



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo-Chanchamayo, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Mirkareny Mitzabeth, Anyaipoma Aranda (ORCID: 0000-0003-0683-4746)

ASESOR:

Dr. Omart Demetrio, Tello Malpartida (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria

La presente investigación se la dedico a mis padres, abuelos y seres queridos quienes son parte fundamental en mi vida, por el apoyo constante e incondicional durante el tiempo que he destinado a este proyecto, que demandó esfuerzo.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de cumplir uno de mis tantos sueños. Estoy muy agradecida con mis padres por el apoyo brindado hasta el día de hoy, por aconsejarme y educarme. Al Ingeniero Tello Malpartida Omart Demetrio, asesor de Tesis, por compartir sus conocimientos y dirigir el desarrollo de este proyecto.

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Declaratoria de Originalidad del Autor


Yo, **ANYAIPOMA ARANDA, Mirkareny Mitzabeth** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

"Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el km.24 puente Capelo – Chanchamayo, 2019", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 08 de diciembre de 2019

Apellidos y Nombres del Autor ANYAIPOMA ARANDA, Mirkareny Mitzabeth	
DNI: 702 99093	Firma 
ORCID: 0000 - 0003 - 0683 - 4746	



Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de tablas	viii
Índice de Figuras.....	x
Índice de ecuaciones	xii
Resumen	xiii
Abstract.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	29
2.1. Tipo y Diseño de investigación.....	30
2.1.1. <i>Tipo de Investigación</i>	30
2.1.2. <i>Nivel de Investigación</i>	30
2.1.3. <i>Diseño de Investigación</i>	30
2.2. Operacionalización de variables	30
2.3. Población, muestra y muestreo	33
2.3.1. <i>Población de estudio</i>	33
2.3.2. <i>Muestra</i>	33
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	34
2.4.1. <i>Técnicas</i>	34
2.4.2. <i>Instrumentos de recolección de datos</i>	34
2.4.3. <i>Validez</i>	34
2.4.4. <i>Confiabilidad</i>	35
2.5. Procedimiento.....	35
2.6. Método de análisis de los datos	37
2.7. Aspectos éticos	37
III. RESULTADOS	38
3.1. Ubicación del proyecto	39
3.1.1. <i>Ubicación geográfica</i>	40
3.2. Estudios básicos	41
3.2.1. <i>Construcción de calicatas y Extracción de muestra</i>	41
3.2.2. <i>Plano en planta ubicación de calicata N° 1</i>	44

3.2.3. Plano en planta ubicación de calicata N° 2	45
3.2.4. Perfil estratigráfico Calicata N° 1 lado izquierdo Km. 24 + 700.....	46
3.2.5. Perfil estratigráfico Calicata N° 2 lado derecho Km. 24 + 950	47
3.3. Estudio de tráfico	48
3.3.1 Cálculo del ESAL.....	48
3.4. Diseño de pavimento convencional - Parámetros de diseño método AASHTO 93	49
3.5. Diseño de pavimento con geomalla biaxial tensor 20 KN/m método AASHTO	60
3.6. Diseño de pavimento con geomalla triaxial tensor 140 método AASHTO	65
3.7. Diseño de pavimento por el Método Giroud – Han.....	67
3.7.1. Diseño de pavimento con geomalla biaxial.....	70
3.7.2. Diseño de la vía pavimentada con refuerzo de geomalla triaxial.....	70
3.8. Desarrollo del ensayo a compresión simple	77
3.9. Análisis de precios unitarios de pavimento convencional	82
3.10. Análisis de precios unitarios de pavimento con geomalla biaxial	84
3.11. Análisis de precios unitarios de pavimento con geomalla triaxial	87
IV. DISCUSIÓN	91
V. CONCLUSIONES	94
VI. RECOMENDACIONES.....	96
REFERENCIAS	98
ANEXOS	105

Índice de tablas

Tabla 1: Niveles de confiabilidad por tipo de vía	21
Tabla 2: Índice de Servicialidad en función de calidad de la vía	22
Tabla 3: Valores recomendados para la desviación estándar (So).....	23
Tabla 4: Coordenadas geográficas de la zona en estudio	40
Tabla 5: Progresivas de la zona de colapso de la plataforma del pavimento	40
Tabla 6: Ensayos realizados para el análisis de suelo que conforma el pavimento	41
Tabla 7: Ensayos realizados para determinar las características mecánicas del material.....	41
Tabla 8: Cálculo de ejes equivalentes ESALs.....	48
Tabla 9: Coeficiente del nivel de confianza para el análisis del espesor de pavimento	49
Tabla 10: Coeficiente de desviación estándar normal Zr	49
Tabla 11: Coeficiente de desviación estándar para el análisis del espesor de pavimento	50
Tabla 12: Parámetros de diseño para cálculo de SN	51
Tabla 13: Tabla de espesores recomendados por el manual de carreteras, suelos, geotecnia y pavimentos	53
Tabla 14: Valores de los coeficientes estructurales y modulo elástico para el cálculo de espesores	54
Tabla 15: Cálculo de espesores para el pavimento condicional	60
Tabla 16: Tipos de geomalla tensar para el refuerzo de vías en pavimento flexible	62
Tabla 17: Espesores de pavimento convencional y refuerzo de geomalla biaxial.....	64
Tabla 18: Espesores de pavimento convencional, y refuerzo con geomalla triaxial	66
Tabla 19: Parámetros de diseño para el cálculo de la base bajo método Giroud Han	67
Tabla 20: Valores de espesores de pavimento convencional.....	71
Tabla 21: Valores de espesores de pavimento con refuerzo de geomalla biaxial	72
Tabla 22: Valores de espesores de pavimento con refuerzo triaxial	73
Tabla 23: Reducción de espesores de pavimento flexible con geomalla biaxial.....	74
Tabla 24: Reducción de espesores de pavimento flexible con geomalla triaxial	75
Tabla 25: Espesores de pavimento flexible con y sin refuerzo	76
Tabla 26: Tabla sub base granular pavimento sin refuerzo	81
Tabla 27: Tabla base granular pavimento sin refuerzo	82
Tabla 28: Tabla imprimación asfáltica - pavimento sin refuerzo	82
Tabla 29: Tabla carpeta asfáltica en caliente - pavimento sin refuerzo	83
Tabla 30: Presupuesto pavimento sin refuerzo.....	83
Tabla 31: Sub base pavimento reforzado con geomalla biaxial	84
Tabla 32: Base pavimento reforzado con geomalla biaxial	84
Tabla 33: Imprimación asfáltica pavimento reforzado con geomalla biaxial	85
Tabla 34: Carpeta asfáltica en caliente pavimento reforzado con geomalla biaxial	85

Tabla 35: Instalación de geomalla pavimento reforzado con geomalla biaxial	86
Tabla 36: Presupuesto pavimento reforzado con geomalla biaxial	86
Tabla 37: Sub base pavimento reforzado con geomalla triaxial.....	87
Tabla 38: Base pavimento reforzado con geomalla triaxial.....	87
Tabla 39: Imprimación asfáltica reforzada con geomalla triaxial	88
Tabla 40: Carpeta asfáltica pavimento reforzado con geomalla triaxial	88
Tabla 41: Instalación geomalla pavimento reforzado con geomalla triaxial	89
Tabla 42: Presupuesto pavimento reforzado con geomalla triaxial	89

Índice de Figuras

Figura 1: Geomallas uniaxial.....	10
Figura 2: Geomalla biaxial.....	10
Figura 3: Geomalla triaxial.....	11
Figura 4: Confinamiento lateral e incremento del módulo.....	12
Figura 5: Efecto de la geomembrana tensionada.....	13
Figura 6: Efecto de zapato de nieve.....	14
Figura 7: Estructura del pavimento.....	14
Figura 8: Estructura de pavimento sección transversal.....	15
Figura 9: Ahuellamiento producto de fallas en la subrasante.....	16
Figura 10: Ahuellamiento producido por falla de la carpeta asfáltica.....	17
Figura 11: pavimento convencional pavimento con geo sintético.....	17
Figura 12: Vista de la vía utilizada para el ensayo en escala real.....	25
Figura 13: Aumento del valor de tráfico VS CBR de la subrasante en 2 tipo de geomallas.....	25
Figura 14: Procedimiento del proyecto.....	36
Figura 15: Ubicación del proyecto.....	39
Figura 16: Ubicación de la carretera en estudio.....	39
Figura 17: Extracción de muestras de suelo.....	42
Figura 18: Vista perfil estratigráfico calicata 1 y 2.....	42
Figura 19: Muestra representativa para ser llevada al laboratorio.....	43
Figura 20: Ubicación en planta calicata N° 1.....	44
Figura 21: Ubicación en planta calicata N° 2.....	45
Figura 22: Perfil estratigráfico calicata 1.....	46
Figura 23: Perfil estratigráfico calicata 2.....	47
Figura 24: Cálculo del número estructural del pavimento Fuente.....	51
Figura 25: Cálculo del número estructural del pavimento.....	55
Figura 26: Cálculo del número estructural para la capa de asfalto.....	56
Figura 27: Ábaco para determinar el coeficiente a2.....	57
Figura 28: Cálculo del número estructural para la capa base.....	57
Figura 29: Variación del coeficiente de aporte estructural en material sub base granular a3.....	58
Figura 30: Cálculo del número estructural para subbase.....	59
Figura 31: Composición de la estructura del pavimento.....	59
Figura 32: Espesores del pavimento convencional.....	60
Figura 33: Ábaco relación LCR – CBR.....	62
Figura 34: Espesores de pavimento reforzado con geomalla biaxial.....	64
Figura 35: Espesores del pavimento reforzado con geomalla triaxial.....	66

Figura 36: Espesores base granular por ambos métodos de diseño.....	70
Figura 37: Espesores pavimento convencional sin refuerzo.....	71
Figura 38: Espesores de pavimento reforzado con geomalla biaxial.....	72
Figura 39: Espesores de pavimento reforzado con geomalla triaxial.....	73
Figura 40: Comparación de espesores pavimento convencional y con uso de geomalla biaxial.....	74
Figura 41: Comparación de espesores pavimento convencional y con uso de geomalla triaxial.....	75
Figura 42: Porcentaje comparación de la capa base y subbase de pavimento convencional, geomalla biaxial y geomalla triaxial.....	76
Figura 43: Parámetros para el ensayo de compresión pavimento convencional.....	78
Figura 44: Curvas de deformación unitaria kg/cm ² para pavimento convencional.....	78
Figura 45: Parámetros para el ensayo de compresión pavimento con geomalla biaxial.....	79
Figura 46: Curvas de deformación unitaria kg/cm ² para pavimento con geomalla biaxial.....	79
Figura 47: Parámetros para el ensayo de compresión pavimento con geomalla triaxial.....	80
Figura 48: Curvas de deformación unitaria kg/cm ² para pavimento con geomalla triaxial.....	80
Figura 49: Porcentaje comparación de resistencia de pavimento convencional, geomalla biaxial y geomalla triaxial.....	81
Figura 50: Porcentaje comparación de costos de pavimento flexible convencional y con adición de geomalla.....	90

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Ecuación para el cálculo del índice de Servicialidad.....	22
Ecuación 2: Ecuación para el cálculo del SN.....	23
Ecuación 3: Ecuación para el cálculo de W18.....	24
Ecuación 4: Ecuación para el cálculo de W18.....	24
Ecuación 5: Número estructural con la adición de refuerzo.....	26
Ecuación 6: Espesor requerido en un Pavimento Reforzado.....	26

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la aplicación de la geomalla como reforzamiento para reducir del espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019. La metodología utilizada fue diseño experimental, de enfoque cuantitativo y por la orientación de la investigación es de tipo aplicada. El procedimiento para realizar la investigación fue diseñar la estructura del pavimento flexible empleando la metodología AASHTO 93, el cual hace uso de parámetros y requiere de datos del suelo de fundación en el caso del CBR; asimismo se desarrolló 2 diseños con el empleo de las geomalla biaxial 1100 y geomalla triaxial 140, esto para obtener distintos espesores de diseño, además se realizó los metrados para cada diseño obtenido y así sacar los costos. Con dichos diseños se procedió a la comparación respecto al pavimento convencional. Se desarrolló para finalizar el empleo de la metodología Giroud– Han para contrastar los resultados de los espesores y ver la variación entre ellos; ya que, esta metodología calcula con precisión el comportamiento de las geomalla. Se llegó a la conclusión que el pavimento reforzado con geomalla biaxial influye en la reducción el espesor de la capa base en 28.57% y en 21.05% de la capa subbase respecto al pavimento convencional, asimismo se determinado que el pavimento reforzado con geomalla triaxial influye en la reducción el espesor de la capa base en 32.86% y en 26.32% de la capa subbase respecto al pavimento convencional. Asimismo la mayor capacidad de resistencia dentro de los ensayos realizados, fue en el escenario con el uso de la geomalla triaxial, con respecto al espécimen sin reforzamiento con un porcentaje de 52.06 %, respecto al uso de geomalla biaxial se reduce en 49.37 % en comparación con el pavimento convencional.

Palabras claves: Geomalla biaxial, Geomalla triaxial, base, subbase, espesor, costo.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the application of the geogrid as reinforcement to reduce thickness and improve the resistance of flexible pavements at km.24 Capelo-Chanchamayo bridge, 2019. The methodology used was experimental design, quantitative approach and by Research, orientation is applied type. The procedure to carry out the investigation was to design the structure of the flexible pavement using the AASHTO 93 methodology, which makes use of parameters and requires data from the foundation floor in the case of the CBR; 2 designs were also developed with the use of biaxial geogrid 1100 and triaxial geogrid 140, this in order to obtain different design thicknesses, in addition the metrados were made for each design obtained and thus to obtain the costs. With these designs, the comparison was made with respect to the conventional pavement. It was developed to finalize the use of the Giroud– Han methodology to contrast the results of the thicknesses and see the variation between them; since, this methodology accurately calculates the behavior of geogrids. It was concluded that the pavement reinforced with biaxial geogrid influences the reduction of the thickness of the base layer by 28.57% and in 21.05% of the subbase layer with respect to the conventional pavement, it was also determined that the pavement reinforced with triaxial geogrid influences the reduction of the thickness of the base layer in 32.86% and in 26.32% of the subbase layer with respect to the conventional pavement. Likewise, the greatest resistance capacity within the tests carried out was in the scenario with the use of the triaxial geogrid, with respect to the specimen without reinforcement with a percentage of 52.06%, with respect to the use of biaxial geogrid it is reduced by 49.37% in comparison with conventional pavement.

Keywords: Biaxial geogrid, Triaxial geogrid, base, subbase, thickness, cost.

I. INTRODUCCIÓN

Las carreteras juegan un papel muy relevante en la vialidad mundial; debido a la necesidad de comunicación entre países, transporte de mercancías y usos públicos. En los últimos años se vienen implementando tecnologías que mejoran el comportamiento estructural de las capas del pavimento, por consiguiente, se busca reforzar su capacidad de deformación ante cargas de tránsito.

El reforzamiento de suelos ha permanecido vigente, ante la necesidad de la población por mantener la comunicación, a través, de las carreteras, por ende, el estado de las vías que entrelazan dos o más ciudades deben presentar condiciones óptimas para el tránsito de los vehículos, por lo anterior en 1926 se elaboró la primera estructura de pavimentación con refuerzo de fibras sintéticas. El departamento encargado del experimento fue Vías de Carolina del Sur, ubicado en Estados Unidos (Koerner, 1997).

La aplicación de geosintéticos brinda a la rama de ingeniería un amplio enfoque de mejora, asimismo, un aporte en cuanto a la disminución del costo total en la ejecución de proyectos que se desarrollen con estos sistemas innovadores. En América Latina se viene empleando la utilización de geosintéticos como solución para retardar el tiempo de vida útil de la infraestructura, generando de esta manera un mejor efecto respecto a las fallas producto del desgaste y fatiga del pavimento. Actualmente las vías de pavimentación en Perú se encuentran en pésimas condiciones, vías que no cuentan con respectivos mantenimientos los cuales representan un malestar para la población, en consecuencia, su estado necesita ser reparado o en el peor de los casos debe ser intercambiado por otra estructura que permita mayor resistencia, durabilidad y garantizar costos razonables.

En la selva del Perú Chanchamayo la mayor parte de las vías de acceso solo están compactadas y el porcentaje que cuenta con pavimentos no se encuentra en condiciones óptimas para el tránsito de cargas pesadas. Las características de los suelos por esta zona suelen ser limosas con condiciones plásticas, por lo que respecta tienen poca capacidad portante, la cual produce riesgo de sufrir cambios de volumen debido a las alteraciones en el contenido de humedad, por consiguiente; esta problemática demanda una alternativa de solución tanto económica como funcional. Por medio de esta investigación se busca determinar la aplicación de la geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de los pavimentos flexibles, obteniendo como resultado un estrato firme y económico que soporte los efectos del tránsito.

Por lo expuesto el propósito de esta investigación es brindar información relevante para futuras investigaciones sobre el uso de los geosintéticos en obras viales en el país.

Según el objetivo de investigación los antecedentes nacionales:

ALMENDAREZ, Nicole, REYES, Carlos y MONCADA, Rigoberto (2017). En la Conferencia Internacional para Ingeniería, educación y tecnología en su ponencia titulada “*Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras*” tuvo como finalidad emplear un método correctamente aplicado para el pavimento con la utilización de geomallas Triaxiales como refuerzo, este método fue empleado en Honduras y Centro América. La metodología Giroud-Han se enfoca en analizar el confinamiento ejercido por las geomallas, el método anteriormente mencionado calcula el ahuellamiento sufrido por el pavimento, de manera gracias al uso del interlocking se minimizan estas deformaciones. El método redujo el espesor de la capa granular para la vía con refuerzo, dándonos un valor de reducción del espesor de más del 60%. El resultado obtenido representa un ahorro que debido a la disminución de los espesores. Es más favorable con los suelos con un CBR reducido y con costos significativos para el material de base. La presente conferencia es muy importante para la investigación porque brinda información sobre la metodología Giroud-Han de reducción del espesor la cual es una dimensión de a variable dependiente.

DURANT, Darío. (2017). En su revista International Geosynthetic Society – IGS, artículo titulado “*Geosintéticos en el Terraplenado sobre Suelos Blandos*” tuvo como objetivo describir la construcción de terraplenes sobre suelos de baja resistencia, evidencia las fallas típicas de terraplén, asimismo como analizar la mejora de la estabilidad con el uso de geosintéticos. El presente artículo es muy importante para la investigación porque contiene información sobre la eficiencia que tienen los geosintéticos sobre terraplenes y pavimentos, que servirán para la variable independiente de la investigación.

ROBLES, Daniel (2016). En la revista Peruvias en el artículo titulado “*Geomallas, como alternativa adecuada para reforzar suelos*”. Tuvo como objetivo la utilización de geomallas

para refuerzo y conservación de la red vial nacional; asimismo, la aplicación en carreteras que ejerce gran relevancia puesto que este geosintéticos logra reducir costos, en la partida movimiento de tierras, de igual modo, incrementa la vida útil de los pavimentos, además, obtener un ahorro económico en caso del mantenimiento de la estructura. En conclusión el uso de las geomallas mejoran los esfuerzos de tensión que recibe el pavimento, aumentando así su vida útil, por consiguiente; una mayor seguridad en las vías. El presente artículo es muy importante para la investigación porque menciona a varios investigadores los cuales tratan las problemáticas y su respectiva solución mediante la implementación de geomallas Triaxial la cual es la variable independiente de esta investigación.

ATALA, Cesar (2015). *En su tesis para alcanzar el grado de ingeniero civil titulada “Estudio numérico de terraplenes sobre suelos blandos reforzados con geosintéticos y una capa superficial de arena”*, tuvo como objetivo busca evaluar el comportamiento de los terraplenes retobados a través de un estudio numérico, llevando al terraplén hasta el punto de falla sobre la condición no drenada debido al aumento de carga, con el objeto de estimar la influencia de la rigidez del refuerzo en las deformaciones. También, se buscó estudiar el mecanismo de interacción suelo- refuerzo para un terraplén reforzado. Se empleó la metodología presentada por Hinchberger & Rowe (2003), el cual toma análisis numéricos de tensión-deformación realizados en el software PHASE 2, la calibración del programa fue realizada con información de terraplenes reforzados obtenida de la literatura. Mediante el método de elementos finitos fue definida la metodología para calcular las deformaciones en el refuerzo para una altura determinada, lo que permitió obtener la fuerza en el refuerzo y así evaluar la estabilidad mediante el método de equilibrio límite. La presente tesis es muy importante para la investigación porque evalúa el comportamiento estructural el cual es una de las dimensiones de la variable independiente; asimismo evalúa el método de elementos finitos para calcular las deformaciones en el refuerzo.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS (2015). *“Pautas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras”*, la investigación tuvo como objetivo brindar conceptos generales sobre pavimentos, los cuales; fortalecen aspectos conceptuales y técnicos de acuerdo a

normas vigentes peruanas. Además la investigación plantea consolidar los suelos adecuándolos para resistir los esfuerzos que representan las cargas de los vehículos sobre la carpeta en caminos no pavimentados, permitiendo aumentar las condiciones del tránsito el, eludiendo el desperfecto acelerado del pavimento. El presente artículo es muy importante para la investigación porque nos brinda alternativas de solución y mejora de pavimentos debido al deterioro que afecta a la transitabilidad.

VARGAS, J, MONCAYO, M, CORDOVA, J, et al. (2017). En su revista Académica Ingeniería, artículo titulado “*The geogrid as a reinforcement element in flexible pavements*” tuvo como objetivo la aplicación de geomallas utilizándolas como refuerzo para pavimentos. Esta investigación sintetiza las características que proporciona este geotextil, las ventajas sobre otros materiales, tipos de geomallas, asimismo; el tipo de ensayos a realizarse y los diferentes métodos de diseño que serán elaborados para definir los pavimentos reforzados con geomallas.

FLORES, Luis, SPINEL, Silvia (2015). En su revista Unal. Artículo titulado “*factores que determinan el uso de geosintéticos en proyectos de pavimentación en Colombia*” tuvo como objetivo analizar el desempeño del geomaterial el cual proporciona manejabilidad en cuanto a su aplicación, funcionalidad y costo de cada producto para las condiciones de un proyecto. Asimismo, la investigación da a conocer las condiciones de cotejo entre los materiales, el cual pretende ser de ayuda, sugiriendo la utilidad entre estos dos materiales, por otro lado, su utilización se da en terrenos con capacidad portante que oscila entre CBR del 3% al 5%. El presente artículo es muy importante para la investigación porque brinda información sobre los factores que determinan el uso de geosintéticos el cual viene hacer un aporte para la variable independiente.

MIRANDA, Fausto, SANCHEZ, Ernesto (2015). En la revista de ciencias aplicadas y gestión ambiental, en su artículo titulado “*Desing and economic analysis of a flexible pavement on a geosynthetic reinforced subgrade*” tuvo como objetivo mostrar los beneficios

de la aplicación de la geomalla en los proyectos viales del país, y cómo se puede implementar de manera eficiente para obtener una disminución en los costos del proyecto; así como también alargar la vida útil de los pavimentos, evitando que estos presenten fallas, como el ahuellamiento y las fisuras ocasionadas por fatiga. El presente artículo es muy importante para la investigación porque brinda información sobre los costos que determinan el uso de geomallas el cual viene hacer un aporte para el indicador de la variable dependiente.

MIRANDA, Eddy (2019). En su tesis *“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”* se alcanzó el objetivo de evaluar el uso de la geomalla biaxial LBO 202 DE 20KN y la geomalla 302 de 30KN, la metodología utilizada es diseño experimental, enfoque cuantitativo; la conclusión más relevante de la comparación de los tres diseños fue que la geomalla LBO 202 genera una disminución de 4% en la base, y 43% en la Subbase y la geomalla biaxial LBO 302 disminuye en un 8% la base y 50% la subbase la estructura del pavimento flexible, por otro lado, los costos se ven reducidos en un 2.31% y 3.73% respectivamente.

