

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“INFLUENCIA DE SUB BASE REFORZADA CON
GEOMALLAS EN EL DIMENSIONAMIENTO DEL
ESPESOR DE LOSA DEL PAVIMENTO RÍGIDO
EN CHUPURO – 2023”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA CIVIL**

Autores:

Bach. QUISPE LLAMUCO, LIZ ERIKA

Asesor:

Ing. / Mag. David Ramos Piñas

Línea de Investigación Institucional

Transporte y Urbanismo

HUANCAYO – PERÚ

2023

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Dario Tapia Silguera
Presidente

Mtro. Edinson Jose Porras Arroyo
Jurado

Mtra. Nelfa Estrella Ayuque Almidon
Jurado

Mtro. Javier Reynoso Oscanoa
Jurado

Mtro. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario Docente

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicado primeramente a mis padres, y a todos mis familiares por apoyarme emocionalmente en el proceso de mis estudios.

Bach. Liz Erika, Quispe Llamuco.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a Dios por darme energías para poder seguir adelante día a día, a mis padres por ser siempre comprensivos y guiarme por el buen camino de la vida.

Bach. Liz Erika, Quispe Llamuco.

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0292 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

INFLUENCIA DE SUB BASE REFORZADA CON GEOMALLAS EN EL DIMENSIONAMIENTO DEL ESPESOR DE LOSA DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN CHUPURO – 2023

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. QUISPE LLAMUCO LIZ ERIKA**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Mg. RAMOS PIÑAS DAVID**

Fue analizado con fecha **22/08/2024**; con **112 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **23** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 22 de Agosto del 2024.

MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI

JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
CONTENIDO	vi
CONTENIDO DE TABLAS	ix
CONTENIDO DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de la realidad problemática	3
1.2. Delimitación de la investigación	4
1.2.2. Temporal	5
1.2.3. Económica	5
1.3. Formulación del problema	6
1.3.1. Problema general	6
1.3.2. Problemas específicos	6
1.4. Justificación de la investigación	6
1.4.1. Justificación práctica o social	6
1.4.2. Justificación teórica	6
1.4.3. Justificación metodológica	7
1.5. Objetivos de la investigación	8
1.5.1. Objetivo general	8
1.5.2. Objetivos específicos	8
II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes de la investigación	9
2.1.1. Antecedentes internacionales	9
2.1.2. Antecedentes nacionales	12
2.2. Bases teóricas o científicas	14
2.2.1. Geomallas	14
2.2.2. Empleo de Geomallas en el reforzamiento de Pavimentos	20

2.2.3. Resistencia a la penetración.....	21
2.2.4. Resistencia a la abrasión.....	24
2.2.5. Plasticidad.....	26
2.2.6. Diseño de Pavimento Rígido	27
2.3. Marco conceptual	32
III. HIPÓTESIS	35
3.1. Hipótesis.....	35
3.1.1. Hipótesis general	35
3.1.2. Hipótesis específicas.....	35
3.2. Variables	35
3.2.1. Definición conceptual de las variables	35
3.2.2. Definición operacional de la variable	36
3.2.3. Operacionalización de variables	38
IV. METODOLOGÍA	39
3.1. Método de investigación	39
3.2. Tipo de investigación	40
3.3. Nivel de la investigación	40
3.4. Diseño de la investigación.....	40
3.5. Población y muestra	41
3.5.2. Muestra 42	
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.7. Técnicas y análisis de datos	43
3.8. Validez y confiabilidad del instrumento de investigación	46
3.9. Método de análisis de datos	47
3.10. Aspectos éticos.....	48
V. RESULTADOS	49
5.1. Descripción del diseño tecnológico	49
6.1.3. Hipótesis específicas 3:.....	71
VI. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	74
VII. CONCLUSIONES	77
VIII. RECOMENDACIONES	79

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	92
Anexo N°01: Matriz de consistencia	93
Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables	95
Anexo N°03: Matriz de operacionalización de instrumento.....	97
Anexo N°05: Confiabilidad y validez de instrumento.....	98

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones de Losa de Pavimento Rígido.	19
Tabla 2. Tabla de coeficientes de drenaje para pavimentos rígidos	32
Tabla 3. Operacionalización de Variables	38
Tabla 4. Valores para determinar la muestra	41
Tabla 5. Rangos y Magnitudes de validez	46
Tabla 6. Rangos y Magnitudes de Confiabilidad.....	47
Tabla 7. Resultados de los ensayos de resistencia a la penetración de las muestras	50
Tabla 8. Resultados de ensayos de resistencia a la abrasión de 10 muestras de suelo	52
Tabla 9. Resultados de ensayos de plasticidad de 10 muestras de suelo	53
Tabla 10. Resultados de ensayos de Resistencia evaluado en función al grado de refuerzo que se tendrá	55
Tabla 11. Resultados de ensayos de elasticidad de la sub base reforzada	60
Tabla 12. Resultados de ensayos de Fricción	64

CONTENIDO DE FIGURAS

Ilustración 1. Departamento de Junín	4
Ilustración 2. . Provincia de Huancayo – Chupuro.....	5
Ilustración 3. estructura de una geomalla	15
Ilustración 4. Geomalla Uniaxial.....	15
Ilustración 5. Geomalla Biaxial	16
Ilustración 6. Geomalla Triaxial.....	18
Ilustración 7. Componentes estructurales del pavimento rígido.....	18
Ilustración 8. Dimensiones de Losa de Pavimento Rígido.....	20
Ilustración 9. Colocación de Geomalla en la construcción de pavimentos	21
Ilustración 10. Representación de la determinación de resistencia a la penetración.....	22
Ilustración 11. Relación densidad - penetración del suelo	23
Ilustración 12. Simulación de un ensayo de Abrasión de suelos.....	24
Ilustración 13. Variación del ensayo de abrasión en campo y laboratorio	25
Ilustración 14. Instrumentos para un ensayo de limite liquido.....	27
Ilustración 15. Mecánica de cargas sobre el pavimento rígido generado por el transito....	29
Ilustración 16. Relación esfuerzo deformación del concreto	30
Ilustración 17. Gráfico de resistencia a la penetración de las muestras analizadas.....	51
Ilustración 18. Variación gráfica de resultados del ensayo de resistencia ala abrasión de las muestras	52
Ilustración 19. Variación de muestras de ensayo de plasticidad	54
Ilustración 20. Gráfico de resistencias obtenidas de la base granular con un refuerzo leve	56
Ilustración 21. Gráfico de resistencias obtenidas de la base granular con un refuerzo Moderado.....	56
Ilustración 22. Gráfico de resistencias obtenidas de la base granular con un refuerzo Moderadamente severo.....	57
Ilustración 23. Gráfico de resistencias obtenidas de la base granular con un refuerzo Severo	58
Ilustración 24. Resumen general del desempeño de la resistencia de muestras y su refuerzo	58
Ilustración 25. Elasticidad de la sub base con un refuerzo Leve.....	60
Ilustración 26. Elasticidad de la sub base con un refuerzo Moderado	61
Ilustración 27. Elasticidad de la sub base con un refuerzo granular moderadamente severo	62
Ilustración 28. Elasticidad de la sub base con un refuerzo granular severo	62
Ilustración 29. Relación entre la elasticidad de la sub base y el grado de refuerzo con geomallas.....	63
Ilustración 30. Coeficiente de drenaje de la sub base con un refuerzo Leve.....	65
Ilustración 31. Coeficiente de drenaje de la sub base con un refuerzo Moderado	65

Ilustración 32. Coeficiente de drenaje de la sub base con un refuerzo Moderadamente severo	66
Ilustración 33. Coeficiente de drenaje de la sub base con un refuerzo Severo.....	67
Ilustración 34. Relación entre el coeficiente drenaje de la sub base y el grado de refuerzo con geomallas	67
Ilustración 35. Región de aceptación y negación de la hipótesis analizada	69
Ilustración 36 Región de rechazo y aceptación, propiedades elasticidad y plasticidad	71
Ilustración 36 Región de rechazo y aceptación, propiedades elasticidad y plasticidad	72

RESUMEN

Para la presente investigación se propuso como problema general: ¿Cuál es la influencia de la sub base reforzada con geomallas en el dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023? La cual tuvo como objetivo principal: Determinar la influencia de la sub base reforzada con geomallas en el dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023, para el cual para poder llevar a cabo el objetivo se empleó el método de investigación inductivo – deductivo, del tipo de investigación aplicada, con un nivel de investigación correlacional. El propósito de la investigación fue realizar un análisis de como la su base reforzada con geomallas influye en el dimensionamiento del espesor de losa, para el cual se realizaron ensayos en laboratorio para poder determinar las características y las propiedades que presentan cada una de las variables y determinar cómo estas dos se correlacionan. Como resultados se obtuvo que La comprensión detallada de estos resultados es esencial para tomar decisiones informadas en el diseño y la ingeniería, maximizando la eficacia de las geomallas y minimizando los riesgos asociados a la variabilidad en la respuesta de la base granular, en consonancia con el objetivo general del estudio.

PALABRAS CLAVE: Sub base, geomallas, subbase reforzada con geomallas, dimensionamiento, pavimento rígido.

ABSTRACT

For this investigation, the general problem was proposed: What is the influence of the subbase reinforced with geogrids on the sizing of the slab thickness of the rigid pavement in Chupuro - 2023? Which had as its main objective: Determine the influence of the subbase reinforced with geogrids on the sizing of the slab thickness of the rigid pavement in Chupuro – 2023, for which the inductive research method was used to carry out the objective – deductive, of the type of applied research, with a level of correlational research. The purpose of the research was to carry out an analysis of how its base reinforced with geogrids influences the sizing of the slab thickness, for which laboratory tests were carried out to determine the characteristics and properties presented by each of the variables and determine how these two correlate. The detailed understanding of these results is essential to make informed decisions in design and engineering, maximizing the effectiveness of geogrids and minimizing the risks associated with variability in the response of the granular base, in line with the general objective of the study.

KEYWORDS: Subbase, geogrids, subbase reinforced with geogrids, sizing, rigid pavement.

INTRODUCCIÓN

La vida útil en la mayoría de carreteras suele ser más corta de lo esperado por los ingenieros y técnicos responsables de su diseño y construcción. Esto se debe al hecho de que las carreteras están expuestas a una variedad de condiciones externas que son difíciles de calcular y aceleran el desgaste del pavimento.

El uso de geo sintéticos es una opción nueva y cada vez más popular, y sus principios tienen una larga tradición. En la antigüedad se utilizaban técnicas actualmente conocidas como geo celdas y geomallas las cuales se usaban para confinar lateralmente el suelo en capas horizontales para así poder aumentar la resistencia a tracción. En la actualidad los geos sintéticos (geomallas) se refieren a otras técnicas para resolver problemas de agrietamiento y fatiga ya que son menos costosos y acortan el tiempo de construcción e instalación, es una opción más realista.

Las geomallas son geos sintéticos que están compuestos principalmente de poliéster, polipropileno y/o polietileno de alta resistencia ya que cumplen la función de fortalecer y estabilizar el suelo. Las geomallas compensan el arrastre que los suelos pueden experimentar debido a las tensiones externas. Esto permite que ciertos terrenos absorban y distribuyan uniformemente mayores cargas, de tal forma que aumentan la durabilidad y reduce el riesgo de derrumbes.

En el presente plan de tesis se ha planteado como objetivo general: Determinar la influencia de la Sub Base reforzada con geomallas en el dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023, el método de la investigación es científico, de tipo de investigación será aplicado, de nivel correlacional. Para el cual se presenta la siguiente estructura que se presenta la investigación y se dará a conocer el contenido de cada una de estas.

CAPÍTULO I: Planteamiento del problema

En este capítulo se presenta la delimitación del problema, la formulación del problema, la justificación y los objetivos tanto principal como específicos para el desarrollo del problema de investigación.

CAPÍTULO II: Marco teórico

En este capítulo se presenta el marco teórico de la investigación como los antecedentes nacionales e internacionales, el desarrollo de las bases teóricas que sustentan la investigación.

CAPÍTULO III: Hipótesis

En este capítulo se presente un análisis de la hipótesis, la definición conceptual y operacional de las variables, así como también la definición de cada una de sus dimensiones.

EL CAPÍTULO IV: Metodología

Para este capítulo se muestra la metodología, el tipo, nivel y diseño de la investigación, así como también el análisis de la población y muestra, y finalmente se presenta las técnicas e instrumentos que ayudan a la sustentación de esta investigación.

EL CAPÍTULO V: Resultados

Para este capítulo se presenta una descripción del diseño y los resultados de la investigación, de la misma manera se presenta la contrastación de la hipótesis.

EL CAPÍTULO VI: Análisis y discusión de resultados

En este capítulo se presenta una discusión de los resultados haciendo una comparación con algunos antecedentes, se presenta las recomendaciones, conclusiones, matriz y anexos que apoyan a la sustentación de esta investigación.

Bach. Quispe Llamuco, Liz Erika.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La degradación de los pavimentos en el departamento de Junín es un problema ampliamente reconocido entre la población local. La mayoría de las vías existentes han alcanzado el final de su vida útil o están experimentando deterioro debido a una serie de factores multifacéticos. Entre estos factores se incluyen el aumento del tráfico vehicular, prácticas deficientes en la construcción, diseños inadecuados, baja calidad y dosificación de materiales, evaluación deficiente del suelo, impactos ambientales como la salinidad y las lluvias, y un mantenimiento insuficiente.

El impacto de estas condiciones se ve agravado por la falta de preparación de los pavimentos para resistir las cargas dinámicas generadas por los vehículos en movimiento. Esta tensión sobre el paquete estructural conduce a la formación de grietas, acelerando así el proceso de deterioro del pavimento rígido.

Para abordar esta problemática, se propone la implementación de un sistema de refuerzo, específicamente mediante el uso de geomallas. Estas geomallas, fabricadas con materiales flexibles como hilos de poliéster, nylon o fibra de vidrio, están diseñadas para aumentar la durabilidad de la estructura vial y mejorar la capacidad de carga del conjunto.

El distrito de Chupuro se enfrenta a desafíos particulares, ya que su red vial experimenta un constante deterioro debido al aumento del tráfico y la carga vehicular. La capacidad de carga del suelo en esta región es baja, lo que exige excavaciones más profundas y grandes cantidades de relleno. En este contexto, las geomallas emergen como la solución más adecuada para reforzar la sub base de los pavimentos.

Las fallas evidentes en los pavimentos rígidos del distrito de Chupuro se atribuyen a las condiciones de soporte deficientes de la sub rasante. Es por ello que se propone la implementación de una sub base reforzada con geomallas en este sector específico. El objetivo es evaluar cómo este enfoque puede influir en el dimensionamiento del paquete estructural, contribuyendo así a mejorar la consistencia y durabilidad del pavimento en la zona.

La adopción de geomallas no solo tiene el potencial de fortalecer la infraestructura vial, sino que también podría conducir a una disminución de las dimensiones de las capas del pavimento. Esto, a su vez, podría traducirse en ahorros económicos significativos. Además, al lograr un pavimento más duradero, confiable y resistente, se espera que esta iniciativa genere beneficios sustanciales para el distrito de Chupuro en términos de sostenibilidad y eficiencia a largo plazo.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Espacial

La presente investigación se desarrolló en el Distrito de Chupuro, Provincia de Huancayo, Junín. Fuente: Gobierno Regional de Junín.



Ilustración 1. Departamento de Junín
Fuente: Wikipedia.

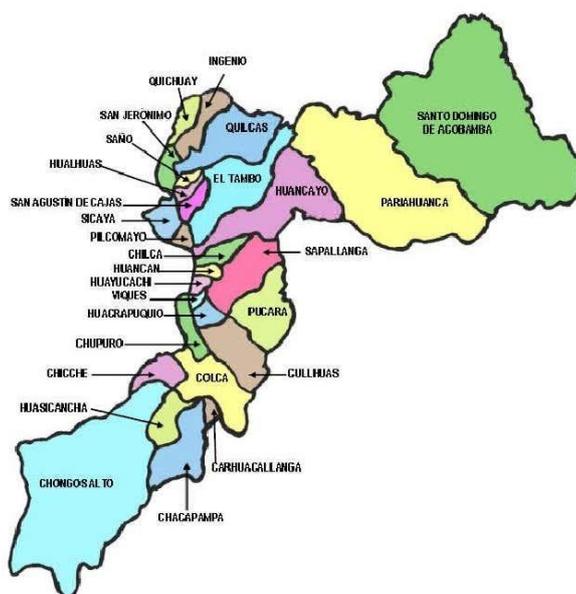


Ilustración 2. . Provincia de Huancayo – Chupuro
Fuente: Wikipedia.

1.2.2. Temporal

La delimitación temporal implica fijar los límites temporales de un fenómeno, evento o estudio particular. Se trata de definir el intervalo de tiempo en el cual se realizará una investigación, se examinará un suceso o se implementarán determinadas medidas. Esta delimitación temporal resulta fundamental para establecer un marco temporal concreto y para situar de manera adecuada la información o los datos recabados.

La presente investigación se llevó a cabo desde el mes de agosto hasta el mes de diciembre del 2023.

1.2.3. Económica

Dentro del ámbito de una investigación económica, la delimitación implica tratar aspectos como la temporalidad que se tomará en cuenta, la ubicación geográfica o el alcance específico en términos de sector. Asimismo, abarca la identificación de las variables económicas que serán objeto de análisis, junto con la especificación de los límites presupuestarios y de los recursos disponibles para la realización de la investigación.

Para el desarrollo de la presente investigación tuvo un financiamiento del 100% por parte del autor.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de la sub base reforzada con geomallas en el dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la influencia de la sub base reforzada con geomallas en la resistencia de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023?
- b) ¿Cuál es la influencia de la sub base reforzada con geomallas en la elasticidad de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023?
- c) ¿Cuál es la influencia de la sub base reforzada con geomallas en el coeficiente de drenaje de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023?

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación práctica o social

Según (Ñaupas, Mejia, Novoa, & Villagomez, 2014), nos dan a conocer que la justificación social es cuando se presenta soluciones o alternativas de solución a problemas que se presenta en una sociedad los cuales afectan a un grupo de personas o población.

En este estudio, nos enfocaremos en el análisis exhaustivo de las actuales vías en el distrito de Chupuro, las cuales desempeñan un papel fundamental en facilitar la circulación eficiente de vehículos, impulsar actividades comerciales, fomentar el turismo y respaldar otras labores esenciales llevadas a cabo por la población local. La relevancia directa de esta investigación radica en su contribución al bienestar de la comunidad, al proporcionar fundamentos sólidos para la mejora y las intervenciones de mantenimiento necesarias en estas vías, asegurando así condiciones viales más seguras y eficaces para todos los residentes.

1.4.2. Justificación teórica

Según (Ñaupas, Mejia, Novoa, & Villagomez, 2014), nos dan a conocer que es cuando se presenta la importancia de la investigación ante un problema social, el cual nos permite realizar una innovación científica, y de esta manera se podrá negar o afirmar otras investigaciones para así ampliar un modelo teórico.

La investigación sobre el refuerzo de la sub base granular mediante geomallas es limitada, en parte debido a la amplia gama de geomallas disponibles para su uso. Estas geomallas poseen la capacidad única de mejorar la estructura de refuerzo, lo que conduce a la posibilidad de reducir los costos del proyecto al disminuir el espesor de la capa del pavimento. Al centrarnos en los resultados que se obtendrán al explorar las propiedades influenciadas en la estructura del pavimento mediante el uso de geomallas, es crucial destacar que estos resultados variarán según el tipo y material específicos de la geomalla utilizada. Por ende, esta investigación contribuirá significativamente al cuerpo de conocimientos existentes al proporcionar datos fundamentales para comprender mejor cómo diferentes tipos y materiales de geomallas afectan la estructura del pavimento, generando así nuevas perspectivas y conocimientos en este campo.

1.4.3. Justificación metodológica

Según (Ñaupas, Mejia, Novoa, & Villagomez, 2014), nos indican que la justificación metodológica es sustentar como hemos desarrollado la investigación, ya sea haciendo uso de técnicas e instrumentos los cuales son de gran uso para otras investigaciones semejantes, estos pueden ser cuestionarios, modelos, pruebas de hipótesis, etc.

Es crucial reconocer que este enfoque puede, de manera incidental, desvelar impactos en propiedades que previamente no han sido objeto de análisis en el ámbito de estudio. La versatilidad de las geomallas abre la posibilidad de ser sustituidas por otros componentes que aporten condiciones igualmente satisfactorias o incluso superiores al paquete estructural. Es relevante destacar que, al considerar esta perspectiva amplia y exploratoria, la presente investigación no solo ofrece respuestas a interrogantes específicas, sino que también proyecta una visión más amplia. De hecho, su aporte va más allá, sirviendo como plataforma sólida y valioso respaldo para investigaciones futuras en este campo. Al proporcionar datos y análisis detallados sobre el uso de geomallas, la presente investigación se erige como un punto de partida significativo, instando a investigadores posteriores a expandir y profundizar en esta área de estudio, contribuyendo así al desarrollo continuo del conocimiento en ingeniería de pavimentos.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la sub base reforzada con geomallas en el dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la influencia de la sub base reforzada con geomallas en la resistencia de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.
- b) Determinar la influencia de la sub base reforzada con geomallas en la elasticidad de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.
- c) Determinar la influencia de la sub base reforzada con geomallas en el coeficiente de drenaje de la losa del pavimento rígido en Chupuro - 2023.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

(Díaz, 2020), en su tesis con el título de: “Uso de Geomallas Multiaxiales como Refuerzo en Vías sin Pavimentar con Suelos Blandos o Subrasantes Débiles”, para optar el título de Ingeniero Civil. Tuvo como objetivo principal: realizar un análisis de los beneficios mecánicos e hidráulicos de las geomallas en la estabilización y refuerzo de suelos, así como el uso de estos geo sintéticos que aumentan la capacidad portante en las vías que se encuentran sin pavimentar, como también en suelos blandos o subrasantes débiles minimizando los desplazamientos laterales, también disminuyendo la capa de rodadura y garantizando la estabilidad de la estructura y también ahorrando en los costos del proyecto. La metodología que empleo fue la de los ingenieros J. P. Giroud y Jie Han, el cual se usa para determinar la interacción del suelo con el geo sintético por la acción de las cargas de rodadura en caminos pavimentados y sin pavimentar. Los resultados que se obtuvieron fueron que se aumentó la capacidad portante, se disminuye las capas de materiales pétreos, el tiempo, costos y a todo esto siendo amigables con el medio ambiente.

(Alvarez & Bermudez, 2020), en su tesis con el título de: “Análisis comparativo del uso de geomallas bioaxiales como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles” para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Tuvo como objetivo principal analizar los beneficios y poder comparar los diseños con un material geo sintético como las geomallas, para poder justificar a este material como uno que brinda refuerzo, estabilidad y durabilidad en los pavimentos flexibles. La metodología que empleo fue el uso del

método AASHTO-93 que es convencional y el otro con un refuerzo de geomalla biaxial. Los resultados fueron que con el uso de las geomallas se reduce considerablemente el espesor en la subbase, el cual también resulta ser amigable con el medio ambiente. Se concluye que es recomendable hacer uso de las geomallas ya que estas no solo tienen un ahorro económico, sino que también brindan mejor resistencia a los pavimentos flexibles.

(Asanza, 2009), en su tesis con el título: “Determinación de las características de fricción en el contacto suelo-geotextil a diferentes succiones, mediante equipos de laboratorio singulares” para optar el grado de Ingeniero Civil, presentó la tesis de pregrado, el cual fija como objetivo general: fue el diseño de prototipos de equipos de laboratorio para la medida de la fricción entre suelos y geotextiles que pudieran controlar la humedad de las muestras, con el auxilio de las técnicas de control de la succión de suelos no saturados, empleando la metodología: Cuantitativa con un tipo de investigación aplicada de nivel explicativo con diseño experimental, obteniendo como resultado: Con todo, aun aceptando el equilibrio en la zona de interacción entre el suelo y el geotextil, cada ensayo se prolongaría unos 75 días (25 días x 3 sobrecargas), lo que demoraría considerablemente la fase experimental. Así, para los ensayos definitivos se planteó reutilizar las muestras que ya se hubieran ensayado a las diferentes condiciones de succión y presión vertical, y finalmente concluyo: Se cree que es provechoso aunar las bases conceptuales del campo de los suelos no saturados con las de los geotextiles no tejidos agujereados, entendiéndose que ambos materiales son medios porosos con cierta interacción con el agua, en lo que respecta específicamente a la concepción y diseño de los dos equipos de medida de fricción con control de la succión, y con arreglo a la revisión bibliográfica, se trata de equipos singulares y novedosos, que permiten valorar con precisión el efecto del agua en la movilización de la fricción entre un suelo y un geotextil.

(Quijije, 2019), presentó la tesis de pregrado Titulado: “Reforzamiento del suelo con la utilización de geotextiles y geomallas aplicado en la ciudad de Manta”, el cual fija como objetivo general: Demostrar si el uso de Geotextil y Geomalla es eficaz y rentable para el reforzamiento del suelo en las construcciones de la ciudad de Manta, empleando la metodología: Hipotético – Deductivo e inductivo, con un tipo de investigación aplicada, obteniendo como resultado: para el cálculo se utilizan las características del suelo, para un tipo de suelo Arcilla – Arenosa (CL), mismas que se refuerza con Geotextil Tejido, donde los parámetros del suelo como peso específico, ángulo de fricción, módulo de elasticidad, y coeficiente de Poisson, fueron tomados a partir de los parámetros de los

ensayos de suelos (SPT), y finalmente concluyo: que se demuestra que para la función de refuerzo del suelo, implementando Geo sintéticos se obtienen excelentes resultados, puesto que si se aplican para la construcción de una zapata corrida de una edificación, y la misma se refuerza con varias capas de geo sintéticos, mejora la capacidad portante y admisible del suelo, además disminuyen los asentamientos provocadas por las cargas, por lo tanto es factible y se puede implementar los geo sintéticos como material de refuerzo del suelo en las construcciones civiles en nuestro medio, ya que estos materiales pueden aplicarse en cualquier tipo de suelo, hasta en el más desfavorable como suelos arenosos y arcillosos los cuales están presente en muchas partes de nuestra ciudad de manta.

