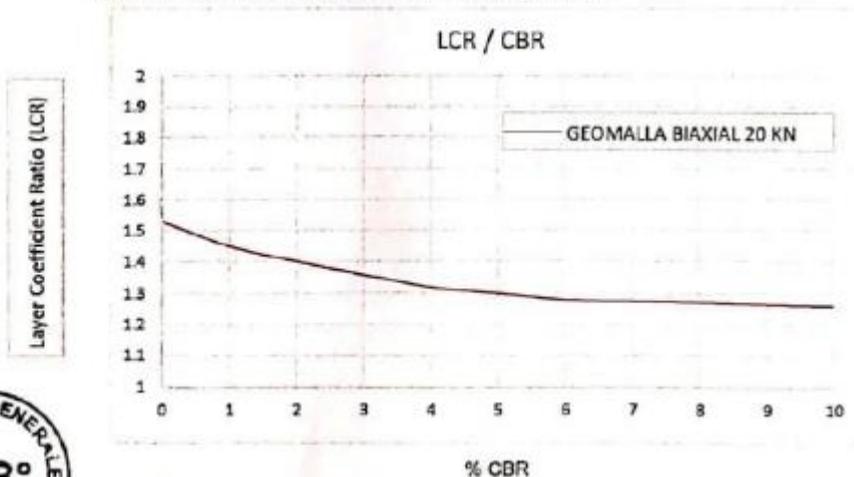
LCR: Depende de las propiedades fisico-químico de las geomallas, el cual se determina por los respectivos ensayos de laboratorio.

$$LCR = \frac{SN_r - SN_u}{a_2 D_2} + 1$$

Con la inclusión del coeficiente LCR Resultante del tipo de geomalla utilizado, se obtiene los nuevos valores del número estructural

$$(SN_r) \geq (SN_u)$$

Grafico: LCR (Layer coeficiente ratio)/ CBR de la subrasante



FUENTE: Pavco



Valores nuevos de los espesores:

$$D_1 = \frac{SN_r - LCR a_2 D_2}{a_1}$$

$$D_2 = \frac{SN_r - a_1 D_1 m_2}{LCR a_2 m_2}$$

obtenidos de la primera tabulación de la estructura no reforzada mediante el método AASHTO 93;

Victor Aaron Chong Garazatua
INGENIERO CIVIL
 REG CIP N° 15986



DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON GEOMALLAS BIAXIAL 20KN

Proyecto: "Diseño de pavimento vehicular urbano con geomalla biaxial para mejorar la capacidad de carga del suelo, Morales - 2020"

El aporte estructural de la geomalla se da por el incremento del esfuerzo del coeficiente. Layer Coefficient Ratio (LCR).

ecuación basada de la ecuación de la AASHTO 93:

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

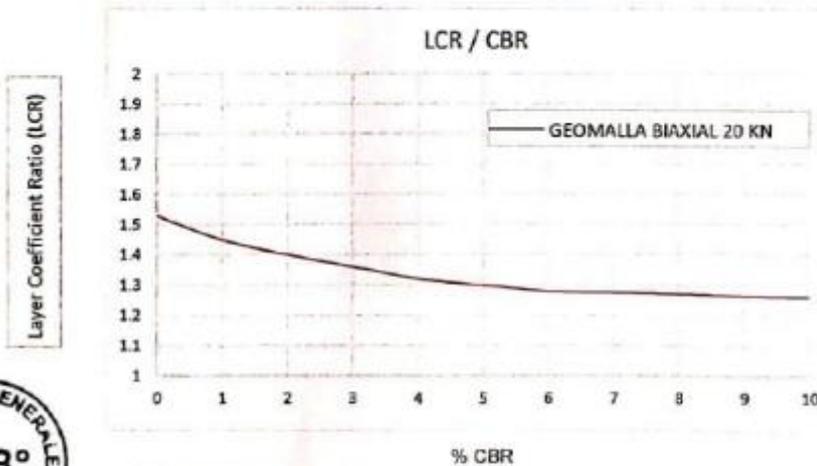
LCR: Depende de las propiedades físico-químico de las geomallas, el cual se determina por los respectivos ensayos de laboratorio.