MONTESTRUQUE, Guillermo, RODRIGUEZ, Regis, FERREIRA, André (2015). En su artículo titulado *“Evaluación del comportamiento de geomallas en el control de reflexión de grietas”* tuvo como objetivo un estudio de laboratorio enfocado a evaluar la utilidad que se obtiene al aplicar geomallas como componente de refuerzo en la propagación de grietas. Se obtuvo por medio de los ensayos de fatiga a través de probetas apretadas de asfalto con o sin refuerzo de 7,5 x 15 x 46 cm, son expuestos a continuación. Una vez llevadas al laboratorio de fueron pre – fisuradas con aberturas que varían de 3, 6 y 9 mm. Para el ensayo se utilizó una carga sinusoidal con frecuencia de aplicación de 20 Hz, diferenciando la posición de la carga con relación a la grieta. Los resultados que se muestran son los siguientes en el caso de las probetas con geomalla, el mecanismo de fractura es la formación de una serie de micro fisuras discontinuas en un definido volumen en lugar de una sola grieta, como ocurre en el caso de las probetas sin refuerzo.

NOBOA, Andrés. (2016). En su tesis *“Evaluación en el Nivel de Resistencia de una Subrasante, con el Uso Combinado de una Geomalla y un Geotextil”*, en el cual se determinó el nivel de resistencia al insertar simultáneamente un geotextil y geomalla, asimismo se realizó una comparación con solo geotextil, geomalla y sin reforzamiento. Para cumplir con los objetivos se realizaron ensayos las cuales nos proporcionaron esfuerzo/deformación. La conclusión a la que se llegó, redujo el espesor de la capa superior a la subrasante. El cual es un antecedente para la variable resistencia.

SILVA, Javier. (2013). En la convocatoria de trabajo técnico ponencia titulada *“uso de Geomalla en accesos mineros Yanacocha y Pierina”*, tuvo como objetivo la aplicación del mejoramiento de suelos blandos tanto en la mina Yanacocha y Pierina, con el propósito de repartir las cargas de manera uniforme al camino, producto del tránsito de maquinaria pesada minera, los cuales llegan a pesar 380 toneladas. Por otro lado, esta investigación pretende mostrar los beneficios del uso de geomallas sobre el pavimento, tanto en ahorro de costos de material para relleno como también, en los tiempos de ejecución de obra, asimismo, reducen los tiempos de operación de las maquinarias. En este trabajo se empleó un método de diseño basado en la metodología Giroud and Noiray (1981), el cual utiliza aspectos como la distribución de esfuerzos para determinar la presión vertical sobre la subrasante producto del tránsito de vehículos. Una vez calculada la presión se procede a determinar un espesor mínimo de relleno el cual facilitara la resistencia de la subrasante ya que soportara las cargas aplicadas. El presente artículo es muy importante para la investigación porque muestra dos experiencias con la utilización de geomallas y ahorrar costos con dicho sistema el cual viene a ser una dimensión de la variable dependiente.

TAIPE, Walter y TOVAR, Edson (2012). En su tesis *“Comportamiento del pavimento flexible con el uso de Geomalla en el distrito de Lircay”*, la investigación tuvo como propósito ver el desempeño del pavimento flexible con la aplicación de la geomalla como una de las opciones para el reforzamiento del pavimento. Se realizó calicatas con una profundidad de 0.80 m para sacar las muestras que serán llevadas al laboratorio; se procedió, ha obtener los volúmenes de muestra, para elaborar el cuarteo y definir la muestra representativa la cual

será guardada en un envase y enviada a un laboratorio debidamente selladas y señaladas. Por último se realizaron diversos ensayos para determinar las condiciones del suelo de fundación. El presente tesis es muy importante para la investigación porque analiza los aspectos generales los cuales vienen a ser la dimensión de la variable dependiente.

JUGO, Augusto (2010). En su artículo titulado “*Propuesta de metodología para diseño de pavimentos flexibles utilizando geosintéticos como refuerzo*” tuvo como finalidad dar una propuesta de anteproyecto estructural con la implementación de geosintéticos como refuerzo en la interfase base- subrasante. Asimismo, se plantea los beneficios de adicionar geosintéticos en la interface subrasante-capa granular, en función de la respuesta no lineal. Asimismo, el análisis que se empleó para la investigación fue el Método AASHTO-93. El presente artículo es muy importante para la investigación porque brinda información sobre un diseño estructural con la implementación de geosintéticos como refuerzo el cual interviene en la variable independiente y dependiente.

SANTILLAN, Daniel (2010). Congreso nacional del medio ambiente Conama 10 en su ponencia “*Materiales geosintéticos: la estabilización del terreno*” tuvo como objetivo la adición de una o varias capas de geosintético el cual permite minimizar el deterioro del terreno en suelos blandos, permitiendo de este modo un ahorro económico. La metodología que se uso fue experimental dado que después de 3.500 pasadas, se formó un ahuellamiento profundo en la superficie de la subbase reforzada con otro tipo de geomalla con una deformación significativa. Una deformación semejante se produjo en la superficie de la subrasante, lo que involucra un remoldé y pérdida de resistencia de la subrasante. Para la sección con geomalla Triaxial, y tras una transitabilidad de vehículos de 10.000 pasadas la rodera en la subbase es mucho menor con una deformación pequeña, y la deformación en la subrasante es despreciable. El presente congreso es muy importante para la investigación porque brinda información sobre la reducción del espesor de capas la cual es una dimensión de a variable dependiente.

LING Y LIU (2003). Utilizaron un análisis de elemento finito que luego validaron con pruebas de laboratorio. Los especímenes fueron placas de carpeta asfáltica de 47 mm de espesor, 600 mm de largo y 200 mm de ancho apoyadas sobre una subrasante de arena Ottawa de 30 cm. Se compararon muestras reforzadas con una geomalla biaxial de polipropileno con una resistencia a tensión de 46 kN/m con otras sin refuerzo. Se notó que la carga de falla se incrementó en un factor de entre 1,9 y 2,5 al utilizar geomalla. No obstante, para un mismo grado de deformación, el efecto de la geomalla disminuía conforme la capacidad de la subrasante aumentaba. Debe destacarse que para acercarse más a la realidad se necesita la aplicación de cargas cíclicas y de magnitud similar a las de los vehículos de diseño. El presente artículo es muy importante para la investigación porque brinda información sobre ensayos de laboratorio realizados con o sin reforzamiento de geomallas el cual viene hacer un aporte para el indicador de la variable dependiente.

Definición de los geosintéticos

“Son materiales fabricados a base de polímeros, específicamente del tipo más conocido como plásticos, los cuales son transformados en láminas, fibras, tejidos, [...]”. (Cruz ,2013).

Definición teórica de geomallas

Según Manual de diseño con geosintéticos (2009). “Las geomallas son estructuras construidas por una red llamadas también costillas, toda esta red está conectada de manera que permiten trabazón del suelo debido a sus aberturas”. (p. 24)

La adición de la geomalla produce un aumento en la resistencia al corte en los suelos y distribuyen las fuerzas incrementando la resistencia contra los desplazamientos.

Clasificación de las geomallas

Depende del uso que se desee, las geomallas se clasifican en:

- **Geomallas uniaxial**, también llamadas monorientadas están fabricadas para que la resistencia a la tensión se oriente en un solo sentido (figura. 1), por tanto este tipo de geomalla refuerza en una dirección el suelo, estabilizándolo.

“El uso de la geomalla que actúa en una sola dirección se suele emplear para muros de contención y muros reforzados, asimismo; para taludes y terraplenes”. (Tensar, 2017).

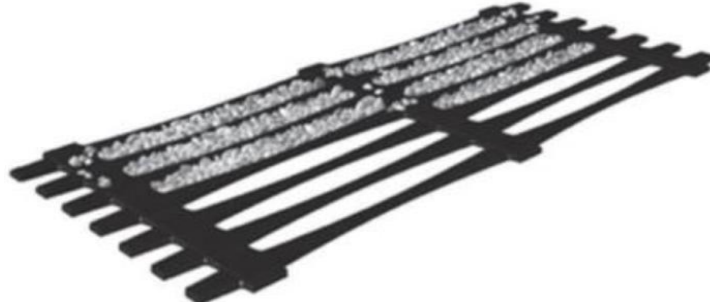


Figura 1: Geomallas uniaxial

- **Geomallas biaxiales:** Este tipo de geomallas son utilizadas principalmente para reforzar pavimentos flexibles, es efectivo dado que su composición es a través de uniones que producen un mayor confinamiento.

“Este confinamiento genera elevada resistencia a la tensión en ambas direcciones y un alto módulo de elasticidad. Asimismo, la distribución de las rejilla rectangulares de la geomalla permite un enlace con el suelo (figura 2)”. (Pavco, 2009)



Figura 2: Geomalla biaxial

- **Geomallas triaxial**

Desde años atrás hasta la actualidad se viene investigando acerca de las geomallas como reforzamiento en el paquete estructural del pavimento, el cual permite proporcionar estructuras más estables producto del confinamiento otorgado debido al interlocking (figura 3). Asimismo, se busca resolver la problemática en cuanto a las

fallas en el diseño vial otorgándole una mayor vida útil y capas de menor espesor.
(Vialidad y transporte Latinoamérica, 2014)

Este tipo de geomallas por su composición trabaja en distintas direcciones (figura. 3). De acuerdo a (Orrego, 2014) “Este tipo de geomalla utiliza aberturas de configuración triangular ya que; es geoméricamente más estable. Igualmente presenta un alto desempeño frente a otros tipos de geomalla”.

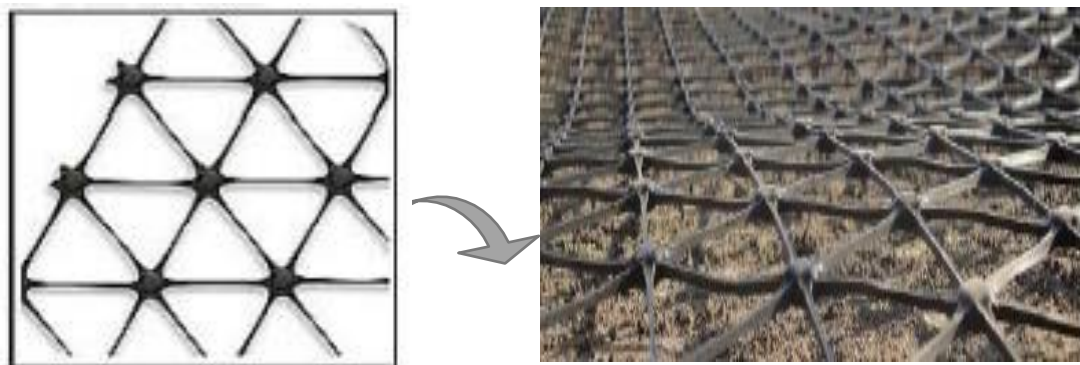


Figura 3: Geomalla triaxial

Tipos de geomalla

- Los tipos de geomallas se clasifican, según el material de procedencia y fabricación: Geomallas no tejidas, Geomallas tejidas.

Clasificación de geomallas

- Según el polímero de fabricación: Geomalla de poliéster, Geomalla de polipropileno, Geomalla de polietileno.

Aplicación de geomalla en el reforzamiento: Según su clasificación: Geomalla uniaxial: Refuerzo de muros de contención, taludes y terraplenes; Geomalla biaxial: terraplenes para vías férreas, refuerzo suelos blandos, rellenos sanitarios; Geomalla triaxial: Estabilización suelos blandos, refuerzo de taludes pequeños

Mecanismos de refuerzo

Se evidencian tres tipos de reforzamiento en la estructura del pavimento respecto a la utilización de las geomalla

Confinamiento lateral

Según (Pavco, 2012) “El confinamiento lateral de los materiales granulares base y subbase se logra por medio de la fricción y trabazón de la geomalla con el agregado”. (p. 150). (Figura 4)

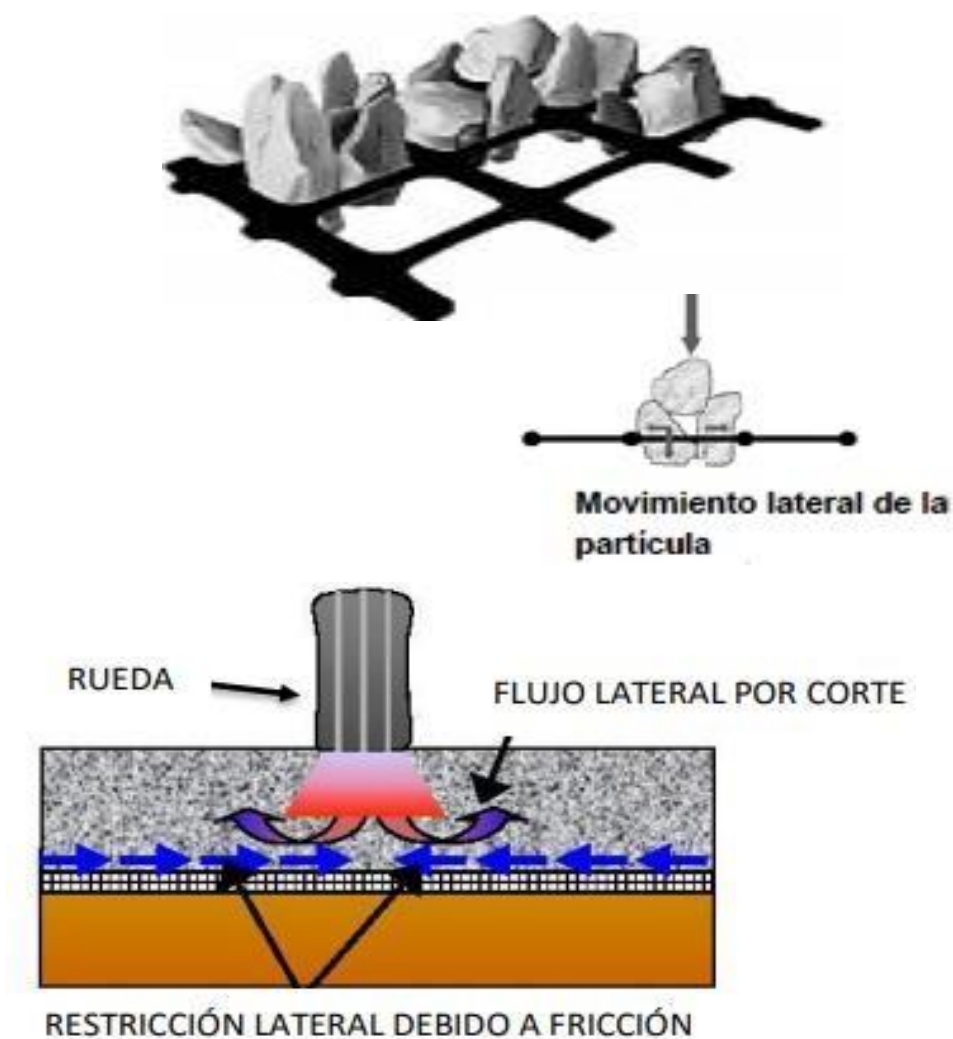


Figura 4: Confinamiento lateral e incremento del módulo

Efecto de membrana tensionada

De acuerdo a lo expresado por (Geosistemas Pavco, 2012) indica “[...] característica por la cual un componente flexible alargado, al admitir una forma curva por el resultado de la carga, el esfuerzo normal sobre su cara cóncava es mayor sobre la cara convexa [...]” (p. 151). (Figura 5). Este efecto se produce cuando existe un ahuellamiento en el terreno, producto del tránsito de cargas vehiculares, por consiguiente; ocasionan fatiga que son admisibles por la resistencia a la tensión de las geomallas.

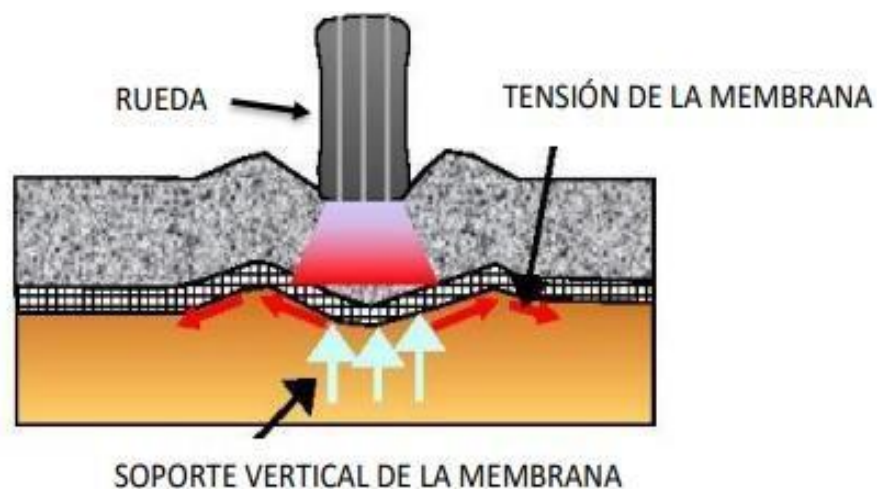


Figura 5: Efecto de la geomembrana tensionada

Mejoramiento de la capacidad portante del terreno de fundación

Según (Geosistemas Pavco, 2012) “El aumento de esta capacidad se obtiene al trasladar la superficie de falla del sistema de subrasante blanda hacia la capa granular la cual contiene mayor firmeza”. (p. 150). Es decir este mecanismo de refuerzo actúa de modo que transmite los esfuerzos para que la subrasante no sufra desgastes, por otro lado; este mecanismo también es llamado como efecto de “zapato de nieve”. (Figura 6)



Figura 6: Efecto de zapato de nieve

Pavimento

Lo conforman un conjunto de capas que reciben los esfuerzos de los vehículos hacia los estratos inferiores, el pavimento está constituido por: subrasante, subbase, base y capa de rodadura.



Figura 7: Estructura del pavimento

Composición del pavimento

- **Capa de subrasante:** Esta capa está compuesta por el material natural, el espesor de esta capa es más ancha.
- **Capa subbase:** Según (Bonilla, Quintana, Carrión, et al) “ Esta capa está formada por material granular, esta capa como la subrasante debe cumplir los

requerimientos de compactación, asimismo; usualmente la subbase es construida para disminuir los espesores de la capa superior también llamada capa base” (2017,127pp)

- **Base:** Esta capa está constituida de materiales pétreos pero a diferencia de la capa subbase tienen una buena distribución granulométrica. Por otro lado transmite los esfuerzos cortantes a la subbase y subrasante.
- **Capa de rodadura:** Es el área en donde transitan los vehículos, compuesta por asfalto.

Pavimento flexible

La construcción de este tipo de pavimento está formada por varias capas, cada una de ellas recibe las cargas de los vehículos por encima de la capa superior, por tanto, la finalidad es aguantar la carga total por el conjunto de capas. (Figura 8). De acuerdo a (Bonilla, Quintana, Carrión, et al) “Este pavimento es una buena opción en el caso de caminos con tránsito de 10 mil a 50 mil vehículos por día”. (2017,127pp)

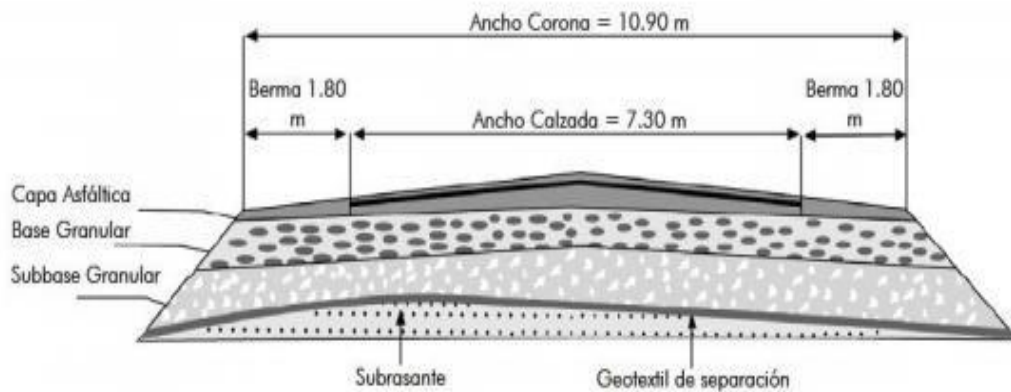


Figura 8: Estructura de pavimento sección transversal

Por otro lado, según ASSHTO M 288 05 en el caso del uso de la geomalla se debe considerar la resistencia a la tensión, resistencia al punzonamiento y la resistencia al estallido.

Ahuellamiento por falla de la subrasante

Este tipo de ahuellamiento se da debido a los esfuerzos distribuidos en la subbase y base del pavimento, por ende es un problema estructural. Este tipo de falla en el pavimento se debe a la fatiga ejercidos por el peso de los vehículos, asimismo; otro factor relevante para debilitar las capas del pavimento es la humedad la cual genera deformaciones en las capas inferiores (figura.9). (Huamán, Chang, 2012)

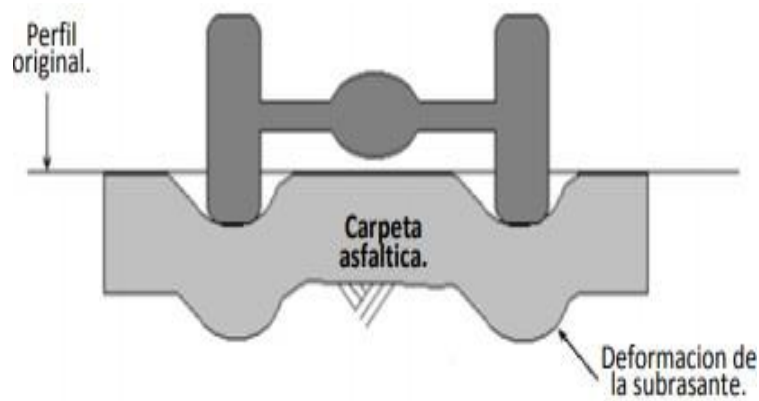


Figura 9: Ahuellamiento producto de fallas en la subrasante.

Ahuellamiento por falla en la capa de asfalto

La principal falla que preocupa en cuanto al diseño de pavimentos es la deformación que pueda llegar a sufrir la carpeta asfáltica, este problema se ve evidenciado dado que la mezcla del asfalto no tiene capacidad para soportar las cargas pesadas del tránsito.

Según (Garnica, Gómez, Sesma) “Los ahuellamientos en la parte posterior de la carpeta asfáltica, pueden ser originados producto del debilitamiento de alguna de las capas inferiores del pavimento” (2002).



Figura 10: Ahuellamiento producido por falla de la carpeta asfáltica

Según (Ahmed, El- Maaty) “El ahuellamiento disminuye la vida útil de los pavimentos, esto se puede imputar a las deficiencias de la aplicación de análisis de pavimentos flexibles”. (2012)

Refuerzo de geomalla entre subbase y base

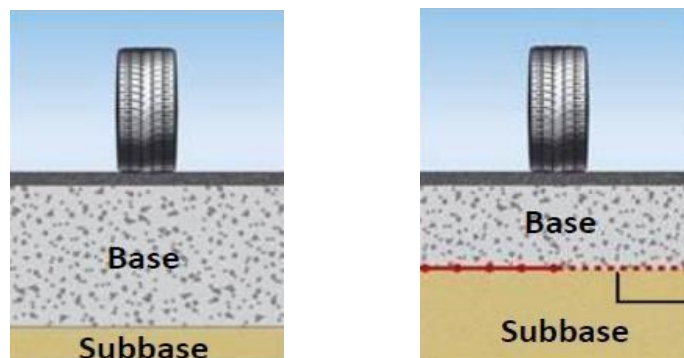


Figura 11: pavimento convencional

pavimento con geosintético

De acuerdo (Ogunkunbi, Jimoh) “La función de la geomalla sobre el pavimento es reforzar y mejorar los suelos pobres, de este modo el suelo se estabiliza. Por estos motivos las geomallas deben fomentarse como una forma económica de mejorar los suelos de subsuelo para trabajos de pavimentación”. (2019,125 pp). Por consiguiente, según los estudios realizados según (Al-qadi, Dessouky, Kwon, et al) “la geomalla contribuye al mejor comportamiento de los pavimentos de bajo volumen, esto se debe a la reducción de la deformación de los cortes tanto longitudinal como transversal en las capas que no están unidas” (2012).

Beneficios de las geomallas sobre pavimentos

- **Incremento en la vida útil, del pavimento:** Debido al crecimiento de la capacidad de soporte de la capa de pavimento en el que se adiciona la geomalla, se llega a disminuir el espesor y mejorar la capacidad de resistencia del pavimento, por consiguiente, la vida útil de esta infraestructura es duradera.
- **Estabilización de asentamientos diferenciales:** Se logra controlar el asentamiento diferencial, a través de la adición de dos geomallas, la cual crea una estructura mucho más rígida, siendo más efectiva.