(Alarcon, 2023), presentó la tesis que como requisito para obtener el grado de: Maestro en Ingeniería de la Construcción Titulado: “Evaluación del Mejoramiento Estructural de los Pavimentos Flexibles con la Implementación de Geomallas”, el cual fija como objetivo general: Evaluar el comportamiento de los pavimentos flexibles con el uso de Geomallas en las capas de la estructura de los mismos, para verificar su deformación permanente, la diferencia en espesores de las capas con su implementación, así como, su impacto económico, empleando la metodología: La metodología de esta investigación es de tipo cuantitativo – experimental para conocer las características y los componentes que poseen estos materiales por lo que será necesario solicitar a los fabricantes de las empresas que existen en México las fichas técnicas de las geomallas con el fin de inspeccionar los aportes y soluciones que brinden al momento de su uso en la construcción o reconstrucción de pavimento, obteniendo como resultado: Los resultados revelaron de forma inequívoca las ventajas estructurales que ofrece la geomalla triaxial al demostrar que las deformaciones de la rueda de rodadura eran menores para las geomallas triaxiales, y finalmente concluyo: Con la base al análisis de resultados de este proyecto de investigación, en el cual, se realizaron cálculos estructurales del pavimento mediante la metodología de la AASHTO 93, pruebas físicas con la Rueda Cargada de Hamburgo, uso del software MacREAD Pavement Design y el análisis económico realizado, se concluye que: en México, el uso de estas tecnologías (geo sintéticos) a la hora de la construcción y reconstrucción de vías terrestres, es todavía un tema que se debe investigar para poder iniciar con el uso de estos, y de esa forma, evaluar de una mejor manera el comportamiento de las vías a largo plazo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

(Aguirre & Rivera, 2020), presentaron la tesis de Pregrado Titulado: “Análisis Estructural del Pavimento Rígido con Refuerzo de Geomallas y el Pavimento Rígido Convencional”, el cual fija como objetivo general: Efecto del uso de geomalla en el comportamiento estructural del pavimento rígido convencional, empleando la metodología: Será teórica, teniendo en cuenta el nivel de exploración es descriptiva (Sampieri, 2014), obteniendo como resultado: Diseño de pavimento: Pavimento Sin Refuerzo es 2.8 % y Pavimento con Geo malla es 3% y finalmente concluyo: el material caracterizado para la subrasante, es arena mal graduada (SP), A-3(0). De la clasificación SUCS Y ASSHTO, la resistencia promedio del concreto utilizado en el pavimento rígido es de 288.3 kg/cm². Obtenido de los proyectos analizados y de influencia en la zona de Jicamarca, la geomalla tiene 25 g/m² establece reducción en cuanto al espesor del pavimento, mejorando el número estructural, la evaluación de costos y presupuestos, influye en la relación costo – beneficio, al considerar el tiempo de vida útil del proyecto y el estado del servicio, viable económicamente.

(Virto, 2022), presentó la tesis para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería Vial con mención en Carreteras, Puentes y Túneles Titulado: “Influencia del uso del Sistema Geomalla Biaxial en el espesor de la Estructura de Pavimentos Rígidos Sobre Suelos Cohesivos”, el cual fija como objetivo general: Determinar las Propiedades mecánicas de la subrasante de un suelo cohesivo para reducir el espesor de la estructura del pavimento, aplicando el sistema de Geomalla Biaxial, empleando la metodología: De acuerdo con el fin que persigue: Investigación Deductiva con Orientación Aplicada, cuyo tipo de investigación es cuantitativa, obteniendo como resultado: Se puede apreciar que la subrasante mejorada por el sistema de geomalla biaxial de un incremento de módulo de elasticidad a la subrasante y luego a la capa granular inmediatamente superior. Esto es debido al efecto de confinamiento lateral, el cual brinda una mejora en los centímetros inmediatamente superiores.

(Rebaza, 2018), presentó la tesis de pregrado Titulado “Análisis técnico – económico del diseño con método AASHTO y el diseño con uso de Geomalla multiaxial en el pavimento rígido de la vía evitamiento norte, entre el Jr. Carlos Malpica y la Av. Hoyos Rubio – Sector 10 San Antonio, Provincia de Cajamarca – Cajamarca”, el cual fija como objetivo general: Realizar el análisis técnico – económico del diseño mediante el método AASHTO y el diseño AASHTO usando geomalla multiaxial, rígido de la Vía de

Evitamiento Norte entre el Jr. Carlos Malpica y la Av. Hoyos Rubio, obteniendo como resultado: Se considera el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación mayor a 25% ya que la Vía de Evitamiento Norte se encuentra incluida en la áreas de inundación de Cajamarca, y finalmente concluyo: Del estudio se obtuvo en el carril 4485744 ESAL's y en el carril izquierdo 3973257 ESAL's, mediante la ejecución del ensayo California Bearing Ratio (CBR) realizado en laboratorio se obtuvo de la subrasante el valor de 9.50% y del material granular para subbase de pavimento rígido 34%, el módulo de reacción de la subrasante sin refuerzo es de 64.40 Mpa/m y empleando la geomalla multiaxial tipo TX160 de 119.14 Mpa/m, el costo del pavimento no reforzado por m² es s/.142.25 y del pavimento con uso de geomalla Tx – 160 es s/.137.95, se concluye que al reforzar el pavimento rígido el costo por m² es menor en s/.4.30.

(Cristiam, 2019), presentó la tesis para optar el grado académico de para optar el grado académico de maestro en transportes y conservación vial. Titulado: ““Diseño De Una Base Granular Reforzada Con Geomalla Biaxial; Para Optimizar La Calidad En La Construcción De Pavimentos Flexibles, Tramo Tayabamba – Ongon. Provincia De Pataz. La Libertad”, el cual fija como objetivo general: Realizar el Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles, Tramo Tayabamba Ongon. Provincia de Pataz. La Libertad., empleando la metodología: propone una metodología para diagnóstico del estado estructural del pavimento de una vía de bajo volumen de tránsito a través de ensayos no destructivos y metodología estadística de discriminación de datos, estos ensayos resultaron de una combinación de mediciones de parámetros del pavimento tomados en campo, obteniendo como resultado que la geomalla biaxial optimiza la base y subbase del pavimento flexible así como también lo demostraron los autores Taípe Sarmiento y Tovar Choccelahua (2012) en su investigación titulada “Comportamiento del pavimento flexible con el uso de geomalla en el distrito de Lircay km 0+010 camino a Ocopa departamento de Huancavelica” en comparación a la estructura del pavimento sin refuerzos puede apreciar que la subrasante mejorada por el sistema de geomalla biaxial de un incremento de módulo de elasticidad a la subrasante y luego a la capa granular inmediatamente superior. Esto es debido al efecto de confinamiento lateral, el cual brinda una mejora en los centímetros inmediatamente superiores.

(Mendoza Bustinza, 2022), presentaron la tesis de Pregrado Titulado: “Propuesta de diseño de pavimento flexible reforzado con geo celdas según la metodología mecanicista para reemplazo del pavimento deteriorado de la avenida Defensores del Morro”, el cual fija como objetivo general: Proponer un diseño de pavimento flexible para el tramo en estudio que presente en su estructura un refuerzo de una capa de geo celdas, demostrando los beneficios que este tipo de diseño ofrece respecto a un diseño de pavimento flexible convencional. Empleando la metodología: La metodología para esta investigación presentará un nivel de investigación de grado “exploratoria, descriptiva y explicativa” debido a que se realiza esta investigación para comprender mejor cómo los causantes de la problemática identificada afectan a la vía en estudio. Finalmente concluyo: El tramo en estudio está comprendido por una vía arterial de 2.7 kilómetros de pavimento flexible que atraviesa una zona pantanosa. Este tramo presenta un tipo de suelo SP-SM y un nivel freático de 1 a 1.4 metros. Durante esta investigación la vía presento fallas de tipo superficiales como agrietamientos de más de 3 metros de longitud y fallas estructurales como asentamientos de más de 30 centímetros. El estudio ESAL proyectado a 20 años de servicio se calculó en 14,955,749 ejes equivalente. Adicionalmente, el CBR de diseño seleccionado es de 12%.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Geomallas

Consisten en una serie de nervaduras y aberturas conectadas que permiten el entrelazamiento del suelo, y su función principal es el refuerzo interno, la mejora del suelo y la estabilización del subsuelo. Las Geomallas se pueden clasificar en biaxiales, multiaxiales y uniaxiales.

También podemos decir que son geos sintéticos que se utilizan para reforzar estructuras polímeros planas, ofreciendo excelente resistencia y durabilidad. Al ser un tejido abierto que les permite atravesar el suelo, han sido utilizados según su función en diversos proyectos constructivos para estabilización y refuerzo, con el objetivo de interactuar con el suelo y complementar su resistencia a la tracción. La apertura y el material trabajan juntos para que la conexión funcione en su aplicación. Esto proporciona varios beneficios que se pueden reducir los costos.

Ilustración 3. estructura de una geomalla



2.2.1.1. Tipología de Geomallas.

a) Geomalla Uniaxial

Esta estructura se fabrica procesando polietileno de alta resistencia en un rollo. Estas geomallas tienen una excelente resistencia a la tracción y son inertes a las condiciones químicas, biológicas del suelo y del agua.

Estas geomallas son altamente resistentes a la luz ultravioleta y tienen una excelente resistencia a la intemperie, lo que significa que tienen una larga vida útil en condiciones de exposición óptima con el suelo y es altamente resistente a la fluencia incluso bajo carga continua.

Una geomalla uniaxial es un tipo de rejilla grande que se utiliza para la reconstrucción del suelo. Por supuesto, se utiliza para reforzar rampas, estribos, alas y muros de puentes, por lo que su textura es especial, respetuosa con el medio ambiente, resistente y duradera.

Ilustración 4. Geomalla Uniaxial.



Fuente: Geomalla Uniaxial (2020).

b) Geomalla Biaxial

Según (Gesistemas PAVCO, 2012), nos dice que una geomalla bidimensional de polímero, que consiste en una regular de nervaduras conectadas de manera integral por extrusión, de tamaño suficiente para permitir el entrelazamiento de tierra y piedra u otros materiales relacionados. La “Coextrusión” mencionada por el autor significa que es un material combinado con varios compuestos con diferentes propiedades para optimizar y asegurar su función. Además, también podemos entender que este es geo sintético y por lo tanto tienen propiedades que facilitan las conexiones entre suelos. Esto es muy importante ya que ayuda a garantizar que el paquete estructural sea lo suficientemente resistente.

Por otra parte, según (CIDELSA, 2015), las geomallas se utilizan principalmente para refuerzo de terrenos en todo tipo de suelos. En otras palabras, la geomalla biaxial funciona creando agregados entrelazados que limitan el desplazamiento horizontal para acomodar tensiones, distribuyendo el área sobre la tensión mayor. Entre las propiedades de geomalla hay una característica principal de esta geo síntesis, así lo define (Gesistemas PAVCO, 2012) nos dice lo siguiente:

La función principal de la geomalla de coextrusión es sin duda la de refuerzo. El uso de tipos de geomalla depende de la dirección en la que la tensión se propaga a través de la estructura. Por ejemplo, las geomallas unidireccionales se utilizan en aplicaciones como suelos reforzados y muros en terraplenes. Esta es una geomalla con mayor resistencia longitudinal y rigidez que la resistencia transversal de una estructura con disipación aleatoria de tensiones en todas las direcciones experimentará, por ejemplo, disipación de tensiones. Las estructuras de carreteras o cimientos poco profundos utilizan geomallas bidireccionales.

Ilustración 5. Geomalla Biaxial



Fuente: Geoace (2018).

c) **Geomalla Triaxial**

Según (Tensar, 2015), la geomalla triaxial consta de láminas de polipropileno resistentes a la abrasión del medio ambiente y del suelo. Estas placas se perforan y estiran simultáneamente en las tres direcciones para formar nervaduras triangulares con orientación molecular avanzada y juntas integradas de alta rigidez.

La geomalla triaxial no sólo resiste las tensiones mecánicas generadas durante el proceso de instalación, sino que también exhibe una alta resiliencia a las fuerzas que experimenta durante la vida útil del pavimento.

Según (Tensar, 2015), las geomallas triaxiales deben resistir el desgaste, grietas y perforaciones provocadas por las cargas dinámicas impuestas por el tráfico de la construcción en cualquier dirección del plano.

También nos dice que tiene una alta rigidez a la flexión y pueden instalarse de manera eficiente y permanente en suelos blandos y de baja capacidad de carga, con o sin nivel freático.

La relevancia de una geomalla tridireccional (triaxial) en diversos entornos, especialmente en campos como la ingeniería civil y la geotecnia, se basa en sus propiedades distintivas y su capacidad para brindar refuerzo en tres direcciones principales. Su diseño estructural único, que incorpora hilos en tres direcciones perpendiculares entre sí, potencia considerablemente su resistencia y su habilidad para proporcionar refuerzo.

En el ámbito de la estabilización del suelo, la geomalla triaxial juega un papel esencial al incrementar la capacidad de carga y mejorar la estabilidad del terreno. Esto se vuelve crucial en proyectos de construcción de carreteras, plataformas, muros de contención y otras infraestructuras, donde se busca optimizar la resistencia del suelo. Adicionalmente, en aplicaciones para fortalecer pavimentos, la geomalla tridireccional puede distribuir las cargas de manera más efectiva, disminuyendo la formación de grietas y extendiendo la vida útil del pavimento. Su capacidad para resistir esfuerzos en múltiples direcciones contribuye a una mayor durabilidad y rendimiento estructural en comparación con geomallas unidireccionales o bidireccionales.

Otra ventaja significativa radica en su utilidad en suelos con características geotécnicas variables, ya que la geomalla tridireccional puede adaptarse de manera más

efectiva a las condiciones del terreno. Esto la convierte en una elección versátil y eficiente para abordar desafíos geotécnicos específicos.

Ilustración 6. Geomalla Triaxial.



Fuente: Grupo Eofort (2021).

Los componentes estructurales que se muestran en la imagen a continuación hacen que el sendero sea cómodo y duradero en los años venideros. Esto se debe a que debajo se encuentra la capa exterior que representa el tráfico y las superficies de rodadura que absorben las cargas provocadas por el movimiento del vehículo.

El Pavimento Rígido consta de losas de concreto directamente sobre la subbase. Transfiere la tensión directamente al suelo y se minimiza. Es auto elástico y se debe controlar la cantidad del concreto.

Ilustración 7. Componentes estructurales del pavimento rígido.



Fuente: MTC (2014).

El tamaño de la losa determina en cierta medida la colocación de las juntas horizontales y verticales. La longitud del panel no debe ser superior a 1,25 veces el ancho ni superior a 4.50m. para zonas superiores a los 3.000 metros sobre el nivel del mar, se recomienda que las losas sean cuadrados en todo caso losas cortas y respetar los espesores especificados en AASHTO y también el manual. En la siguiente tabla se puede observar la tabla de dimensiones de Losa.

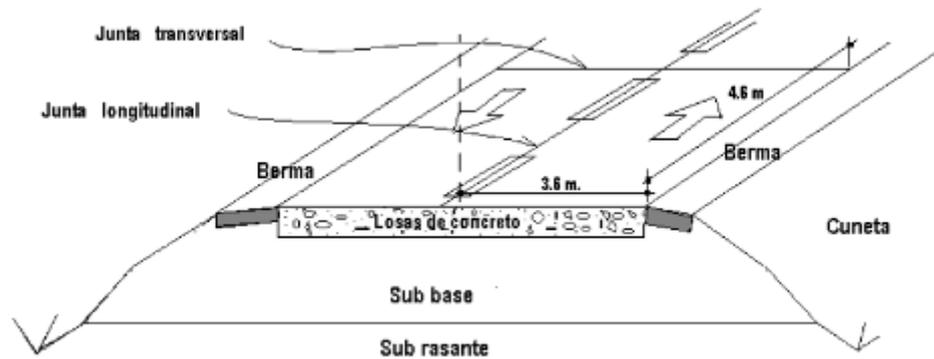
Tabla 1. Dimensiones de Losa de Pavimento Rígido.

ANCHO DE CARRIL (M)	LONGITUD DE LOSA (M)
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

Fuente: MTC (2014).

El dimensionamiento del ancho de carril en una carretera se lleva a cabo con el propósito de garantizar un espacio seguro y adecuado para la circulación vehicular. Este factor es esencial para la seguridad vial, ya que un ancho de carril apropiado permite maniobras seguras, reduce la probabilidad de colisiones laterales y mejora la visibilidad. Además, impacta en la capacidad de tráfico, ya que carriles más anchos facilitan el flujo vehicular y acomodan vehículos más grandes. El confort del conductor también se ve afectado, siendo carriles más amplios más cómodos, especialmente en carreteras de alta velocidad o en trayectos prolongados. El cumplimiento de normativas y estándares de seguridad vial juega un papel crucial en este proceso, y el dimensionamiento del ancho de carril se adapta al tipo de vehículos previstos para la vía, considerando factores como la maniobrabilidad de camiones y autobuses. En conjunto, este enfoque integral busca lograr un diseño vial que optimice la eficiencia, seguridad y comodidad para los usuarios de la carretera.

Ilustración 8. Dimensiones de Losa de Pavimento Rígido.



Fuente: Mayta Posadas, Joan Sebastián (2018).

La clave para un buen rendimiento de la conexión es una construcción adecuada y oportuna con un diseño correcto, se requiere un sellado eficaz de las juntas para mantener el sistema en funcionamiento.

2.2.2. Empleo de Geomallas en el reforzamiento de Pavimentos

Se dividen en pavimento rígido y pavimento flexible, ambos se comportan de manera muy diferente bajo carga, los pavimentos rígidos producen una mejor distribución de la carga debido a la naturaleza de las superficies de rodadura, lo que resulta en tensiones muy bajas en la subrasante.

Las aceras temporales suelen tener una vida útil de 1 a 3 años, estos la mayoría de veces son de tierra debido a que no existe mucha transitabilidad. Antes de utilizar el sistema de geomalla en el pavimento, se debe determinar el estado de la superficie de la carretera y su capacidad de carga. Para su uso normal, el pavimento no debe exhibir movimientos verticales u horizontales significativos a través de grietas o juntas tampoco deflexión local bajo cargas del diseño.

La evaluación del desempeño de pavimentos reforzados con geomallas se lleva a cabo de diversas maneras, incluida pruebas de campo a gran escala, pruebas de laboratorio, simulaciones numéricas. Las pruebas de campo de pavimentos generalmente recopilan datos sobre la deformación de la superficie, grietas longitudinales y transversales y grietas por fatiga. La deflexión de la superficie es el criterio de desempeño más importante para pavimentos reforzados y no reforzados.

Se pueden identificar dos tipos de fallas que son los más comunes: falla estructural y funcional del pavimento. La primera falla se relaciona directamente con

el hecho de que toda la sección colapsa o una o más de sus capas constituyentes fallan, haciendo que la sección sea incapaz de soportar su cara viva diseñada, este fallo puede deberse a la infiltración del subsuelo en la capa granular, reduciendo su capacidad de drenaje y sus propiedades mecánicas. La razón de esto también podría ser que la carga de transporte sea mayor que la prevista en el plan o que el hundimiento de la formación sea demasiado diferente.

En la segunda falla se muestran las imperfecciones cosméticas que aparecen en la superficie de la carretera y que pueden afectar la buena serviciabilidad de la vía, entonces es posible brindar a los beneficiarios un medio de transporte confortable y fiable. De cualquier manera, existen geomallas que pueden ayudar a resolver algunos de estos problemas. En el caso específico del uso de geomallas en pavimentos de carreteras, se conocen varias aplicaciones importantes, como el control de reflejos de grietas, etc.

Ilustración 9. Colocación de Geomalla en la construcción de pavimentos
Fuente: Navarro (2017).



2.2.3. Resistencia a la penetración

La resistencia a la penetración se refiere a la capacidad de un material para resistir la penetración o perforación por parte de un objeto puntiagudo o una fuerza aplicada. En varios campos, esta propiedad se utiliza como un indicador de la dureza o la tenacidad de un material, y su medición es fundamental en diversos contextos, como la geotecnia, la metalurgia, la ingeniería de materiales y la ciencia de suelos. En el ámbito geotécnico, la resistencia a la penetración se evalúa a menudo mediante ensayos específicos, como el ensayo de penetración estándar (SPT, por sus siglas en

inglés) o el ensayo de penetración dinámica (DP, por sus siglas en inglés). Estos ensayos proporcionan información valiosa sobre la composición y las características del suelo, lo que es esencial en proyectos de construcción y cimentación.

En metalurgia, la resistencia a la penetración puede relacionarse con la capacidad de un material para resistir la deformación plástica o la formación de marcas o surcos. Esta propiedad puede ser evaluada mediante pruebas específicas, como el ensayo de dureza Brinell o el ensayo de dureza Vickers. En general, la resistencia a la penetración es un parámetro clave para comprender cómo los materiales reaccionan ante fuerzas externas, siendo crucial para la toma de decisiones en diseño, construcción y selección de materiales en diversas disciplinas.

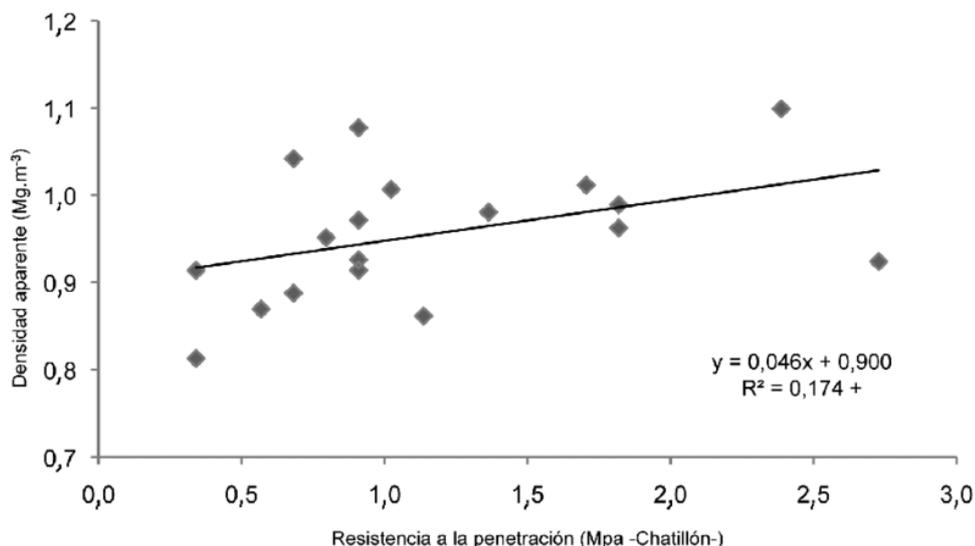
Ilustración 10. Representación de la determinación de resistencia a la penetración



Conocer la resistencia a la penetración de un suelo es crucial en la geotecnia y la ingeniería civil. Esta propiedad proporciona información esencial para el diseño de cimentaciones, permitiendo evaluar la capacidad portante del suelo bajo cargas verticales. Además, la resistencia a la penetración ofrece datos sobre las características físicas y mecánicas del suelo, como su cohesión y fricción interna, lo cual es esencial para entender su comportamiento ante diversas fuerzas y presiones. En la selección de materiales de construcción, la resistencia a la penetración guía las decisiones, asegurando que el suelo sea adecuado para soportar las cargas previstas. Además, esta propiedad se utiliza en la evaluación de la estabilidad de taludes y excavaciones, contribuyendo a prevenir deslizamientos y colapsos. En proyectos de infraestructura vial, la resistencia a la penetración influye en el diseño del pavimento y determina la capacidad de carga del suelo, impactando directamente en la durabilidad y seguridad de

la red vial. En resumen, comprender la resistencia a la penetración del suelo es esencial para tomar decisiones informadas en el diseño y construcción, garantizando la estabilidad y seguridad de diversas obras de ingeniería.

Ilustración 11. Relación densidad - penetración del suelo



Fuente: (Henríquez, 2016)

La correlación entre la densidad del suelo y su resistencia a la penetración es un elemento clave en la geotecnia y la ingeniería civil. En términos generales, se observa una relación inversa entre la densidad del suelo y su resistencia a ser penetrado. En otras palabras, a medida que la densidad del suelo aumenta, su resistencia a la penetración disminuye, y viceversa. Cuando el suelo se encuentra más compactado, las partículas individuales están más próximas entre sí, generando mayor cohesión y resistencia interna. En suelos densos, las partículas tienden a estar más entrelazadas, lo que dificulta la penetración de objetos o herramientas. En consecuencia, la resistencia a la penetración suele ser mayor en suelos con una alta densidad.

Contrastando, en suelos menos densos o poco compactados, las partículas están más separadas, reduciendo la cohesión y la resistencia interna. Estos suelos son más propensos a la penetración, ya que las partículas pueden desplazarse con mayor facilidad. Por ende, la resistencia a la penetración tiende a ser menor en suelos con baja densidad. Esta relación adquiere una importancia crucial al evaluar la capacidad portante del suelo, diseñar cimentaciones y comprender el comportamiento geotécnico de un área específica. La información acerca de la densidad del suelo y su resistencia a

la penetración es esencial para llevar a cabo evaluaciones precisas en proyectos de construcción e ingeniería civil.