$$LCR = \frac{SN_r - SN_u}{a_2 D_2} + 1$$

Con la inclusión del coeficiente LCR Resultante del tipo de geomalla utilizado ,se obtiene los nuevos valores del número estructural

$$(SN_r) \geq (SN_u)$$

Gráfico: LCR (Layer coeficiente ratio)/ CBR de la subrasante



FUENTE: Pavco



V.A.P.P.
Victor Aaron Ching Garazatua
INGENIERO CIVIL
REG CIP N° 15986

Valores nuevos de los espesores:

$$D_1 = \frac{SN_r - LCR a_2 D_2}{a_1}$$

$$D_2 = \frac{SN_r - a_1 D_1 m_2}{LCR a_2 m_2}$$

obtenidos de la primera tabulación de la estructura no reforzada mediante el método AASHTO 93:

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SIN REFUERZO

DESCRIPCION	PULGADAS	CENTIMETROS	PROPUESTO
ESPEJOR DE CARPETA ASFALTICA	1.80	4.57	5
ESPEJOR DE BASE GRANULAR	6.90	17.53	20
ESPEJOR DE SUB BASE GRANULAR	5.39	13.69	15

Empleando una geomalla de 20 KN/m (Tipo A) para la disminuciones de las capas

Cálculo del número estructural según metodología AASHTO

De los valores de las capas sin refuerzo:

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

a1=0.37	D1=1.97	m2=1
a2=0.13	D2=7.87	m3=1.15
a3=0.12	D3=5.90	

$$SN = 2.57$$

En la base:

$$SN = 2.57$$

$$SN = a_1 D_1 + a_3 D_3 m_3$$

$$2.57 = a_1 D_1 + a_3 D_3 m_3$$

$$D_3' = 13.3$$

$$D_3' = 33.3 \text{ cm}$$

En la sub base

$$LCR = 1.28$$

El coeficiente de aporte de la geomalla tiene un valor superior a uno

$$SN = 2.57$$

$$SN_r = SN$$

$$SN_r = a_1 D_1 + a_3 LCR D_3 m_3$$

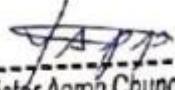
$$D_3_r = 10.4$$

$$D_3_r = 26.4 \text{ cm}$$

Aporte estructural de la capa reforzada.

$$a_3 D_3 m_3 = 1.44 = SN_{gr}$$




 Victor Aaron Chung Garazatua
INGENIERO CIVIL
 REG CIP N° 15985

Cálculos de los nuevos valores en la base y subbase granular

Sub Base Granular y Base Granular

$$\begin{aligned}
 SN_{gr} &= a2 \cdot D2r \cdot m2 + a3 \cdot D3r \cdot m3 \\
 1.44 &= 0.13 \cdot Dr2 \cdot 1 + 0.12 \cdot D3r \cdot 1.15 \\
 Dr2 &= 6.0 \quad \text{pulg.} \quad 15.24 \quad \text{cm} \\
 Dr3 &= 4.7 \quad \text{pulg.} \quad 11.94 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$

Comprobando:

Se verifica que la variación de estos no altere el desempeño de la estructura:

$$\begin{aligned}
 a2 \cdot Dr2 \cdot m2 + a3 \cdot Dr3 \cdot m3 &= a3 \cdot D3r \cdot m3 \\
 0.13 \cdot 6 \cdot 1 + 0.12 \cdot 4.78 \cdot 1.15 &= 0.12 \cdot 26.4 \cdot 1.15 \\
 1.44 &= 1.44
 \end{aligned}$$

Espesor de la estructura reducido
 Base granular: 5 cm
 Subbase granular: 5 cm
 Espesor total reducido de la estructura: 10 cm

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO REFORZADA

DESCRIPCION	PULGADAS	CENTIMETROS	PROPUESTO
ESPESOR DE CARPETA ASFALTICA	1.8	4.57	5
ESPESOR DE BASE GRANULAR	6.0	15.24	15
ESPESOR DE SUB BASE GRANULAR	4.7	11.94	10



V.A.C.
 Víctor Aaron Chung Garazatua
INGENIERO CIVIL
 REG CIP N° 15986