Parámetros que afectan el rendimiento del pavimento

Según (Dalla, 2015):

Las cualidades de cada una de las capas del pavimento, características que presentan los espesores del paquete estructural, aspectos como tráfico representado por el Numero Esal, condiciones del clima, calidad y plazo de ejecución por ende el respectivo mantenimiento.
(374 pp)

Evaluación del reforzamiento de pavimento con geomallas

Para evaluar el reforzamiento de pavimentos con geomallas existen diferentes formas tales como las pruebas de campo realizadas a gran escala con la utilización de vehículos como cargas, para medir el ahuellamiento del pavimento, pruebas de laboratorio y la utilización de software las cuales se basan por análisis numéricos.

Pruebas de campo

Este tipo de prueba tiene una duración a largo plazo, debido a la instalación de equipos sobre la estructura del pavimento, asimismo; toma tiempo dado que, los instrumentos que serán utilizados serán verificados tanto en la validación y calibración.

Según (Vargas, J, Moncayo, M, Córdova, J, et al) “Para esta prueba se generó un sistema de ensayos acelerados o también conocidos como APT, las cuales conforman las pistas de prueba y utilizan sistemas automatizados de una o doble rueda para determinar el comportamiento de las geomallas en la estructura del pavimento”. (2017, 71pp)

Pruebas de laboratorio

Para analizar el comportamiento de la geomalla sobre el suelo se determinó una serie de ensayos en laboratorio, unas establecidas por las propiedades de las geomallas u otras representadas mediante las condiciones de campo.

De acuerdo a lo expresado por (Vargas, J, Moncayo, M, Córdova, J, et al) “Los ensayos se agrupan en dos categorías: pruebas confinadas y no confinadas. La primera prueba se da midiendo las propiedades de la geomalla incluyendo el confinamiento del suelo, la segunda prueba es mucho más simple económica y rápida”. (2017, 71pp)

Modelamiento a través de métodos analíticos

De acuerdo a (Rondón, Reyes):

Los métodos analíticos estudian el estado de esfuerzo y deformación que experimenta el paquete de la estructura del pavimento; para procesar dichos esfuerzos se utilizan programas de computador los cuales requieren un conjunto de datos básicos como la carga, presión de contacto, propiedades mecánicas de los refuerzos a emplear en los pavimentos y el espesor de las capas (2007, 65pp).

El modelamiento y diseño de pavimentos reforzados se da a través de software tales como Alize, Plaxis, Ansys y Abaqus los cuales utiliza elementos finitos para su análisis.

De acuerdo a (Construyendo caminos y obras, 2004)

En la actualidad se viene desarrollando el uso del perfilómetro laser para medir el perfil transversal y ahuellamiento de los pavimentos. La empresa dedicada a este estudio es Hob Constructores S.A, debido a la tecnología es inevitable el uso de un mayor presupuesto, porque; para este ensayo es necesario un equipo que tenga base de datos según normas nacionales e internacionales como la ASTM E 1703, o la internacional E1703M, por ende este tipo de ensayos a tiempo real representa un mayor costo. (16pp)

Cálculo de espesores de pavimento

[...] en la actualidad hace falta precisar una metodología racional de diseño que permita el análisis de pavimentos con reforzamiento, sin embargo, hay investigaciones que demarcan su uso en la capa del agregado como un beneficio de la adición de la geomalla. (Galindo, 2017)

Los pavimentos con refuerzo de geomalla son una innovación en cuanto al diseño vial, ya que proporcionan una vida útil, con menor uso de material comparada con un pavimento sin refuerzo.

Según (Miranda, Sánchez) “Esta reducción de espesor en las capas del pavimento significa menor costo en mantenimiento y construcción”. (2015)

Método de diseño de pavimento flexible convencional

De acuerdo a (Yang, 2004) “Se clasifican en: Método empírico, este puede ser con o sin una prueba realizada a la resistencia del suelo; método de desviación limitante y método de regresión o también distinguido como método mecanicista empírico.”

Método AASHTO 93 para pavimentos flexibles

Desarrollado en estados unidos el cual relaciona deterioro – solicitaciones tomadas como referencia a un ensayo a escala real llevados acabos durante 2 años en el estado de Ilionis. Asimismo el método anteriormente mencionado se basa principalmente en calcular el número estructural, de acuerdo a parámetros; asimismo para esta metodología se emplea el periodo de diseño que se tomara, esto depende de las características del camino, según el (Manual de carreteras, 2013 p. 152) “[...] en el caso de caminos de bajo volumen de tránsito viene hacer 10 años”

Variables de diseño que intervienen en el método AASHTO

Tránsito

Esta variable es expresada por el número de repeticiones de carga por Eje Equivalente a 8.2 Ton que circulará por la vía durante un periodo de tiempo el cual viene hacer 10 años. Para este parámetro se debe hacer un estudio de tránsito, para el cual se cuenta con formatos detallados para el registro del número de vehículos que transitan a diario sobre la vía, asimismo detalla el tránsito promedio anual, factor camión y tránsito acumulado.

Confiabilidad, (R)

Es un parámetro que relaciona al grado de seguridad que admite las variaciones en las los periodos futuros del tráfico y el comportamiento del pavimento durante un determinado periodo. Según los parámetros que demanda la norma AASHTO 93, el valor varía dependiendo de la importancia de la vía.

Tabla 1: Niveles de confiabilidad por tipo de vía

Tipo de camino	Zonas urbanas	Zonas rurales
Autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Carreteras de primer orden	80 – 99	75 – 95
Carreteras secundarias	80 – 95	75 – 95
Caminos vecinales	50 – 80	50 – 80

Fuente. AASHTO, Guide for design of pavement structures 1993

Según a (Rodríguez, Echaveguren, Thenoux) “La confiabilidad a usar en el diseño de pavimento será tomada de las guías de diseño, asimismo el valor escogido es determinista, es decir no considera aspectos reales tales como carga, clima y comportamiento de materiales en el proceso de ejecución”. (2017, 294pp)

Índice de servicialidad (ΔPSI)

Es la conformidad de manejo seguro que un pavimento otorga a los usuarios.

Ecuación 1: Ecuación para el cálculo del índice de Servicialidad

$$\Delta PSI = P_o - P_f \dots\dots\dots (1)$$

Dónde:

P_o :: Índice de servicio inicial, este depende de la construcción y diseño. En los pavimentos flexibles de acuerdo a la norma AASHTO 93 alcanza un valor de $P_o = 4.2$

P_f :: Índice de servicio final, este depende de la importancia de la vía. En los pavimentos flexibles de acuerdo a la norma AASHTO 93 alcanza un valor de $P_f > 2.5$ en carreteras de mayor tránsito y para las de menor tránsito $P_f > 2$

Tabla 2: Índice de Servicialidad en función de calidad de la vía

Índice de Servicialidad (p)	Calificación
0 -1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Fuente. AASHTO, Guide for design of pavement structures 1993

Desviación estándar total, S_o

Debe representar las condiciones locales. Según AASHTO el rango obtenido oscila entre 0.40 - 0.50 para pavimentos flexibles.

Tabla 3: Valores recomendados para la desviación estándar (So)

<i>Condición de diseño</i>	<i>Desviación estándar</i>
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0.25
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0.35 – 0.50

Fuente. AASHTO, Guide for design of pavement structures 1993

Según (Prozzi) “La aplicación de la confiabilidad requiere de un valor de desviación estándar que representa a las condiciones locales. Por ello se propone tomar 0.45 en caso de pavimentos flexibles y 0.35 para pavimentos rígidos”. (2005, 5pp)

Resistencia del terreno de fundación (módulo Resiliente, Mr)

La Guía AASHTO considera que la relación entre el Módulo Resiliente y el CBR, está dada por la expresión:

Sub-rasante con $CBR \leq 7.2\%$ $Mr = 1,500 CBR$ (psi)

Sub-rasante con $7.2\% \leq CBR \leq 20\%$ $MR = 3.000 * CBR^{0.65}$

$CBR \geq 20,0\%$

Número estructural, SN

La siguiente expresión hace referencia al número estructural con los espesores de capa del pavimento:

Ecuación 2: Ecuación para el cálculo del SN

$$SN = a1*D1 + a2*D2*m2 + a3*D3*m3..... (2)$$

Dónde:

a = Coeficiente estructural

D = Espesor en pulgadas

m = coeficiente de drenaje

Ecuación 3: Ecuación para el cálculo de W18

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R(S_o) + 9.36\log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{1094}\right)}{0.4 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32\log_{10}(M_R) - 8.07 \dots (3)$$

Dónde:

W18: Representa el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2t, esta se determina de acuerdo al estudio de tráfico.

Módulo de Resiliencia (MR): Dimensión que representa la rigidez del suelo de la subrasante, para determinarla se correlaciona con el CBR obtenido del ensayo de laboratorio.

Para el cálculo del MR, el manual de carreteras recomienda utilizar la siguiente ecuación:

Ecuación 4: Ecuación para el cálculo de W18

$$(M_R) \text{ psi} = 2555 \times CBR^{0.64} \dots (4)$$

Dónde:

CBR < 10%

$$(M_R) \text{ psi} = 2555 \times CBR$$

CBR de 10% a 20%

$$(M_R) \text{ psi} = 3000 \times CBR^{0.65}$$

CBR > 20%

$$(M_R) \text{ psi} = 4326 \times \ln CBR + 241$$

Metodología de diseño con geomalla

La teoría AASHTO, desarrollo un método para la implementación de la geomalla como refuerzo dentro del análisis, este se realizó gracias a ensayos de campo en escala real. Para ello se estudiaron 3 variables: Resistencia de la subrasante (CBR), espesor de la capa grava, las características de geosintético a emplear y el número de ejes equivalentes también denominados ESAL.

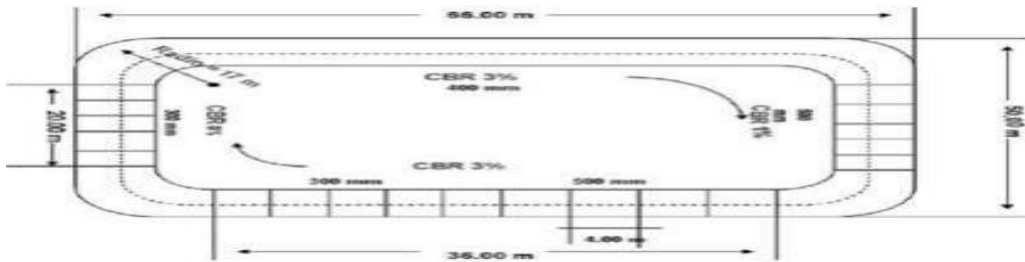


Figura 12: Vista de la vía utilizada para el ensayo en escala real

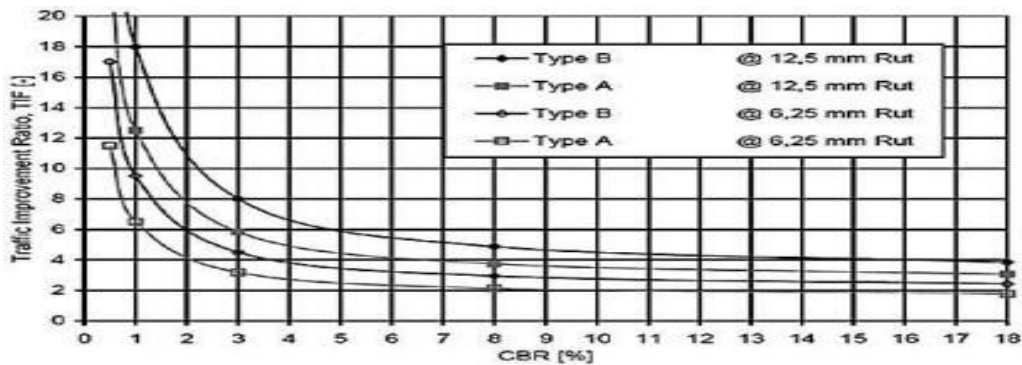


Figura 13: Aumento del valor de tráfico VS CBR de la subrasante en 2 tipo de geomallas

Según AASHTO de acuerdo con la fig. 13 muestran las curvas de mejoramiento de ratio provenientes al uso de geomalla. A este valor se le denomina TBR (Traffic Benefit Ratio). Se puede notar que para valores de CBR menores al 5%, el TBR mejora considerablemente.

En síntesis, por lo mencionado anteriormente y de acuerdo a ensayos a escala real el beneficio del uso de la geomalla puede ser representada por la siguiente fórmula.

Ecuación 5: Número estructural con la adición de refuerzo

$$SN = a_1 D_1 + a_2 LCR D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots (5)$$

Método de Giroud y Noiray

Este es un método que trabaja fundamentalmente sobre el confinamiento de la geomalla y la capa posterior a esta, asimismo; este método permite el cálculo del espesor de la base.

Ecuación 6: Espesor requerido en un Pavimento Reforzado

$$h = \frac{0.868 + (0.661 - 1.006 J^2) \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5} \log N}{\left[1 + 0.204 \left(\frac{3.48 CBR_{bc}^{0.3}}{CBR_{sg}} - 1\right)\right]} \left(\sqrt{\frac{\frac{P}{\pi r^2}}{\frac{s}{f_s} [1 - 0.9 e^{-\left(\frac{r}{h}\right)^2}] N_c f_c CBR_{sg}}} \right) r \dots (6)$$

Para aplicar la metodología Giroud y Noiray se establecerá el cálculo del espesor de la huella.

Aplicabilidad del método Giroud y Noiray

Este método según investigaciones validadas realizadas años atrás, calcula con precisión el comportamiento de las geomallas.

Problema general

¿Cómo influye la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia en pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo, 2019?

Problema específico

¿Cómo influye la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019?

¿Cómo influye la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la resistencia estructural de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019?

¿Cómo influye la aplicación de la geomalla como reforzamiento en el costo de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019?

Hipótesis general

La aplicación de la geomalla como reforzamiento influye en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019

Hipótesis específica

La aplicación de la geomalla como reforzamiento influye en la reducción del espesor de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019

La aplicación de la geomalla como reforzamiento influye en la resistencia estructural de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019

La aplicación de la geomalla como reforzamiento influye en el costo de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019

Objetivo general

Determinar la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019

Objetivo específico

Determinar la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019

Determinar la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la resistencia estructural de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019

Determinar la aplicación de la geomalla como reforzamiento en el costo de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de investigación

2.1.1. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo aplicada. Para Lozada (2014), “la investigación aplicada tiene como finalidad la obtención de conocimientos con aplicación directa [...], este tipo de información presenta un valor significativo gracias a la utilización de conocimientos provenientes de la investigación básica” (p. 3)

2.1.2. Nivel de Investigación

La investigación es explicativa causal en vista de que existe una relación causa y efecto entre ambas variables de estudio.

“Es aquel a que tiene relación causa - efecto; no solo busca describir una problemática, sino también pretende encontrar las causa del mismo”. (Sabino, 1992)

- VI: Geomalla como reforzamiento
- VD: reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia

2.1.3. Diseño de Investigación

La investigación es de tipo experimental, de corte transversal está enfocada al estudio de los pavimentos flexibles a fin de utilizar la metodología AASHTO 93. Previo al análisis, se llegó a recopilar información teórica alusiva a las geomallas y a su comportamiento como refuerzo en los pavimentos.

2.2. Operacionalización de variables

Variable independiente: aplicación de la geomalla como reforzamiento

Las geomallas son elaboradas con polímeros de elevada resistencia y durabilidad. Son conformadas por costillas con unión de nodos en dos dimensiones las cuales actúan con el

suelo, de tal modo que crear una resistencia Geomalla- suelo idóneo para recibir esfuerzos debido a las cargas vehiculares y distribuir las de manera uniforme sobre el pavimento. (Texdelta, 2017)

Variable dependiente: reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia

Se evalúa las disposiciones de estructuras conformadas por dos capas una subrasante de características blandas, la otra subbase, base como material ubicado en un determinado rango el cual es afirmado según (Invias 2013), en dicho manual se varían los espesores de material granular y se adicionan capas de Geomalla.

El objetivo de la utilización de geomallas como refuerzo es disminuir la cantidad de material que se empleara durante el proceso de ejecución, mejorando la resistencia y estabilización de suelos blandos

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
APLICACIÓN DE LA GEOMALLA COMO REFORZAMIENTO	Las geomallas son elaboradas con polímeros de elevada resistencia y durabilidad. Son conformadas por costillas con unión de nodos en dos dimensiones las cuales actúan con el suelo, de tal modo que crear una resistencia Geomalla- suelo idóneo para recibir esfuerzos debido a las cargas vehiculares y distribuirlas de manera uniforme sobre el pavimento. (Texdelta, 2017)	Para medir la geomalla como reforzamiento se realiza mediante sus propiedades físico - mecánicas, dadas por las especificaciones técnicas de los dos tipos de geomallas tanto biaxial como triaxial.	PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS	Tamaño de apertura (mm)	Especificaciones técnicas	Nominal
				Espesor de costillas (mm)		Nominal
				Capacidad de tensión		Nominal
				Rigidez		Nominal
			Estudios mecánica de suelos ASTM D 422, ASTM D2487, ASTM D4318 - 84 sub base , base y tráfico : Proctor modificado ASTM D-1557, CBR ASTM D 1883-07	Reporte de laboratorio	Nominal	
TIPO I	Biaxial	Especificaciones técnicas	Nominal			
TIPO II	Triaxial	Especificaciones técnicas	Nominal			
REDUCCIÓN DEL ESPESOR Y MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA	Se evalúa la disposición de estructuras conformadas por dos capas una subrasante de características blandas, la otra subbase, base como material ubicado en un determinado rango el cual es afirmado según (Invias 2013), en dicho manual se varían los espesores de material granular y se adicionan capas de Geomalla.	Para medir la reducción del espesor de las capas y mejorar la resistencia de los componentes del pavimento se realiza mediante el diseño bajo la norma ASSHTO y las fichas de medición las cuales determinaran la deformación dependiendo a la carga que se adicione a los especímenes que serán ensayados.	REDUCCIÓN DE ESPESOR	cálculo de base granular, considerando el tráfico método Giroud Han (cm)	Norma ASSHTO y Giroud Han	Nominal
				espesor de base, subbase metodología AASHTO (cm)		Nominal
			RESISTENCIA ESTRUCTURAL	deformación unitaria (kg/cm ²), esfuerzo (kg) ASTM ASTM D 2166	Ficha de medición	Nominal
				curva de esfuerzo (kg/cm ²)		Nominal
			COSTO	Análisis de Precios unitarios c/s refuerzo (S/)	Ficha de medición	Nominal

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población de estudio

Balestrini (2006) precisa la población como: “grupo de personas, casos o elementos, que presentan particularidades en común” (p. 137)

En la investigación presentada la población la representa el km. 24 puente Capelo – Chanchamayo, ya que, en este punto se evidencia un mayor ahuellamiento en el pavimento por ende se realizara la calicata y la obtención de la muestra para proseguir con la investigación.

2.3.2. Muestra

Según Barrera (2008), señala:

La población es grande que no puede ser estudiada en general, por tanto, el investigador seleccionara una muestra representativa. Este proceso es conocido como muestro, el cual no es requisito imprescindible de toda investigación, esto dependerá del objetivo que se desee alcanzar con la investigación. (p. 141)

Para establecer el tamaño de la muestra se empleó el muestreo no probabilístico por conveniencia. A causa de la problemática de estudio y viendo la longitud de pavimento en la zona, se procedió mediante observación directa, analizar la longitud total de las partes que presentan mayor ahuellamiento el km. 24 del puente Capelo Chanchamayo. Asimismo se procedió a realizar un análisis en cuanto al expediente realizado en la zona, con esta información se procedió a excavar 2 calicatas para obtener datos de la base y subbase del pavimento en donde se evidencio fallas, una vez se obtuvo tanto la humedad como la densidad, se procedió al remoldaje del suelo en el laboratorio.

La muestra para esta investigación es conformada por los 6 especímenes de suelo 2 por cada denominación bs que serán llevados al laboratorio para ser ensayadas según la norma ASTM D 2166, las cuales según la ficha de medición de la dimensión resistencia estructural y el indicador deformación (kg/cm²) y esfuerzo (kg) (anexo. 4), son denominadas de acuerdo al instrumento como muestras de suelo M_0 (sin reforzamiento), M_1 (con refuerzo de geomalla biaxial) ubicada entre la base y subbase, M_2 (con refuerzo de geomalla triaxial) ubicada entre la base y subbase.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

De acuerdo al objetivo de esta investigación y los procesos para la obtención de datos, es llamada también como técnica de observación directa.

Según (Carrasco, 2005) “[...] la observación es un desarrollo intencional de obtención de las características y cualidades de los fenómenos de la realidad, por medio de nuestros sentidos o con la facilidad de algún instrumento [...]”. (p. 274)

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Se llevaran a cabo a través de fichas de medición las cuales serán utilizadas para la elaboración de los ensayos bajo la norma ASTM D 2166. (Anexo 4), y otra para el costo del precio unitario (Anexo 5, 6,7)

2.4.3. Validez

La validez de los instrumentos utilizados se dará para la variable dependiente (Reducir el espesor y mejorar la resistencia), en cuanto al uso de las fichas de medición para el indicador Deformación (kg/cm²) y esfuerzo (kg) serán utilizadas para la recolección de los datos obtenidos por el ensayo de compresión bajo carga monotónica se dará a través de juicio de expertos (anexo 8), cálculo de espesores de las capas del pavimento (anexo 9), Asimismo la ficha técnica de medición para el indicador precios unitarios con y sin refuerzo. (Anexo 10)

2.4.4. Confiabilidad

Los datos empleados para esta investigación tanto para la parte teórica como la práctica son de diversas revistas, investigaciones y ponencias todas ellas debidamente citadas.

La confiabilidad en el caso de la determinación del CBR (anexo 12), mecánica de suelos (anexo 12), y el ensayo de compresión para el indicador resistencia estructural, (anexo 13) se da con la calibración de los equipos utilizados. Asimismo, la información requerida para la utilización de las geomallas son las especificaciones técnicas (anexo 14) proporcionadas por la empresa que garantiza la calidad del material.

2.5. Procedimiento

- 1- Determinar las propiedades físicas mediante muestras de campo a través de 2 calicatas de 1.5 m de profundidad. Cada capa de agregado, base y subbase que componen el pavimento debe cumplir los requisitos de granulometría definidos en la norma.
- 2- Obtenidas las muestras se llevarán al laboratorio para sacar ensayos de análisis granulométricos (ASTM D 422), Límite líquido; límite plástico (ASTM D4318 – 84), clasificación de suelos (ASTM D2487) y ensayos de CBR (ASTM D 1883-07).
- 3- Este trabajo de investigación se diseñará con la metodología AASHTO y la metodología de Girou – Han con ellos se obtendrá los espesores de diseño de base y subbase que componen el pavimento, para los ensayos a compresión.
- 4- El experimento a compresión se planteó de tal manera que ejemplifique el comportamiento estático de los vehículos sobre el pavimento. Para proseguir con el ensayo, se necesita obtener un factor de escala.
- 5- A continuación, se realizarán los ensayos a compresión de probetas de suelo (ASTM D 2166), para los cuales se prepararán 6 especímenes. 3 probetas de 2 repeticiones cada las cuales fueron indicadas a continuación: 1 convencional, 1 con refuerzo de geomalla biaxial ubicadas entre la subbase y base, asimismo 1 con refuerzo de geomalla triaxial entre la subbase y base.

- 6- A través de este ensayo se medirá con la ayuda de fichas de medición la deformación (kg/cm²). mediante el ahuellamiento producido asociada a los esfuerzos (Kg) que ejercerá el pistón.
- 7- Se procederá al análisis estadístico a través de tablas, con ello se verá cuál de las geomallas se comporta mejor en la estructura del pavimento.