2.2.4. Resistencia a la abrasión

La resistencia a la abrasión hace referencia a la habilidad de un material para resistir el desgaste o la pérdida de material debido a la fricción, impacto o roce con sustancias abrasivas. Este concepto es especialmente significativo al evaluar materiales empleados en diversas industrias, como la metalurgia, la construcción, la minería, la fabricación de herramientas y la ingeniería de materiales.

Para evaluar la resistencia a la abrasión, se realizan pruebas específicas que reproducen las condiciones en las que un material puede estar expuesto al desgaste en su aplicación práctica. Un ejemplo común es la prueba de abrasión de la rueda de caucho, en la que el material se somete a la acción repetida de partículas abrasivas en condiciones controladas. La resistencia a la abrasión desempeña un papel crucial en la determinación de la durabilidad y la vida útil de materiales como metales, concretos, cerámicas, plásticos y recubrimientos. En sectores como la minería, por ejemplo, los revestimientos de equipos como chutes y tolvas deben mostrar una alta resistencia a la abrasión para resistir el desgaste constante provocado por el transporte de materiales abrasivos. Por lo tanto, la resistencia a la abrasión constituye un parámetro esencial en la selección y diseño de materiales.

Ilustración 12. Simulación de un ensayo de Abrasión de suelos

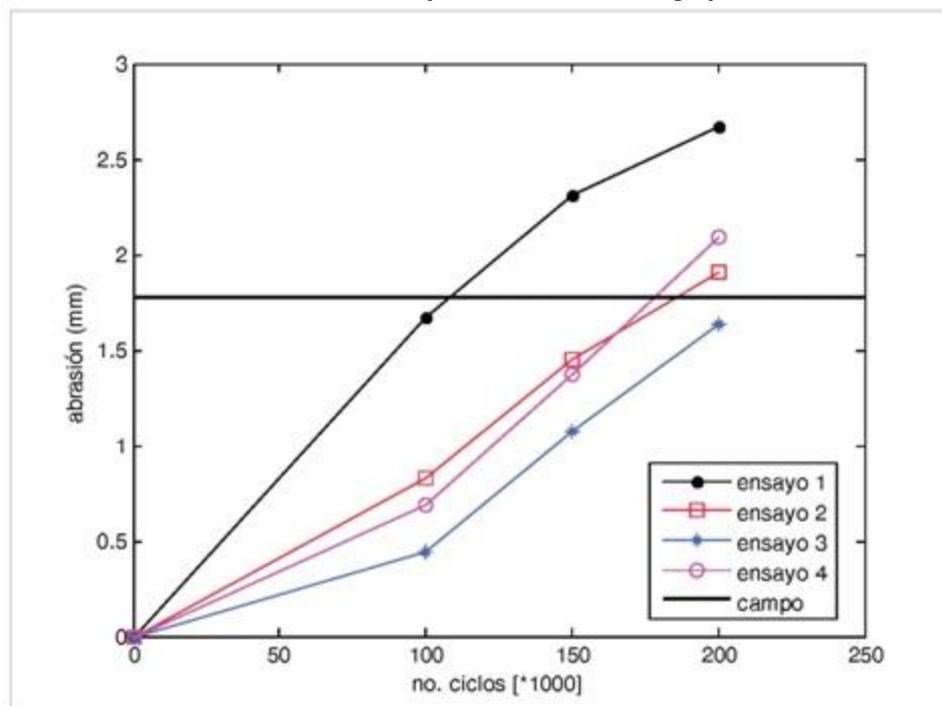


Fuente: (TESTMAK)

Determinar la resistencia a la abrasión del suelo desempeña un papel crucial en proyectos de ingeniería civil y geotecnia. En el ámbito de la construcción de carreteras, la evaluación de la resistencia a la abrasión es esencial para seleccionar materiales adecuados en la capa de pavimentación, garantizando así la durabilidad del pavimento frente al desgaste causado por el tráfico continuo. Además, en el diseño de cimentaciones y estructuras de contención, conocer la resistencia a la abrasión del suelo subyacente permite anticipar posibles impactos en la estabilidad y ayuda a desarrollar estructuras más robustas y duraderas. La resistencia a la abrasión también juega un papel crucial en la industria minera, donde la selección de materiales resistentes es esencial para enfrentar el desgaste constante causado por la maquinaria pesada y el transporte de materiales.

Además de su impacto directo en la ingeniería, la determinación de la resistencia a la abrasión tiene implicaciones ambientales significativas. Materiales más resistentes requieren menos mantenimiento y reparación, lo que puede reducir la generación de residuos y minimizar el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura. En consecuencia, comprender y evaluar la resistencia a la abrasión del suelo no solo asegura la funcionalidad y durabilidad de las estructuras, sino que también contribuye a prácticas constructivas sostenibles y eficientes.

Ilustración 13. Variación del ensayo de abrasión en campo y laboratorio



Fuente. (SCIELO)

El ensayo de abrasión en campo se caracteriza por llevarse a cabo directamente en el sitio o área donde se encuentra el material o suelo de interés. Este método replica las condiciones del entorno real, incorporando factores ambientales como la humedad y la temperatura. Utilizando equipos portátiles adaptados para evaluaciones in situ, este tipo de ensayo se centra principalmente en la evaluación de la resistencia a la abrasión de estructuras existentes, pavimentos u otros elementos en su ubicación original.

Por otro lado, el ensayo de abrasión en gabinete se realiza en un entorno de laboratorio controlado, permitiendo ajustar y mantener constantes las condiciones ambientales. Este enfoque utiliza equipos especializados para evaluar la resistencia a la abrasión bajo condiciones controladas. Las muestras se preparan y se someten a las pruebas en condiciones reproducibles, facilitando la comparación de resultados entre diferentes materiales. Principalmente utilizado en la investigación y desarrollo de nuevos materiales, así como en la evaluación de especificaciones técnicas, este tipo de ensayo en gabinete contribuye significativamente a la comprensión de la resistencia a la abrasión en condiciones controladas. Ambos métodos desempeñan roles importantes en distintos contextos de la ingeniería, complementándose para ofrecer una evaluación integral de la resistencia a la abrasión de materiales.

2.2.5. Plasticidad

Un ensayo de plasticidad de suelo es una prueba de laboratorio diseñada para determinar las propiedades plásticas de un suelo, es decir, su capacidad para cambiar de forma y deformarse sin romperse. Este tipo de ensayo proporciona información valiosa sobre el comportamiento del suelo bajo distintas condiciones de humedad y presión.

Uno de los ensayos de plasticidad más comunes es el "Límite Líquido" o "Índice de Plasticidad", que se realiza de acuerdo con la norma ASTM D4318. En este ensayo, se determina el contenido de agua en el cual una porción de suelo cambia de un estado plástico a uno semilíquido. El resultado se expresa como el porcentaje de humedad en relación con el peso seco del suelo. Otro ensayo relevante es el "Límite Plástico", que mide el contenido de agua en el cual el suelo comienza a comportarse plásticamente. La

diferencia entre el límite líquido y el límite plástico proporciona el Índice de Plasticidad, que es un indicador de la variabilidad en las propiedades de deformación del suelo.

Estos ensayos son fundamentales en la geotecnia y la ingeniería civil, ya que proporcionan información sobre la plasticidad y cohesión del suelo, lo cual es esencial para diseñar cimentaciones, evaluar la estabilidad de taludes, y comprender el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de carga y humedad. Los resultados de los ensayos de plasticidad permiten clasificar los suelos según la escala de Atterberg, proporcionando valiosa información para la planificación y ejecución de proyectos de construcción e ingeniería geotécnica.

Ilustración 14. Instrumentos para un ensayo de limite liquido



Fuente: LabOre

2.2.6. Diseño de Pavimento Rígido

Estos pavimentos están compuestos por: subrasante, subbase y losa. La subrasante es la capa topográfica de la carretera que soporta la estructura de la carretera y se extiende hasta una profundidad que no afecta la carga de diseño para el tráfico esperado, esta capa se puede formar mediante corte o relleno, y después de la compactación debe tener la sección transversal y la pendiente que se muestran en el plano de diseño final. Por otro lado, tenemos la subbase es la capa de estructura de pavimento principalmente responsable de soportar, transmitir y distribuir uniformemente las cargas que actúan sobre la superficie del pavimento, siendo la capa de subbase la que soporta la carga y es capaz de adaptarse a las variaciones inherentes del terreno. Afecta la estructura de los cimientos. La subbase debe controlar los cambios volumétricos y elásticos que afectan negativamente al pavimento, finalmente tenemos la losa o superficie de rodadura, es la capa superior de la estructura vial. Debido a su

alta rigidez y módulo, se basa en la capacidad de carga estructural subyacente, ya que no se utiliza ninguna capa base.

2.2.6.1. Importancia del estudio de suelos

La clasificación de suelos se ha vuelto esencial en la ingeniería geotécnica debido a la diversidad de suelos presentes en la naturaleza. Dada esta variabilidad, se han desarrollado diversos métodos para llevar a cabo esta clasificación. Dos de los métodos más utilizados en la actualidad son el método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

Ambos métodos tienen aplicaciones específicas según las necesidades y usos subyacentes en la ingeniería de suelos. La implementación de estas metodologías ha revelado tendencias interesantes en cuanto a la resistencia a la penetración del suelo. Se ha observado que, a pesar de que los valores absolutos de resistencia a la penetración difieren entre los dos tipos de penetrómetros utilizados (tipo "Chatillon" y "Soiltest"), existe una consistencia en las tendencias. Por ejemplo, se ha notado que los valores medidos en la superficie terrestre son aproximadamente el doble de aquellos obtenidos a una profundidad de 15 cm.

En el caso específico de los penetrómetros tipo "Chatillon" y "Soiltest", se han registrado valores de resistencia a la penetración de 1,60 Mpa y 0.30 Mpa, respectivamente, en la superficie del suelo. En contraste, los valores obtenidos a 15 cm de profundidad fueron de 0.73 Mpa y 0.15 Mpa, respectivamente. Estas observaciones destacan la importancia de comprender la variación en la resistencia a la penetración a diferentes profundidades, proporcionando información valiosa para la caracterización precisa de los suelos en el contexto de proyectos de ingeniería y construcción.

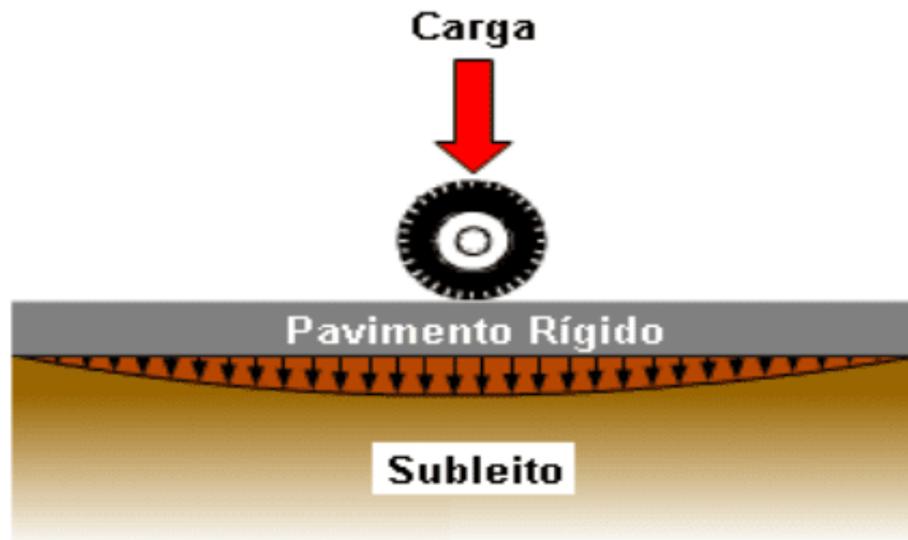
2.2.6.2. Resistencia del pavimento rígido

La resistencia de un pavimento rígido se refiere a la capacidad del pavimento para soportar las cargas aplicadas por vehículos y otros factores sin sufrir deformaciones excesivas ni daños significativos. Los pavimentos rígidos, comúnmente construidos con concreto, son conocidos por su durabilidad y capacidad para resistir las cargas repetidas del tráfico vehicular.

La resistencia del pavimento rígido depende de varios factores, incluyendo la calidad y diseño del concreto utilizado, el espesor adecuado del pavimento, la preparación de la subrasante y otros aspectos de la construcción. La resistencia del pavimento se

evalúa mediante pruebas de carga y análisis estructurales. En términos generales, la resistencia de un pavimento rígido se traduce en su capacidad para mantener su integridad estructural, resistir la formación de grietas y proporcionar una superficie de rodadura duradera. Una resistencia adecuada es esencial para garantizar la seguridad del tráfico y reducir los costos de mantenimiento a lo largo de la vida útil del pavimento.

Ilustración 15. Mecánica de cargas sobre el pavimento rígido generado por el tránsito



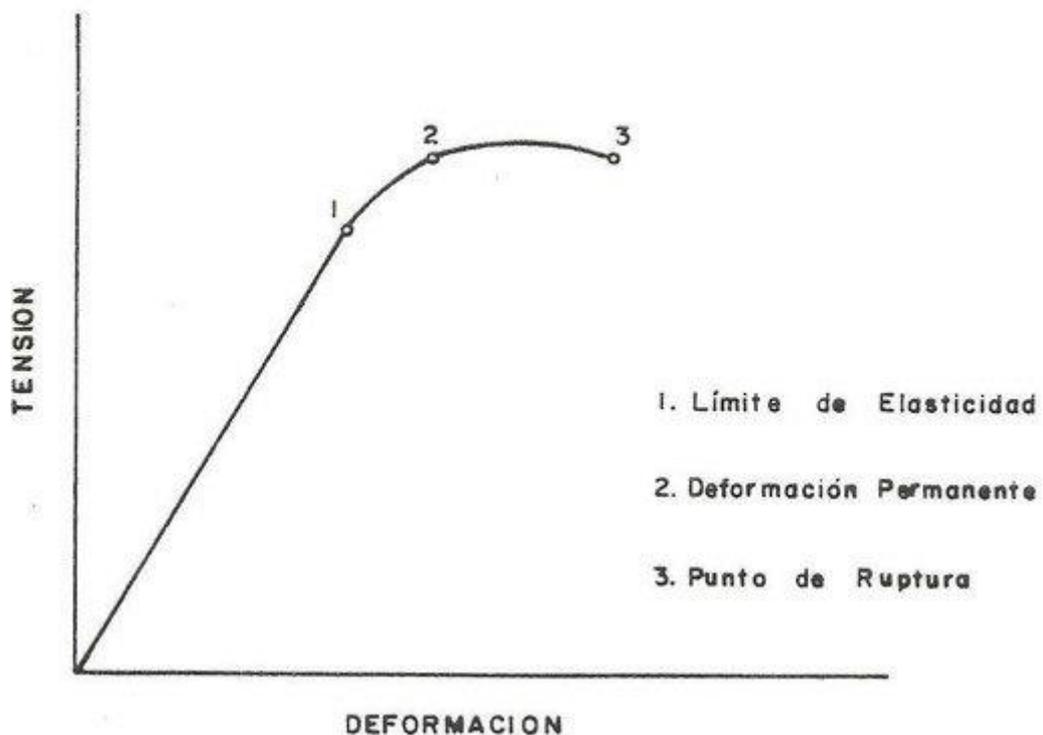
Fuente: Pavimento Rígido

Comprender la resistencia de un pavimento rígido es esencial en la ingeniería de pavimentos y la planificación de infraestructuras por diversas razones. Esta información asegura la seguridad en carreteras al prevenir deformaciones excesivas y agrietamientos que podrían comprometer la estabilidad de la superficie de rodadura. Además, la resistencia adecuada del pavimento contribuye a su durabilidad y vida útil, reduciendo la necesidad de mantenimiento y reparaciones frecuentes. Esto no solo mejora la sostenibilidad a largo plazo de la infraestructura, sino que también resulta en ahorros económicos. La capacidad de anticipar y optimizar el diseño estructural del pavimento en función de su resistencia es crucial para la eficiencia en la construcción y rehabilitación de carreteras. Asimismo, conocer la resistencia del pavimento garantiza la conformidad con especificaciones y normativas, asegurando que la infraestructura cumpla con estándares de calidad y seguridad, fomentando así un funcionamiento seguro y eficiente de las redes viales.

2.2.6.3. Módulo de elasticidad del concreto

El módulo de elasticidad del concreto, también llamado módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal, constituye una propiedad esencial que describe la capacidad del concreto para deformarse elásticamente frente a una carga. Representado comúnmente como "E" y expresado en términos de presión, este parámetro indica la relación entre el esfuerzo aplicado al concreto y la consecuente deformación elástica. En términos más simples, el módulo de elasticidad del concreto cuantifica la habilidad del material para recuperar su forma original después de la aplicación de una carga y sirve como medida de su rigidez frente a deformaciones permanentes. Su valor típico oscila entre 25,000 y 35,000 MPa, aunque puede variar según la mezcla de concreto y las condiciones de curado. Este conocimiento es fundamental en el diseño estructural, influyendo en la distribución de esfuerzos y deformaciones, y es crucial en el análisis de la respuesta estructural ante cargas externas, permitiendo anticipar y diseñar estructuras que cumplen con los estándares de seguridad y rendimiento. La determinación precisa del módulo de elasticidad se lleva a cabo mediante ensayos de laboratorio, como el ensayo de compresión uniaxial, que contribuye a evaluar la calidad del concreto y su comportamiento mecánico.

Ilustración 16. Relación esfuerzo deformación del concreto



Fuente: Concretos Especiales

La relación esfuerzo-tensión en el concreto describe cómo varía la respuesta del material ante fuerzas que buscan estirarlo. Representada por una curva de esfuerzo-deformación, esta gráfica muestra la relación entre la fuerza aplicada por unidad de área y el cambio relativo de longitud en el concreto. Inicialmente, al aplicar una carga, el concreto experimenta una deformación elástica, con una relación lineal en la curva que representa su módulo de elasticidad. A medida que la carga aumenta, el concreto alcanza un punto donde la deformación se vuelve permanente, marcando el límite proporcional. La relación esfuerzo-tensión deja de ser lineal, y conforme se aplica más carga, el concreto llega a su resistencia máxima y eventualmente a su resistencia última, culminando en la fractura del material. Comprender esta relación es crucial en el diseño estructural, permitiendo a los ingenieros evaluar el comportamiento del concreto bajo diversas cargas y asegurando que las estructuras estén diseñadas para resistir las fuerzas previstas sin superar sus límites de resistencia y deformación.

2.2.6.4. Coeficiente de drenaje

El coeficiente de drenaje del suelo, también conocido como coeficiente de permeabilidad, se refiere a la medida de la capacidad de un suelo para permitir el flujo o la circulación del agua a través de sus poros. Este coeficiente es esencial para comprender cómo el agua se desplaza en el suelo y afecta procesos como la infiltración, el drenaje y la recarga de acuíferos.

La permeabilidad del suelo depende de factores como el tipo y tamaño de partículas del suelo, su estructura, contenido de humedad y otros elementos geotécnicos. Se expresa típicamente en términos de velocidad de flujo del agua a través del suelo y se mide en unidades como centímetros por hora (cm/h) o metros por segundo (m/s).

La evaluación del coeficiente de drenaje es crucial en diversas aplicaciones, como la ingeniería geotécnica y civil, la agricultura y la gestión del agua. En la ingeniería, la información sobre la permeabilidad del suelo ayuda a diseñar estructuras de drenaje, como cimientos, carreteras y sistemas de drenaje pluvial. En agricultura, influye en la eficiencia del riego y en la gestión del exceso de agua en campos agrícolas. Además, en la gestión del agua, el conocimiento del coeficiente de drenaje es vital para comprender la recarga y descarga de acuíferos subterráneos. Las pruebas de laboratorio y métodos in situ se utilizan para determinar el coeficiente de drenaje del suelo, brindando información

valiosa para una variedad de aplicaciones relacionadas con el manejo del agua en diferentes contextos.

Tabla 2. Tabla de coeficientes de drenaje para pavimentos rígidos

Calidad de drenaje	P=% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5 %	5% - 25 %	➤ 25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Fuente: Elaboración propia

Conocer el coeficiente de drenaje de un pavimento desempeña un papel fundamental en la ingeniería de pavimentos. Este parámetro es esencial para prevenir problemas como inundaciones y mejorar la seguridad vial al evitar la acumulación de agua en la superficie. Además, contribuye significativamente a la durabilidad del pavimento al prevenir daños como erosión y pérdida de soporte causados por la infiltración del agua en capas inferiores. La consideración del coeficiente de drenaje también ayuda a prevenir problemas geotécnicos al mantener la estabilidad del suelo subyacente. Mejorando la seguridad vial mediante la reducción del riesgo de aquaplaning y optimizando las condiciones de conducción, un buen coeficiente de drenaje no solo garantiza la durabilidad del pavimento, sino que también minimiza la necesidad de intervenciones de mantenimiento, contribuyendo a infraestructuras viales más eficientes y sostenibles.

2.3. Marco conceptual

a) Resistencia a la penetración

Se observan tendencias similares para ambos dispositivos, a pesar de que los valores absolutos de resistencia a la penetración medidos por dos tipos de penetrómetros diferentes. Es decir, en ambos casos encontramos que los valores obtenidos en la superficie terrestre eran casi el doble de los obtenidos a 15 cm. Los valores de resistencia a la penetración en superficie fueron de 1,60 Mpa y 0.30 Mpa

para los penetrómetros en superficie fueron de 1,60 Mpa y 0.30 Mpa para los penetrómetros tipo “Chatillon” y “Soiltest”, respectivamente, mientras que los valores obtenidos a 15 cm fueron de 0.73 Mpa y 0.15 Mpa respectivamente.

b) Abrasión los Ángeles

Esta evaluación se basa en la medición de la degradación de los agregados, la cual resulta de una combinación de diversos impactos, entre ellos, la abrasión generada por esferas, el impacto y la fricción presentes dentro de la máquina de prueba. La interacción de estos factores permite obtener información valiosa sobre la resistencia y durabilidad de los agregados, aspectos cruciales en la caracterización de materiales utilizados en la construcción.

c) Índice de plasticidad

El índice de plasticidad se representa como un porcentaje del peso seco de la muestra de suelo, y su función es indicar el rango de variación del contenido de agua dentro del cual el suelo mantiene su propiedad plástica. En otras palabras, este índice proporciona información sobre la capacidad del suelo para conservar su plasticidad en relación con cambios específicos en su contenido de agua.

d) Coeficiente de Drenaje

El coeficiente de drenaje, constituyendo un elemento esencial en el diseño de sistemas de drenaje, desempeña una función vital al ofrecer detalles sobre la capacidad del suelo para facilitar el flujo de agua. Este coeficiente se describe como el flujo de agua que debe evacuarse por unidad de área, lo que brinda a los ingenieros la capacidad de evaluar la efectividad del sistema de drenaje en la gestión de aguas pluviales y subterráneas. La atención precisa a este parámetro resulta fundamental para asegurar la planificación y dimensión adecuadas de los sistemas de drenaje, contribuyendo así a prevenir complicaciones asociadas con la acumulación de agua y mejorando la sostenibilidad de las infraestructuras.

e) Calidad de drenaje

La eficacia del drenaje en el pavimento rígido permeable se evalúa mediante el tiempo que demora el agua en atravesar la superficie del pavimento hacia el canal de subdrenaje durante eventos de inundación, y según la Guía de AASHTO 93, este tiempo es de 1:36 horas. Este resultado refleja una calidad de drenaje destacada, indicando que el pavimento permeable es altamente eficiente en facilitar la rápida

evacuación del agua, lo cual es crucial durante épocas de lluvias intensas o inundaciones.

f) Módulo de elasticidad

El módulo de un material constituye una indicación de su rigidez, siendo evaluado mediante la aplicación de una fuerza al material y el registro del correspondiente resultado. Posteriormente, es posible calcular el módulo de elasticidad, el cual se obtiene al dividir la tensión aplicada al material por la deformación elástica resultante. Este proceso proporciona una medida cuantitativa de la capacidad del material para resistir deformaciones bajo cargas externas y es fundamental para comprender su comportamiento mecánico.

g) Módulo de Reacción

Para lograr una estimación precisa de los esfuerzos máximos que experimentarán elementos estructurales en contacto continuo con materiales terrosos, como pavimentos, cimientos o traviesas de ferrocarril, es esencial comprender la deformabilidad de la estructura terrosa frente a las cargas aplicadas. Este conocimiento resulta crucial para el diseño y la evaluación de la resistencia de las estructuras, permitiendo una planificación efectiva que garantice la capacidad de la infraestructura para soportar las solicitaciones impuestas.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La sub base granular reforzada con geomallas influye significativamente en dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

3.1.2. Hipótesis específicas

- a) La sub base reforzada con geomallas influye significativamente en la resistencia de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.
- b) La sub base reforzada con geomallas influye significativamente en la elasticidad de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.
- c) La sub base reforzada con geomallas influye significativamente en el coeficiente de drenaje de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual de las variables

a) Variable independiente (X)

Sub base reforzada con geomallas

(Miranda, 2019), Las geomallas proporcionan una alternativa económica al de métodos actualización más costosos que permite mover equipos pesados en áreas demasiado débiles para transportar ese tipo de carga por sí solo.

b) Variable dependiente (Y)

Dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido

(Trejos, Aguiar, & Loria, 2016), para el desarrollo se utiliza dos metodologías de diseño: AASHTO 93, ya que siempre es la que se utiliza en la mayoría de diseños de pavimentos, y también está la metodología mecánica – empírica.