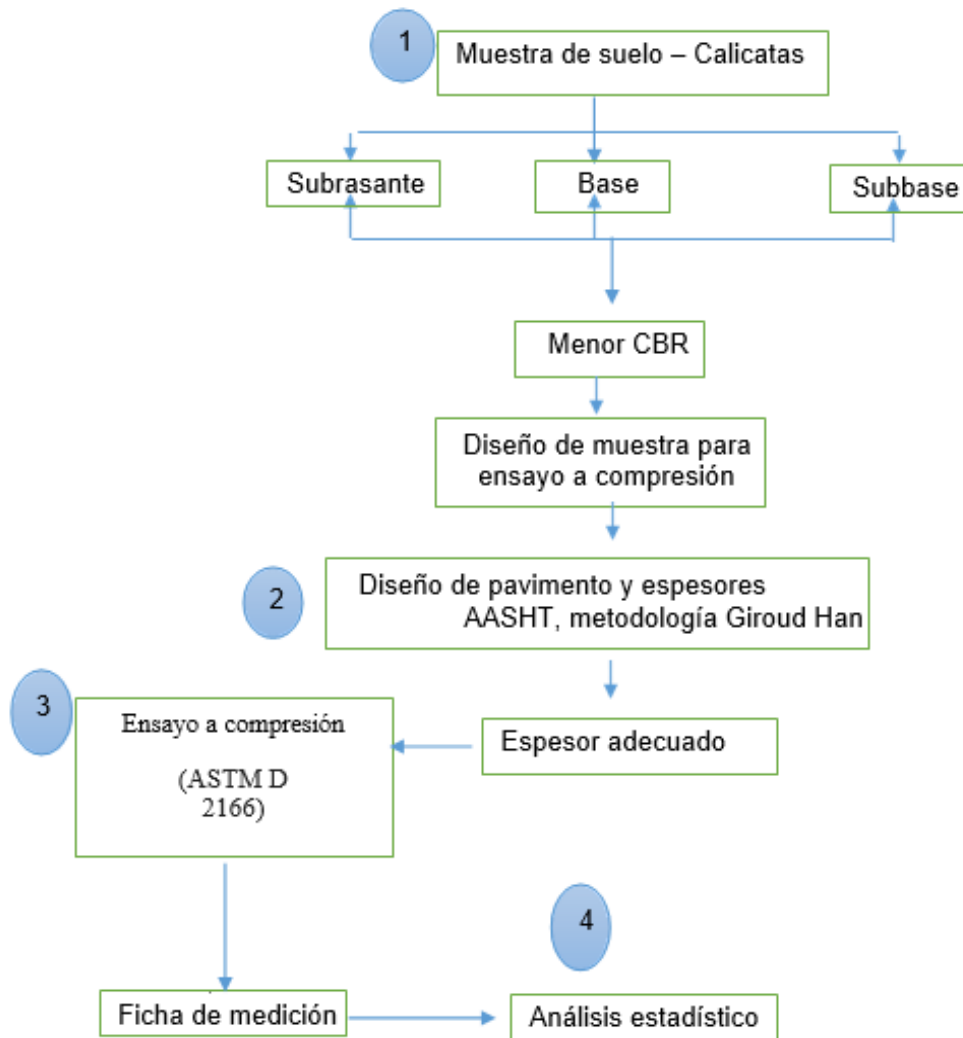


Figura 14: Procedimiento del proyecto

2.6. Método de análisis de los datos

En vista de que esta investigación es de tipo cuantitativa cuasi - experimental, los resultados serán expresados numéricamente y con datos estadísticos a través de diagramas, cuadros comparativos y gráficos de barras, los cuales serán obtenidos de las fichas de medición tomadas por los ensayos de laboratorio, procesados mediante el programa SPS.

2.7. Aspectos éticos

El investigador se compromete en cumplir con la veracidad, confiabilidad de los instrumentos utilizados, asimismo velar por los derechos de autor debidamente citadas para teorías utilizadas en la investigación, asimismo se compromete a pasar un filtro por Turnitin garantizando la minoría de similitud con otras investigaciones o páginas web.

III. RESULTADOS

Desarrollo del procedimiento

3.1. Ubicación del proyecto

La ubicación del proyecto comprende el estudio del Km. 24 puente Capelo, el cual forma parte del proyecto carretera Chanchamayo – Villa rica, que tiene una longitud de 39. 401 kilómetros. Ubicado en el departamento de Junín - Chanchamayo departamento de Pasco.



Figura 15: Ubicación del proyecto

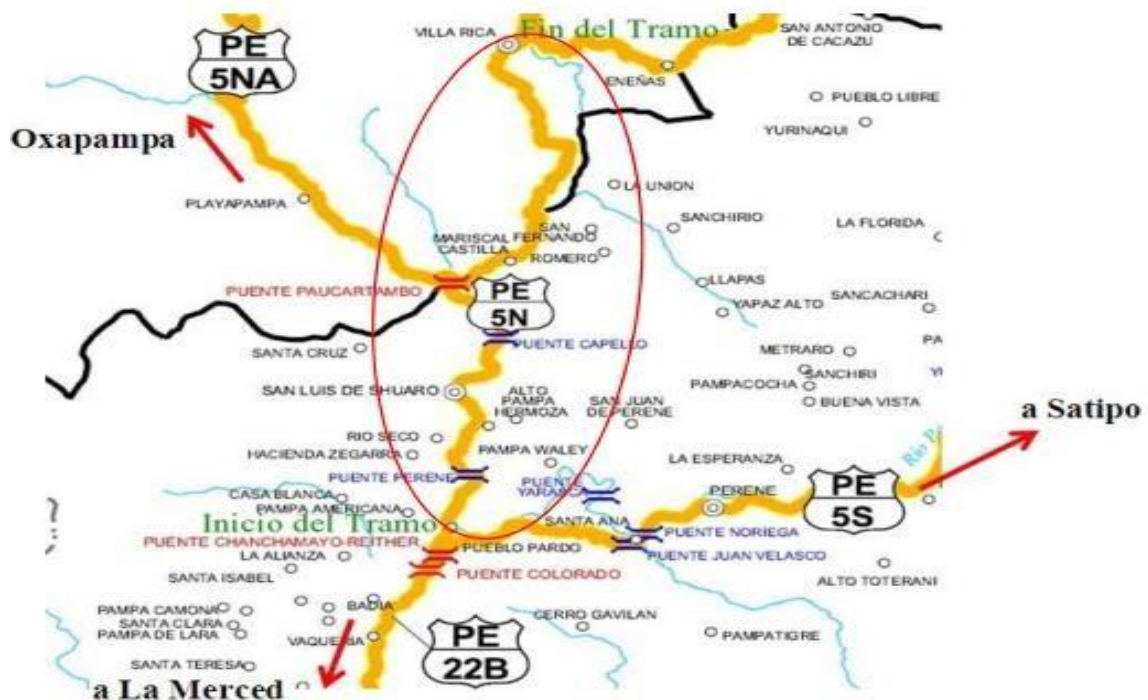


Figura 16: Ubicación de la carretera en estudio

La vía atraviesa los distritos de Chanchamayo, San Luis de Shuaro y Villa Rica. La carretera forma parte de la Ruta nacional 5S y 5N correspondientes a la carretera Fernando Belaunde Terry. La cual la ubica como una red vial nacional.

3.1.1. Ubicación geográfica

Tabla 4: Coordenadas geográficas de la zona en estudio

PROGRESIVAS	COORDENADAS UTM (WGS 84)	
	NORTE E	ESTE
KM. 24 + 000	8799045,024	470511,92 5
KM. 25 + 000	8799975,190	470322,83 7

Fuente expediente técnico – carretera Pte. Capelo - Oxapampa

La problemática existente en la zona se debe a la erosión fluvial, dañando las carreteras y haciendo que colapsen los puentes por medio de la erosión de los estribos. El mayor daño evidenciado se encuentra en el tramo I: Puente Capelo km. 23 + 500 hasta el puente Paucartambo km. 28 + 157

Tabla 5: Progresivas de la zona de colapso de la plataforma del pavimento

TRAMOS	PROGRESIVA (km)	ALTITUD (msnm)
Tramo 1: Pte Raither – Pte. Paucartambo	0 – 28 + 157	690 – 785
Tramo 2: Pte. Paucartambo – Villa Rica	28 + 157 – 39 + 308	785 - 1470

Fuente expediente técnico – carretera Pte. Capelo - Oxapampa

3.2. Estudios básicos

- Estudio de mecánica de suelos - Ensayos de laboratorio

Tabla 6: Ensayos realizados para el análisis de suelo que conforma el pavimento

Ensayos	Norma
Análisis granulométrico	ASTM D 422
Límites de consistencia	ASTM D 4318
Contenido de humedad	ASTM D 2216

Fuente expediente técnico – carretera Pte. Capelo - Oxapampa

Tabla 7: Ensayos realizados para determinar las características mecánicas del material

Ensayos	Norma
Compactación Proctor modificado	ASTM D 1557
Relación soporte californiana (CBR)	ASTM D 1883

Fuente expediente técnico – carretera Pte. Capelo - Oxapampa

3.2.1. Construcción de calicatas y Extracción de muestra

Con el objetivo de realizar los ensayos de mecánica de suelos de la base y subbase existente en el kilómetro de estudio (km. 24), se llevó a cabo el trabajo de campo mediante la excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.



Figura 17: Extracción de muestras de suelo

Se excavaron 2 pozos a cielo abierto, los que fueron denominadas C-1 y C-2, cuyas ubicaciones corresponden al Km 24 + 700 y Km 24 + 950.

La profundidad alcanzada de las calicatas fueron de 1.5 m, y están ubicadas en forma alternada.



Figura 18: Vista perfil estratigráfico calicata 1 y 2

En cada progresiva en análisis se registró el perfil estratigráfico del suelo de la subrasante. Asimismo, se tomaron muestras de los estratos encontrados en la excavación para su evaluación y correspondiente caracterización.

De cada calicata, se tomaron muestras según a normas de modo que se tuvo que hacer un cuarteo, una vez obtenida la muestra fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y debidamente etiquetadas para ser trasladadas al laboratorio.



Figura 19: Muestra representativa para ser llevada al laboratorio

3.2.2. Plano en planta ubicación de calicata N° 1

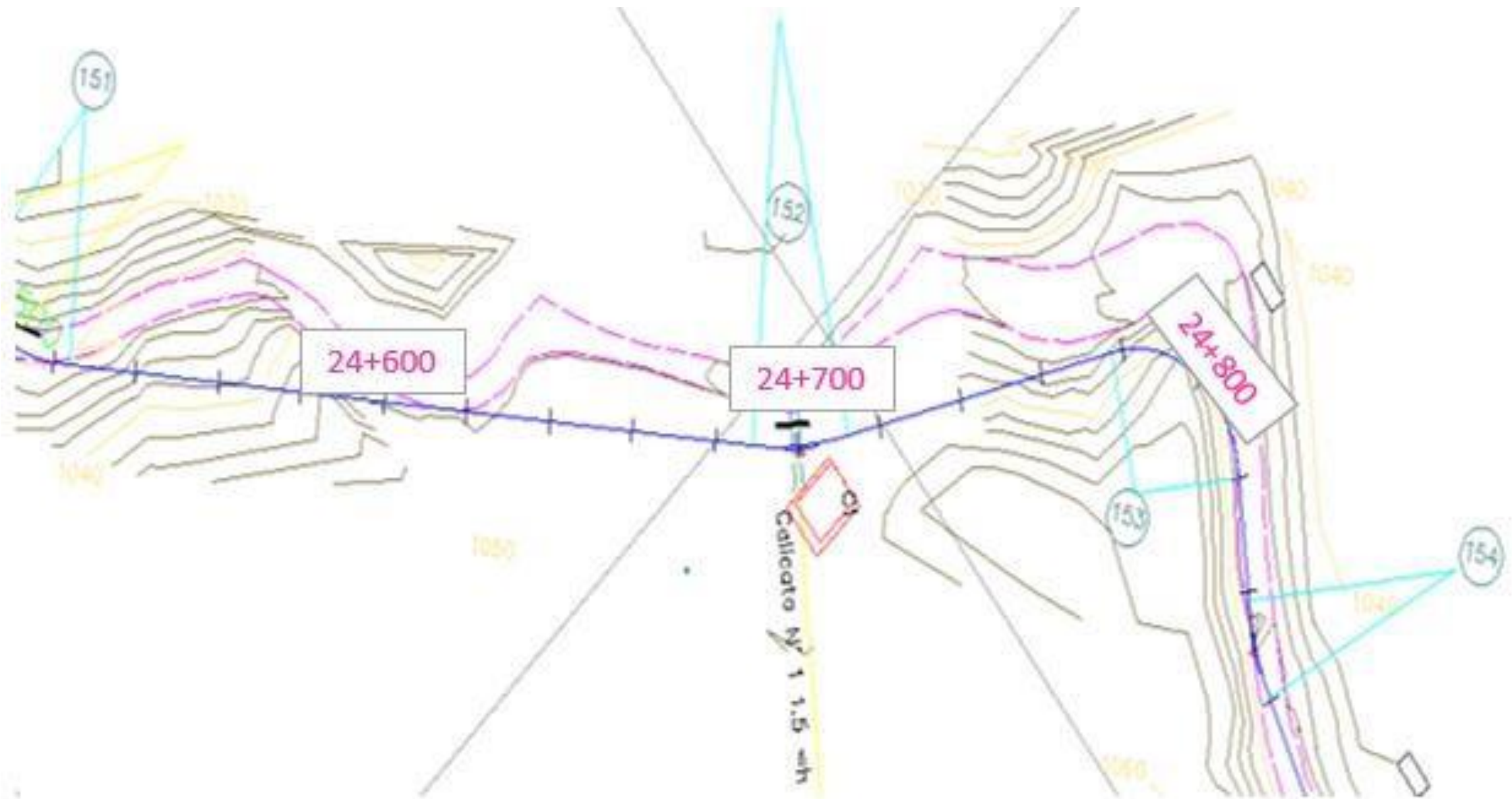


Figura 20: Ubicación en planta calicata N° 1.

3.2.3. Plano en planta ubicación de calicata N° 2

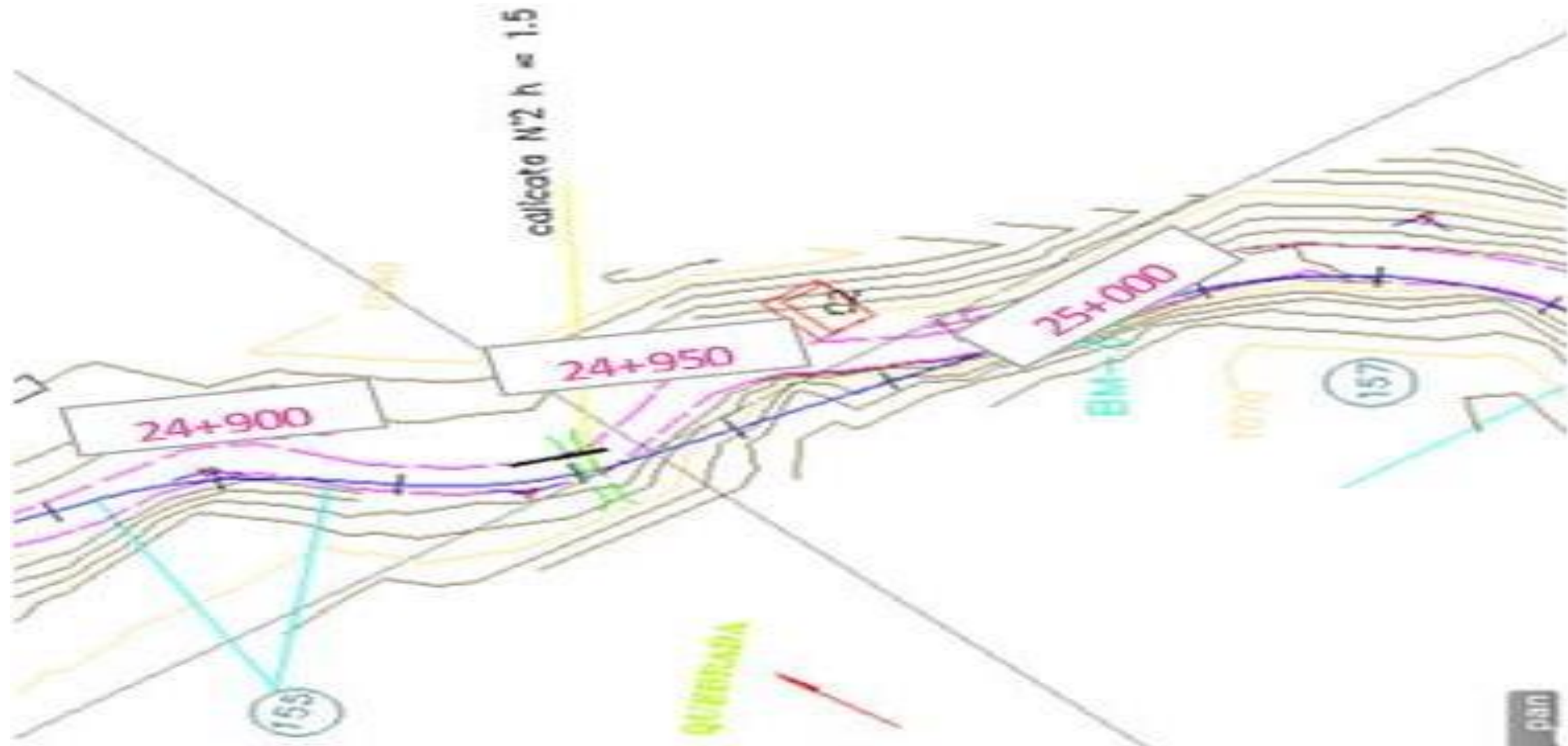


Figura 21: Ubicación en planta calicata N° 2.

3.2.4. Perfil estratigráfico Calicata N° 1 lado izquierdo

Km. 24 + 700

PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATA N° 1

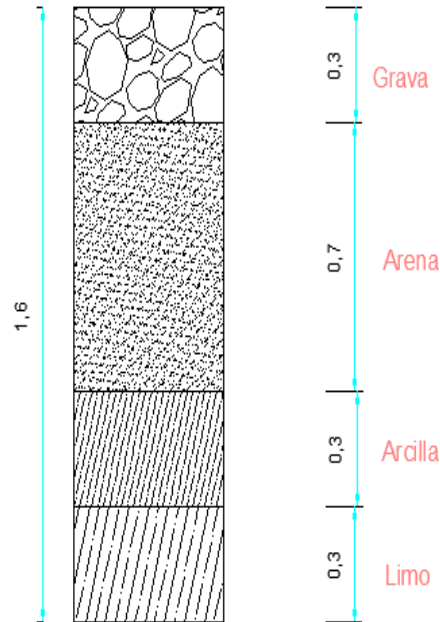


Figura 22: Perfil estratigráfico calicata 1.

Profundidad: 0.00 – 0.30 m

Material granular procedente de cantera

Profundidad: 0.30 – 1.00 m

En esta profundidad predomina la arena, con regular porcentaje de finos y poco porcentaje de gravas

Profundidad: 1.00 – 1.50 m

En esta profundidad el suelo predominante es arena con regular porcentaje de finos y limos

PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATA N° 2

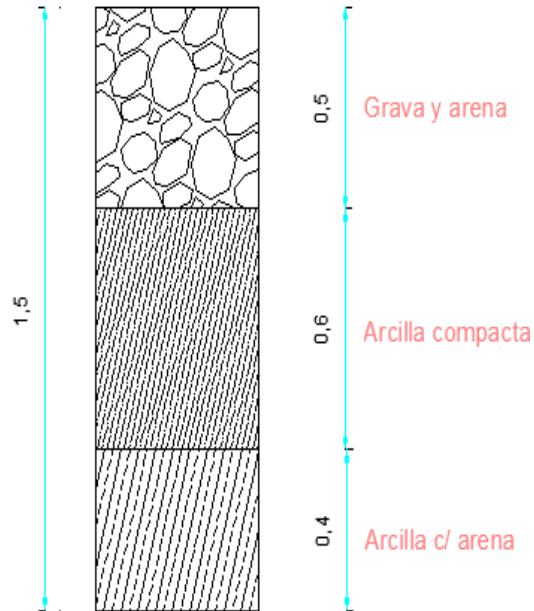


Figura 23: Perfil estratigráfico calicata 2.

Profundidad: 0.00 – 0.30 m

Material granular procedente de cantera

Profundidad: 0.30 – 1.00 m

En esta profundidad predomina regular porcentaje de finos

Profundidad: 1.00 – 1.50 m

En esta profundidad el suelo predominante es arena con regular porcentaje de limos

3.3. Estudio de tráfico

Diseño vial - Pte. Raither – puente Paucartambo – Villa rica

Según el Manual de Diseño geométrico de transporte y comunicaciones la carretera es una Red vial primaria, de segunda clase - tipo 3 (km 0 + 000 – km 28 + 180) el cual será de uso para la presente investigación y tipo 4 (km 28 + 180 – km 39 + 401).

De acuerdo a la demanda, según el estudio de tráfico del expediente técnico – carretera Pte. Capelo - Oxapampa el IMDA proyectado en el tramo I: es de 1513 veh/día

3.3.1 Cálculo del ESAL

Tabla 8: Cálculo de ejes equivalentes ESALs

TIPO DE VEHICULO	IMD	factor corrección	IMDa corregido	Factor de distribucion direccional % (generalmente 50% puede variar de 30% a 70%)	factor de distribución por carril	Nº vehiculos por día	Nº vehiculos por año	factor camion	ESAL carril de diseño	factor de crecimiento	ESAL DE DISEÑO
Autos	198	1.04587162	207.08	0.5	100%	103.54	75584.2	0.0001	7.56	13.24	100.09
Combis	164	1.04587162	171.52	0.5	100%	85.76	62604.8	0.0001	6.26	13.24	82.88
Microbus	186	1.04587162	194.53	0.5	100%	97.27	71003.45	0.0001	7.1	12.58	89.32
camion 2 ejes	216	0.98122639	211.94	0.5	100%	105.97	77358.1	3.7113	287099.12	11.68	3353317.72
Camion de 3 ejes	201	0.98122639	197.23	0.5	100%	98.62	71988.95	2.5682	184882.02	11.68	2159421.99
TOTAL											5513012

Fuente: Expediente Carretera Pte. Capelo – Oxapampa

$$ESAL = 5.51E+06$$

Diseño de pavimento

De acuerdo al estudio definitivo del proyecto: Rehabilitación y mejoramiento de la carretera: Chanchamayo – Villa rica tramo: Pte. Raither – Pte. Paucartambo - Villa Rica. El diseño de pavimento está dado por la Guía de Diseño AASHTO 1993.

3.4. Diseño de pavimento convencional - Parámetros de diseño método AASHTO 93

- Nivel de Confiabilidad (FR) : 95%

Tabla 9: Coeficiente del nivel de confianza para el análisis del espesor de pavimento

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	Nivel de confiabilidad recomendado (R)	
	Urbano	Rural
Autopista y carreteras interestatales, y otras vías	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Confiabilidad **95.00%**

Fuente AASHTO 93

- Desviación Estándar Normal (Z_r) : -1.645

Tabla 10: Coeficiente de desviación estándar normal Z_r

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

Fuente AASHTO 93

- Desviación Estándar Combinada (So): 0.45

Tabla 11: Coeficiente de desviación estándar para el análisis del espesor de pavimento

Criterio para la selección de la Desviación estándar total (So)			
0.30	-	0.40	Pavimentos rígidos
0.40	-	0.50	Pavimentos flexibles
So			0.45

Fuente AASHTO 93

- 2.5 o 3 carreteras principales
- 2 carreteras con clasificación menor
- 1.5 carreteras relativamente menores, donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos.

- Servicialidad inicial (Pi) : 4.2
- Servicialidad final (Pf) : 2.0

El diseño del pavimento flexible se realizó en base a los resultados de los ensayos de CBR, bajo la metodología AASHTO 93.

Tabla 12: Parámetros de diseño para cálculo de SN

ESAL	5.51E+06
CBR	6.2
MR subrasante (PSI)	15841
Nivel de confiabilidad R (%)	95%
Desviación estándar normal (Zr)	-1.645
Desviación estándar combinada (So)	0.45
Servicialidad Inicial (PI)	4.0
Servicialidad final (PT)	2.0
Variación de Servicialidad (ΔPSI)	2.2

Los valores para los parámetros descritos anteriormente (R%, Zr, So, PI, PT, ΔPSI) fueron tomados de acuerdo a la norma del manual de carreteras de acuerdo al tipo de tráfico detalladas en las tablas 2, 3, 4, 5.

W18 = tráfico de diseño; será el indicado anteriormente

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R(S_o) + 9.36\log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1.094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32\log_{10}(M_R) - 8.07$$

Figura 24: Cálculo del número estructural del pavimento

Fuente: Programa AASHTO 93 – Luis Ricardo Vásquez Valera

Con los datos de diseño se obtuvo el siguiente valor para el número estructural del pavimento del tramo en análisis

SN = 3.56 req.
3.63

SN cal =

- Cálculo de espesores

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

Según la tabla N° 11 se obtuvieron los siguientes valores para los coeficientes:

a_1 = Coeficiente de T.S.B = 0.170/cm

a_2 = Coeficiente de Base Granular = 0.053/cm

a_3 = Coeficiente de Sub Base Granular = 0.040/cm

El valor de los coeficientes estructurales también están dadas a partir de las correlaciones presentada por la guía AASHTO indicadas a continuación:

$$a_2 = 0.249(\log_{10} E_{BS}) - 0.997 = 0.249 * \log(30000) - 0.997 = 0.14 \text{ pulg}$$

$$a_3 = 0.227(\log_{10} E_{SB}) - 0.839 = 0.227 * \log(15000) - 0.839 = 0.11 \text{ Pulg}$$

Tabla 13: Tabla de espesores recomendados por el manual de carreteras, suelos, geotecnia y pavimentos

ESPEORES DE CAPAS - Basado en el Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos				
COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL ai (cm ⁻¹)	OBSERVACIÓN	PRECIO
CAPA SUPERFICIAL				
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	a1	0.170	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 470.00
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a1	0.125	Capa Superficial recomendada para tráfico ≤ 1'000,000 EE	S/. 314.00
Micropavimento 25mm	a1	0.130	Capa Superficial recomendada para tráfico ≤ 1'000,000 EE	S/. 300.00
Tratamiento Superficial Bicapa	a1	0.25 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos	S/. 300.00
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	a1	0.15 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos	S/. 350.00
(*) Valor Global (no se considera el espesor)				
BASE				
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.052	Capa de Base recomendada para tráfico ≤ 5'000,000 EE	S/. 120.00
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.054	Capa de Base recomendada para tráfico > 5'000,000 EE	S/. 120.00
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 500 lb)	a2a	0.115	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 180.00
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a2b	0.070	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 155.00
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a2c	0.080	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 165.00
SUBBASE				
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.047	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE	S/. 90.00
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.050	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE	S/. 90.00

Los valores adoptados por el Estudio Definitivo fueron:

- Concreto asfáltico, con un coeficiente estructural de 0.44/pulgada y módulo elástico de 450 000

Capa superficial de concreto asfáltico: $a_1 = 0.44/\text{pulgada}$

- Base granular, con CBR mínimo de 100%, coeficiente estructural de 0.14/pulgada, coeficiente de drenaje de 1.0 y módulo elástico de 30 ksi.

Capa de base de piedra chancada: $a_2 = 0.14/\text{pulgada}$

- Subbase granular, con CBR mínimo de 40%, coeficiente de estructural igual a 0.11/pulgada, coeficiente de drenaje de 1.0 y módulo de elasticidad 15 ksi.

Subbase gravo – arenosa $a_3 = 0.11/\text{pulgada}$

Tabla 14: Valores de los coeficientes estructurales y modulo elástico para el cálculo de espesores

MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO (PSI)	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
Concreto asfáltico	450 000	0.44
Base granular	30 000	0.14
Subbase granular	15 000	0.11

Cálculo SN carpeta asfáltica

Para el cálculo del espesor se utilizó el programa ASSHTO 93 del autor Luis Ricardo Vázquez Valera, se despejó el espesor de la carpeta requerida, de este modo se calculó $SN_1 = 0.92$

$$SN = SN_1$$



BASE

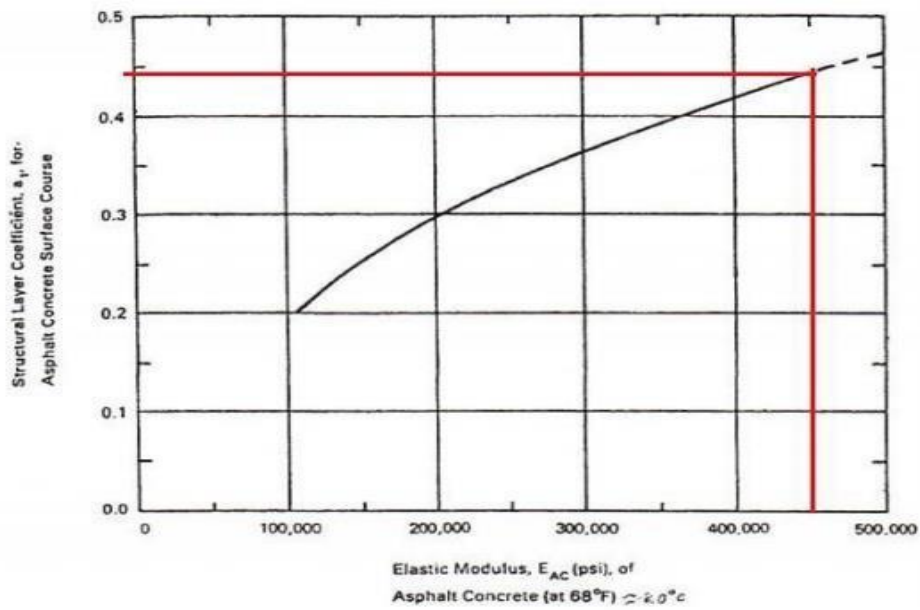


Figura 25: Cálculo del número estructural del pavimento

Módulo elástico = 450 ksi

Despejando la fórmula propuesta por ASSHTO 93

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R(S_o) + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(E_{BS}) - 8.07$$

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 95 % Zr=-1.645 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 450000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18** = 5.51E+06
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 0.92

Calcular Salir

Figura 26: Cálculo del número estructural para la capa de asfalto

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

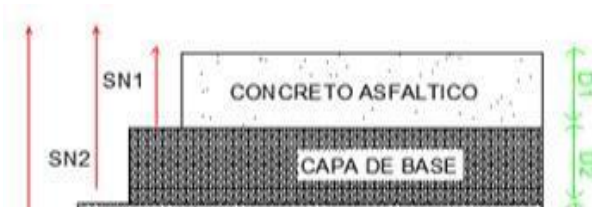
$$D_1 * = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{0.92}{0.44} = 2.09 \text{ pulg} = 2.10 \text{ pulg} = 5.33 \text{ cm}$$

$$SN_1 * = a_1 * D_1 * > SN_1$$

$$SN_1 * = 0.44 * 2.10 = 0.92$$

Cálculo SN_2 de Base granular

$$SN = SN_2 = SN_1 + a_2 D_2 m$$



SUB BASE

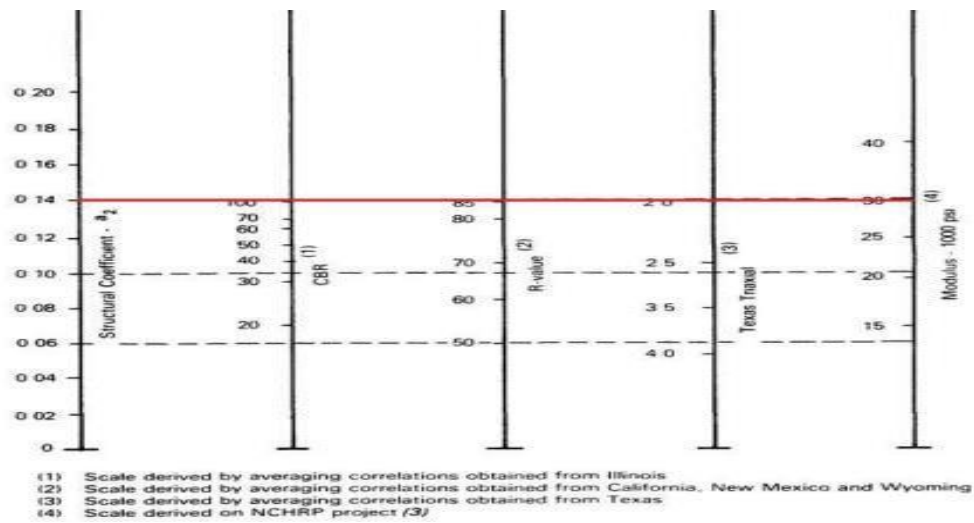


Figura 27: Ábaco para determinar el coeficiente a_2

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confianabilidad (R) y Desviación estándar (So): 95 % $Z_r = -1.645$ So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial = 4 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante: Mr = 30000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi):

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi):

Coefficiente de transmisión de carga - (J):

Coefficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: Calcular SN **W18** = 5.51E+06 Calcular W18

Número Estructural: **SN** = 2.83

Botones:

Figura 28: Cálculo del número estructural para la capa base

Fuente: Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos, 1993.

Se obtiene

$$SN_2 = 2.83 = SN_1 + a_2 D_2 m$$

$$D_2^* > \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2} = \frac{2.83 - 0.92}{0.14 * 1}$$

$$D_2^* = 13.64 \text{ pulg} = 34.65 \text{ cm}$$

$$SN_2 * + SN_1 * > SN_2$$

$$SN_2 * > SN_2 - SN_1 * = 2.83 - 0.92 = 1.91$$

$$SN_2 * = a_2 * D_2 * m_2 = 0.14 * 13.64 * 1 = 1.91$$

- Cálculo de la sub base SN_3

$$SN = SN_3 = SN_1 + SN_2 + a_3 D_3 m_3 = 3.56$$

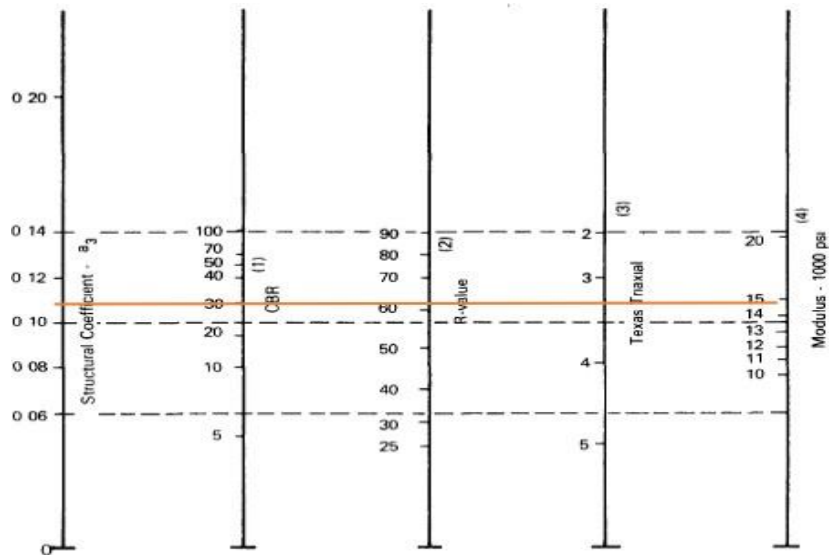


Figura 29: Variación del coeficiente de aporte estructural en material sub base granular a_3

Se establece el uso de un material con CBR del 40%, de acuerdo a la recomendación de INVIAS en su especificación 320 de 2013. La guía AASHTO presenta el siguiente Abaco de correlación el cual nos permite determinar el valor del a_3 igual a 0.11; así como un módulo elástico de 15 000 psi.

Ecuación AASHTO 93	
Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido	
Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 95 % Zr=-1.645 So = 0.45	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial = 4 PSI final = 2	
Módulo resiliente de la subrasante Mr = 15000 psi	
Información adicional para pavimentos rígidos	
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)	Coefficiente de transmisión de carga - (J)
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)	Coefficiente de drenaje - (Cd)
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = 5.51E+06 <input type="radio"/> Calcular W18	
Número Estructural SN = 3.63	
<input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Salir"/>	

Figura 30: Cálculo del número estructural para subbase

$$D_3 > \frac{SN_3 - (SN_1 * a_1 + SN_2 * a_2)}{a_3 m_3}$$

$$D_3 > \frac{3.63 - (0.92 + 1.91)}{0.11 * 1}$$

$$D_3 = 7.27 \text{ pulg} = 18.47 \text{ cm}$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 0.44 * 2.10 + 0.14 * 13.64 + 0.11 * 7.27 = 3.63$$

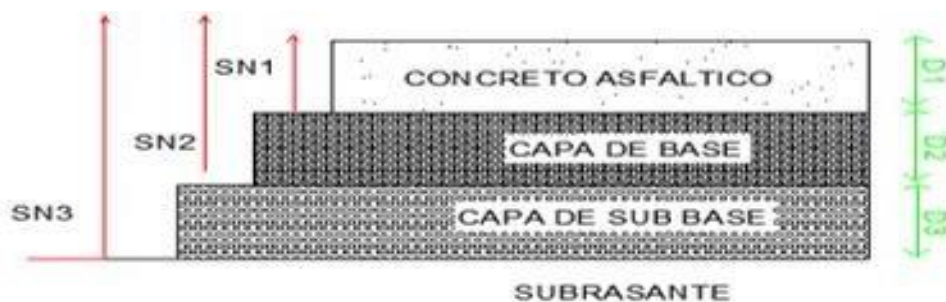


Figura 31: Composición de la estructura del pavimento

Para el diseño del pavimento se ha utilizado la metodología AASHTO 1993 considerando un periodo de 7 años. Asimismo, los espesores adoptados finalmente teniendo en cuenta los espesores mínimos recomendados.

Tabla 15: Cálculo de espesores para el pavimento condicional

CAPA ESTRUCTURAL	ESPESORES (pulg)	ESPESORES (cm)
Carpeta asfáltica	2.10 pulg	5 cm
Base Granular	13.64 pulg	35 cm
Sub Base granular	7.27 pulg	19 cm

Fuente propia

SECCIÓN TÍPICA DEL PAVIMENTO CONVENCIONAL

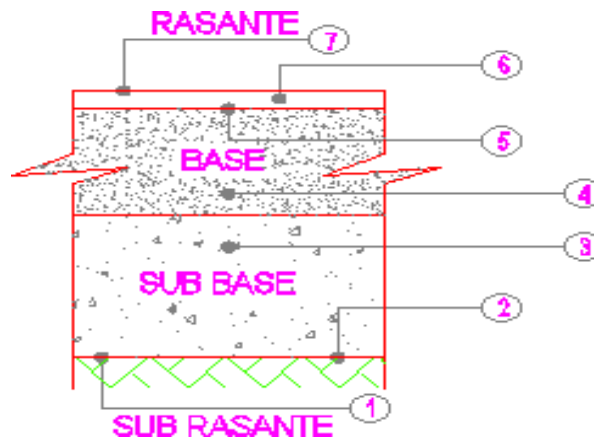


Figura 32: Espesores del pavimento convencional

3.5. Diseño de pavimento con geomalla biaxial tensor 20 KN/m método AASHTO

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

LCR: este valor es correlacionado con el CRB de cada capa que compone el pavimento; este valor varía entre 1.3 – 1.7 dependiendo del CBR de la subrasante.

Cálculo SN según la metodología AASHTO

$$\begin{aligned} SN &= a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \\ 0.44 * 2.10 + 0.14 * 13.64 + 0.11 * 7.27 \\ SN &= 3.63 \end{aligned}$$

Cálculo de la estructura sustituyendo la base granular

Una vez calculado el número estructural inicial, se procedió a sustituir la base granular por la subbase granular, de este modo se determinó los espesores equivalentes obteniendo el mismo valor numérico inicial el cual fue denominado D'_3 .

$$SN = 3.63$$

$$SN = a_1 D_1 + a_3 D'_3 m_3$$

$$3.63 = 0.44 * 2.10 + 0.11 * D'_3 * 1$$

$$D'_3 = \frac{3.63 - (0.44 * 2.10)}{0.11 * 1}$$

$$D'_3 = 24.5 \text{ pug} \langle \rangle 62 \text{ cm}$$

Cálculo del nuevo espesor de la capa subbase con geomalla biaxial

Empleando la geomalla Tensar Bx 1100- 20 Kn/m (tipo A); CBR = 6.2%; se calculó el valor del coeficiente de aporte de la geomalla a la capa granular del pavimento de:

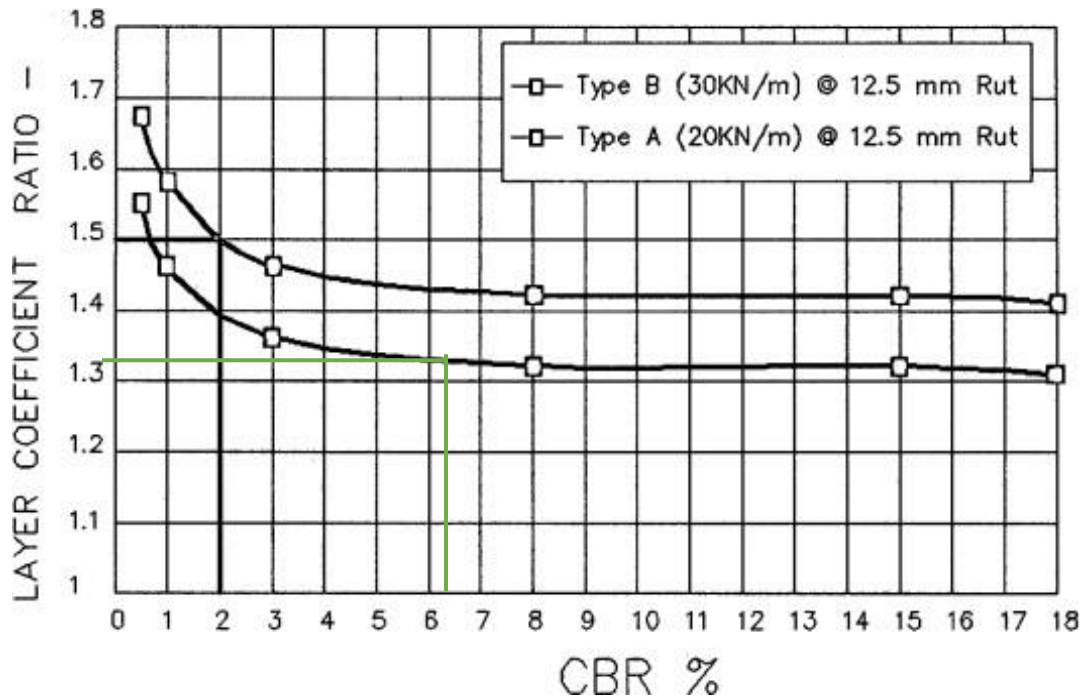


Figura 33: Ábaco relación LCR - CBR

$$LCR = 1.318$$

Tabla 16: Tipos de geomalla tensar para el refuerzo de vías en pavimento flexible

Tipo A	Tipo B
Esfuerzo a la tensión de 20 KN/m	Esfuerzo a la tensión de 30 KN/m
LBO 202 SAMP	LBO 302 SAMP
LBO 220 SAMP	LBO 330 SAMP

Fuente ASSHTO

Para insertar el LCR del pavimento y llegar a calcular la reducción de los espesores, se debe tener constante el valor inicial del número estructural.

$$SN_r = SN$$

$$SN_r = 3.63$$

Se procedió al cálculo del nuevo espesor de la capa granular con el refuerzo incluido.

$$SN = a_1 D_1 + a_3 * LCR * D_{3r} * m_3$$

$$D_{3r} = \frac{(SN_r - a_1 D_1)}{a_3 * LCR * m_3}$$

$$D_{3r} = \frac{(3.63 - 0.44 * 2.10)}{0.11 * 1.318 * 1}$$

$$D_{3r} = 18.7 \text{ pulg}$$

Cálculo del número estructural con la adición del refuerzo de geomalla

$$a_3 * D_{3r} * m_3 = 0.11 * 18.7 * 1 = 2.06$$

Se procedió al cálculo de los nuevos espesores en función del número estructural de la subbase obtenido anteriormente.

$$SN_{gr} = a_2 D_{2r} m_2 + a_3 D_3 m_3$$

$$2.06 = 0.14 * D_{2r} * 1 + 0.11 * D_3 * 1$$

Debido a que en la ecuación se tienen dos incógnitas se realiza un proceso de interacción para obtener los espesores. Por tanto se recomienda que el espesor de la capa granular no debe encontrarse por debajo de 15 cm o 6 pulg. A continuación se asumirá un espesor de base el cual permitió el despeje del espesor de la sub base.

$$D_{2r} = 10 \text{ pulg} = 25.4 \text{ cm}$$

$$2.06 = 0.14 * 9 * 1 + 0.11 * D_3 * 1$$

$$D_{3r} = 6 \text{ pulg} = 15.24 \text{ cm}$$

Para finalizar se verificó el aporte estructural con los nuevos espesores de la capa de material granular con la adición de la geomalla. El número estructural de las capas granulares con respecto al SN con geomalla biaxial debe ser en lo posibles iguales.

$$0.14 * 10 * 1 + 0.11 * 6 * 1 = 2.06 \quad \text{OK}$$

En el siguiente cuadro se verificará la disminución del debido a la inclusión de la geomalla biaxial

Tabla 17: Espesores de pavimento convencional y refuerzo de geomalla biaxial

CAPA ESTRUCTURAL	ESPESOR CONVENCIONAL	ESPESOR DEL PAVIMENTO CON GEOMALLA BIAXIAL	DISMINUCIÓN DEL ESPESOR
Carpeta asfáltica	5 cm	5 cm	0 cm
Base Granular	35 cm	25 cm	10 cm
Sub Base granular	19 cm	15 cm	4 cm

SECCIÓN TÍPICA DEL PAVIMENTO CON GEOMALLA BIAXIAL

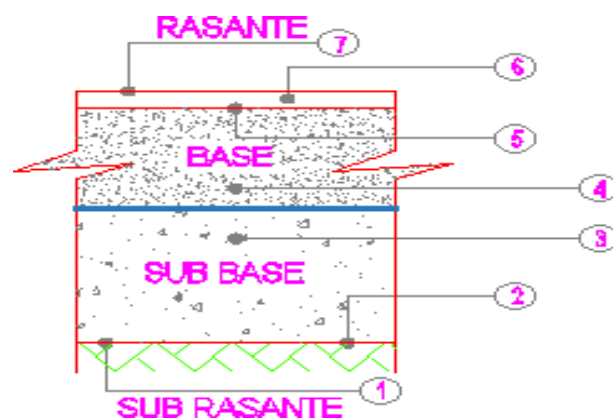


Figura 34: Espesores de pavimento reforzado con geomalla biaxial

3.6. Diseño de pavimento con geomalla triaxial tensar 140 método AASHTO

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

LCR: este valor es correlacionado con el CRB de cada capa que compone el pavimento; este valor varía entre 1.3 – 1.7 dependiendo del CBR de la subrasante.

Cálculo del nuevo espesor de la capa subbase con refuerzo

Insertando una geomalla tensar 140 de 30 Kn/m (tipo B); CBR = 6.2%; se obtiene un valor del coeficiente de aporte de la geomalla a la capa granular del pavimento de:

LCR = 1.418 para la geomalla triaxial. Para insertar el aporte de la geomalla dentro del pavimento y llegar a calcular la reducción de los espesores, se debe tener constante el valor inicial del número estructural.

$$SN_r = SN$$

$$SN_r = 3.63$$

Se procedió al cálculo del nuevo espesor de la capa granular con el refuerzo incluido.

$$D_{3r} = 17.35 \text{ pulg}$$

Cálculo del número estructural con la adición del refuerzo de geomalla = 1.91

Se procedió al cálculo de los nuevos espesores en función del número estructural de la subbase obtenido anteriormente.

Debido a que en la ecuación se tienen dos incógnitas se realiza un proceso de interacción para obtener los espesores. Por tanto se recomienda que el espesor de la capa granular no debe encontrarse por debajo de 15 cm o 6 pulg. A continuación se asumirá un espesor de base el cual permitió el despeje del espesor de la subbase.

$$D_{2r} = 23.62 \text{ cm} = 9.3 \text{ pulg}$$

$$D_{3r} = 5.5 \text{ pulg} = 13.97 \text{ cm}$$

Para finalizar se verificó el aporte estructural con los nuevos espesores de la capa de material granular e inclusión de la geomalla. El número estructural de las capas granulares con respecto al número SN con geomalla triaxial debe ser en lo posibles iguales. El cual cumple.