3.2.2. Definición operacional de la variable

a) Variable independiente (X)

Sub base reforzada con geomallas.

La capa estructural del pavimento rígido en el distrito de Chupuro se ha sometido a una significativa mejora mediante la aplicación de un enfoque innovador. En este proceso, hemos destacado la importancia de fortalecer el pavimento mediante la incorporación estratégica de geomallas. Este enfoque no solo busca resaltar la eficacia del refuerzo con geomallas, sino también evidenciar su impacto en las propiedades físicas del pavimento.

Esta presente variable independiente del potencial de expansión de suelos se operacionaliza mediante tres dimensiones:

- Resistencia a la penetración
- Resistencia a la abrasión
- Plasticidad

A su vez cada una de estas dimensiones disponen de un indicador.

b) Variable Dependiente (Y)

Dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido.

La determinación del espesor del pavimento rígido se convertirá en un proceso integral, influenciado de manera significativa por la adición estratégica de geomallas en su diseño. Esta mejora no solo se centra en la optimización de las capacidades estructurales, sino que también busca elevar el rendimiento general del pavimento. La obtención del espesor adecuado será el resultado de un análisis exhaustivo que abarcará diversas dimensiones clave, asegurando así una planificación precisa y un diseño robusto.

La presente variable dependiente del dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido, se operacionaliza mediante tres dimensiones:

- D1: Resistencia
- D2: Elasticidad
- D3: Coeficiente de drenaje

A su vez cada una de estas dimensiones presentadas dispone de un indicador.

3.2.3. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
1: Variable Independiente Sub base reforzada con geomallas	Sub base reforzada con geomallas Las geomallas proporcionan una alternativa económica al de métodos actualización más costosos que permite mover equipos pesados en áreas demasiado débiles para transportar ese tipo de carga por sí solo. (Miranda, 2019).	La variable VI 1: Capa estructural del pavimento rígido ubicado en el distrito de Chupuro, en ello buscamos enfatizar y demostrar la influencia al reforzar con geomallas el pavimento y conlleva a realizar ensayos que puedan demostrar los cambios y propiedades físicas como la resistencia a la abrasión, penetración y plasticidad. Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.	D1: Resistencia a la penetración D2: Resistencia a la abrasión D3: Plasticidad	CBR al 100 por ciento de la MDS a 0.1 pulgadas de penetración	Ensayo en laboratorio	Intervalo
				Abrasión los ángeles	Ensayo en laboratorio	Intervalo
				Índice de plasticidad	Ensayo en laboratorio	Intervalo
2: Variable Dependiente Dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido	Dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido. (Trejos, Aguiar, & Loria, 2016), para el desarrollo se utiliza dos metodologías de diseño: AASHTO 93, ya que siempre es la que se utiliza en la mayoría de diseños de pavimentos y también está la metodología mecanísticas – empírica.	La variable VD 2: El espesor del pavimento rígido se dará como resultado de la influencia que tenga está en sus capacidades estructurales al adicionar geomallas en su diseño, este se llegará a obtener analizando las siguientes dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> • D1: Resistencia • D2: Elasticidad • D3: Coeficiente de drenaje Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.	Resistencia	Módulo de reacción	Ensayo en laboratorio	Intervalo
			Elasticidad	Módulo de elasticidad del concreto	Ensayo en laboratorio	Intervalo
			Coeficiente de drenaje	Calidad de drenaje	Ensayo en laboratorio	Intervalo

Tabla 3. Operacionalización de Variables

IV. METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

3.1.1. Método general

Según (Ricardo, 2018), este método es característico por observar de una manera ordenada un conjunto de reglas y etapas que cambian el procedimiento para llevar a cabo una buena investigación con el fin de obtener buenos resultados que sean buenos, aceptables y válidos.

Está presente investigación busca analizar la influencia de la subbase que esta reforzada con geomallas en el dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido

Por lo tanto, el método que se empleó en la presente investigación fue el método cuantitativo.

3.1.2. Método específico

Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2020), este es un método de investigación utilizado principalmente para la producción de conocimiento en ciencia. Para ser llamados científicos, los métodos de investigación deben ser empíricos y estar basados en mediciones y seguir ciertos principios de prueba de inferencia.

El método de investigación general utilizado en este trabajo es el método científico de desarrollar el tamaño óptimo del paquete estructural reforzado con geomalla, tomando en cuenta la rigidez de la base granular en un desarrollo ordenado y secuencial. Realizamos el análisis y luego en el marco de la discusión, describimos el esquema resultante de la evaluación de la geomalla de la estructura.

Según las consideraciones en la presente investigación se aplica el siguiente método específico de investigación: **inductivo – deductivo.**

3.2. Tipo de investigación

Según (Nicomedes, 2018), se denomina aplicadas; porque a partir de investigaciones básicas o fundamentales en las ciencias físicas o formales, se formulan problemas o hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la vida productiva de la sociedad.

El tipo de investigación desarrollada es aplicable porque se centra en una vía específica que desarrolla la influencia de geomallas en el sustrato granular del paquete estructural, que incluye un modelo de interacción suelo-estructura. Posteriormente se comparará este camino con la rigidez, número de estructuras y calidad del drenaje en uso.

En el presente plan de tesis, según estas deliberaciones presenta una investigación de **tipo aplicativo.**

3.3. Nivel de la investigación

Según (Sánchez, Reyes, & Mejía, 2018), los estudios de correlación son un tipo de investigación no experimental en la que los investigadores miden dos variables. Comprender y evaluar relaciones estadísticas entre ellas sin la influencia de variables irrelevantes.

Nivel de correlación para investigar, calcular y analizar numéricamente los informes de diseño estructural recopilados y compararlos con los resultados obtenidos al adicionar geomallas en su estructura.

Bajo estas observaciones la investigación corresponde al **nivel correlacional.**

3.4. Diseño de la investigación

Según (Dzul Escamilla, 2020), es una operación realizada sin manipular intencionalmente un variable. Se basa básicamente en observar y analizar fenómenos que ocurren en situaciones naturales.

También se le llama observacional o no experimental, porque los cálculos se realizan utilizando formulas ya definidas para el diseño del edificio y las variables bajo investigación tampoco se modifican.

Basados en estos criterios la actual investigación a emplear será un diseño **experimental.**

Su esquema es:

M -----O

Donde:

M = Muestra

O = Observaciones

3.5. Población y muestra

Es crucial que la muestra sea lo suficientemente representativa para garantizar que los resultados obtenidos en la investigación puedan extrapolarse de manera válida a toda la población de pavimentos rígidos en Chupuro. Esto proporcionará una base sólida para las conclusiones y recomendaciones relacionadas con el dimensionamiento del espesor de la losa del pavimento rígido en el contexto específico de la inclusión de geomallas en la sub base.

3.5.1. Población

Según (Armijo, y otros, 2020), nos dice que una población, o más específicamente una población objetivo, se refiere a un conjunto finito o infinito de elementos con

Es una muestra no aleatoria para evaluar la relación existente entre los resultados del modelamiento de base empotrado e interacción suelo-estructura de una edificación irregular.

Se tiene una población de 20 muestras de suelos los cuales, habiendo analizado el nivel de confianza, la probabilidad de éxito de los ensayos, probabilidad de fracaso de la investigación, el nivel de error que tendrá y con ello obtenemos 10 muestras de suelos, las cuales serán sometidas a los ensayos.

Tabla 4. Valores para determinar la muestra

CONSTANTE	DATOS
p	0.72
Z	0.39
q	0.51
N	30
E	0.09
n	10.29

Fuente. Elaboración Propia

3.5.2. Muestra

Conforme con (Carrasco Díaz, 2006) menciona que la muestra es considerada un subconjunto del universo o una parte representativa, peculiar o característica de la población de estudio. Se implementó un proceso de muestreo que abarcó diversas áreas de la localidad, asegurando una cobertura adecuada de los diferentes contextos en los que se espera evaluar la influencia de la sub base reforzada con geomallas. La selección incluyó tramos urbanos y suburbanos, así como segmentos de pavimento expuestos a distintos niveles de carga y condiciones climáticas.

Para la determinación de la muestra para la investigación nos basamos en la formula:

Donde:

$$n = \frac{Z^2 PQ * N}{E^2 (N - 1) + Z^2 * pq} = 10$$

Ecuación 1. Ecuación para trabajo de muestras

n=muestra

Z=nivel de confianza, 97%/ 2=48.5%/100=0.485

P= probabilidad de éxito: 80%/100=0.8

q=probabilidad de fracaso,37%/100=0.37

E=nivel de error, 8% / 100=0.08

N= población

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Según (Ñaupas, Mejia, Novoa, & Villagomez, 2014), Las técnicas de investigación, entendidas como procedimientos, tipos o medios específicos para obtener datos o información, desempeñan un papel crucial en la ejecución de estudios científicos. En el contexto de este proyecto, se ha optado por la observación directa como un método de visualización sistemática destinado a la recolección de datos. Este enfoque, meticulosamente diseñado, abarca el procesamiento detallado de la información recopilada y constituye la base para los resultados derivados del análisis estructural del suelo.

La elección de la observación directa como técnica principal implica una inmersión profunda en el entorno de estudio, permitiendo una captura detallada de las características del suelo. Este método no solo facilita la obtención de datos visuales, sino que también contribuye a la comprensión holística de la estructura del suelo en cuestión.

3.6.2. Instrumentos

Según (Castillo Bustos, 2021), una herramienta de recopilación de datos se define como cualquier recurso, dispositivo o formato estratégicamente seleccionado y necesario para la obtención, registro o almacenamiento de información. En el contexto de esta investigación, se opta por utilizar fichas de registro de datos como una forma especializada y efectiva de recopilar información valiosa de manera estructurada y detallada.

Estas fichas de registro de datos se han diseñado con el propósito específico de consignar de manera organizada y minuciosa la información más relevante e importante relacionada con el objeto de estudio. Cada ficha se convierte en una herramienta esencial que facilita el proceso de recopilación, permitiendo la captura eficiente de datos clave. Al utilizar este método, se garantiza una recopilación sistemática y coherente de la información, asegurando que los datos obtenidos sean precisos y estén listos para someterse a un análisis detallado.

3.7. Técnicas y análisis de datos

En el desarrollo del procedimiento de investigación, se han contemplado dos fases fundamentales: la etapa estadística y la fase pro balística. La primera etapa, de naturaleza estadística, implica el análisis y la interpretación de datos recopilados, permitiendo identificar patrones, tendencias y relaciones relevantes. Por otro lado, la fase pro balística se centra en la aplicación de principios balísticos para examinar y comprender fenómenos específicos, incorporando herramientas y métodos especializados para estudiar aspectos particulares del proceso de investigación. La combinación de ambas etapas proporciona un enfoque integral y riguroso que aborda tanto los aspectos cuantitativos como cualitativos del estudio, asegurando así una metodología robusta y completa para alcanzar los objetivos de la investigación.

3.7.1. Pre campo

Para llevar a cabo una investigación sobre la "Influencia de sub base reforzada con geomallas en el dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023", es crucial realizar una serie de ensayos de pre campo que proporcionen información detallada sobre las condiciones del suelo, la resistencia del pavimento existente y otros factores

relevantes. Aquí te presento una descripción detallada de algunos ensayos de pre campo que podrías considerar:

- **Ensayos Geotécnicos:**

Muestreo de Suelos: Realizar perforaciones para obtener muestras representativas de los suelos en la zona de estudio. Estos se analizarán en laboratorio para determinar propiedades como la granulometría, la plasticidad y la compactación, lo que ayudará a comprender las características del suelo y su capacidad de carga.

Ensayos de Penetración Estándar (SPT): Medir la resistencia del suelo a través de la realización de perforaciones con un martillo estándar y registrando la energía necesaria para penetrar en el suelo. Esto proporcionará información sobre la resistencia a la compresión del suelo a diferentes profundidades.

- **Ensayos de Pavimento Existente:**

Deflexiones de Pavimento: Utilizar deflectómetros para medir las deflexiones del pavimento existente en diferentes tramos. Estas mediciones ayudarán a evaluar la capacidad estructural actual del pavimento rígido y proporcionarán datos de referencia para comparar con el pavimento reforzado con geomallas.

- **Ensayos Específicos para Geomallas:**

Caracterización de Geomallas: Evaluar las propiedades mecánicas de las geomallas que se utilizarán, incluyendo resistencia a la tracción, rigidez y durabilidad. Estos ensayos son fundamentales para comprender cómo las geomallas pueden afectar positivamente la capacidad estructural del pavimento.

- **Ensayos de Condiciones Ambientales:**

Análisis Climático: Recopilar datos climáticos locales, incluyendo temperaturas extremas, niveles de precipitación y ciclos de congelación y descongelación. Estos factores pueden influir en la durabilidad y desempeño del pavimento.

3.7.2. Campo

Evaluación de la interacción dinámica suelo-estructura en el comportamiento de una edificación irregular con zapatas aisladas.

La realización de ensayos de campo es esencial para comprender las condiciones específicas del sitio y evaluar cómo la sub base reforzada con geomallas influye en el dimensionamiento del espesor de la losa del pavimento rígido en Chupuro en 2023. A

continuación, se describen diversos ensayos de campo que podrían considerarse en este contexto:

- **Mediciones de Deflexiones In Situ:**

Utilizar deflectómetros de impacto o placas de carga para evaluar las deflexiones del pavimento en distintos tramos. Estos datos proporcionarán información crucial sobre la capacidad estructural del pavimento existente y permitirán la comparación entre el comportamiento antes y después de la introducción de la sub base reforzada con geomallas.

- **Ensayos de Carga Dinámica:**

Aplicar cargas dinámicas controladas a secciones específicas del pavimento y medir las respuestas estructurales. Esto permitirá evaluar la capacidad de carga y la resistencia a la fatiga del pavimento con y sin geomallas.

- **Pruebas de Desempeño Bajo Cargas Repetidas:**

Someter al pavimento a ciclos repetidos de carga para simular condiciones de tráfico a largo plazo. Observar y registrar las deformaciones acumulativas para evaluar la resistencia a la fatiga y la durabilidad del pavimento reforzado con geomallas.

- **Monitoreo de Movimientos del Suelo:**

Instalar sensores para medir los cambios en la inclinación y desplazamiento del suelo bajo el pavimento. Estos datos proporcionarán información sobre cómo la incorporación de geomallas en la sub base afecta la estabilidad del suelo y la distribución de las cargas.

- **Mediciones de Deformación Superficial:**

Utilizar extensómetros y otros dispositivos para medir las deformaciones superficiales del pavimento durante diferentes condiciones de carga. Estas mediciones son esenciales para comprender cómo se distribuyen las tensiones y deformaciones en la losa del pavimento.

La combinación de estos ensayos de campo proporcionará una visión integral de la influencia de la sub base reforzada con geomallas en el dimensionamiento del espesor de la losa del pavimento rígido en Chupuro en 2023, permitiendo la obtención de datos valiosos para el análisis y diseño efectivo del pavimento.

3.7.3. Gabinete

- Procesamiento de datos.
- Calculo con resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

3.7.4. Elaboración de informe

- Elaboración del marco teórico.
- Elaboración del marco metodológico.
- Redacción de los resultados, discusiones, conclusiones, recomendaciones y anexos.

3.8. Validez y confiabilidad del instrumento de investigación

3.8.1. Validez

Según (Relloso Chacin, 2021), la validez describe con qué precisión un instrumento controla lo que se está midiendo. Esto se interpreta como qué también la medición representa el concepto o variable que se está midiendo.

Por esta razón, se debe involucrar a tres ingenieros civiles expertos en el campo de la construcción vial para validar las herramientas de recolección de datos para el estudio desde su perspectiva.

Tabla 5. Rangos y Magnitudes de validez

RANGOS	MAGNITUD
0.53 a menos	Validez nula
0,54 a 0.59	Validez baja
0,60 a 0.65	Validez
0,66 a 0.71	Muy válida
0,72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: Relloso Chacin, Rafael (2021)

3.8.2. Confiabilidad

De acuerdo con (Vásquez, 2020), La confiabilidad de un instrumento de medición se manifiesta en la consistencia y uniformidad de sus resultados a lo largo de múltiples aplicaciones en un mismo individuo u objeto. En otras palabras, este concepto se vincula estrechamente con la capacidad del instrumento para generar mediciones idénticas o altamente consistentes al ser utilizado repetidamente en situaciones similares.

Cuando nos referimos a la confiabilidad de un instrumento, estamos enfocándonos en la capacidad del mismo para mantener una precisión constante y replicable,

independientemente de las circunstancias o el momento en que se realiza la medición. Un instrumento confiable inspira confianza en la validez de sus resultados, ya que demuestra coherencia en su desempeño a lo largo del tiempo y en diversas condiciones.

Tabla 6. Rangos y Magnitudes de Confiabilidad

Intervalo al que pertenece el coeficiente alfa de Cronbach	Valoración de la fiabilidad de los ítems analizados
[0, 0, 5]	Inaceptable
[0, 5; 0, 6]	Pobre
[0, 6; 0, 7]	Débil
[0, 7; 0, 8]	Aceptable
[0, 8; 0, 9]	Bueno
[0, 9; 1]	Excelente

Fuente: Vásquez Rodríguez (2020)

3.9. Método de análisis de datos

En la gestión de la recopilación de datos de laboratorio, se implementa un enfoque estructurado mediante el empleo de un programa Excel para la precisa definición de tablas y la creación de gráficas detalladas. Este programa proporciona una plataforma versátil que facilita la organización eficiente de los datos y su presentación visual, permitiendo una comprensión más clara de los patrones y tendencias emergentes.

Adicionalmente, se utiliza el programa SPSS con el propósito de llevar a cabo un análisis paramétrico más profundo y riguroso. Este software especializado no solo permite correlacionar los coeficientes derivados de la investigación, sino que también posibilita una exploración más avanzada de las relaciones estadísticas entre las variables, proporcionando así una base analítica robusta para la interpretación de los resultados previamente mencionados. La combinación de Excel y SPSS asegura una gestión integral y efectiva de los datos recopilados en el laboratorio, garantizando un enfoque analítico riguroso en la investigación.

3.10. Aspectos éticos

En el ámbito ético, la presente tesis se compromete de manera integral a observar y respetar rigurosamente las normativas establecidas por la Universidad Peruana los Andes en cuanto a la correcta citación bibliográfica y referencias de fuentes en línea. Se garantiza la aplicación meticulosa de estos estándares para asegurar la integridad académica y la transparencia en el reconocimiento de las fuentes utilizadas.

Asimismo, esta investigación se compromete de manera enfática a adherirse a los más altos estándares de originalidad y honestidad académica. Se descarta categóricamente cualquier forma de copia o plagio, reafirmando la voluntad de producir un trabajo genuino, único y auténtico. Esta postura ética no solo es una exigencia académica, sino también un compromiso fundamental con la integridad intelectual y la contribución valiosa al conocimiento en la disciplina abordada.

V. RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

El diseño tecnológico para la investigación sobre la "Influencia de sub base reforzada con geomallas en el dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023" se destaca por la implementación de herramientas avanzadas. Se emplearán sistemas de monitoreo en tiempo real para registrar deformaciones y condiciones climáticas, tecnologías de georreferenciación para cartografía precisa, software de modelado tridimensional, técnicas de análisis por elementos finitos, instrumentos especializados como extensómetros, estudios de resistividad del suelo, plataformas de colaboración en la nube y tecnologías de drones. Este enfoque integral permitirá un análisis detallado de la influencia de la sub base reforzada con geomallas en el dimensionamiento del pavimento en Chupuro en 2023.

5.2. Descripción de resultados

5.2.1. Sub base reforzada con geomallas

La sub base reforzada con geomallas es una forma de mejorar la resistencia de las carreteras. En lugar de simplemente poner capas de materiales, se añaden redes fuertes (geomallas) a la base de la carretera. Estas redes ayudan a distribuir mejor el peso de los vehículos, evitando que la carretera se deteriore rápidamente. También ayudan a prevenir grietas y agujeros, haciendo que la carretera dure más tiempo y requiera menos reparaciones. En resumen, es una manera de hacer que las carreteras sean más fuertes y duraderas.

5.2.1.1. Resistencia a la penetración – (%)

La resistencia a la penetración se refiere a la medida de la oposición que presenta un material a ser perforado o penetrado por un objeto puntiagudo o una sonda. En términos técnicos, este parámetro se cuantifica mediante ensayos específicos, como el ensayo de penetración estándar (SPT) en geotecnia o la prueba de dureza Vickers en metalurgia. Estos ensayos utilizan una sonda o penetrador para aplicar una carga controlada sobre la superficie del material y miden la profundidad o la huella resultante. La resistencia a la penetración proporciona información valiosa sobre las propiedades mecánicas y la cohesión del material, siendo esencial en disciplinas como la ingeniería civil, la geología y la metalurgia para evaluar la idoneidad y la estabilidad de diferentes suelos y materiales.

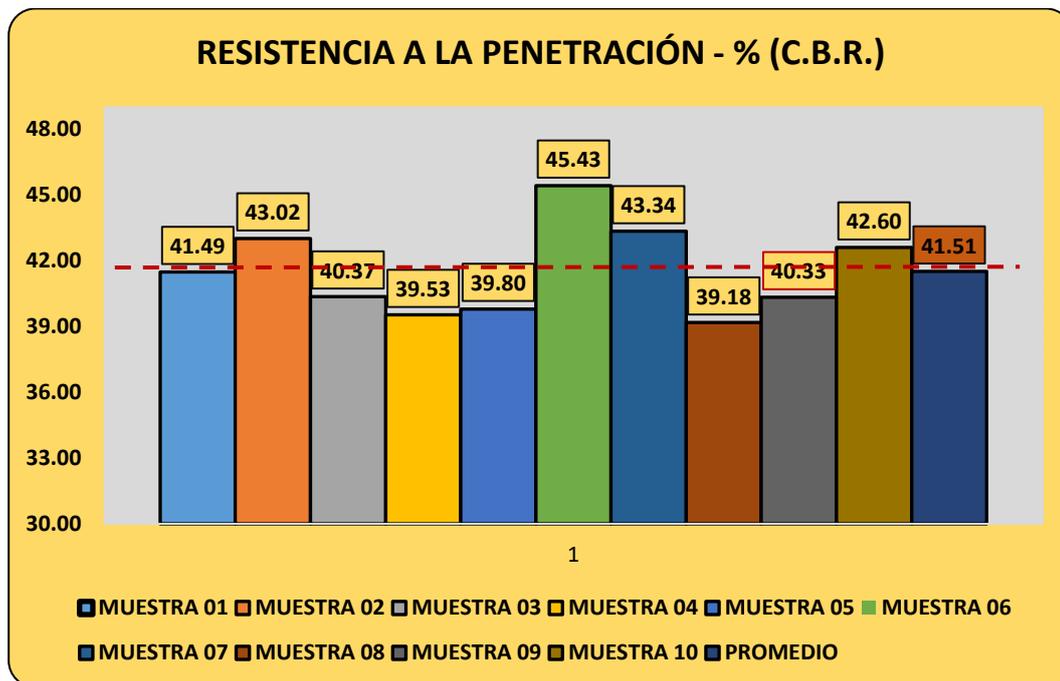
Tabla 7..Resultados de los ensayos de resistencia la penetracion de las muestras

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (%)	RESULTADO
M-01	41.49
M-02	43.02
M-03	40.37
M-04	39.53
M-05	39.80
M-06	45.43
M-07	43.34
M-08	39.18
M-09	40.33
M-10	42.60
PROMEDIO	41.51

Fuente: Elaboración propia

La tabla presenta una serie de valores numerados del M-01 al M-10, seguidos por un promedio. Estos números representan mediciones o datos recopilados en un conjunto de 10 observaciones o muestras. La interpretación de estos valores sugiere que hay variabilidad en los datos individuales, con mediciones que oscilan entre 39.18 y 45.43. El promedio general de estas mediciones es de 41.51. En términos simples, la tabla proporciona una visión general de las mediciones individuales y su promedio, siendo útil para comprender la tendencia central de los datos y la variabilidad en torno a ese promedio.

Ilustración 17. Gráfico de resistencia a la penetración de las muestras analizadas



Fuente: Elaboracion propia

El gráfico nos muestra los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la penetración aplicados a las 10 muestras las cuales fueron sometidas a ensayos de resistencia a la penetración y obtuvimos como promedio de muestras 41.51%, de la cual analizamos como la muestra con un coeficiente de resistencia mejor de 39.18% el cual respecto al promedio varía un 2.33% y la muestra más alta se encuentra a 45.43 respecto del promedio determinado.

5.2.1.2. Resistencia a la abrasión (%)

La resistencia a la abrasión es una propiedad mecánica que evalúa la capacidad de un material para resistir el desgaste provocado por la fricción y la acción repetida de partículas abrasivas. Este fenómeno es común en situaciones donde un material está expuesto a roces continuos o contacto con partículas duras, como en maquinaria, componentes industriales y superficies expuestas al desgaste. La medición de la resistencia a la abrasión se realiza mediante ensayos específicos, como el ensayo de abrasión Taber o el ensayo de rueda de caucho, donde se somete al material a condiciones simuladas de desgaste. Los resultados se expresan generalmente en términos de pérdida de peso o volumen. Una alta resistencia a la abrasión indica que el material es menos propenso a

desgastarse prematuramente, siendo una propiedad crucial en la selección de materiales para aplicaciones donde la durabilidad y la resistencia al desgaste son fundamentales.