En el siguiente cuadro se verificará la disminución debido a la inclusión de la geomalla triaxial

Tabla 18: Espesores de pavimento convencional, y refuerzo con geomalla triaxial

CAPA ESTRUCTURAL	ESESOR CONVENCIONAL	ESESOR DEL PAVIMENTO CON GEOMALLA TRIAXIAL
Carpeta asfáltica	5 cm	5 cm
Base Granular	35 cm	23.5 cm
Sub Base granular	19 cm	14 cm

SECCIÓN TÍPICA DEL PAVIMENTO CON GEOMALLA TRIAXIAL

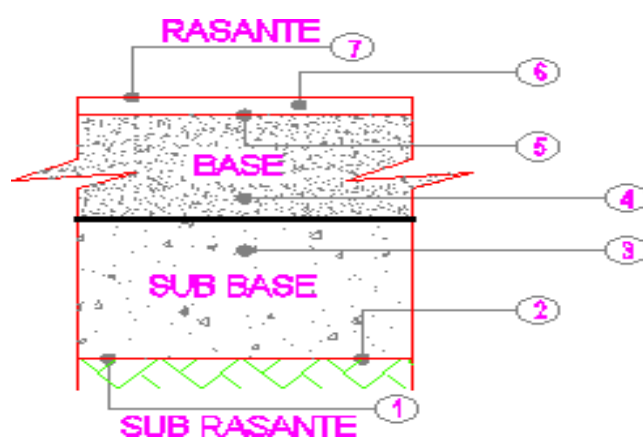


Figura 35: Espesores del pavimento reforzado con geomalla triaxial

3.7. Diseño de pavimento por el Método Giroud – Han

Para este procedimiento se tomó el valor del módulo de abertura J : 0.32 m-N/grado para la capa base reforzada con tensor BX 1100, $N_c = 5.71$

Tabla 19: Parámetros de diseño para el cálculo de la base bajo método Giroud Han

P: carga transmitido por neumático	35 Kn	7868 lb
p: presión de inflado de las ruedas	80 psi	550 kpa
N: número de pasadas por eje etapa construcción		500
S: máximo ahuellamiento	1.6'	40 mm
J: módulo de estabilidad de abertura		0.32
CBR rell		40%
CBR sub rasante		6.2%

Datos de entrada

P: 3.5 Tn \leftrightarrow 7868 lbs \leftrightarrow 7.87 kip \leftrightarrow 35 Kn (vehículo de diseño considerado de 7 Tn (2p) por cada eje simple, cuyo valor se obtuvo del proyecto del reglamento nacional de vehículos

p: 80 psi \leftrightarrow 550 kpa (presión de inflado del neumático)

N: 500 (número de pasadas por eje en la etapa de construcción)

S: 1.6" = 40 mm

f_c \leftrightarrow 76.2 mm (ahuellamiento en la etapa de construcción, se tomó este dato porque el suelo de fundación es blando lo cual podría generar deformaciones profundas, este valor es el máximo para el ahuellamiento de acuerdo a la teoría de Giroud - Han)

J: 0.32 m-N/grado para la capa base reforzada con tensor BX 1100, $N_c = 5.71$

CBR_{sg} Sub rasante: 40% (dato del ensayo de laboratorio de suelos)

CBR relleno: 6.2% (dato obtenido por el expediente técnico carretera Pte. Reither -Oxapampa)

Se aplica la ecuación a continuación descrita de Giroud - Han

$$h = \frac{0.868 + (0.661 - 1.006J^2) \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5} \log N}{\left[1 + 0.204 \left(\frac{3.48 CBR_{bc}^{0.3}}{CBR_{sg}} - 1\right)\right]} \left(\sqrt{\frac{\frac{P}{\pi r^2}}{\frac{s}{f_s} [1 - 0.9e^{-\left(\frac{r}{h}\right)^2}] N_c f_c CBR_{sg}}} \right) r$$

Parámetros a calcular

a) cálculo de radio de contacto (r)

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi * p}}$$

$$r = \sqrt{\frac{35 \text{ KN}}{\pi * 550 \text{ KPa}}} = 0.14 \text{ m} = 5.5 \text{ pulg}$$

b) módulo de proporción

$$R_E = \frac{E_{bc}}{E_{sg}} = \frac{3.48 CBR_{bc}^{0.3}}{CBR_{sg}}$$

$$R_E = \frac{3.48(40)^{0.3}}{2} = 5$$

c) revisión de la capacidad de la subrasante

$$P_{h=0; \text{con refuerzo}} = \left(\frac{S}{f_s}\right) \pi r^2 N_c C_u = \left(\frac{S}{f_s}\right) \pi r^2 N_c f_c CBR_{sg}$$

$$f_c = 30 \text{ kpa para CBR entre 1\% y 5\%}$$

$$P_{h=0; \text{con refuerzo}} = \left(\frac{40}{76.2}\right) \pi (0.14)^2 (5.71) (30 \text{ kpa}) (2) = 11.07 \text{ KN}$$

$$P_{h=0; \text{con refuerzo}} = 11.07 \text{ KN} < 35 \text{ KN}$$

3.7.1. Diseño de pavimento con geomalla biaxial

Para este análisis $N_c = 5.71$; $J = 0.32$ m-N/grado el factor de corrección varía para todas las geomallas y en el caso de la geomalla biaxial bx 1100 a utilizar en el trabajo de investigación es igual a 1.07.

$$h = \frac{0.868 + (0.348) \left(\frac{0.14}{h}\right)^{1.5} \log(500)}{[1 + 0.204(5-1)]} \left(\sqrt{\frac{\frac{35}{\pi(0.14)^2}}{\frac{40}{76.2} \left[1 - 0.9e^{-\left(\frac{0.14}{h}\right)^2}\right] * 5.71 * 30 * 2}} \right) * 0.14$$

$h_{\text{base}} = 0.27$ m

3.7.2. Diseño de la vía pavimentada con refuerzo de geomalla triaxial

Para este análisis $N_c = 5.71$; el factor de corrección varía para todas las geomallas y en el caso de la geomalla triaxial tx 140 a utilizar en el trabajo de investigación es igual a 0.348.

$h_{\text{base}} = 0.17$ m

Resultados del espesor base granular por el método Giroud han

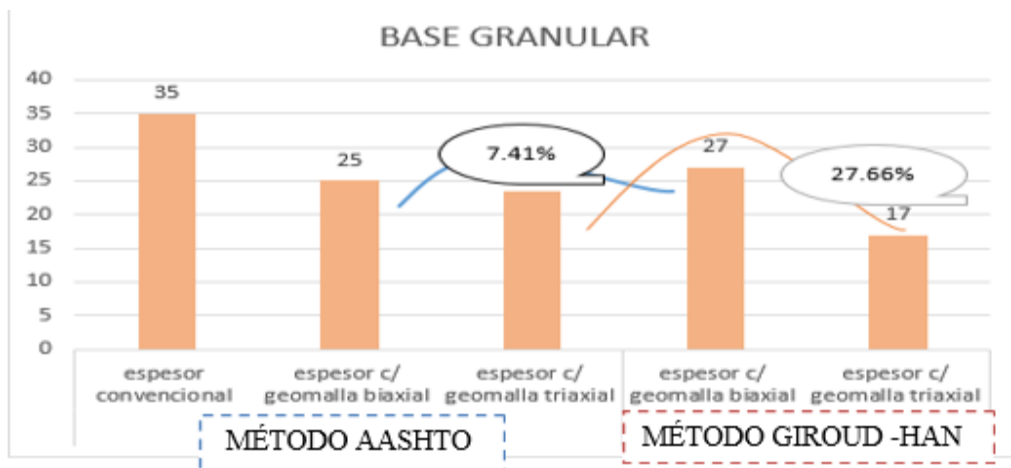
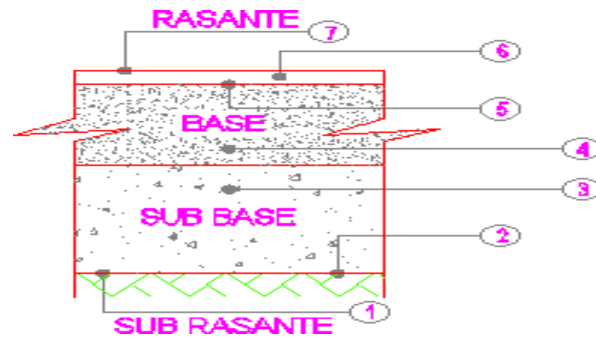


Figura 36: Espesores base granular por ambos métodos de diseño

En la figura 36 se muestra como el espesor granular calculado por la metodología Giroud Han aumenta en 7.41% para el caso del refuerzo con geomalla biaxial; y se reduce en 27.66% para el caso del refuerzo con geomalla triaxial

Resultados de los espesores de pavimento convencional

Tabla 20: Valores de espesores de pavimento convencional



CAPAS	ESPEORES
BASE	0.35 m
SUB BASE	0.19 m

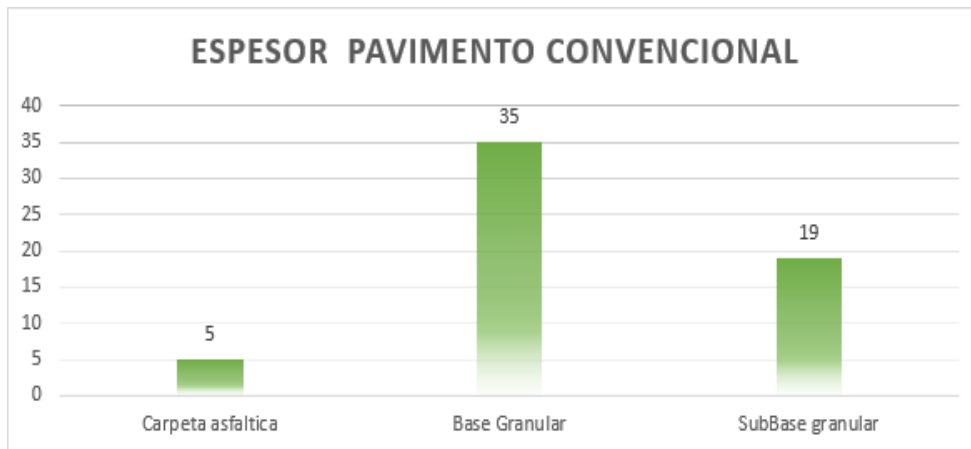
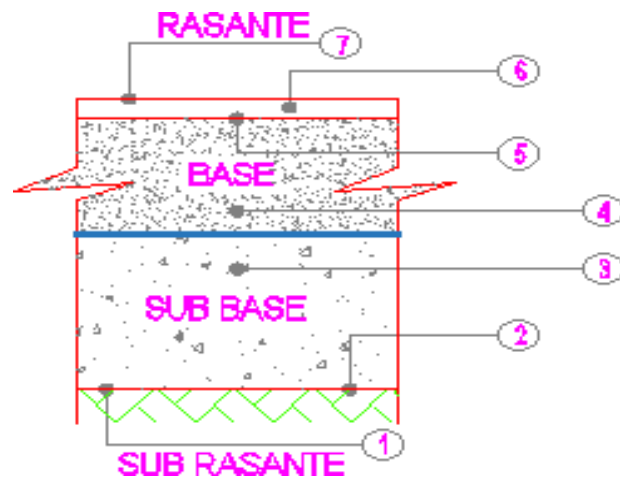


Figura 37: Espesores pavimento convencional sin refuerzo

Resultados de los espesores de pavimento con Geomalla biaxial Bx 1100

Tabla 21: Valores de espesores de pavimento con refuerzo de geomalla biaxial



CAPAS	ESPEORES
BASE	0.25 m
SUB BASE	0.15 m

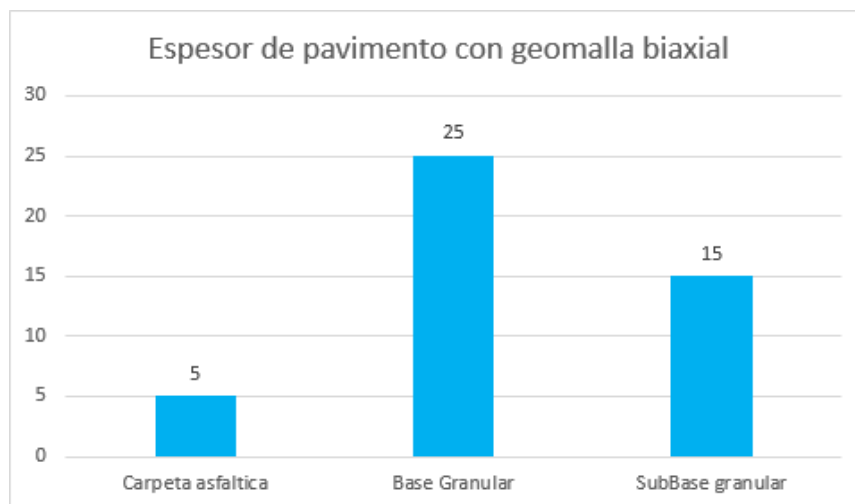
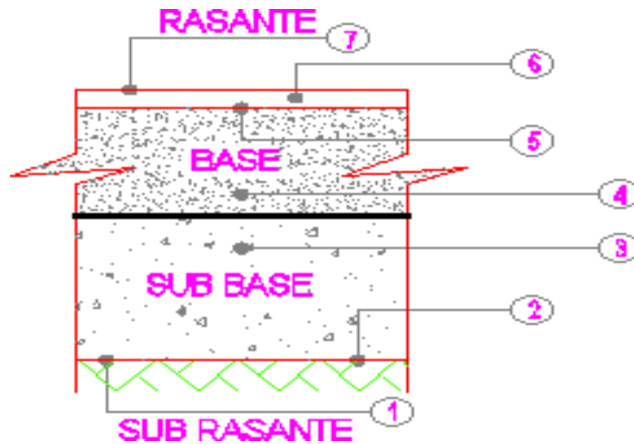


Figura 38: Espesores de pavimento reforzado con geomalla biaxial

Resultados de los espesores de pavimento con geomalla triaxial Triax 140

Tabla 22: Valores de espesores de pavimento con refuerzo triaxial



CAPAS	ESPEORES
BASE	0.235 m
SUB BASE	0.14 m

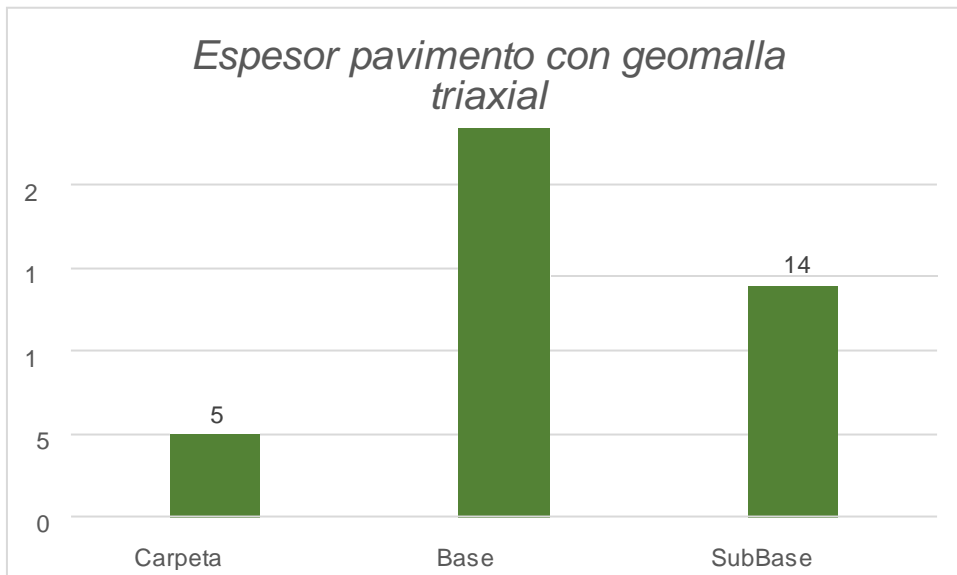


Figura 39: Espesores de pavimento reforzado con geomalla triaxial

Comparación de resultados:

Variación de reducción de espesores convencional y con refuerzo biaxial

Tabla 23: Reducción de espesores de pavimento flexible con geomalla biaxial

	Espesor convencional (cm)	Espesor con geomalla biaxial (cm)	Reducción de espesores (cm)	% reducción de espesores
Carpeta asfáltica	5	5	0	-
Base	35	25	10	28.57%
Subbase	19	15	4	21.05%

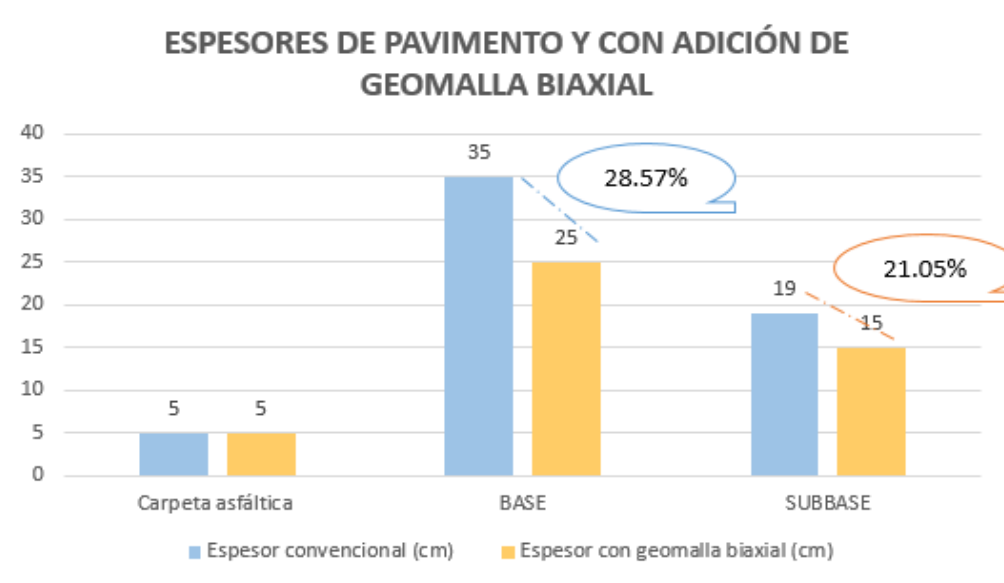


Figura 40: Comparación de espesores pavimento convencional y con uso de geomalla biaxial

Interpretación: Según la figura 40 con la adición de la geomalla biaxial se reduce en 28.57% la capa base granular, respecto al pavimento convencional, asimismo, con la adición de la geomalla biaxial se reduce en 21.05% la capa subbase granular, respecto al pavimento convencional.

Variación de reducción de espesores convencional y con refuerzo triaxial

Tabla 24: Reducción de espesores de pavimento flexible con geomalla triaxial

	Espesor convencional (cm)	Espesor con geomalla triaxial (cm)	Reducción de espesores (cm)	% de reducción de espesores
Carpeta asfáltica	5	5	0	-
Base	35	23.5	11.5	32.86%
Subbase	19	14	5	26.32%

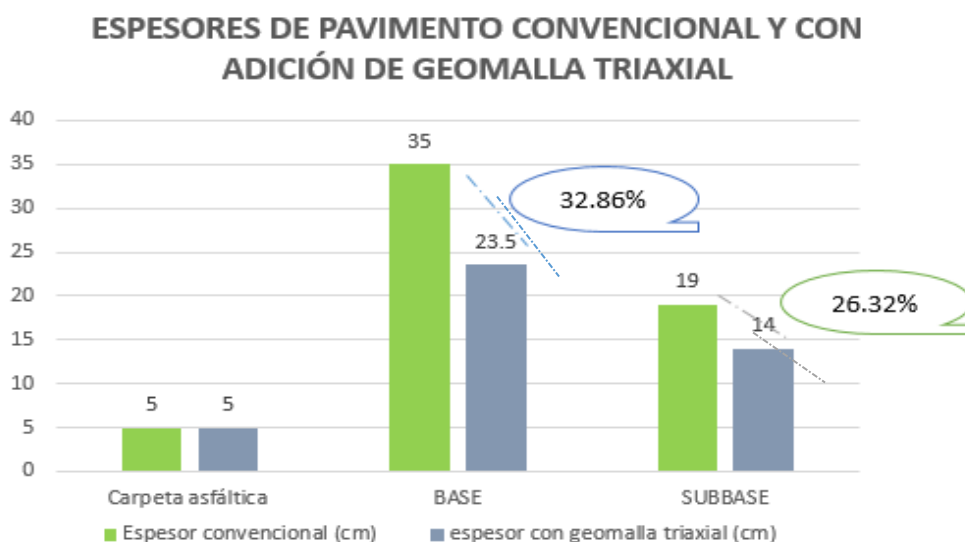


Figura 41: Comparación de espesores pavimento convencional y con uso de geomalla triaxial

Interpretación: Según la figura 41 con la adición de la geomalla triaxial se reduce en 32.86% la capa base granular, respecto al pavimento convencional; asimismo con la adicción de la geomalla triaxial se reduce en 26.32% la capa subbase, respecto al pavimento convencional.

Variación de reducción de espesores convencional, geomalla biaxial y refuerzo triaxial

Tabla 25: Espesores de pavimento flexible con y sin refuerzo

CAPA ESTRUCTURAL	ESPEORES CONVENCIONAL	ESPEORES DEL PAVIMENTO CON GEOMALLA BIAxIAL	ESPEORES DEL PAVIMENTO CON GEOMALLA TRIAXIAL
Carpeta asfáltica	5 cm	5 cm	5 cm
Base Granular	35 cm	25 cm	23.5 cm
Sub Base granular	19 cm	15 cm	14 cm

ESPEORES PAVIMENTO FLEXIBLE

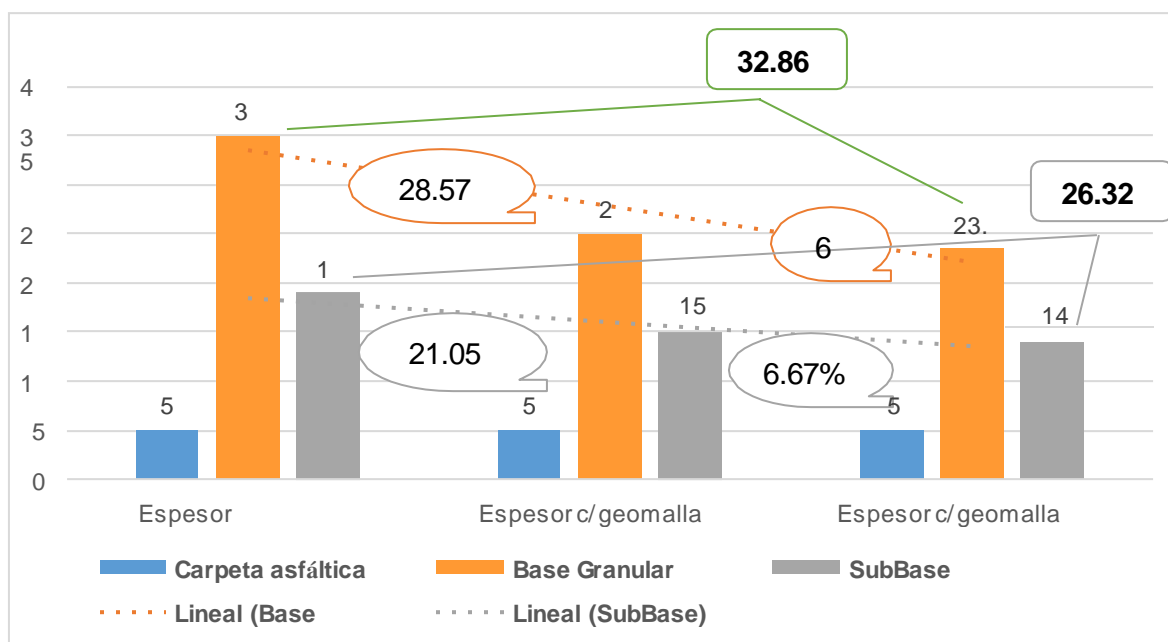


Figura 42: Porcentaje comparación de la capa base y subbase de pavimento convencional, geomalla biaxial y geomalla triaxial

Interpretación: En la figura 42 se verificó la reducción de espesores de la capa base y subbase con respecto a la adición de las geomallas, determinando la reducción de la capa base para el uso de la geomalla biaxial la cual se redujo en 28.57 %, y para la geomalla

Triaxial en 32.86%; por otro lado para el caso de la capa subbase los espesores reducen en 21.05% con el uso de la geomalla biaxial; asimismo con el uso de la geomalla triaxial disminuye en 26.32% de la subbase respecto al pavimento sin refuerzo.