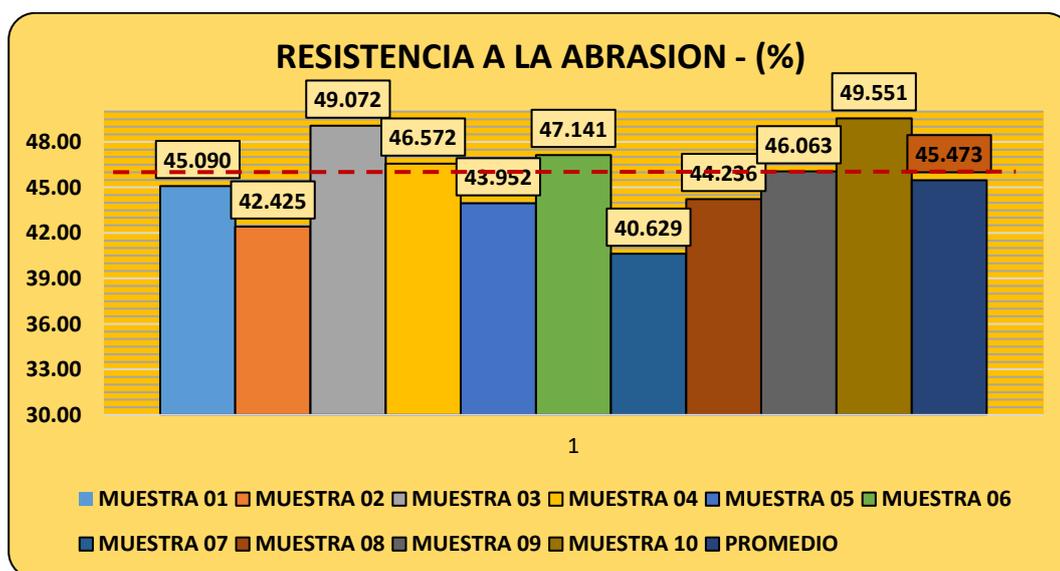
Tabla 8. Resultados de ensayos de resistencia ala abrasion de 10 muetsras de suelo

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	RESULTADO (gr/cc)
M-1	45.090
M-2	42.425
M-3	49.072
M-4	46.572
M-5	43.952
M-6	47.141
M-7	40.629
M-8	44.236
M-9	46.063
M-10	49.551
PROMEDIO	45.473

Fuente: Elaboración propia

La tabla proporciona resultados de resistencia a la abrasión para un conjunto de 10 mediciones, identificadas como M-1 hasta M-10, junto con un valor promedio general. Los resultados individuales varían entre 40.629 y 49.551. La resistencia a la abrasión es una medida de la capacidad de un material para resistir el desgaste debido a la fricción y al contacto con partículas abrasivas. En este caso, los valores indican diferentes niveles de resistencia a la abrasión para las muestras evaluadas. El promedio general de resistencia a la abrasión en este conjunto específico es de 45.473.

Ilustración 18. Variación gráfica de resultados del ensayo de resistencia ala abrasión de las muestras



Fuente: Elaboración propia

El gráfico nos muestra los resultados obtenidos del ensayo de abrasión a la penetración aplicados a las 10 muestras las cuales fueron sometidas a ensayos de resistencia a la penetración y obtuvimos como promedio de muestras 45.473%, de la cual analizamos como la muestra con un coeficiente de resistencia mejor de 40.629% el cual respecto al promedio varía un 4.844% y la muestra más alta se encuentra a 4.078% respecto del promedio determinado.

5.2.1.3. Plasticidad

La plasticidad de un suelo se refiere a su capacidad para deformarse sin romperse cuando se aplica una fuerza, siendo esta propiedad especialmente asociada a la presencia de arcilla en el suelo. Los suelos altamente plásticos son más maleables y pueden ser modelados con facilidad, mientras que los suelos con baja plasticidad son más rígidos. Esta característica es crucial en la ingeniería geotécnica para evaluar la idoneidad del suelo en la construcción de cimientos y estructuras, ya que los suelos altamente plásticos pueden experimentar cambios significativos de volumen con variaciones en la humedad, lo que podría afectar negativamente la estabilidad de las construcciones. Además, la plasticidad influye en la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, siendo un factor importante en la agricultura.

Tabla 9 Resultados de ensayos de plasticidad de 10 muestras de suelo

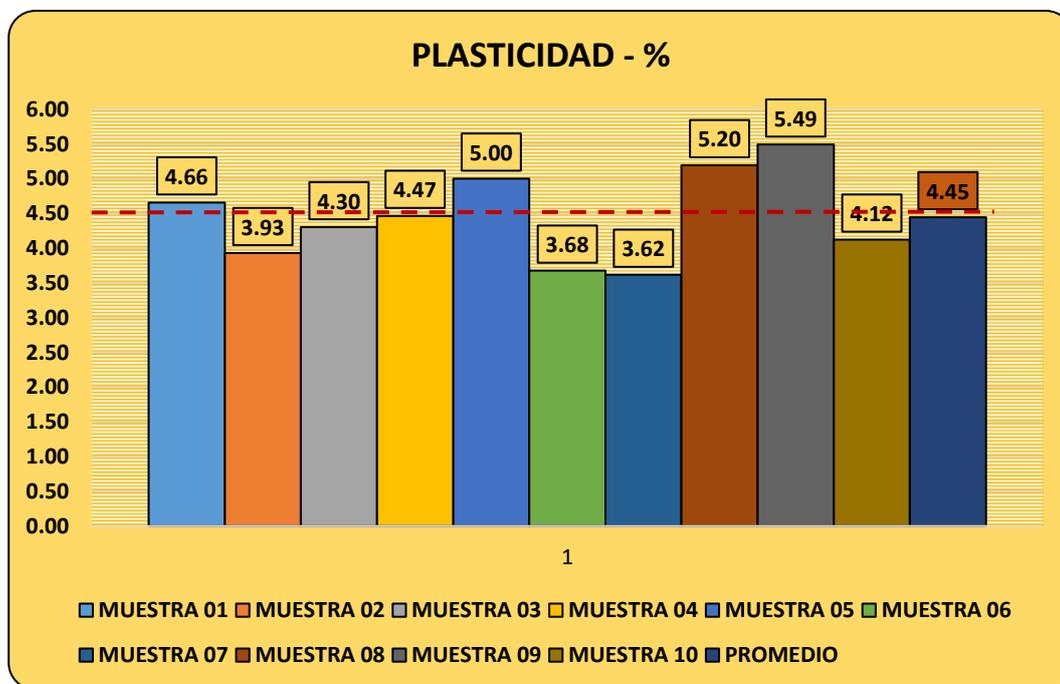
INDICE DE PLASTICIDAD	RESULTADO (%)
M-1	4.66
M-2	3.93
M-3	4.30
M-4	4.47
M-5	5.00
M-6	3.68
M-7	3.62
M-8	5.20
M-9	5.49
M-10	4.12
PROMEDIO	4.45

Fuente: Elaboración propia

La tabla presenta resultados del Índice de Plasticidad para un conjunto de 10 mediciones, identificadas como M-1 hasta M-10, junto con un valor promedio general. El Índice de Plasticidad es una medida que indica la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo, reflejando su capacidad para deformarse sin romperse. En este

caso, los resultados individuales varían entre 3.62% y 5.49%. El promedio general del Índice de Plasticidad para este conjunto específico es de 4.45%. Estos datos son cruciales en la clasificación de suelos y proporcionan información valiosa para la ingeniería geotécnica.

Ilustración 19. Variación de muestras de ensayo de plasticidad



Fuente: Elaboración propia

Un Índice de Plasticidad más alto sugiere que el suelo es más maleable, mientras que valores más bajos indican menor deformabilidad. Esta información es esencial para comprender la aptitud del suelo en diversas aplicaciones, desde la construcción hasta la agricultura.

5.2.2. Dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido

Los resultados obtenidos en el subtema de dimensionamiento del espesor de la losa del pavimento rígido revelan información clave sobre la resistencia y capacidad estructural del pavimento analizado. A través de ensayos y evaluaciones específicas, se ha determinado el espesor óptimo necesario para garantizar la durabilidad y el rendimiento adecuado del pavimento. Estos resultados no solo respaldan la efectividad de la sub base reforzada con geomallas en el mejoramiento de la resistencia del pavimento, sino que también proporcionan datos valiosos para orientar el diseño y la construcción eficientes de pavimentos rígidos en la ubicación específica de Chupuro. Este subtema contribuye

significativamente al entendimiento integral de la influencia de la sub base reforzada con geomallas en la estructura y rendimiento del pavimento en la mencionada ubicación.

5.2.2.1. Objetivo específico 01 – Resistencia de la losa

Los resultados que se presentan a continuación, en términos de resistencia a la compresión, ofrecen una visión detallada de la eficacia de esta técnica y su impacto potencial en la optimización del diseño de pavimentos en esta ubicación específica. Estos hallazgos no solo contribuyen al conocimiento técnico en el campo de la ingeniería vial, sino que también ofrecen orientación práctica para futuros proyectos de construcción y mantenimiento de carreteras en la región.

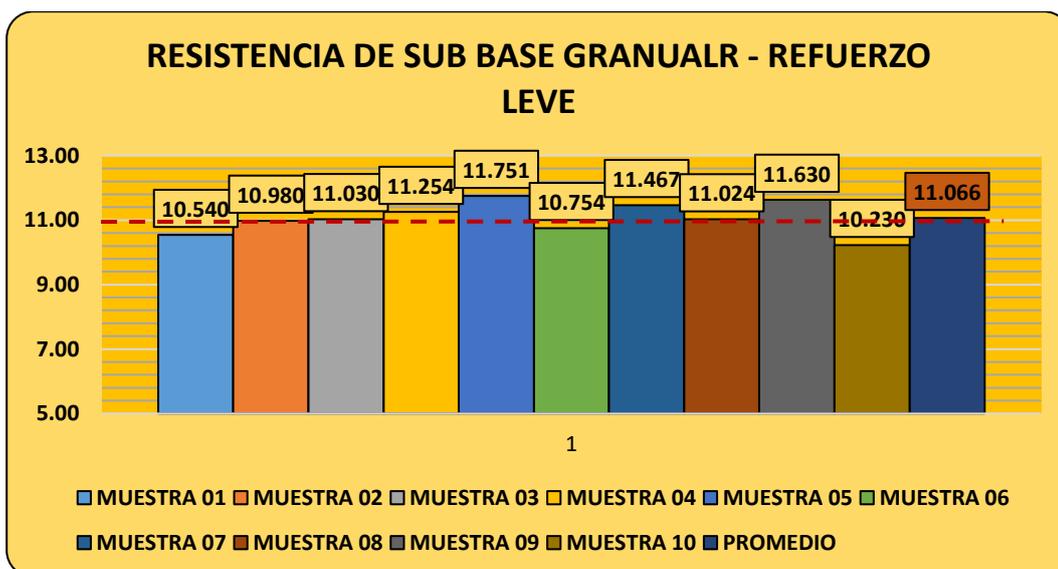
Tabla 10 Resultados de ensayos de Resistencia evaluado en funcion al grado de refuerzo que se tendra

BASE GRANULAR REFORZADA CON GEOMALLAS	MUES TRA 01	MUES TRA 02	MUES TRA 03	MUES TRA 04	MUES TRA 05	MUES TRA 06	MUES TRA 07	MUES TRA 08	MUES TRA 09	MUES TRA 10	PROM EDIO
REFUERZO LEVE	10.540	10.980	11.030	11.254	11.751	10.754	11.467	11.024	11.630	10.230	11.066
REFUERZO MODERADO	12.068	13.567	12.098	14.942	12.975	13.651	14.782	13.206	13.048	14.029	13.437
REFUERZO MODERADAMENTE SEVERO	15.678	16.297	17.035	16.980	15.847	16.302	16.994	15.876	16.812	15.320	16.314
REFUERZO SEVERO	18.540	19.345	17.354	18.098	19.452	17.932	18.245	19.762	18.005	19.940	18.667

Fuente: Elaboración propia

La tabla presenta resultados de resistencia para distintos niveles de refuerzo con geomallas en una base granular destinada al pavimento. Se han evaluado cuatro niveles de refuerzo (Leve, Moderado, Moderadamente Severo y Severo), cada uno con diez muestras (Muestra 01 a Muestra 10), y se ha calculado el promedio de resistencia para cada categoría. Los resultados muestran que, a medida que se incrementa el nivel de refuerzo, la resistencia general aumenta. En el caso del Refuerzo Leve, la resistencia varía de 10.230 a 11.751, con un promedio de 11.066, evidenciando una uniformidad relativa. El Refuerzo Moderado exhibe una mayor variabilidad, con valores que oscilan entre 12.068 y 14.942 y un promedio de 13.437. La categoría de Refuerzo Moderadamente Severo presenta resistencias más altas (de 15.320 a 17.035, promedio de 16.314), mientras que el Refuerzo Severo muestra la resistencia más alta, con valores de 17.354 a 19.940 y un promedio de 18.667. Estos resultados sugieren una mejora en la resistencia de la base granular con el uso de geomallas, si bien es crucial considerar la variabilidad presente en cada nivel de refuerzo al interpretar los datos.

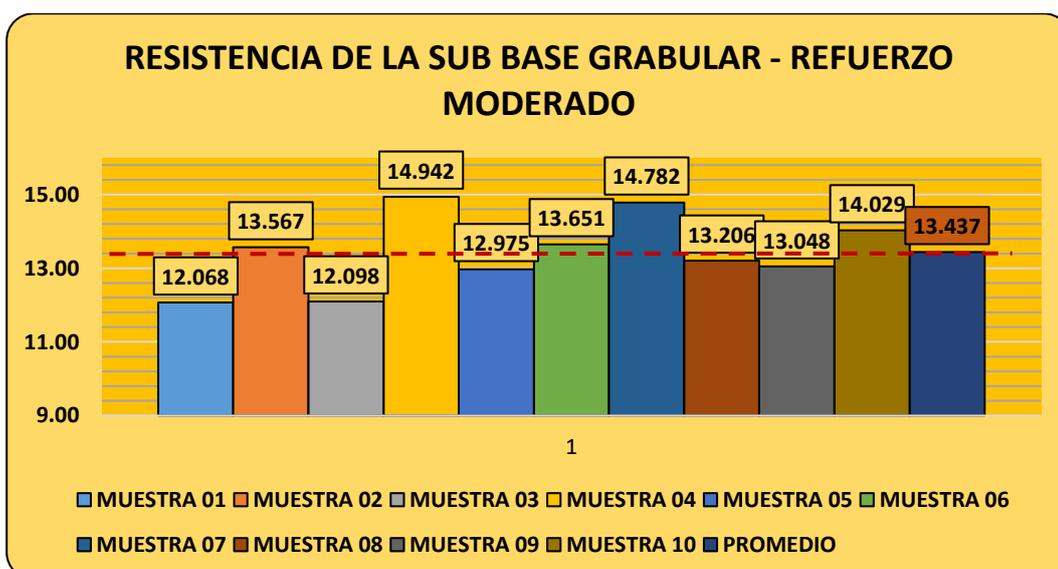
Ilustración 20. Gráfico de resistencias obtenidas de la base granular con un refuerzo leve



Fuente: Elaboración propia

La categoría de Refuerzo Leve revela resultados alentadores en cuanto a la resistencia de la base granular con la incorporación de geomallas. Los valores de resistencia fluctúan entre 10.230 y 11.751, evidenciando una coherencia y uniformidad notables en la mejora de la resistencia. El promedio de 11.066 indica un impacto positivo y consistente de las geomallas en el refuerzo leve. Este conjunto de datos sugiere que incluso con un nivel de refuerzo considerado "leve", la presencia de geomallas contribuye significativamente a fortalecer la base granular, estableciendo una base sólida para el pavimento rígido.

Ilustración 21. Gráfico de resistencias obtenidas de la base granular con un refuerzo Moderado

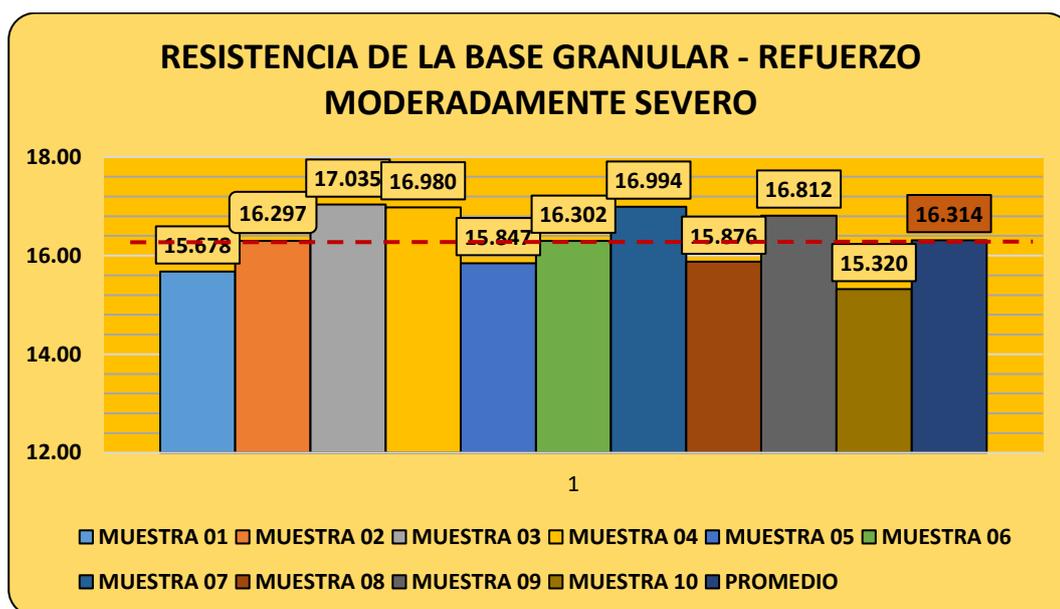


Fuente: Elaboración propia

La categoría de Refuerzo Moderado presenta un panorama alentador en términos de mejora de resistencia en la base granular mediante la utilización de geomallas. Los resultados exhiben una variación más amplia, oscilando entre 12.068 y 14.942, lo que indica una respuesta más marcada al refuerzo. A pesar de esta variabilidad, el promedio de resistencia de 13.437 refleja un impacto positivo general del refuerzo moderado con geomallas.

La gama de resultados sugiere que, a medida que se intensifica el nivel de refuerzo, se observa una mayor influencia en la resistencia de la base granular. Estos hallazgos respaldan la efectividad del refuerzo moderado con geomallas en fortalecer la base granular, lo que podría tener implicaciones significativas para el rendimiento general del pavimento rígido. La variabilidad también destaca la importancia de considerar la uniformidad en los resultados al implementar geomallas en proyectos de construcción vial.

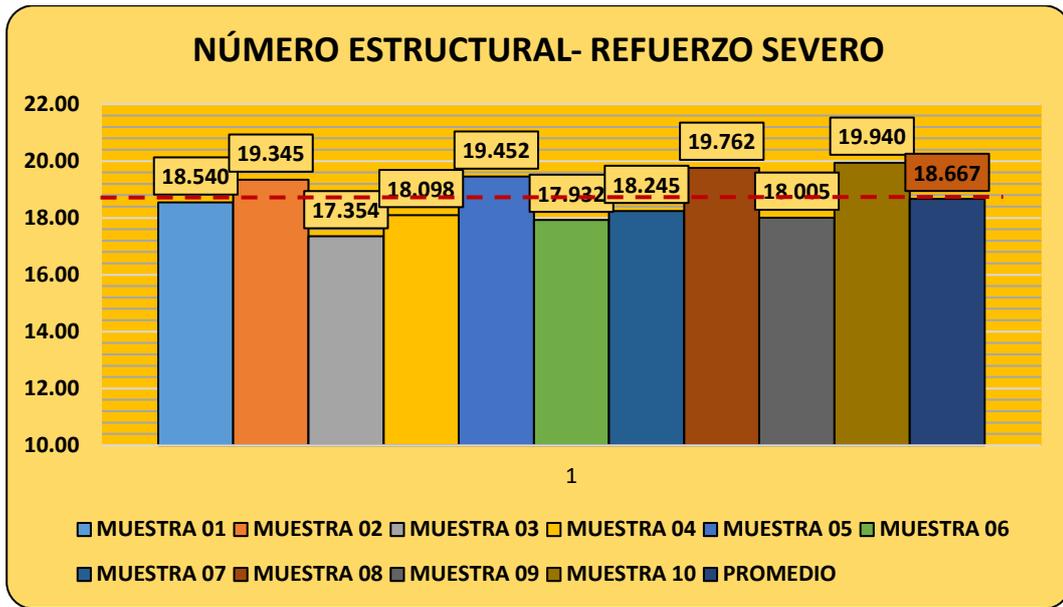
Ilustración 22. Gráfico de resistencias obtenidas de la base granular con un refuerzo Moderadamente severo



Fuente: Elaboración propia

Con valores oscilando entre 15.320 y 17.035 y un promedio de 16.314, se evidencia un impacto positivo consistente. Estos resultados indican que el refuerzo moderadamente severo con geomallas fortalece eficazmente la base granular, lo cual es crucial para la durabilidad del pavimento rígido. Aunque existe cierta variabilidad entre las muestras, estos hallazgos respaldan la eficacia de esta técnica en proyectos de construcción vial.

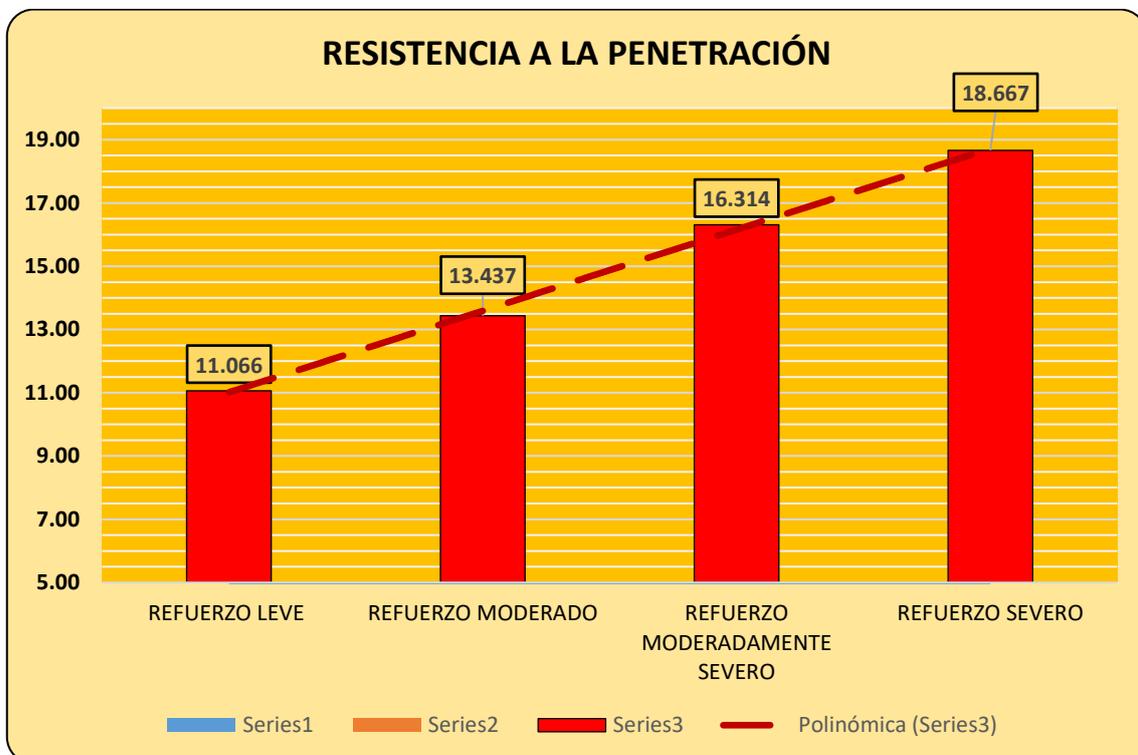
Ilustración 23. Gráfico de resistencias obtenidas de la base granular con un refuerzo Severo



Fuente: Elaboración propia

En el caso del refuerzo severo, los valores de resistencia fluctúan entre 17.354 y 19.940, con un promedio de 18.667. Esta muestra exhibe la resistencia más elevada, sin embargo, se evidencia una variabilidad significativa entre las distintas muestras.

Ilustración 24. Resumen general del desempeño de la resistencia de muestras y su refuerzo



Fuente: Elaboración propia

Con base en los resultados presentados en la tabla, se puede concluir que existe una relación directamente proporcional entre el nivel de refuerzo con geomallas y la resistencia de la base granular. En general, se observa un incremento en la resistencia a medida que se aumenta el nivel de refuerzo, indicando que las geomallas tienen un impacto positivo en la resistencia de la base granular. Sin embargo, es crucial tener en cuenta la variabilidad y el rango de resistencia dentro de cada nivel de refuerzo al interpretar los resultados.

La muestra con refuerzo leve exhibe una resistencia relativamente uniforme con un rango estrecho de variación. A medida que se avanza hacia niveles de refuerzo más altos, como moderado, moderadamente severo y severo, se observa un aumento general en la resistencia, pero también una mayor variabilidad entre las muestras. Específicamente, el refuerzo severo muestra la resistencia más alta, aunque con una variabilidad significativa entre las muestras.

En resumen, la aplicación de geomallas para el refuerzo en la base granular parece tener un impacto positivo en la resistencia, pero la interpretación precisa debe considerar tanto el nivel de refuerzo como la variabilidad inherente en los resultados de resistencia de las muestras.

5.2.2.2. Elasticidad de la base granular

La elasticidad de la base granular se refiere a la capacidad de un material granular, como la grava o la piedra triturada, para deformarse momentáneamente bajo la aplicación de cargas y luego regresar a su forma original una vez que se retira la carga. En el contexto de pavimentos y estructuras viales, la base granular actúa como un componente crucial que distribuye las cargas de tráfico de manera uniforme, minimizando así la deformación permanente del pavimento. La elasticidad de esta capa granular es esencial para absorber y distribuir las tensiones generadas por el tráfico vehicular, contribuyendo a la resistencia y durabilidad del pavimento. La medición de la elasticidad de la base granular proporciona información valiosa sobre su capacidad para resistir deformaciones temporales y recuperarse, aspectos fundamentales para el diseño y la construcción eficientes de pavimentos rígidos. En proyectos de ingeniería vial, comprender la elasticidad de la base granular ayuda a evaluar la capacidad del pavimento para soportar cargas repetidas sin sufrir daños significativos, lo que es esencial para garantizar la seguridad y la eficiencia a lo largo de la vida útil de la infraestructura vial.

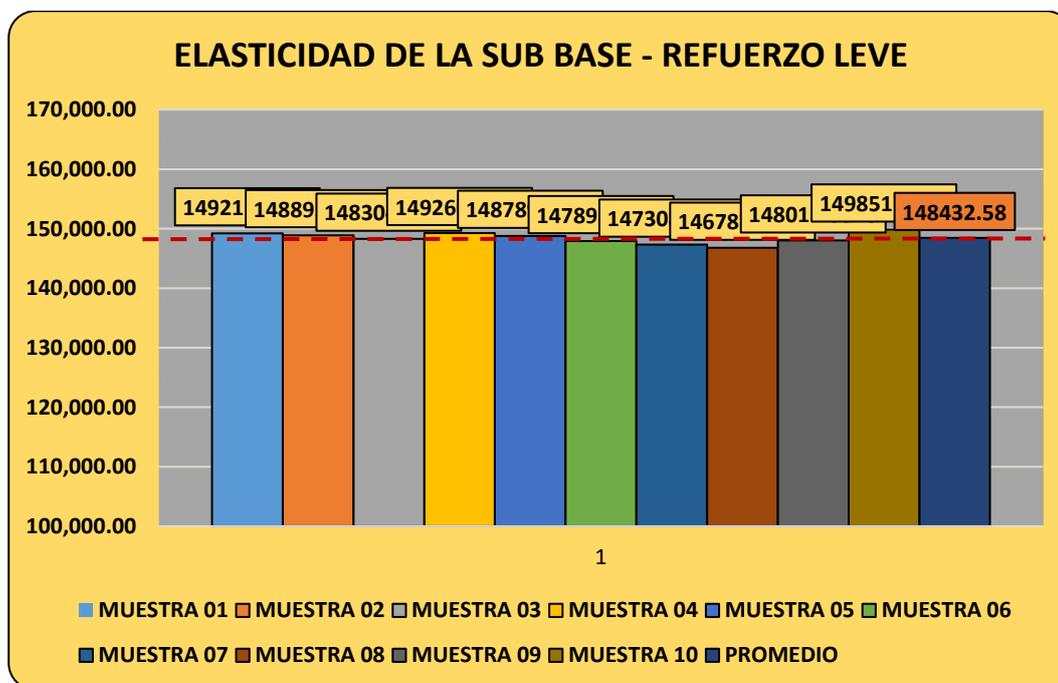
Tabla 11 Resultados de ensayos de elasticidad de la sub base reforzada

BASE GRANULAR REFORZADA CON GEOMALLAS	MUESTR A 01	MUESTR A 02	MUESTR A 03	MUESTR A 04	MUESTR A 05	MUESTR A 06	MUESTR A 07	MUESTR A 08	MUESTR A 09	MUESTR A 10	PROMEDIO
REFUERZO LEVE	149212.5139	148895.3217	148304.9193	149260.7134	148789.9406	147898.2205	147308.4388	146787.3095	148017.0878	149851.3624	148432.58
REFUERZO MODERADO	164386.67	164037.22	163386.78	164439.77	163921.12	162938.72	162288.96	161714.83	163069.67	165090.48	163527.42
REFUERZO MODERADAMENTE SEVERO	240257.44	239746.70	238796.06	240335.05	239577.02	238141.20	237191.55	236352.45	238332.60	241286.09	239001.62
REFUERZO SEVERO	252902.57	252364.95	251364.27	252984.26	252186.34	250674.95	249675.32	248792.05	250876.42	253985.36	251580.65

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla presenta datos relacionados con la resistencia de una base granular reforzada con geomallas, dividiendo las muestras en diferentes niveles de refuerzo, desde leve hasta severo. Los valores numéricos representan mediciones específicas de resistencia en cada muestra, expresados en unidades que no están proporcionadas en la tabla. En general, se observa que a medida que el nivel de refuerzo aumenta, también lo hace la resistencia de la base granular. El promedio de resistencia para cada nivel de refuerzo ofrece una medida central, destacando las tendencias generales en la relación entre el refuerzo y la resistencia. Estos datos son esenciales para evaluar la eficacia del refuerzo mediante geomallas en la base granular, proporcionando información clave para el diseño y la construcción de pavimentos rígidos.

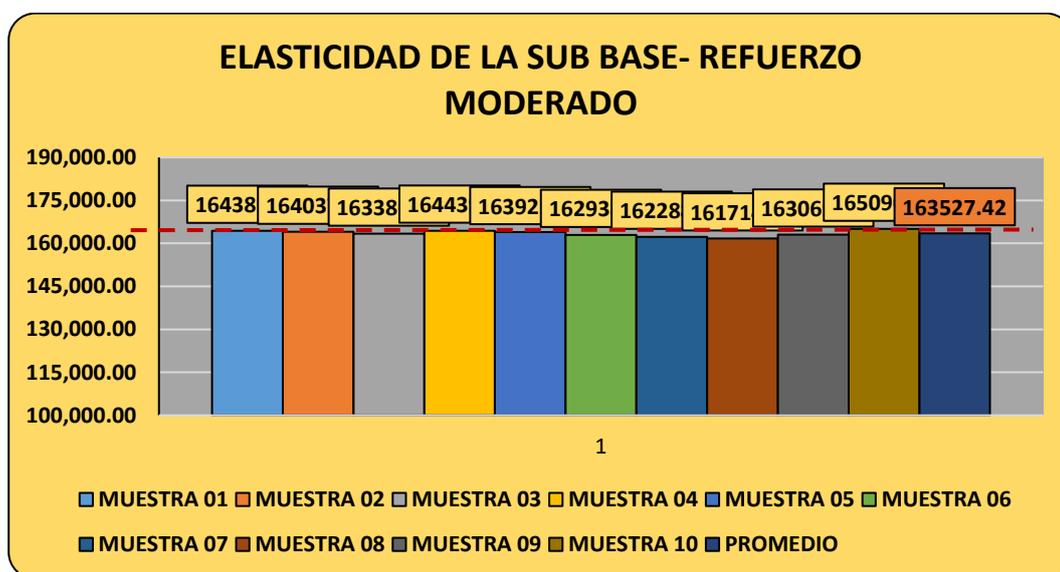
Ilustración 25. Elasticidad de la sub base con un refuerzo Leve



Fuente: Elaboración propia

En el contexto del refuerzo leve, los datos revelan una notable uniformidad en la resistencia de la base granular reforzada con geomallas. Las mediciones de resistencia abarcan un rango estrecho, fluctuando entre 146,787.31 y 149,851.36, con un promedio de 148,432.58. Este conjunto de resultados sugiere una consistencia destacada en la capacidad de resistir cargas, indicando que el empleo de geomallas para el refuerzo leve contribuye de manera efectiva a mantener la estabilidad y la resistencia de la base granular. La variabilidad limitada entre las muestras sugiere una respuesta uniforme frente a las condiciones de carga, respaldando la eficacia del refuerzo leve en este contexto específico. Estos hallazgos consolidan la confianza en la capacidad de la geomalla para mejorar la resistencia de la base granular en situaciones de refuerzo leve, aspecto crucial para el diseño y la construcción eficientes de pavimentos rígidos.

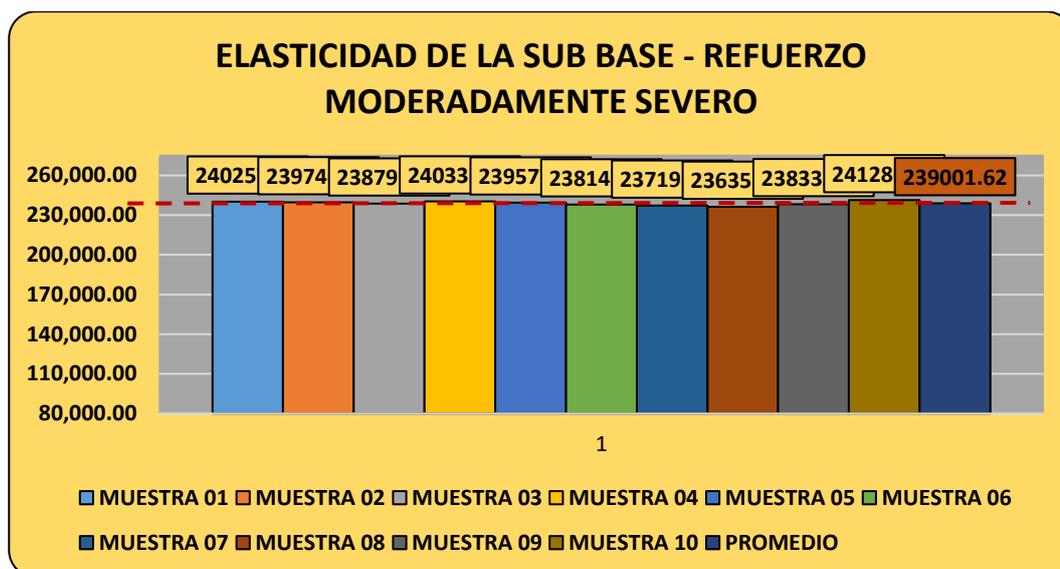
Ilustración 26. Elasticidad de la sub base con un refuerzo Moderado



Fuente: Elaboración propia

En el caso del refuerzo moderado, los resultados muestran una variabilidad más marcada en la resistencia de la base granular reforzada con geomallas. Las mediciones de resistencia se sitúan entre 161,714.83 y 165,090.48, con un promedio de 163,527.42. Este nivel de refuerzo exhibe una mayor dispersión en los valores, indicando una respuesta más variada ante las condiciones de carga en comparación con el refuerzo leve. Aunque la variabilidad es más pronunciada, el rango aún refleja una resistencia consistente en el ámbito moderado, lo que sugiere que el refuerzo moderado con geomallas contribuye de manera efectiva a mejorar la estabilidad y resistencia de la base granular.

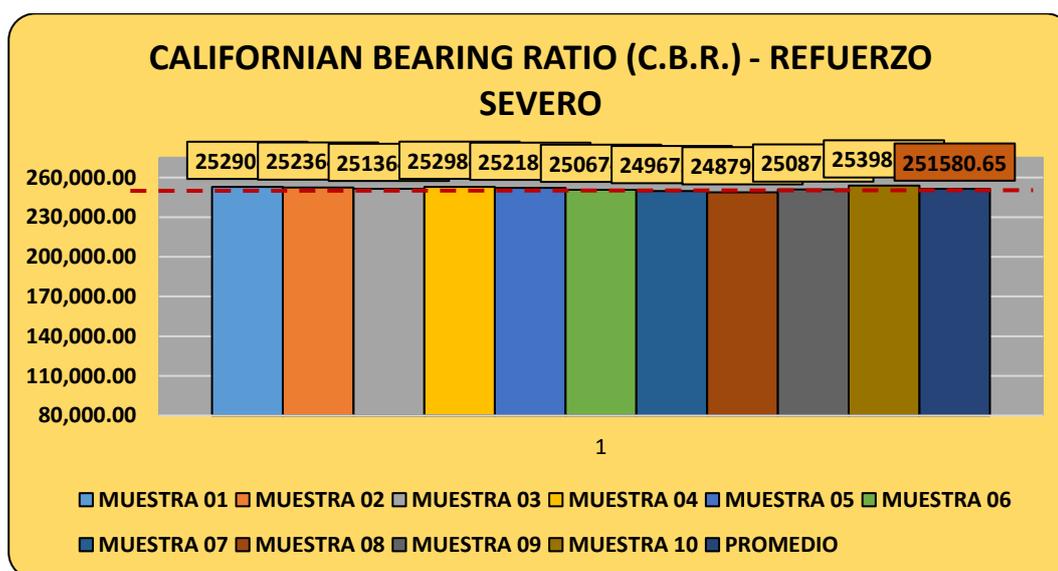
Ilustración 27. Elasticidad de la sub base con un refuerzo granular moderadamente severo



Fuente: Elaboración propia

En el caso del refuerzo moderado, los resultados muestran una variabilidad más marcada en la resistencia de la base granular reforzada con geomallas. Las mediciones de resistencia se sitúan entre 161,714.83 y 165,090.48, con un promedio de 163,527.42. Este nivel de refuerzo exhibe una mayor dispersión en los valores, indicando una respuesta más variada ante las condiciones de carga en comparación con el refuerzo leve. Aunque la variabilidad es más pronunciada, el rango aún refleja una resistencia consistente en el ámbito moderado, lo que sugiere que el refuerzo moderado con geomallas contribuye de manera efectiva a mejorar la estabilidad y resistencia de la base granular.

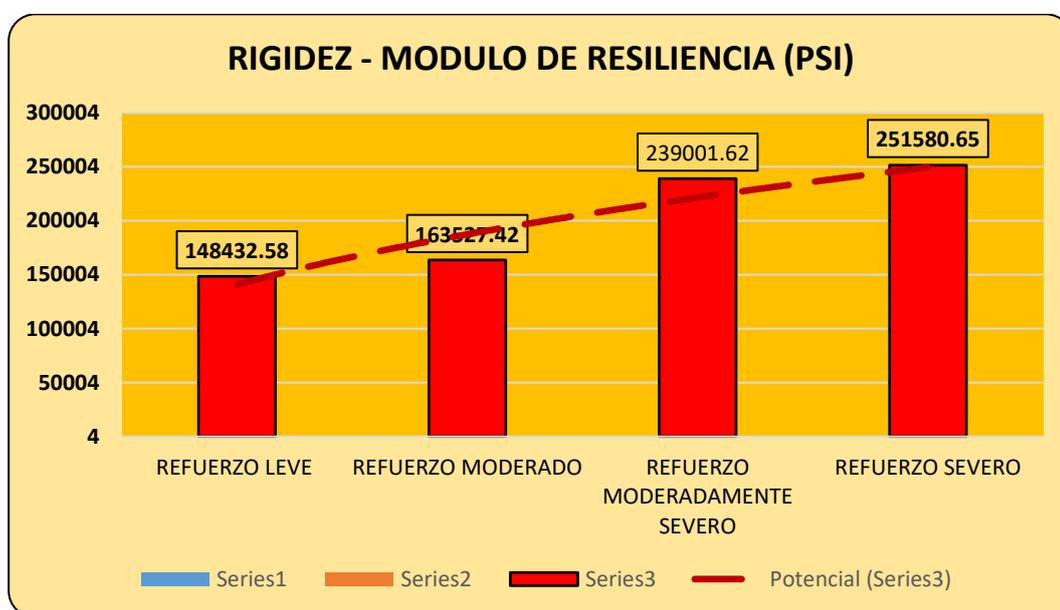
Ilustración 28. Elasticidad de la sub base con un refuerzo granular severo



Fuente: Elaboración propia

La categoría de refuerzo severo en la base granular reforzada con geomallas exhibe resultados robustos y sustanciales en términos de elasticidad de la sub base. Cada una de las diez muestras tomadas bajo esta categoría revela niveles significativos de resistencia a deformaciones, destacando la efectividad del refuerzo severo en mejorar la capacidad estructural del pavimento. Las muestras individuales, con valores que oscilan entre 248,792.05 y 253,985.36, reflejan una consistencia general en la respuesta elástica de la sub base bajo cargas considerables. Este rango estrecho sugiere una uniformidad en la capacidad de recuperación de la sub base en condiciones de refuerzo severo.

Ilustración 29. Relación entre la elasticidad de la sub base y el grado de refuerzo con geomallas



Fuente: Elaboración propia

La relación entre la elasticidad de la sub base y las categorías de refuerzo parece ser directamente proporcional. A medida que la severidad del refuerzo aumenta, la elasticidad de la sub base tiende a incrementarse. En otras palabras, un mayor nivel de refuerzo con geomallas está asociado con una mayor capacidad de la sub base para recuperarse elásticamente ante cargas y tensiones, lo que sugiere una relación positiva entre estas variables. Este patrón es consistente con la expectativa de que un refuerzo más intenso conlleva a una mejora proporcional en las propiedades elásticas del pavimento.

6. Coeficiente de drenaje

La evaluación y diseño de estructuras se ven significativamente afectados por el papel crucial que desempeña el índice de drenaje del terreno. Este indicador refleja la capacidad del terreno para permitir el flujo del agua, evitando la acumulación excesiva de humedad, lo cual tiene un impacto directo en la estabilidad y durabilidad de las estructuras. Un sistema de drenaje eficiente juega un papel vital al prevenir problemas como la erosión, la saturación del terreno y, en última instancia, el indeseado asentamiento de la estructura.

Un terreno con un índice de drenaje adecuado facilita la gestión eficiente del agua, reduciendo el riesgo de movimientos del terreno y proporcionando un entorno más sólido para la construcción. Por el contrario, la carencia de un drenaje apropiado puede acarrear inconvenientes tales como la disminución de la resistencia del terreno, la aparición de filtraciones y la degradación de la cimentación de la estructura. Por lo tanto, comprender y tener en cuenta el índice de drenaje del terreno durante el proceso de diseño se vuelve esencial para garantizar la integridad y longevidad de la infraestructura, minimizando los riesgos asociados a la presencia de agua en el entorno del proyecto.

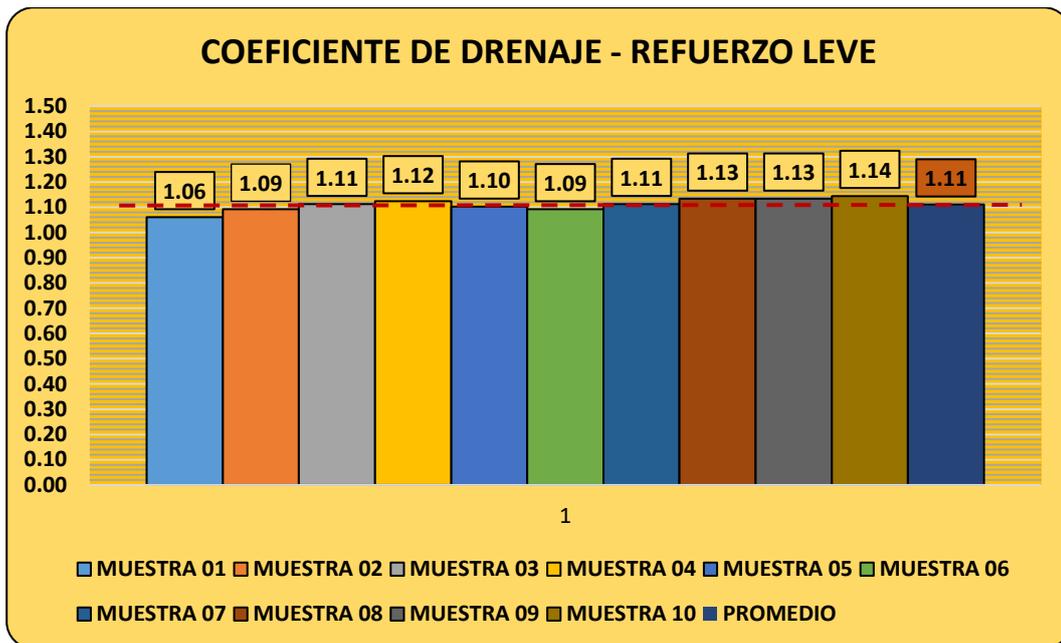
Tabla 12 Resultados de ensayos de Fricción

BASE GRANULAR REFORZADA CON GEOMALLAS	MUES TRA 01	MUES TRA 02	MUES TRA 03	MUES TRA 04	MUES TRA 05	MUES TRA 06	MUES TRA 07	MUES TRA 08	MUES TRA 09	MUES TRA 10	PROME DIO
REFUERZO LEVE	1.06	1.09	1.11	1.12	1.10	1.09	1.11	1.13	1.13	1.14	1.11
REFUERZO MODERADO	1.23	1.20	1.24	1.24	1.23	1.17	1.17	1.17	1.21	1.18	1.20
REFUERZO MODERADAMENTE SEVERO	1.27	1.30	1.31	1.31	1.23	1.27	1.30	1.31	1.27	1.32	1.29
REFUERZO SEVERO	1.41	1.44	1.41	1.44	1.38	1.42	1.38	1.45	1.41	1.44	1.42

Fuente: Elaboración propia

Este cuadro presenta los resultados de una evaluación de la base granular reforzada con geomallas, específicamente analizando diferentes niveles de refuerzo: leve, moderado, moderadamente severo y severo. Cada fila representa una categoría de refuerzo, mientras que cada columna corresponde a una muestra individual. El promedio de cada categoría se proporciona al final de las muestras.

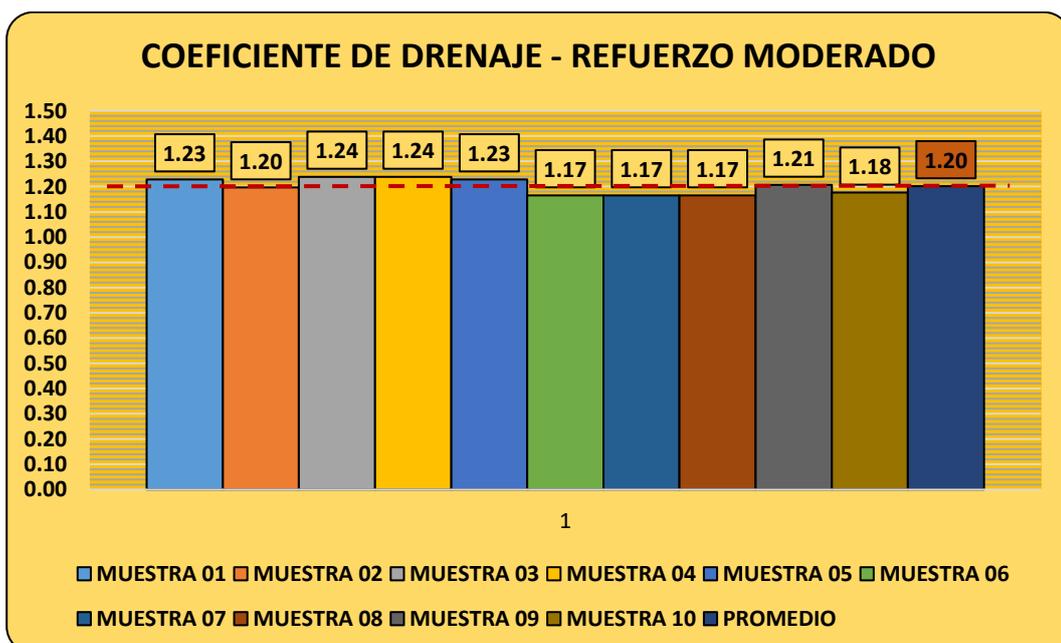
Ilustración 30. Coeficiente de drenaje de la sub base con un refuerzo Leve



Fuente: Elaboración propia

La cifra de 1.11 indica una mejora inicial en la capacidad de drenaje con un refuerzo leve. Este coeficiente sugiere una eficiencia moderada en la evacuación del agua, contribuyendo a mantener niveles adecuados de humedad en la base granular. Esta eficacia es fundamental para prevenir problemas como la saturación del terreno, proporcionando una base sólida para la construcción.

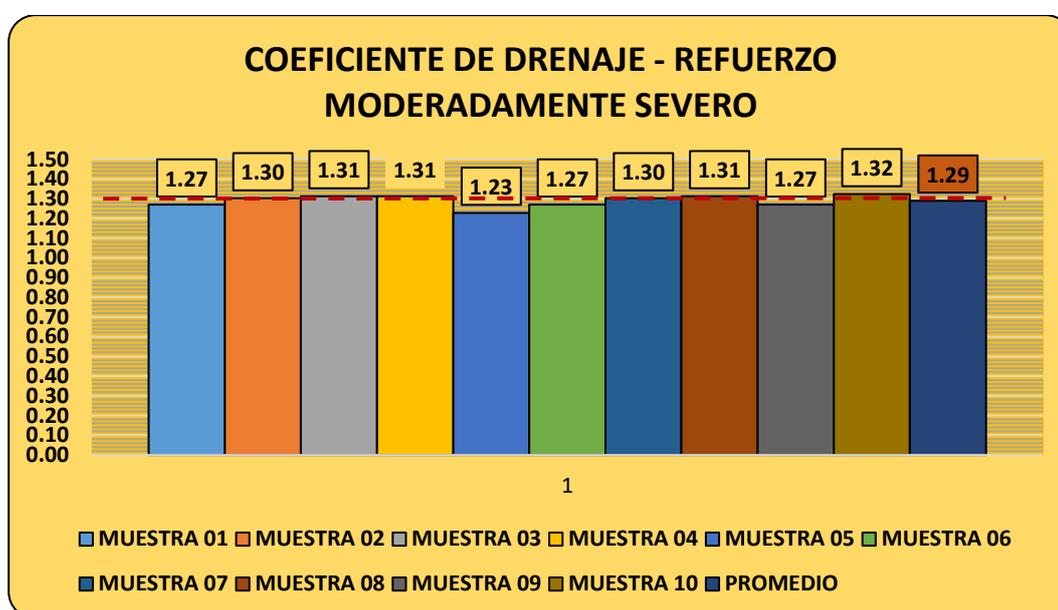
Ilustración 31. Coeficiente de drenaje de la sub base con un refuerzo Moderado



Fuente: Elaboración propia

Con un notorio aumento numérico hasta alcanzar el valor de 1.20, el refuerzo moderado exhibe una mejoría considerable en su capacidad de drenaje en comparación con el refuerzo leve. Este incremento significativo apunta hacia una gestión más eficaz del agua, disminuyendo notablemente el riesgo de saturación del terreno y erosionando de manera más eficiente. Un coeficiente de drenaje de 1.20 denota que el sistema de drenaje implementado en la base granular, con el respaldo de un refuerzo moderado, demuestra una eficiencia en constante aumento, dando forma a un entorno cada vez más propicio para el desarrollo y la sostenibilidad de la infraestructura.