3.8. Desarrollo del ensayo a compresión simple

Se realizó 6 ensayos los cuales permitieron analizar la interface base, subbase y en los otros casos la interfase sub base- geomalla biaxial – base; subbase- geomalla triaxial – base. Las geomallas que se utilizaron para el ensayo de compresión, fueron elegidas ya que son de fácil comercialización en el mercado, estas fueron la geomalla Tensar BX 1100 y la geomalla TriAx 140 de la misma marca.

Se trabajó sobre la muestra obtenida de campo tomando como base fundamental el diseño de los especímenes de la estructura de pavimento; las muestras fueron remoldeadas con parámetros obtenidos por ensayos de laboratorio (densidad y humedad). Las muestras fueron dadas a escala en 1: 2.5 dado que el molde máx. según la norma para ensayo de compresión referente al porcentaje de gravas de la muestra era 4” pulg de diámetro y 8” de altura. Por tanto se prepararon especímenes de 20 cm de largo y 10 de diámetro compactadas con aproximadamente 56 golpes. El primer ensayo se llevó a cabo de manera convencional, al segundo se le adicionó la geomalla biaxial entre las capas base y subbase, y para el tercer ensayo se hizo uso de la geomalla triaxial entre la capa base y subbase, asimismo; se realizó un ensayo adicional para cada espécimen con el fin de obtener una mejor certeza. Las lecturas de las deformaciones fueron registradas a través de los diales, los cuales fueron debidamente registrados en la ficha anexo 8.

En el primer caso para el pavimento convencional, se alcanzó una deformación máxima promedio de 5.24 kg/cm², con una carga máxima de 955.71 kg equivalente a 9.37 KN. En el segundo caso, con uso de la geomalla biaxial; se llegó a una deformación máxima promedio de 10.35 kg/cm² a una carga correspondiente de 1888.49 kg equivalente a 18.52 KN. Para finalizar, para el caso del uso de la geomalla triaxial alcanzó la deformación máxima promedio de 10.93 kg/cm², con una carga máxima de 1993.08 kg equivalente a 19.55 KN.

PAVIMENTO CONVENCIONAL

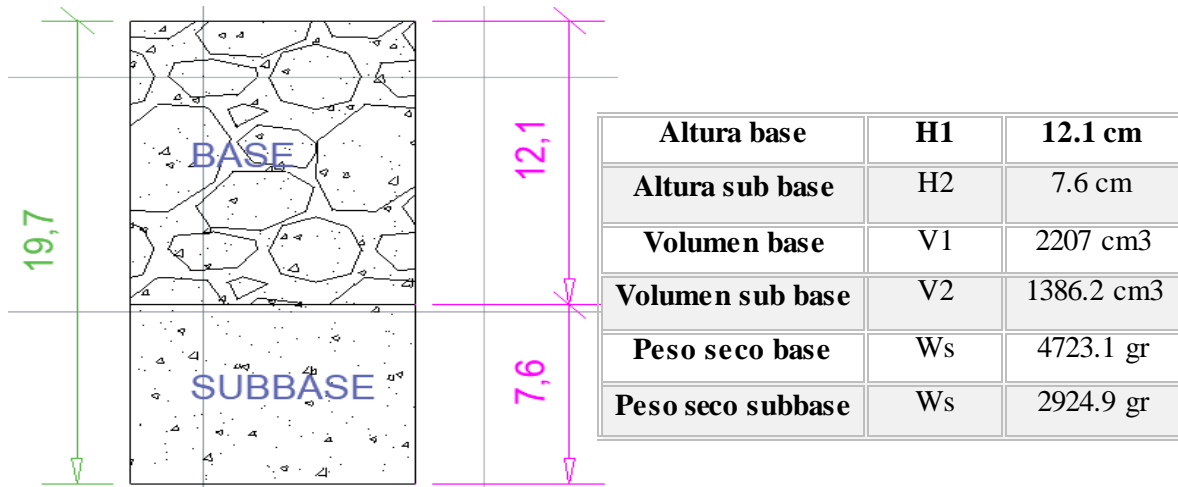
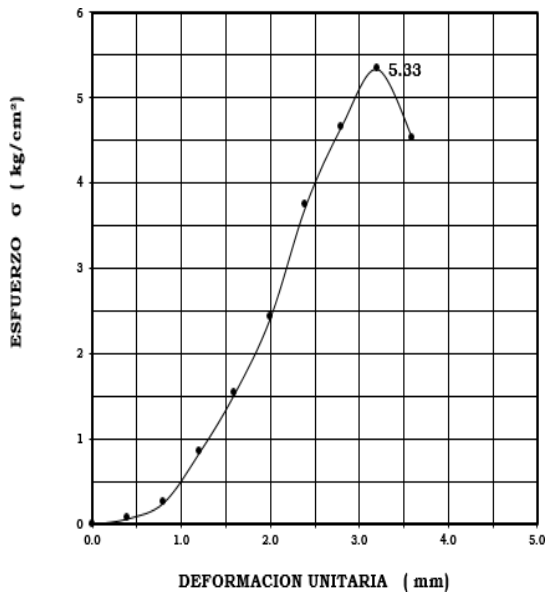


Figura 43: Parámetros para el ensayo de compresión pavimento convencional

ESPECIMEN 1



ESPECIMEN 2

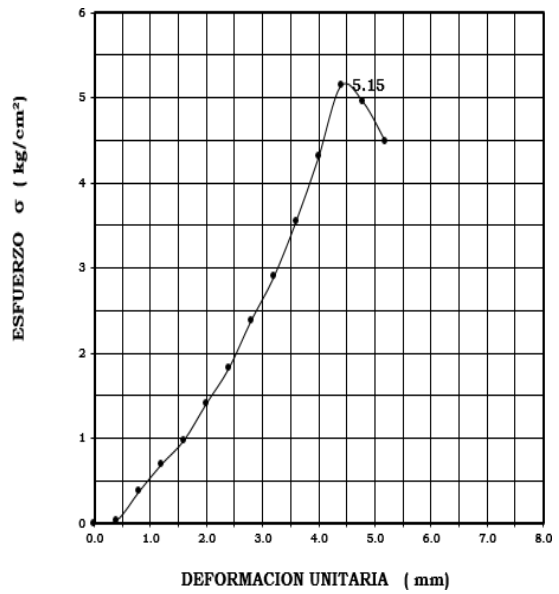
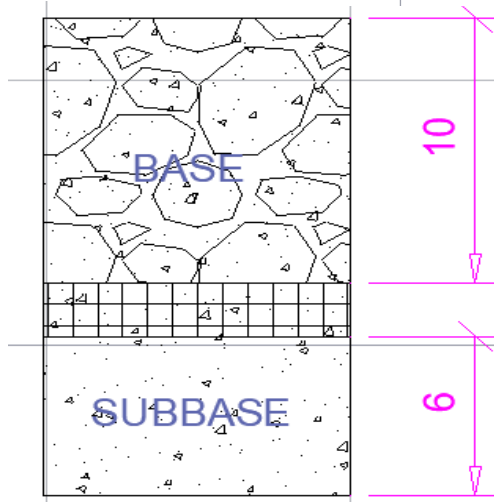


Figura 44: Curvas de deformación unitaria kg/cm² para pavimento convencional

PAVIMENTO CON GEOMALLA BIAIXIAL



Altura base	H1	10 cm
Altura sub base	H2	6 cm
Volumen base	V1	1824 cm ³
Volumen sub base	V2	1094.4 cm ³
Peso seco base	Ws	8903.4 gr
Peso seco subbase	Ws	2309.2 gr

Figura 45: Parámetros para el ensayo de compresión pavimento con geomalla biaxial

ESPECIMEN 1

ESPECIMEN 2

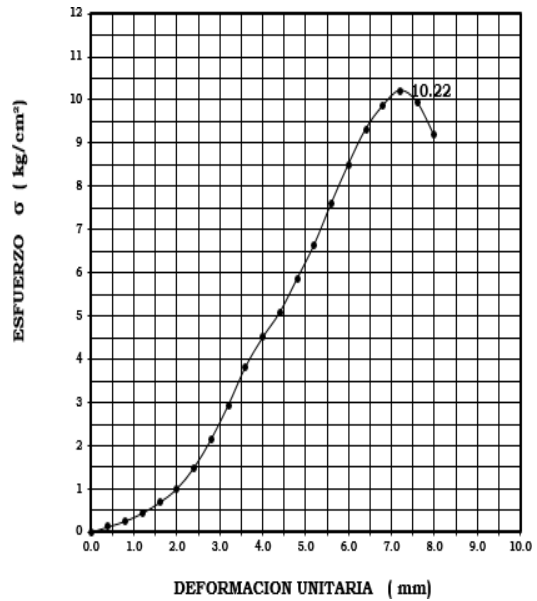
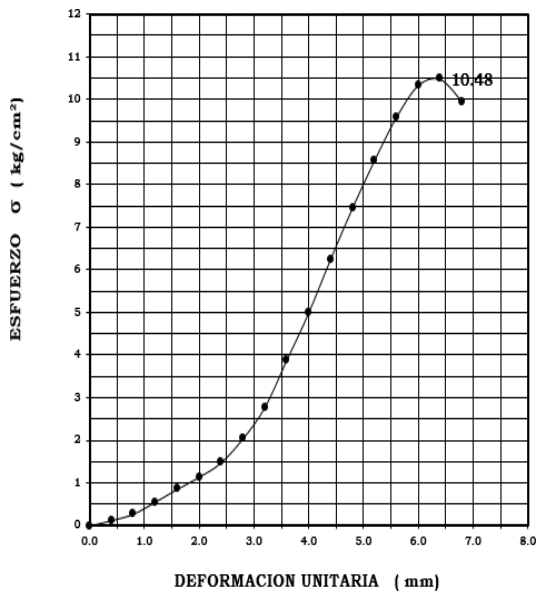
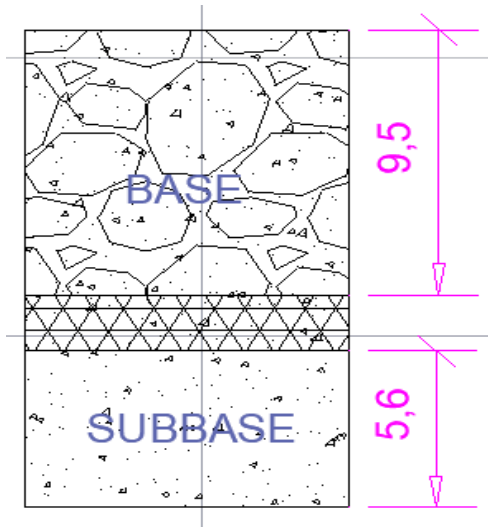


Figura 46: Curvas de deformación unitaria kg/cm² para pavimento con geomalla biaxial

PAVIMENTO CON GEOMALLA TRIAXIAL



Altura base	H1	9.5 cm
Altura sub base	H2	5.6 cm
Volumen base	V1	1732.8 cm ³
Volumen sub base	V2	1021.4 cm ³
Peso seco base	Ws	3706.5 gr
Peso seco subbase	Ws	2155.2 gr

Figura 47: Parámetros para el ensayo de compresión pavimento con geomalla triaxial

ESPECIMEN 1

ESPECIMEN 2

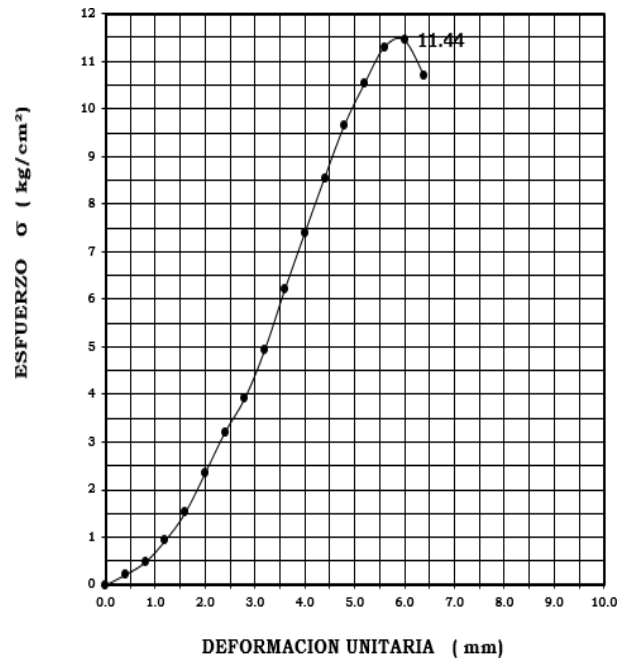
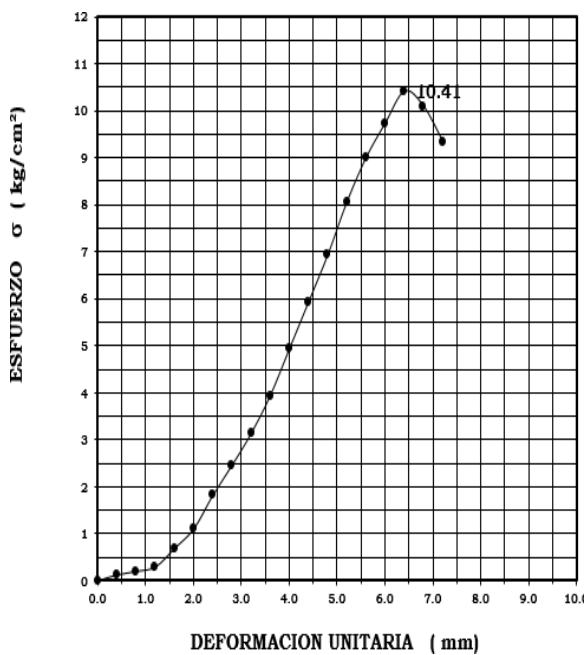


Figura 48: Curvas de deformación unitaria kg/cm² para pavimento con geomalla triaxial

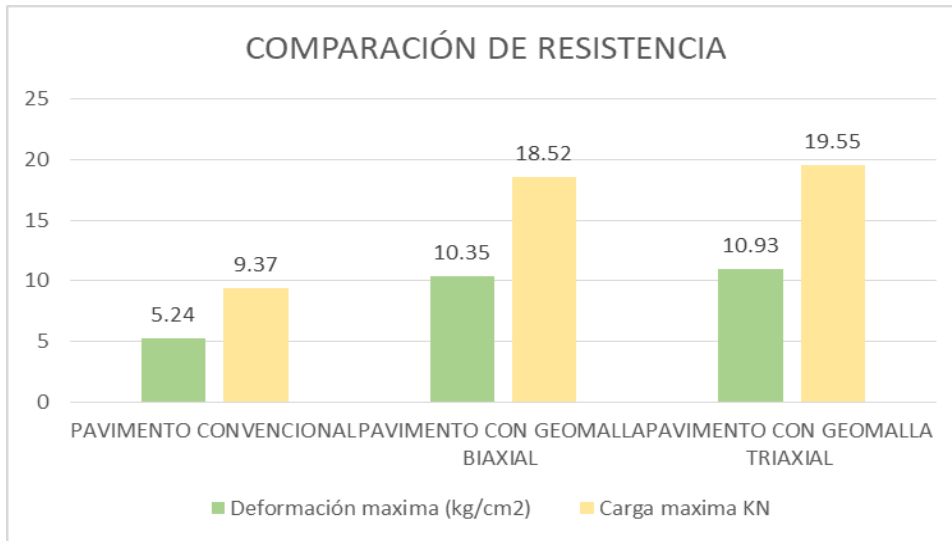


Figura 49: Porcentaje comparación de resistencia de pavimento convencional, geomalla biaxial y geomalla triaxial

Interpretación: De la figura 49 con la adición de la geomalla biaxial aumenta la resistencia en 49.37% respecto al pavimento convencional, asimismo; con la adición de la geomalla triaxial aumenta en 52.06% respecto al espécimen base convencional.

Análisis precio unitario - Subbase pavimento sin refuerzo

Tabla 26: Tabla sub base granular pavimento sin refuerzo

SUB BASE GRANULAR							
MO.	900.0000	EQ.	900.0000	Costo unitario directo por : m2	11.79		
Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
OFICIAL		hh	1.0000	0.0011	17.00	0.02	
PEÓN		hh	4.0000	0.0044	15.50	0.07	
							0.09
	Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.09	0.27	
RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.		hm	1.0000	0.0011	175.00	0.19	
MOTONIVELADORA DE 130-135 HP		hm	1.0000	0.0011	150.00	0.17	
							3.97
	Subpartidas						
TRANSPORTE DE AGUA PARA PAVIMENTO		m3		0.1500	11.00	1.65	
MATERIAL GRANULAR - SUB BASE		m3		0.1900	32.00	6.08	
							7.73

3.9. Análisis de precios unitarios de pavimento convencional

Análisis precio unitario - Base pavimento sin refuerzo

Tabla 27: Tabla base granular pavimento sin refuerzo

BASE GRANULAR						
MO.	480.0000	EQ.	480.0000	Costo unitario directo por : m2		14.18
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	1.0000	0.0021	17.00	0.04
PEÓN		hh	4.0000	0.0083	15.50	0.13
						0.16
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.16	0.05
RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.		hm	1.0000	0.0021	175.00	0.36
RODILLO NEUMÁTICO AUTOP 81-100HP 5.5-20T		hm	1.0000	0.0021	155.00	0.32
MOTONIVELADORA DE 125 HP		hm	1.0000	0.0021	160.00	0.33
						1.07
Subpartidas						
TRANSPORTE DE AGUA PARA PAVIMENTO		m3		0.1500	11.61	1.74
MATERIAL CHANCADO P/BASE		m3		0.3500	32.00	11.20
						12.94

Análisis precio unitario – Imprimación asfáltica pavimento sin refuerzo

Tabla 28: Tabla imprimación asfáltica - pavimento sin refuerzo

IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA						
MO.	4,500.0000	EQ.	4,500.0000	Costo unitario directo por : m2		4.79
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	2.0000	0.0004	17.00	0.01
PEÓN		hh	4.0000	0.0009	15.50	0.01
						0.02
Materiales						
KEROSENE INDUSTRIAL		gal		0.0800	10.50	0.84
ASFALTO LÍQUIDO RE-250		gal		0.3200	12.00	3.84
						4.68
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.02	0.05
COMPRESORA NEUMÁTICA DIESEL 250-330		hm	1.0000	0.0002	80.00	0.02
CAMION IMPRIMIDOR 6x2 178-210 HP		hm	1.0000	0.0002	108.75	0.02

Análisis precio unitario – Carpeta asfáltica pavimento sin refuerzo

Tabla 29: Tabla carpeta asfáltica en caliente - pavimento sin refuerzo

CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"						
MO. 510.0000		EQ. 510.0000		Costo unitario directo por : m2	23.63	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
OFICIAL		hh	3.0000	0.0059	17.00	0.10
PEÓN		hh	8.0000	0.0157	15.50	0.24
						0.34
	Materiales					
MEZCLA ASFÁLTICA		m3		0.0593	365.00	21.64
						21.64
	Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES		%Mo		3.0000	0.34	1.02
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS HP 10-16"		hm	1.0000	0.0020	135.00	0.26
RODILLO NEUMÁTICO AUTOPROPULSADO 127 HP		hm	1.0000	0.0020	145.00	0.28
TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA		hm	1.0000	0.0020	39.00	0.08
						1.65

PRESUPUESTO PAVIMENTO CONVENCIONAL

Tabla 30: Presupuesto pavimento sin refuerzo

CAPA	UNIDAD	METRADO	P.U	PARCIAL
IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	6000	4.79	28740
CARPETA ASFÁLTICA	m2	6000	23.63	141780
CAPA DE BASE	m2	6000	14.18	85080
CAPA DE SUBBASE	m2	6000	11.79	70740
TOTAL				S/.326,340.00

SON: TRESCIENTOS VEINTI SEIS MIL TRESCIENTOS CUARENTA 00/100 NUEVOS SOLES

3.10. Análisis de precios unitarios de pavimento con geomalla biaxial

Análisis precio unitario - Sub base pavimento refuerzo con geomalla biaxial

Tabla 31: Sub base pavimento reforzado con geomalla biaxial

SUB BASE GRANULAR						
MO.	900.0000	EQ.	900.0000	Costo unitario directo por : m2	10.51	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
OFICIAL		hh	1.0000	0.0011	17.00	0.02
PEÓN		hh	4.0000	0.0044	15.50	0.07
						0.09
	Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.09	0.27
RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.		hm	1.0000	0.0011	175.00	0.19
MOTONIVELADORA DE 130-135 HP		hm	1.0000	0.0011	150.00	0.17
						3.97
	Subpartidas					
TRANSPORTE DE AGUA PARA PAVIMENTO		m3		0.1500	11.00	1.65
MATERIAL GRANULAR - SUB BASE		m3		0.1500	32.00	4.80
						6.45

Análisis precio unitario - Base pavimento con geomalla biaxial

Tabla 32: Base pavimento reforzado con geomalla biaxial

BASE GRANULAR						
MO.	480.0000	EQ.	480.0000	Costo unitario directo por : m2	10.98	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
OFICIAL		hh	1.0000	0.0021	17.00	0.04
PEÓN		hh	4.0000	0.0083	15.50	0.13
						0.16
	Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.16	0.05
RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.		hm	1.0000	0.0021	175.00	0.36
RODILLO NEUMÁTICO AUTOP 81-100HP 5.5-20T		hm	1.0000	0.0021	155.00	0.32
MOTONIVELADORA DE 125 HP		hm	1.0000	0.0021	160.00	0.33
						1.07
	Subpartidas					
TRANSPORTE DE AGUA PARA PAVIMENTO		m3		0.1500	11.61	1.74
MATERIAL CHANCADO P/BASE		m3		0.2500	32.00	8.00
						9.74

Análisis precio unitario - Sub base pavimento refuerzo con geomalla biaxial

Tabla 33: Imprimación asfáltica pavimento reforzado con geomalla biaxial

IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA						
MO.	4,500.0000	EQ.	4,500.0000	Costo unitario directo por : m2	4.79	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
OFICIAL		hh	2.0000	0.0004	17.00	0.01
PEÓN		hh	4.0000	0.0009	15.50	0.01
						0.02
	Materiales					
KEROSENE INDUSTRIAL		gal		0.0800	10.50	0.84
ASFALTO LÍQUIDO RE-250		gal		0.3200	12.00	3.84
						4.68
	Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.02	0.05
COMPRESORA NEUMÁTICA DIESEL 250-330		hm	1.0000	0.0002	80.00	0.02
CAMIÓN IMPRIMIDOR 6x2 178-210 HP 1,800 G		hm	1.0000	0.0002	108.75	0.02
						0.09

Análisis precio unitario – carpeta asfáltica pavimento refuerzo con geomalla biaxial

Tabla 34: Carpeta asfáltica en caliente pavimento reforzado con geomalla biaxial

CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"						
MO.	510.0000	EQ.	510.0000	Costo unitario directo por : m2	23.63	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
OFICIAL		hh	3.0000	0.0059	17.00	0.10
PEÓN		hh	8.0000	0.0157	15.50	0.24
						0.34
	Materiales					
MEZCLA ASFÁLTICA		m3		0.0593	365.00	21.64
						21.64
	Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES		%Mo		3.0000	0.34	1.02
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS HP 10-16"		hm	1.0000	0.0020	135.00	0.26
RÓDILLO NEUMÁTICO AUTOPROPULSADO 127 HP		hm	1.0000	0.0020	145.00	0.28
TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA		hm	1.0000	0.0020	39.00	0.08
						1.65

INSTALACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL

Tabla 35: Instalación de geomalla pavimento reforzado con geomalla biaxial

INSTALACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL						
MO.	1,000.0000	EQ.	1,000.0000	Costo unitario directo por : m2	4.12	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
OFICIAL		hh	1.0000	0.0010	17.00	0.02
PEÓN		hh	1.0000	0.0010	15.50	0.02
						0.03
	Materiales					
GEOMALLA BIAxIAL 1100		hm		1.0500	3.89	4.08
						4.08
	EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.0300	0.03	0.00
						0.00

PRESUPUESTO CON GEOMALLA BIAxIAL

Tabla 36: Presupuesto pavimento reforzado con geomalla biaxial

CAPA	UNIDAD	METRADO	P.U	PARCIAL
IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	6000	4.79	28740
CARPETA ASFÁLTICA	m2	6000	23.63	141780
CAPA DE BASE	m2	6000	10.98	65880
CAPA DE SUBBASE	m2	6000	10.51	63060
GEOMALLA BIAxIAL	m2	6000	4.12	24720
TOTAL				S/.324,180.00