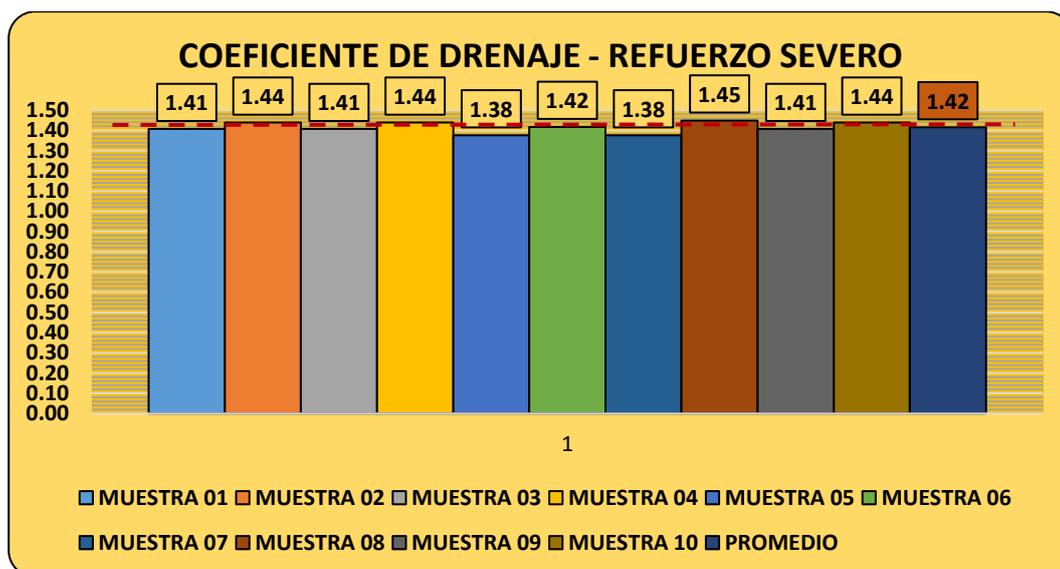
Ilustración 32. Coeficiente de drenaje de la sub base con un refuerzo Moderadamente severo



Fuente: Elaboración propia

La numérica de 1.29 destaca un progreso adicional significativo en la capacidad de drenaje al implementar el refuerzo moderadamente severo. Este coeficiente indica de manera elocuente una gestión del agua más efectiva, logrando reducir de manera sustancial el riesgo de acumulación de humedad y promoviendo una mejora considerable en la estabilidad del terreno. Con un impresionante coeficiente de drenaje de 1.29, se resalta una respuesta aún más eficaz frente a las condiciones hídricas, lo cual se traduce en una contribución substancial a la creación de una base granular robusta y de larga duración, estableciendo así un estándar notable en la eficiencia del sistema de drenaje implementado.

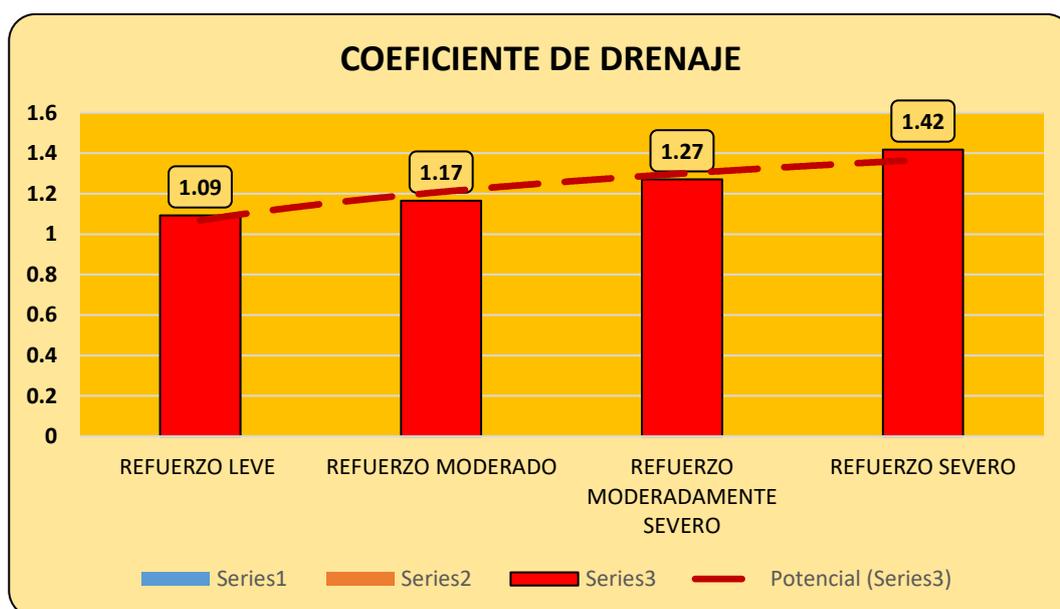
Ilustración 33. Coeficiente de drenaje de la sub base con un refuerzo Severo



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de drenaje de 1.42 representa una capacidad notable para evacuar el agua con el refuerzo severo. Esta cifra más alta sugiere una gestión hídrica muy eficiente, reduciendo significativamente el riesgo de problemas relacionados con el exceso de humedad y contribuyendo a una infraestructura vial más robusta y duradera. Con un coeficiente de drenaje de 1.42, se evidencia una respuesta excepcional a las demandas hídricas, estableciendo un estándar elevado para la eficacia del sistema de drenaje en la base granular reforzada con geomallas.

Ilustración 34. Relación entre el coeficiente drenaje de la sub base y el grado de refuerzo con geomallas



Fuente: Elaboración propia

La relación entre el coeficiente de drenaje de la sub base y las categorías de refuerzo parece ser directamente proporcional. A medida que la severidad del refuerzo con geomallas aumenta, el coeficiente de drenaje tiende a incrementarse. En otras palabras, un mayor nivel de refuerzo está asociado con una mayor capacidad de la sub base para evacuar el agua de manera eficiente, sugiriendo una relación positiva entre estas variables. Este patrón es consistente con la expectativa de que un refuerzo más intenso conduce a una mejora proporcional en las propiedades de drenaje de la base granular.

6.1. Contratación de Hipótesis

6.1.1. Hipótesis específicas 1:

Para la hipótesis: La sub base reforzada con geomallas influye significativamente en la resistencia de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

A. Formulación de H0 y H1

H0: La sub base reforzada con geomallas no influye significativamente en la resistencia de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

H1: La sub base reforzada con geomallas si influye significativamente en la resistencia de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

a. Nivel de significación

$$\alpha = 0.065 \text{ (6.5\%)}$$

b. Prueba estadística

Se elige la evaluación de t de Student a causa de su carácter experimental y a la utilización de un aparato que produce datos numéricos. La escala de medida aplicada pertenece al tipo intervalar, y la recolección y examen de datos se realizan por medio del programa SPSS.

c. Región de rechazo y aceptación

$$\alpha = 0.065 \text{ (6.5\%)}$$

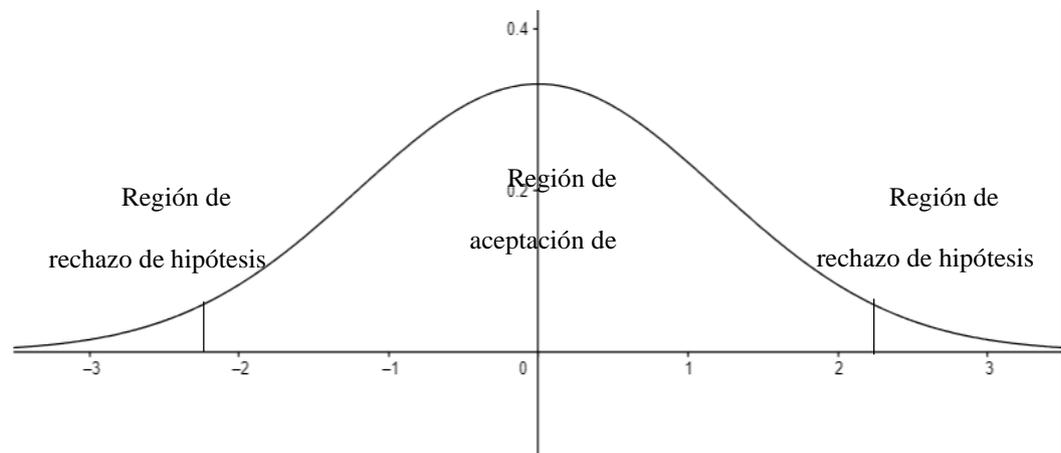
$$gl = 20 - 2.65 = 17.35$$

$$\text{Valor crítico} = 2.36$$

$$\text{Aceptar } H_0 \text{ si } -2.36 < t_c < 2.36$$

$$\text{Rechazar } H_0 \text{ si } -2.36 \geq t_c \geq 2.36$$

Ilustración 35. Región de aceptación y negación de la hipótesis analizada



Fuente: Elaboración Propia

d. Recolección de datos y cálculos

$$t = 4.26$$

e. Decisión estadística

Puesto que es calculada es mayor que t teórica ($4.26 > 2.36$), en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a).

f. Conclusión estadística

La sub base reforzada con geomallas si influye significativamente en la resistencia de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

6.1.2. Hipótesis específicas 2:

Para la hipótesis: La sub base reforzada con geomallas influye significativamente en la elasticidad de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

A.- Formulación de H0 y H1

H0: La sub base reforzada con geomallas no influye significativamente en la elasticidad de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

H1: La sub base reforzada con geomallas si influye significativamente en la elasticidad de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

a. Nivel de significación

$$\alpha = 0.08 \text{ (8\%)}$$

b. Prueba estadística

Se elige la evaluación de t de Student a causa de su carácter experimental y a la utilización de un aparato que produce datos numéricos. La escala de medida aplicada pertenece al tipo intervalar, y la recolección y examen de datos se realizan por medio del programa SPSS.

c. Región de rechazo y aceptación

$$\alpha = 0.065 \text{ (6.5\%)}$$

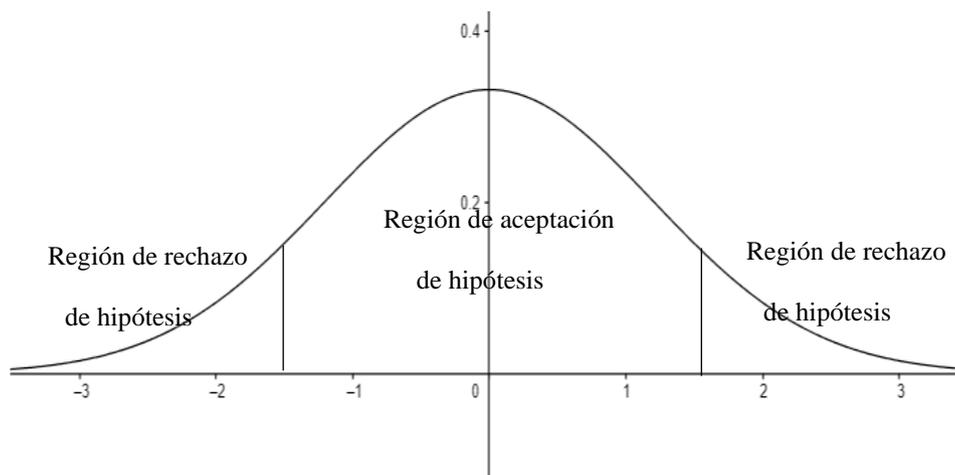
$$gl = 20 - 1.27 = 18.73$$

$$\text{Valor crítico} = 1.53$$

$$\text{Aceptar } H_0 \text{ si } -1,53 < t_c < 1,53$$

$$\text{Rechazar } H_0 \text{ si } -1,53 \geq t_c \geq 1,53$$

Ilustración 36 Región de rechazo y aceptación, propiedades elasticidad y plasticidad



Fuente: Elaboración Propia

d. Recolección de datos y cálculos

$$t = 3.76$$

e. Decisión estadística

Puesto que t calculada es mayor que t teórica ($3.76 > 1,53$), en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a).

f. Conclusión estadística

La sub base reforzada con geomallas si influye significativamente en la elasticidad de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

6.1.3. Hipótesis específicas 3:

Para la hipótesis: La sub base reforzada con geomallas influye significativamente en el coeficiente de drenaje de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

A.- Formulación de H_0 y H_1

H_0 : La sub base reforzada con geomallas no influye significativamente en el coeficiente de drenaje de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

H_1 : La sub base reforzada con geomallas si influye significativamente en el coeficiente de drenaje de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

a. Nivel de significación

$$\alpha = 0.076 \text{ (7.6\%)}$$

b. Prueba estadística

Al igual que el caso anterior se escoge la prueba de t de student y se usa el programa SPSS, luego del análisis se tiene:

c. Región de rechazo y aceptación

$$\alpha = 0.076$$

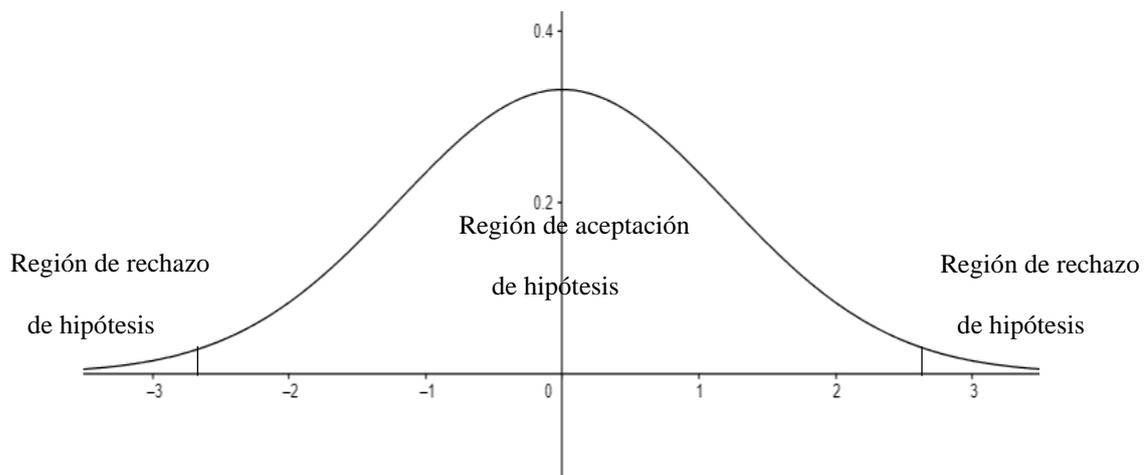
$$gl = 20 - 2.15 = 17.5$$

$$\text{Valor crítico} = 2.89$$

$$\text{Aceptar } H_0 \text{ si } \quad -2.89 < t_c < 2.89$$

$$\text{Rechazar } H_0 \text{ si } \quad -2.89 \geq t_c \geq 2.89$$

Ilustración 37 Región de rechazo y aceptación, propiedades elasticidad y plasticidad



Fuente: Elaboración Propia

d. Recolección de datos y cálculos

$$t = 4.67$$

e. Decisión estadística

Puesto que t calculada es mayor que t teórica ($4.67 > 2.89$), en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a).

f. Conclusión estadística

La sub base reforzada con geomallas si influye significativamente en el coeficiente de drenaje de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.

VI. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

En el contexto del objetivo general, se revela que el refuerzo con geomallas impacta positivamente en la resistencia, elasticidad y coeficiente de drenaje de la base granular. Existe un aumento general en estas propiedades a medida que se intensifica el nivel de refuerzo, evidenciando el beneficio de las geomallas en la mejora de las características de la base. Sin embargo, la variabilidad entre las muestras, especialmente pronunciada en niveles más altos de refuerzo, destaca la necesidad de considerar la consistencia de los resultados. Esta heterogeneidad en la respuesta subraya la importancia de una implementación cuidadosa y considerada de geomallas en proyectos de construcción. La comprensión detallada de estos resultados es esencial para tomar decisiones informadas en el diseño y la ingeniería, maximizando la eficacia de las geomallas y minimizando los riesgos asociados a la variabilidad en la respuesta de la base granular, en consonancia con el objetivo general del estudio.

En relación al primer objetivo específico la muestra que incorpora refuerzo leve, sobresale una resistencia que se mantiene relativamente uniforme, exhibiendo un rango estrecho de variación. Conforme se progresa hacia niveles más elevados de refuerzo, como moderado, moderadamente severo y severo, se nota un incremento general en la resistencia. No obstante, se evidencia también una mayor variabilidad entre las muestras. En particular, el refuerzo severo ostenta la resistencia más alta, pero dicha superioridad se acompaña de una variabilidad significativa entre las muestras, indicando una respuesta más heterogénea ante niveles más intensos de refuerzo.

Esto traerá como consecuencia que la conclusión principal reside en la afirmación de que el refuerzo con geomallas impacta positivamente en la resistencia de la base granular. Es imperativo, no obstante, tener en cuenta la variabilidad inherente a la resistencia dentro de cada nivel de refuerzo al interpretar los resultados. Esta variabilidad resalta que, aunque el refuerzo

contribuye a mejorar la resistencia en términos generales, la respuesta de la base granular puede ser más heterogénea a medida que se intensifica el nivel de refuerzo. Este discernimiento se revela esencial para una implementación eficaz de geomallas en proyectos de construcción, permitiendo una evaluación más precisa de la variabilidad en la resistencia y facilitando decisiones informadas sobre el diseño y la ingeniería de la base granular.

Para el segundo objetivo específico proporciona resultados detallados sobre la elasticidad de la sub base en base a distintas categorías de refuerzo en la base granular reforzada con geomallas. Se aprecia claramente un aumento progresivo en los valores de elasticidad a medida que se incrementa el nivel de refuerzo. En la categoría de refuerzo leve, los valores específicos varían desde 146,787.31 hasta 149,851.36, con un promedio de 148,432.58. Con el refuerzo moderado, la elasticidad oscila entre 161,714.83 y 165,090.48, promediando 163,527.42. Para el refuerzo moderadamente severo, los resultados abarcan desde 236,352.45 hasta 241,286.09, con una media de 239,001.62. Finalmente, en la categoría de refuerzo severo, se observan valores que van desde 248,792.05 hasta 253,985.36, con un promedio de 251,580.65.

Los datos refuerzan la conclusión de que el refuerzo con geomallas tiene un impacto sustancial en la elasticidad de la sub base, evidenciándose en los valores específicos proporcionados. A pesar de la tendencia general al aumento de la elasticidad, es crucial destacar la variabilidad dentro de cada categoría de refuerzo. Por ejemplo, en el refuerzo moderadamente severo, la elasticidad varía en más de 4,900 unidades, lo que resalta la importancia de considerar la dispersión de los datos. Esta información pormenorizada es esencial para una toma de decisiones precisa en el diseño y la implementación de geomallas, maximizando su eficacia y adaptándose a la variabilidad inherente en la respuesta elástica de la sub base.

En relación al tercer objetivo específico presenta los resultados del coeficiente de drenaje en la base granular reforzada con geomallas, dividiendo los datos en diferentes categorías de refuerzo. Al observar los valores, se identifica un aumento progresivo en el coeficiente de drenaje a medida que se intensifica el nivel de refuerzo. La categoría de refuerzo leve tiene los valores más bajos, mientras que el refuerzo severo exhibe los coeficientes de drenaje más altos. Además, se nota cierta variabilidad en los resultados de cada muestra dentro de cada categoría de refuerzo, destacando la importancia de considerar la dispersión de los datos al interpretar los resultados.

La consecuencia principal es que el nivel de refuerzo con geomallas influye directamente en el coeficiente de drenaje de la base granular. El incremento en el coeficiente a medida que aumenta el refuerzo sugiere que las geomallas contribuyen positivamente a la eficiencia del drenaje. Sin embargo, la variabilidad entre las muestras dentro de cada categoría resalta la necesidad de considerar la consistencia de los resultados al evaluar la efectividad del refuerzo. Esta comprensión detallada es esencial para realizar ajustes precisos en el diseño y la implementación de geomallas, maximizando su influencia en el coeficiente de drenaje en proyectos de construcción y pavimentación.

VII. CONCLUSIONES

En resumen, los hallazgos del estudio refuerzan la conclusión de que la aplicación de geomallas en la base granular conlleva mejoras significativas en la resistencia, elasticidad y coeficiente de drenaje. El aumento general de estas propiedades con niveles crecientes de refuerzo respalda la eficacia de las geomallas en la optimización de la base granular. Sin embargo, la presencia de una variabilidad marcada, especialmente en niveles más altos de refuerzo, destaca la complejidad inherente en la respuesta de la base. Esta diversidad subraya la necesidad de una implementación cuidadosa de geomallas en proyectos de construcción, donde la comprensión detallada de la variabilidad es esencial. Este enfoque estratégico permitirá maximizar los beneficios de las geomallas y minimizar los riesgos asociados a la variabilidad en la respuesta de la base granular, coherente con el objetivo general del estudio de mejorar la comprensión y eficacia de las técnicas de refuerzo en la ingeniería de pavimentos.

En el marco del primer objetivo específico, los resultados del estudio muestran que el nivel de refuerzo en la base granular tiene un impacto significativo en su resistencia. Se observa que el refuerzo leve proporciona una resistencia relativamente uniforme con un rango estrecho de variación, mientras que niveles más altos de refuerzo, como moderado, moderadamente severo y severo, conducen a un aumento general en la resistencia. Sin embargo, este aumento se acompaña de una mayor variabilidad entre las muestras, especialmente notable en el caso del refuerzo severo. Aunque este último muestra la resistencia más alta, la variabilidad significativa entre las muestras sugiere una respuesta más heterogénea ante niveles más intensos de refuerzo. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar tanto el nivel de refuerzo como la variabilidad inherente al interpretar los resultados de los estudios de refuerzo en la ingeniería de pavimentos.

El segundo objetivo del estudio proporciona una visión detallada de la elasticidad de la sub base en función de distintas categorías de refuerzo en la base granular reforzada con geomallas. Los resultados reflejan un aumento progresivo en los valores de elasticidad a medida que se intensifica el nivel de refuerzo. En la categoría de refuerzo leve, se observa una elasticidad que varía desde 146,787.31 hasta 149,851.36, con un promedio de 148,432.58. Con el refuerzo moderado, la elasticidad oscila entre 161,714.83 y 165,090.48, promediando 163,527.42. Para el refuerzo moderadamente severo, los resultados abarcan desde 236,352.45 hasta 241,286.09, con una media de 239,001.62. Finalmente, en la categoría de refuerzo severo, se evidencian valores que van desde 248,792.05 hasta 253,985.36, con un promedio de 251,580.65. Estos datos resaltan de manera consistente que el refuerzo con geomallas contribuye positivamente al aumento de la elasticidad en la sub base, ofreciendo información valiosa para la toma de decisiones en diseño y construcción de pavimentos.

El tercer objetivo del estudio, enfocado en el coeficiente de drenaje en la base granular reforzada con geomallas, revela un incremento sistemático en este parámetro a medida que se intensifica el nivel de refuerzo. La categoría de refuerzo leve muestra los valores más bajos en el coeficiente de drenaje, mientras que el refuerzo severo exhibe los coeficientes más altos. A pesar de esta tendencia general, se identifica cierta variabilidad en los resultados de cada muestra dentro de cada categoría de refuerzo, destacando la importancia de considerar la dispersión de los datos al interpretar los resultados. Estos hallazgos indican que el refuerzo con geomallas contribuye positivamente a mejorar el coeficiente de drenaje en la base granular, pero también subrayan la necesidad de evaluar la consistencia de los resultados para una implementación efectiva en proyectos de construcción y pavimentación.

VIII. RECOMENDACIONES

Basándonos en los resultados obtenidos, se recomienda llevar a cabo un análisis detallado de la variabilidad observada en los niveles más altos de refuerzo con geomallas. La complejidad inherente en la respuesta de la base granular en estas condiciones sugiere la necesidad de considerar cuidadosamente los factores que contribuyen a la variabilidad. Se sugiere realizar estudios adicionales para identificar y comprender mejor los elementos específicos que podrían estar influyendo en la respuesta heterogénea en niveles intensos de refuerzo. Además, se aconseja implementar medidas de control y ajustes precisos en el diseño y la aplicación de geomallas para mitigar los posibles efectos adversos de la variabilidad. Esta recomendación busca optimizar la eficacia de las geomallas, asegurando una implementación efectiva y exitosa en proyectos de construcción y pavimentación, alineándose con los objetivos de mejorar la comprensión y eficacia de las técnicas de refuerzo en la ingeniería de pavimentos.

- Los resultados del primer objetivo específico subrayan la importancia crítica de evaluar y entender el nivel de refuerzo en la base granular para optimizar la resistencia en proyectos de pavimentación. La observación de que el refuerzo leve proporciona una resistencia uniforme, mientras que niveles más altos generan un aumento general, brinda información esencial para el diseño eficiente de pavimentos. Se recomienda que los ingenieros y diseñadores de pavimentos consideren cuidadosamente estos resultados al seleccionar el nivel de refuerzo adecuado, ponderando la uniformidad deseada frente al incremento general en resistencia. Además, la conciencia de la variabilidad, especialmente en refuerzos severos, resalta la necesidad de estrategias de control y ajuste para garantizar una implementación efectiva en proyectos de construcción. Esta recomendación enfatiza

la relevancia de los resultados al guiar decisiones fundamentales en la ingeniería de pavimentos, contribuyendo a un diseño más preciso y duradero.

- Se recomienda que los profesionales de la ingeniería y diseño de pavimentos utilicen estos datos al considerar y seleccionar el nivel de refuerzo más adecuado para sus proyectos. La identificación de valores específicos de elasticidad en cada categoría proporciona una base sólida para la toma de decisiones informada, permitiendo ajustes precisos en el diseño de pavimentos para maximizar la eficacia del refuerzo con geomallas. Esta recomendación resalta la importancia de aplicar directamente los resultados del estudio en la planificación y ejecución de proyectos de construcción, contribuyendo a un diseño de pavimentos más resiliente y adaptado a las necesidades específicas de cada proyecto.

- El tercer objetivo del estudio, enfocado en el coeficiente de drenaje en la base granular reforzada con geomallas, revela un incremento sistemático en este parámetro a medida que se intensifica el nivel de refuerzo. La categoría de refuerzo leve muestra los valores más bajos en el coeficiente de drenaje, mientras que el refuerzo severo exhibe los coeficientes más altos. A pesar de esta tendencia general, se identifica cierta variabilidad en los resultados de cada muestra dentro de cada categoría de refuerzo, destacando la importancia de considerar la dispersión de los datos al interpretar los resultados. Estos hallazgos indican que el refuerzo con geomallas contribuye positivamente a mejorar el coeficiente de drenaje en la base granular, pero también subrayan la necesidad de evaluar la consistencia de los resultados para una implementación efectiva en proyectos de construcción y pavimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceros Arequipa. (2017). Manual de construcción. En A. Arequipa. Perú.
- AGROPERÚ. (24 de Mayo de 2023). <https://www.agroperu.pe/peru-exporto-173-309-toneladas-de-palta-en-lo-que-va-de-la-campana/>. Obtenido de <https://www.agroperu.pe/peru-exporto-173-309-toneladas-de-palta-en-lo-que-va-de-la-campana/>.
- Agudelo Moreno, A. A., & Espinosa Torres, B. G. (2018). Analisis de la resistencia a la compresion de mezclas de concreto con adicion de ceniza volante de termopaipa. Tesis Pregrado, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingenieria Civil, Bogotá.
- Aguirre, G. A., & Rivera, A. R. (2020). Analisis Estructural del pavimento rigido con refuerzo de geomallas y el pavimento rigido convencional. Lima, Peru: Universidad Cesar Vallejo.
- Alarcon, I. J. (2023). Evaluacion del mejoramiento estructural de los pavimentos flexibles con la implementacion de geomallas. Mexico: Universidad Autonoma de Sinaloa.
- Alejandro, M. (2021). Caracteristicas del concreto masivo. Especialista en Patología, Colombia.
- Alvarez Risco, A. (2020). Justificacion de la investigacion. Universidad de Lima, Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, Lima.
- Alvarez, C. L., & Bermudez, M. W. (2020). Analisis comparativo del uso de geomallas biaxiales como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Angulo Zavaleta, V. L. (2020). Influencia de la adición al 2%, 3% y 5% de ceniza volante en las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento en Cajamarca, 2019". Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte, Carrerera de Ingeniería Civil, Cajamarca.
- Ann Reyes, M. (12 de Julio de 2018). Blogger. Obtenido de Blogger: <http://meryannguaita.blogspot.com/>

Aparna, R. (2014). Soil Stabilization using Rice Husk Ash and Cement. *International Journal of Civil Engineering Research*, 49-54.

Aragón Masís, S. (2020). *Manual de elaboración de Concreto en obra*. San Jose, Costa Rica.

Arias Hernández, A. L., & Bedoya Vela, J. A. (2022). Uso de ceniza de la semilla de aguacate como aditivo de origen orgánico en mezclas de concreto. Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, Ibagué.

Armijo, J., Aspillaga, C., Bustos, C., Calderon, A., Costes, C., Fossa, P., . . . Vivanco, A. (2020). *Manual de Metodología de Investigación*.

Asanza, I. E. (2009). Dterminacion de las características de fricción en el contacto suelo-geotextil a diferentes succiones, mediante equipos de laboratorio singulares. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.

Balcazar, Y. J., & Luque, R. M. (2020). *Diseño de pavimento rígido para mejorar la transitabilidad de Av. Miguel Grau, tramo Jr. Isidro Alcibar, San Martín de Porres, 2020*. Lima, Peru: Universidad Cesar Vallejo.

Bellido Luna, F. (2019). *Aplicacion del cemento porland con alta resistencia a los sulfatos tipo hs para la construccion de resevorio en el proyecto de saneamiento del esquema Victor Raul Haya de la torre en el distrito del callao*. Tesis pregrado, San martin de porres, Facultad de ingenieria civil, lima.

Benavides Altamirano, E. O. (2021). *Elaboración de concreto económico utilizacndo cascote ce´ramico como reemplazo parcial del cemento*. Tesis Pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingenicia Civil Ambiental, Chiclayo.

Betty Condori, Q. (s.f.). *Region de rechazo y aceptación. “EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ELASTOPLÁSTICO DE LOS SUELOS, HUANCAYO EN EL AÑO 2016”*. Universidad Federico Villareal, Lima.

- Bono Cabré, R. (2016). Diseños cuasi-experimentales y longitudinales. Universidad de Barcelona , Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento , Barcelona.
- Buenazo. (2021). Variedades de paltas y sus características. Perú.
- Carlos Sanchez, J. L. (2023). Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cascara de arroz y fibras de palmera. Tesis Pregrado, Universidad Señor de Sipan , Facultad de Ingeniería, arquitectura y urbanismo, Pimentel.
- Carrasco Díaz, S. (2006). Metodología de la Investigación. Lima, Peru: San Marcos.
- Castillo Bustos, M. R. (2021). Técnicas e instrumentos para recoger datos.
- Castillo Linton, C. E. (2021). Desepeño del concreto con cemento antisalitre frente a ataque de sulfatos y cloruros. Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Civil, Puno.
- Castro, C. V. (1992). Suelos Expansivos en Talara. Lima, Peru: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cemex. (2019). Artículos de construcción. Perú.
- CEMEX. (13 de Febrero de 2023). CEMEX. Obtenido de CEMEX: <https://www.cemex.com/es/productos-servicios/productos/agregados>
- Cemix. (2022). Resistencia del concreto. Honduras.
- Cerón Cárdenas, A. F., Latorre Vásquez, L. I., Buchell Jurado, M. A., Osorio Mora, O., Mejía España, D. F., & Garcés Giraldo, L. F. (15 de Mayo de 2018). Determinación de constantes de velocidad de rehidratación y cambios sobre algunas propiedades físicas en semillas de arveja (*Pisum sativum* L.). *Revista Lasallista de Investigación*.
- Chen, F. H. (1973). The Basic Physical Property of Expansive Soils. *Proceedings of the 3rd International Conference on Expansive Soils*, 1, 17–25.
- Chota Tafur, D. H., & Navarro Córdova, P. (2019). “Análisis de la resistencia del concreto utilizando hormigón en el distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, departamento de

Ucayali”. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ingeniería de Sitemas e Ingeniería Civil, Pucallpa.

Chryso. (2021). Agregados en el Hormigón. España.

CIDELSA. (2015). Cidelsa Geomallas. Lima, Peru: En Lima.

Cogollo, F. M., & Silva, B. A. (2018). Modelación numérica de pavimentos rígidos mediante modulación convencional y de losas cortas. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Cristiam, M. R. (2019). “DISEÑO DE UNA BASE GRANULAR REFORZADA CON GEOMALLA BIAXIAL; PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRAMO TAYABAMBA – ONGON. PROVINCIA DE PATAZ. Trujillo: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.

Cuerpamente. (2017). Aguacate. Mexico.

Cusihuaman Torres, P. (8 de Junio de 2017). <https://es.scribd.com/document/350751141/Definicion-de-Carga-Axial>. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/350751141/Definicion-de-Carga-Axial>.

Dakshanamurthy, V., & Raman, V. (1973). A simple method of identifying on expansive soil. Internacional Conference on Expansice Clays Soil, 17-25.

Delgado, B. J., & Gonzales, D. J. (2019). DISEÑO DEL PAVIMENTO EN EL ÁREA DE MOVIMIENTO DEL AEROPUERTO MÓRROPE – LAMBAYEQUE. Lambayeque, Peru: Universidad Señor de Sipan.

Delgado, D. (2020). ¿Que es la puzolana? Muy Historia.

Diaz, C. E. (2020). Uso de Geomallas Multiaxiales como Refuerzo en vias sin Pavimentar con Suelos Blandos o Subrasantes debiles. Bogota, Colombia: Universidad Antonio Nariño.

Dzul Escamilla, M. (2020). Diseño no-experimental. Ciudad de Mexico.

- Fernández Bedoya, V. H. (17 de Julio de 2020). Tipos de justificación en la investigación científica. *Espíritu Emprendedor TES 2020*, 12. Recuperado el 3 de Junio de 2020
- Figuroa Orjuela, D. C., & Bello Lopez, J. S. (2018). Evaluacion y diagnostico de la resistencia a compresion y flexion del concreto simple despues de expuesto a 450°C. tesis pregrado, Universidad catolica de colombia, Facultad de ingenieria civil, Bogota.
- Flores, C. A., Morales, C. W., & Rodriguez, P. Y. (2019). Estudio comparativo de metodología tradicional de diseño de pavimentos versus tecnología TCP (geometría optimizada) para la vía entre las veredas la carrera y Leticia del municipio de Agua de Dios, Cundinamarca. Girardot - Colombia: Corporacion Universitaria MINUTO D DIOS.
- Gallardo Caceres, J. A. (2022). Aplicación de ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, Lima 2022. . Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingenieria y arquitectura, Lima.
- García Dihigo, J. (2017). Metodología de la investigación para administradores. Bogotá.
- Garrido López, G. A. (2021). Propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de fibras de maguey, bambú y cáñamo, Lima 2021. Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima.
- Gesistemas PAVCO. (2012). Manual de Diseño con Geosinteticos. Bogota, Colombia: Mexichem.
- Giraldo Huertas, J. J. (2016). Manual para los seminarios de Investigación en Psicología.
- Grim, R. (1959). Physico-chemical Properties of Soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 1–70.
- Guerreros Espinoza, M. U. (2017). Quitosano y almidon como recubrimiento biodegradable para prolongar la vida util en palta cultivar fuerte. tesis pregrado, Universidad Nacional de san Agustín, Facultad de ingenieria agronoma, Arequipa.

Gutierrez Torres, A. G. (2015). Obtencion del modulo de elasticidad y la relacion de poisson para el concreto de 21 y 28 mpa en seis diferentes obras ubicadas en la zona occidental de bogota. Tesis pregrado, Universidad la gran colombia, Facultad de ingenieria civil, Bogota.

Henríquez, C. (2016). Resistencia a la penetración.

Hernandez Doria, E., & Rojas Montañez, J. P. (2021). Estudio de la resistencia a la compresion del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino. Tesis de pegrado, Universidad catolica de colombia, Facultad de ingenieria civil, Bogota.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2020). Metodología de la Investigacion. Ciudad de México: McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. de C.V.

Holtz, W. (1973). Expansive Soils – The hidden Disaster. Civil Engineering.

Hormaza, B. C. (2020). Caracterización del comportamiento de suelos expansivos ante la migración de agua mediante modelación en centrífuga. Colombia: Universidad de los Andes Colombia.

INCA. (2021). Cemento en Construcciones. España.

Instituto Nacional de Estadística e Informática, I. (24 de aGOSTO de 2022). <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-140-2022-inei.pdf>.

Obtenido de <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-140-2022-inei.pdf>.

Iparraguirre Sanchez, R. A. (2021). Influencia de la adición de la ceniza de la cascarilla de café en las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Oxapampa – 2021. Tesis Pregrado, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingenieria Civil, Lima.

Jiménez, A. (2016). https://www.academia.edu/16835717/Metodo_analitico_y_sintetico.
Obtenido de https://www.academia.edu/16835717/Metodo_analitico_y_sintetico.

Juan Carlos, C. H. (2019). "Resistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento sustituido en 4% y 8% por ceniza de hojas de palto del distrito de Pariacoto. 2018". Tesis Grado, Universidad San Pedro, Facultad de ingeniería civil, Huaraz.

Juan Carlos, P. N. (2018). Resistencia a la comprensión de un concreto $f'c=210$ kg/cm²,sustituyendo el cemento por 10% de ceniza de tusa de maíz y 5%de ceniza de cola de caballo. Tesis Pregrado, Universidad San Pedro, Facultad de ingeniería civil, Chimbote.

Kevin, R. (13 de Julio de 2019). <https://es.scribd.com/document/417023923/Asentamiento#>.
Obtenido de <https://es.scribd.com/document/417023923/Asentamiento#>.

Llantoy Granados, D. T. (2021). "comportamiento físico mecánico del concreto antideslave con aditivo eucalipto y hiperplastificante para zonas con nivel freático". Tesis pregrado, Universidad peruana los andes, Facultad de ingeniería, Huancayo.

Llontop Esquerre, C. M., & Ruiz Chávez, M. d. (2019). Mezcla con fibra de zanahoria para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón. Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima.

Mamani Barriga, L. E., & Yataco Quispe, A. J. (2018). "Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de ayacucho". Tesis pregrado, Universidad de san martin de porres, Facultad de ingeniería, Lima.

Maria, S. M. (2019). SUPERFICIE Y COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DE ESPESORES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES. Revista de Arquitectura e Ingeniería.

Marroquín Peña, R. (2020). Confiabilidad y Validez de Instrumentos de investigación. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Escuela de Posgrado, Ciudad Universitaria Santa Anita.

- Martínez, P., & Azuaga, M. (2012). Medición del módulo de elasticidad de Young. . Laboratorio IV - Dpto. de Física - UBA 1997.
- Maza, S., & Silipú. (2012). Estudio de palta en el Perú y el Mundo. 1ra edición.
- Mejia Pallo, J. (2020). Determinacion del porcentaje de aceite de acudro variedades de aguacate. Tesis Pregrado, Universidad Tecnica de Ambato, Ecuador.
- Mejia Pallo, J. (2020). Determinacion del porcentaje de aceite de acudro variedades de aguacate. Tesis de pregrado, Ecuador.
- Méndez Álvarez, C. E. (2020). Metodología de la Investigación quinta edición. ALPHAEDITORIAL.
- Mendoza Bustinza, M. O. (2022). Propuesta de diseño de pavimento flexible reforzado con geoceldas según la metodología Mecanicista para reemplazo del pavimento deteriorado de la Avenida Defensores del Morro, Tramo: Pantanos de Villa, Chorrillos, 2019-2022. Lima: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2016). Manual de ensayo de Materiales. Lima, Peru.
- Miranda, R. E. (2019). Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial; para optimizar la calidad en la construccion de pavimento flexible, tramo Tatabamba-Ongon.Provincia de pataz.La libertad. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- National Ready Mixed Concrete Association, N. (1 de Enero de 2017). <https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/16pes.pdf>. Obtenido de <https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/16pes.pdf>.
- Nelson, J., Chao, K., Overton, D., & Nelson, E. (2015). Foundation engineering for expansive soils. John Wiley & Sons.
- Nicomedes Teodoro, E. N. (2016). Tipos de investigacion. Buenos Aires.
- Nicomedes, T. E. (2018). Tipos de Investigacion. Buenos Aires.

Niño Hernandez , J. (2010). Materiales, propiedades y diseño de mezclas (Vol. Tercera edición). Bogotá.

NTP 339.035, N. T. (2015). CONCRETO: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland. Lima: 4ta edición.

Ñaupas, P. H., Mejia, M. E., Novoa, R. E., & Villagomez, P. A. (2014). Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis Cuarta Edición. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

Ortiz, M. B., & Tocto, R. E. (2018). Diseño de infraestructura vial con pavimento rígido para transitabilidad del barrio Señor de los Milagros, distrito Canoas de Punta Sal, provincia Contralmirante Villar de la región de Tumbes - 2018. Tumbes, Peru: Universidad Cesar Vallejo.

Ospina, C. J. (2018). Diseño estructural de pavimento rígido de las vías urbanas en el municipio del Espinal. Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.

Palacios Baldeon, L. V. (2021). Evaluación de resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² con adición de ceniza de coronta y nuez, Vilcashuamán, Ayacucho 2021. Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, Lima.

Pulido López, A. L., & Rodríguez Gómez, A. J. (2020). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto obtenido a partir de la activación alcalina de ceniza volante. Tesis Pregrado, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá.

Quijije, M. A. (2019). Reforzamiento del suelo con la utilización de geotextiles y geomallas aplicado en la ciudad de Manta. Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Ramos, C., Grases, J., & Velazco, G. (2019). Manual del concreto estructural. (M. A. Alvarez, Ed.) Perú.

Rebaza, C. F. (2018). Análisis técnico-económico del diseño con método AASHTO y el diseño con uso de geomalla multiaxial en el pavimento rígido de la vía de evitamiento norte, entre el

jr. carlos malpica y la av. hoyos rubio - sector 10 san antonio, provincia cajamarca-Cajama.
Cajamarca, Peru: Universidad Nacional de Cajamarca.

Relloso Chacin, R. (2021). Metodologia de la Investigacion. En R. Relloso Chacin, Metodologia de la Investigacion. Estados Unidos.

Ricardo, R. R. (2018). Metodologia para la investigacion y redaccion. En R. R. Riís Ramírez. Málaga, España.

Rodriguez, D. (2020). Investigación aplicada: características, definición, ejemplos. Argentina: Lifeder.

Salas Canales, H. J. (2012). Investigacion de mecado para la exportacion de palta hass al mecado de italia. tesis pregrado, San martin de porres, Facultad de administracion de negocios internacionales, lima.

Sánchez Carlessi, H. H., Reyes Romero, C., & Mejía Sáenz, K. (2018). Manual.

Sanchez Guzman, D. (2021). Concreto: dosificacion, tipos, historia. ARquitecturacivil.blog.

Sánchez, C. H., Reyes, R. C., & Mejía, S. K. (2018). Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Lima.

SCIELO. (s.f.). ENSAYO ABRASION.

Seed, H., Woodward, R., & R., L. (1962). Prediction of swelling potential for compacted clays. Journal of the soil Mechanics and Foundation Division, 53-87.

Serpa Bojorque, J. D. (2018). Determinación del módulo de elasticidad y la resistencia a compresión del hormigón en función de la variabilidad y caracterización de los agregados. Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca, Facultad de Ingenieria, Cuenca.

Servosis. (2020). Módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal. España.

Sika peru. (2019). Aditivos para el concreto. Lima.

Structuralia. (2021). Importancia de la sistencia a compresion del hormigon. Madrid.

Supermixers. (2021). Fraguado del concreto. Colombia.

Tensar. (2015). Información general de los sistemas.

TESTMAK. (s.f.). Máquina de Abrasión de Böhme.

Trejos, C. C., Aguiar, M. J., & Loria, S. L. (2016). Desarrollo de software de análisis y diseño de pavimentos para Costa Rica LM-PI-UMP-057-R2. San Jose, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.

Unacom. (2021). Diferencia entre cemento, hormigón y concreto armado. España.

Valdivia Dueñas, M. D. (2018). Metodología de la investigación. Colombia.

Vanegas Cabrera, J., & Robles Castellanos, J. P. (2018). Estudio experimental de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para su uso en edificaciones convencionales estudio experimental de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para su uso en edificaciones convencionales. Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá.

Vásquez, R. W. (2020). Metodología de la investigación. Ciudad Universitaria Santa Anita: Ciudad Universitaria Santa Anita.

Virto, T. J. (2022). Influencia del uso del sistema geomalla biaxial en el espesor de la estructura de pavimentos rígidos sobre suelos cohesivos. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de consistencia

“INFLUENCIA DE SUB BASE REFORZADA CON GEOMALLAS EN EL DIMENSIONAMIENTO DEL ESPESOR DE LOSA DEL PAVIMENTO RIGIDO EN CHUPURO – 2023”

<p>Problema general: ¿Cuál es la influencia de la sub base reforzada con geomallas en el dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido en Chupuro - 2023?</p>	<p>Objetivo general: Determinar la influencia de la subbase reforzada con geomallas en el dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido en Chupuro - 2023</p>	<p>Hipótesis general: La subbase granular reforzada con geomallas influye significativamente en el dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.</p>	<p>Variable Independiente: X = Sub base reforzada con geomallas</p>	<p>Resistencia a la penetración</p>	<p>CBR al 100% de la M.D.S. a 0.1 pulgadas de penetración</p>	<p>METODO GENERAL: Científico.</p> <p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Deducción e Inducción</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Correlacional</p> <p>CUANDO: 2024</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Experimental, considerando que el análisis a realizar es demostrable en todo el proceso.</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA: POBLACIÓN: MUESTRA: especímenes cilíndricos a compresión: técnicas e instrumentos:</p> <p>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS:</p>
<p>Problemas específicos: a) ¿Cuál es la influencia de la subbase reforzada con geomallas en la resistencia de la losa del pavimento rígido en Chupuro - 2023? b) ¿Cuál es la influencia de la subbase reforzada con geomallas en la elasticidad de la losa del pavimento rígido en Chupuro - 2023? c) ¿Cuál es la influencia de la subbase reforzada con geomallas en el coeficiente de drenaje de la losa del pavimento rígido en Chupuro - 2023?</p>	<p>Objetivos específicos: a) Determinar la influencia de la subbase reforzada con geomallas en la resistencia de la losa del pavimento rígido en Chupuro - 2023 b) Determinar la influencia de la subbase reforzada con geomallas en la elasticidad de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023. c) Determinar la influencia de la subbase reforzada con geomallas en el coeficiente de drenaje de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.</p>	<p>Hipótesis específicas a) La sub base reforzada con geomallas influye significativamente en la resistencia de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023. b) La sub base reforzada con geomallas influye significativamente en la elasticidad de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023. c) La sub base reforzada con geomallas influye significativamente en el coeficiente de drenaje de la losa del pavimento rígido en Chupuro – 2023.</p>	<p>Variable dependiente: Y=Dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido.</p>	<p>Resistencia a la abrasión</p>	<p>Abrasión los ángeles</p>	
<p>Plasticidad</p>	<p>Índice de plasticidad</p>	<p>Resistencia</p>	<p>Módulo de reacción</p>	<p>Elasticidad</p>	<p>Módulo de elasticidad del concreto</p>	
<p>Coeficiente de drenaje</p>	<p>Calidad de drenaje</p>					

Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
1: Variable Independiente Sub base reforzada con geomallas	Las geomallas proporcionan una alternativa económica al de métodos actualización más costosos que permite mover equipos pesados en áreas demasiado débiles para transportar ese tipo de carga por sí solo. (Miranda, 2019).	Capa estructural del pavimento rígido ubicado en el distrito de Chupuro, en ello buscamos enfatizar y demostrar la influencia al reforzar con geomallas el pavimento y conlleva a realizar ensayos que puedan demostrar los cambios y propiedades físicas como la resistencia a la abrasión, penetración y plasticidad.	Resistencia a la penetración	CBR al 100 por ciento de la MDS a 0.1 pulgadas de penetración	Ensayo de laboratorio	Intervalo
		Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.	Resistencia a la abrasión	Abrasión los ángeles	Ensayo de laboratorio	Intervalo
		Plasticidad	Índice de plasticidad	Ensayo de laboratorio	Intervalo	
2: Variable Dependiente Dimensionamiento del espesor de losa del pavimento rígido	(Trejos, Aguiar, & Loria, 2016), para el desarrollo se utiliza dos metodologías de diseño: AASHTO 93, ya que siempre es la que se utiliza en la mayoría de diseños de pavimentos y también está la metodología mecanísticas – empírica.	El espesor del pavimento rígido se dará como resultado de la influencia que tenga está en sus capacidades estructurales al adicionar geomallas en su diseño, este se llegará a obtener analizando las siguientes dimensiones:	Resistencia	Módulo de reacción	Ensayo de laboratorio	Intervalo
		<ul style="list-style-type: none"> • D1: Resistencia • D2: Elasticidad • D3: Coeficiente de drenaje Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.	Elasticidad	Módulo de elasticidad del concreto	Ensayo de laboratorio	Intervalo
		Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.	Coeficiente de drenaje	Calidad de drenaje	Ensayo de laboratorio	Intervalo

Anexo N°03: Matriz de operacionalización de instrumento

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
1: Variable Independiente Sub base reforzada con geomallas	Resistencia a la penetración	CBR al 100 por ciento de la MDS a 0.1 pulgadas de penetración	Ensayo en laboratorio	Intervalo
	Resistencia a la abrasión	Abrasión los ángulos	Ensayo en laboratorio	Intervalo
	Plasticidad	Índice de plasticidad	Ensayo en laboratorio	Intervalo
2: Variable Dependiente Dimensionamiento del espesor de losa de pavimento rígido	Resistencia	Módulo de reacción	Ensayo en laboratorio	Intervalo
	Elasticidad	Módulo de elasticidad del concreto	Ensayo en laboratorio	Intervalo
	Coefficiente de drenaje	Calidad de drenaje	Ensayo en laboratorio	Intervalo

Anexo N°05: Confiabilidad y validez de instrumento