SON: TRESCIENTOS VEINTI CUATRO MIL CIENTO OCHENTA 00/100 NUEVOS SOLES

3.11. Análisis de precios unitarios de pavimento con geomalla triaxial

Análisis precio unitario - Sub base pavimento refuerzo con geomalla triaxial

Tabla 37: Sub base pavimento reforzado con geomalla triaxial

SUB BASE GRANULAR						
MO.	900.0000	EQ.	900.0000	Costo unitario directo por : m2	10.19	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	1.0000	0.0011	17.00	0.02
PEÓN		hh	4.0000	0.0044	15.50	0.07
						0.09
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.09	0.27
RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.		hm	1.0000	0.0011	175.00	0.19
MOTONIVELADORA DE 130-135 HP		hm	1.0000	0.0011	150.00	0.17
						3.97
Subpartidas						
TRANSPORTE DE AGUA PARA PAVIMENTO		m3		0.1500	11.00	1.65
MATERIAL GRANULAR - SUB BASE		m3		0.1400	32.00	4.48
						6.13

Análisis precio unitario - Base pavimento con geomalla triaxial

Tabla 38: Base pavimento reforzado con geomalla triaxial

BASE GRANULAR						
MO.	480.0000	EQ.	480.0000	Costo unitario directo por : m2	10.50	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	1.0000	0.0021	17.00	0.04
PEÓN		hh	4.0000	0.0083	15.50	0.13
						0.16
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.16	0.05
RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.		hm	1.0000	0.0021	175.00	0.36
RODILLO NEUMÁTICO AUTOP 81-100HP 5.5-20T		hm	1.0000	0.0021	155.00	0.32
MOTONIVELADORA DE 125 HP		hm	1.0000	0.0021	160.00	0.33
						1.07
Subpartidas						
TRANSPORTE DE AGUA PARA PAVIMENTO		m3		0.1500	11.61	1.74
MATERIAL CHANCADO P/BASE		m3		0.2350	32.00	7.52
						9.26

Análisis precio unitario – imprimación asfáltica pavimento con geomalla triaxial

Tabla 39: Imprimación asfáltica reforzada con geomalla triaxial

IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA							
MO.	4,500.0000	EQ.	4,500.0000	Costo unitario directo por : m2		4.79	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
OFICIAL		hh	2.0000	0.0004	17.00	0.01	
PEÓN		hh	4.0000	0.0009	15.50	0.01	
						0.02	
Materiales							
KEROSENE INDUSTRIAL		gal		0.0800	10.50	0.84	
ASFALTO LÍQUIDO RE-250		gal		0.3200	12.00	3.84	
						4.68	
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.02	0.05	
COMPRESORA NEUMÁTICA DIESEL 250-330		hm	1.0000	0.0002	80.00	0.02	
CAMIÓN IMPRIMIDOR 6x2 178-210 HP 1,800 G		hm	1.0000	0.0002	108.75	0.02	
						0.09	

Análisis precio unitario – carpeta asfáltica pavimento con geomalla triaxial

Tabla 40: Carpeta asfáltica pavimento reforzado con geomalla triaxial

CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"							
MO.	510.0000	EQ.	510.0000	Costo unitario directo por : m2		23.63	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
OFICIAL		hh	3.0000	0.0059	17.00	0.10	
PEÓN		hh	8.0000	0.0157	15.50	0.24	
						0.34	
Materiales							
MEZCLA ASFÁLTICA		m3		0.0593	365.00	21.64	
						21.64	
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES		%Mo		3.0000	0.34	1.02	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS HP 10-16"		hm	1.0000	0.0020	135.00	0.26	
RODILLO NEUMÁTICO AUTOPROPULSADO 127 HP		hm	1.0000	0.0020	145.00	0.28	
TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA		hm	1.0000	0.0020	39.00	0.08	
						1.65	

INSTALACIÓN DE GEOMALLA TRIAXIAL

Tabla 41: Instalación geomalla pavimento reforzado con geomalla triaxial

INSTALACIÓN DE GEOMALLA TRIAXIAL							
MO.	1,000.0000	EQ.	1,000.0000	Costo unitario directo por : m2	4.64		
Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
OFICIAL		hh	1.0000	0.0010	17.00	0.02	
PEÓN		hh	1.0000	0.0010	15.50	0.02	0.03
	Materiales						
GEOMALLA TRIAXIAL	140	m3		1.0500	4.39	4.61	4.61
	EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.0300	0.03	0.00	0.00
							0.00

PRESUPUESTO CON GEOMALLA TRIAXIAL

Tabla 42: Presupuesto pavimento reforzado con geomalla triaxial

CAPA	UNIDAD	METRADO	P.U	PARCIAL
IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	6000	5.12	30720
CARPETA ASFÁLTICA	m2	6000	23.63	141780
CAPA DE BASE	m2	6000	10.5	63000
CAPA DE SUBBASE	m2	6000	10.19	61140
GEOMALLA TRIAXIAL	m2	6000	4.64	27840
TOTAL				S/.324,480.00

SON: TRESCIENTOS VEINTI CUATRO MIL CUATROSCIENTOS OCHENTA 00/100 NUEVOS SOLES

Comparación de resultados de los costos de pavimento con y sin refuerzo

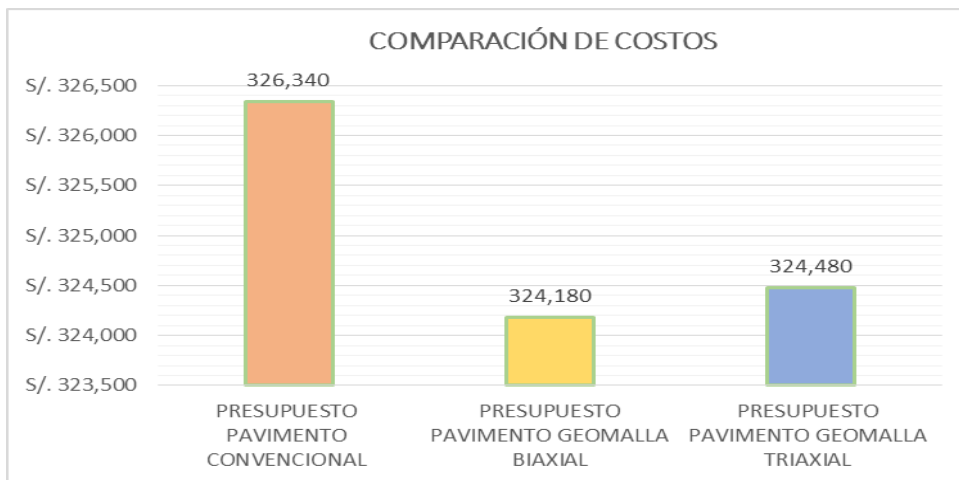


Figura 50: Porcentaje comparación de costos de pavimento flexible convencional y con adición de geomalla

Interpretación: En la figura 50 se verificó la reducción de costos en cuanto al presupuesto del pavimento con geomalla biaxial en 6.62% respecto al pavimento convencional, asimismo se ve la reducción del costo debido al uso de la geomalla triaxial en 5.7%

IV. DISCUSIÓN

MIRANDA, Eddy (2019) en su investigación “diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial 20KN; para optimizar la calidad en la construcción de pavimento flexibles, tramo tayabamba – ongon. Provincia de pataz. La libertad” en la cual se determinó que la geomalla biaxial LBO 202 - 20KN reduce el espesor de la estructura en un 4% en la base, un 43% en la capa Subbase. En el caso de la presente se obtuvo que al añadir la geomalla biaxial 20KN reduce el espesor de las capas base granular en 10cm el cual representa un 28.57% y subbase en 4cm el cual representa un 21.05%. Se observa que los resultados varían, esto debido a que el CBR del terreno de fundación de las investigaciones son diferentes 12.2% y 6.2% respectivamente. Según Jugo, Augusto (2010) en su investigación titulada “Propuesta de metodología para diseño de pavimentos flexibles utilizando geosintéticos como refuerzo” en el cual se reduce en 50% de la capa base. En la investigación se obtuvo que al añadir la geomalla triaxial reduce el espesor de las capas base granular en 11.5 cm el cual representa un 32.86% y subbase en 5 cm el cual representa un 26.32%. Se observa que los resultados varían, esto debido a que el CBR del terreno de fundación de las investigaciones son diferentes 4% y 6.2%. ALMENDAREZ, Nicole, REYES, Carlos y MONCADA, Rigoberto (2017) en su conferencia Internacional para Ingeniería, educación y tecnología en su ponencia titulada “Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras”, el cual se obtuvo una reducción de 60% del espesor de la capa granular para la vía con geomalla triaxial. Para el caso de la aplicación del método Giroud – han reduce el espesor de la base granular de acuerdo a los estudios obtenidos en esta investigación en un 51.63% en el caso del uso de la geomalla triaxial.

NOBOA, Andrés (2016) en su tesis “Evaluación de la resistencia de una subrasante, con el uso combinado de una geomalla y un geotextil” obtuvo una mayor capacidad de resistencia en cuanto al uso de geomalla biaxial en 45.02% con respecto al convencional por otro lado en la presente investigación se obtuvo un porcentaje de 49.37% en comparación al espécimen sin refuerzo, los porcentajes varían dado que en la investigación citada se insertó la geomalla y geotextil en un mismo espécimen.

El costo del pavimento reforzado con geomalla biaxial entre las capas base y subbase se reduce en un 0.66% en cuanto al costo del pavimento sin refuerzo estos resultados responden al objetivo de esta investigación, este es respaldado por CABALLERO, Erick (2006) en su investigación titulada “utilización de la geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible” el cual obtuvo una reducción de 8.01%, este porcentaje es mayor, dado que el cálculo de los espesores varían, así mismo el ancho de la calzada es mayor.

V. CONCLUSIONES

Se ha determinado según la figura 40 (*Espesores de pavimento convencional y refuerzo de geomalla biaxial*) que el pavimento reforzado con geomalla biaxial influye en la reducción el espesor de la capa base en 28.57% y en 21.05% de la capa subbase respecto al pavimento convencional, asimismo se determinado según la figura 41 (*espesores de pavimento convencional, y refuerzo con geomalla triaxial*) que el pavimento reforzado con geomalla triaxial influye en la reducción el espesor de la capa base en 32.86% y en 26.32% de la capa subbase respecto al pavimento convencional. Por consiguiente según la figura 36 la aplicación del método Giroud-han influye aumentando 2cm de la base granular con respecto al método AASHTO en un 7.41% en el caso del uso de la geomalla biaxial; por otro lado disminuyo el espesor de la capa granular en 27.66% en el caso del refuerzo con geomalla triaxial con respecto al cálculo de AASHTO.

Se determinó según la figura 49 (*Porcentaje comparación de resistencia de pavimento convencional, geomalla biaxial y geomalla triaxial*) que la mayor capacidad de resistencia dentro de los ensayos realizados, fue en el escenario con el uso de la geomalla triaxial, con respecto al espécimen sin reforzamiento con un porcentaje de 52.06 %, respecto al uso de geomalla biaxial se reduce en 49.37 % en comparación con el pavimento convencional dado que llega a soportar una mayor carga máxima.

Se determinó de acuerdo a la figura 50 (*Porcentaje comparación de costos de pavimento flexible convencional y con adición de geomalla*) que al aplicar la geomalla biaxial como reforzamiento en la reducción del espesor del pavimento influye en minorar el costo en un porcentaje de 6.62% con respecto al costo de un pavimento sin refuerzo. Asimismo se determinó que al aplicar la geomalla triaxial como reforzamiento en la reducción del espesor del pavimento influye en minorar el costo en un porcentaje de 5.7% con respecto al costo de un pavimento sin refuerzo.

VI. RECOMENDACIONES

La estructura de la geomalla permite un mejor desempeño, en el caso de la geomalla triaxial cuenta con propiedades multidireccionales, y la distribución de cargas actuantes es radial utilizada principalmente para optimización de pavimentos y estabilización de subrasantes. En el caso de geomalla biaxial mejor opción para suelos blandos. Al insertar la geomalla en la interface base, subbase se le proporciona al pavimento restricción en cuanto a la base granular, por ende mejora la característica de resistencia, asimismo contribuye a la distribución de las cargas, por tal motivo se obtendrá mayor resultados al colocarla debajo de la capa base. Dado que la geomalla cuenta con aberturas que permiten el confinamiento de material granular restringiendo los movimientos y disminuyendo las deformaciones.

En el caso del ensayo de compresión se debe tener en cuenta al desmoldar el espécimen; ya que, si la maquina no se encuentra al ras coincidiendo con el diámetro del espécimen se llegará romper y no se tendrá un resultado óptimo.

Se debería elaborar una norma en la que especifiquen el uso de geotextiles para el refuerzo de pavimentos tanto los asfaltados como los que no lo son, garantizando el cumplimiento de normas para una infraestructura vial.

REFERENCIAS

AHMED, Ebrahim, EL – MAATY, Behiry. Revista ingeniería Ain Shams [en línea]. n.3. 2012. 374pp. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/82571778.pdf>

ALMENDAREZ, Larissa, REYES, Juan y MONCADA, Rigoberto. “Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras”. En 15ª Conferencia Internacional LACCEI para Ingeniería, Educación y Tecnología [En línea]. Estados Unidos. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019]. 2017.

Disponible en:

http://www.laccei.org/LACCEI2017BocaRaton/student_Papers/SP495.pdf?fbclid=IwAR3Lc1ZHW RnP72jmBD_oV1N8cxSDK-U7cBsIfP5gRHsJV6qQuAvJfQWsoW0

AL-QADI, Imad, DESSOUKY, Samer, KWON, Jayhyun, et al. Geogrid-Reinforced Low-Volume Flexible Pavements: Pavement Response and Geogrid Optimal Location. Revista de Ingeniería de Transporte. [En línea]. Vol. 138, n.9. 2012 [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29TE.1943-5436.0000409>

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY TRANSPORTATION OFFICIALS – AASHTO-93. Guide for design of pavement Structures. Washington D.C. 1993

ATALA, Cesar. Estudio numérico de terraplenes sobre suelos blandos reforzados con geosintético y una capa superficial de arena. Tesis (Título ingeniero civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Ingeniería Civil, 2015

BLANCO, Carlos, GRUPP, Federico, VOIROL, Eric. Plan de estudio para la evaluación del comportamiento de un pavimento flexible reforzado con geosintéticos. Revista especializada Ciencia e Ingeniería. Vol. 29. Venezuela. [En línea]. 2008. 8pp. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].
Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/5075/507550781002.pdf>

ISSN: 1316-7081

BONILLA, Manuel, QUINTANA, Juan, CARRIÓN, Francisco, et al. Análisis del comportamiento estructural de un pavimento de concreto estructuralmente reforzado continuo. *Revista secretaria de comunicaciones y transporte*. Sanfandila. N° 509. México. [En línea]. 2017. 127 pp. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt509.pdf>

ISSN 0188-7297

CONSTRUYENDO CAMINOS Y OBRAS. *Revista Peruana de la Construcción* [en línea]. ed. 10. n.14. 2004. 30pp. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en: <https://es.calameo.com/read/0041761048130b8b5a25c>

CRUZ, Eduardo. Influencia de geomallas en los parámetros mecánicos de materiales para vías terrestres. Tesis. Mg. Ing. México, UNAM. 2013. 148p.

DALLA, Paola. Reliability in pavement design. Tesis Doctoral. China: University of Nottingham [en línea]. 2015. 374 pp. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en: http://eprints.nottingham.ac.uk/28999/1/Thesis%20report_final%20issue.pdf

DURANT, Darío. Geosynthetics in the field on soft soils. (International Geosynthetics Society – IGS) [En línea]. 2017. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en:

<https://www.geosyntheticssociety.org/wpcontent/plugins/resources/documents/Embankment/Espanol.pdf>

FLORES, Luis; SPINEL, Silvia. Factores que determinan el uso de geosintéticos en proyectos de pavimentación en Colombia. *E-mail Educativo*, 2005, vol. 1, no 1. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/Email/article/view/1181>

GALINDO, Antonio. Geomallas Triaxiales. J. C. Reyes, & L. Almendarez, Entrevistadores. 2017

GARNICA, Paul, GÓMEZ, José, SESMA, Jesús. Mecánica de materiales para pavimentos. Sanfandila: Instituto Mexicano Del Transporte. México. 2002.

GEOSISTEMAS PAVCO. Manual de diseño con geosintéticos. México: Zetta Comunicadores S.A. 2012. 127 pp.

GIROUD Y HAN, Jie. Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads.” By Dr. J. P. Giroud and Dr. Jie Han. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 130(8). 2005.

ISBN 775-786-797.

JUGO, Augusto. Propuesta de metodología para diseño de pavimentos flexibles empleando geosintéticos como refuerzo. 2010. Venezuela. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en:

file:///C:/Users/Jose/Downloads/1977-Texto%20de%20art%C3%ADculo-3118-2-10_20120921.pdf

HUAMAN, Néstor, CHANG, Carlos PEREIRA. The permanent deformation in the mixtures asphalt and the consequent deterioration of pavements asphalt in Perú. Revista de departamento académico de ingeniería [en línea]. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019]. Perú. 2009.

ISSN: 2220 – 2056

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de diseño de pavimentos de altos y medios volúmenes de tránsito. Bogotá D.C. 2007

KOERNER, Mario. Diseño con Geosintéticos. Cuarta Edición, IGS- Perú, 2003, EEUU.

MANUAL Y SOFTWARE DE DISEÑO. Manual de diseño con geosintéticos. Zetta comunicadores S.A. 2009.

MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS. Proyecto Mejoramiento de la Gestión de la Inversión Pública Territorial, Contrato de préstamo N° 2703/OC-PE. Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. 1° ed. Lima: Servicios Gráficos JMD s.r.l, 2015. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en:

https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. Manual de especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG-2000), Perú. 2013.

MIRANDA, Fausto, SANCHEZ, Ernesto. Evaluation of the resilient modulus and permanent deformation of a mechanically stabilized granular base with geogrid. Tesis master. PUCE. Ecuador. 2015.

MONESTRUQUE, Guillermo, RODRIGUEZ, Regis, FERREIRA, André. Evaluación del comportamiento de geomallas en el control de reflexión de grietas. Revista especializada coripa [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en: http://www.coripa.com.ar/view/uploads/articles/article_file-371.PDF

LING, H, LIU, H. Finite element studies of asphalt concrete pavement reinforced with geogrid. Journal of Engineering Mechanics ASCE. 2003. 811pp.

LOZADA, José. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Cienciamérica. N°3 [En línea]. Ecuador. 2014. 39pp.

ORREGO, Daniel. Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles. (Tesis para optar el título ingeniería civil) Pontificia universidad católica del Perú - facultad de ciencias e ingeniería, Lima. 2014.

OGUNKUNBI, G; JIMOH, Y. Design and Economic Analysis of a Flexible Pavement on a Geosynthetic Reinforced Subgrade. Revista de ciencias aplicadas y gestión ambiental. Vol.23. Nigeria. [En línea]. 2019. 125pp. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=18&sid=8c790cbb-062c-4d99-b8c1-c5a2394d34d2%40sessionmgr4006>

ISSN 1119-8362

PAVCO. Manual de diseño con geosintéticos. 32. Bogotá, Colombia: Zeta comunicadores S.A. 2009. 16pp.

PROZZI, Gossain. Reliability of Pavement Structures using Empirical-Mechanistic Models. [En línea]. 2005. 28pp. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.122.7949&rep=rep1&type=pdf>

REYES, Oscar. Concepto tomado de las clases impartidas en la asignatura de Diseño de Pavimentos asfálticos, Especialización en Ingeniería de Pavimentos, Universidad Militar Nueva Granada. Colombia. 2015.

ROBLES, Daniel. Geomallas, alternativa adecuada para reforzar suelos. Revista especializada Peruvias. [En línea]. 23 de julio 2016. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en <http://peruvias.pe/geomallas-alternativa-adecuada-para-reforzar-suelos/>

RODRIGUEZ, Mario. ECHAVEGUREN, Tomas, THENOUX, Guillermo. Inclusión de confiabilidad en el método de diseño de pavimentos flexibles AASHTO-93 integrando modelos de deterioro de pavimentos. Revista de la Construcción [en línea]. 2017, Vol.16, n.2, pp.284-294. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.16.2.284>.

ISSN 0718-915X.

RONDON, Hugo, REYES, Fredy. Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones. Revista ciencia e ingeniería neogranadina. Vol. 17. Colombia. [En línea]. 2007. 65 pp. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91117204>

ISSN: 0124-8170

SANTILLAN, Daniel.” Materiales geosintéticos: la estabilización del terreno”: Conama 10 Congreso nacional del medio ambiente. 2010. [En línea]. Chile. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en:

<http://www.conama10.conama.org/conama10/download/files/CT%202010/1335416312.pdf>

SILVA, Javier. Uso de Geomalla en accesos mineros – haul roads (experiencias en Yanacocha y Pierina): Perumin – 31 convención minera encuentro de tecnología e investigación convocatoria de trabajos técnicos. 2013. [En línea]. Arequipa. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible:

file:///C:/Users/Jose/Downloads/HAUL_ROADS_EXPERIENCIAS_EN_YANACOCCHA_Y_P.pdf

TAIPE, Walter y TOVAR, Edson. Comportamiento del pavimento flexible con el uso de Geomalla en el distrito de Lircay KM 0+010 camino a Ocopa departamento de Huancavelica. Tesis (Título ingeniero civil). Universidad de Huancavelica. 2012. 126 pp.

TRIAX. Geomalla TENSAR TriAx. Revista Internacional [en línea]. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019]. 2017.

Disponible en <http://www.tdmcolombia.co/pdf/geomalla-tensar-tdm-colombia.pdf>

ISPN_TX_BRO_5.16

VARGAS, J, MONCAYO, M, CORDOVA, J, et al. The geogrid as a reinforcement element in flexible pavements. Revista Académica Ingeniería. Vol. 21. México. [En línea]. 2017. 71 pp. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/467/46752305006.pdf>

ISSN: 1665-529X

VIALIDAD Y TRANSPORTE LATINOAMERICA. Importancia de las geomallas en la construcción de las carreteras. Revista Internacional [en línea]. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019]. 2014.

Recuperado a partir de <http://vialidadytransporte.com/noticia/15-importancia-geomallas-construccion-carreteras>

VIDAL, Manuel. Optimización de costos en carreteras aplicando el sistema el sistema de refuerzos con Geomalla. Tesis (Título ingeniero civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Ingeniería Civil, 2002. 373 pp.

YANG, H. pavement analysis and design [en línea]. ed. 2. 2004. 785pp. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible: <https://es.scribd.com/doc/83152393/Pavement-Analysis-and-Design-by-Yang-H- Huang>

ISBN 013 -142473 - 4

Anexos

Anexo 1. Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION
APLICACIÓN DE LA GEOMALLA COMO REFORZAMIENTO	Las geomallas son elaboradas con polímeros de elevada resistencia y durabilidad. Son conformadas por costillas con unión de nodos en dos dimensiones las cuales actúan con el suelo, de tal modo que crear una resistencia Geomalla- suelo idóneo para recibir esfuerzos debido a las cargas vehiculares y distribuirlas de manera uniforme sobre el pavimento. (Texdelta, 2017)	Para medir la geomalla como reforzamiento se realiza mediante sus propiedades físico - mecánicas, dadas por las especificaciones técnicas de los dos tipos de geomallas tanto biaxial como triaxial.	PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS	Tamaño de apertura (mm)	Especificaciones técnicas	Nominal
				Espesor de costillas (mm)		Nominal
				Capacidad de tensión		Nominal
				Rigidez		Nominal
			Estudios mecánica de suelos ASTM D 422, ASTM D2487, ASTM D4318 - 84 sub base , base y tráfico : Proctor modificado ASTM D-1557, CBR ASTM D 1883-07	Reporte de laboratorio	Nominal	
TIPO I	Biaxial	Especificaciones técnicas	Nominal			
TIPO II	Triaxial	Especificaciones técnicas	Nominal			
REDUCCIÓN DEL ESPESOR Y MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA	Se evalúa las disposición de estructuras conformadas por dos capas una subrasante de características blandas, la otra subbase, base como material ubicado en un determinado rango el cual es afirmado según (Invias 2013), en dicho manual se varían los espesores de material granular y se adicionan capas de Geomalla.	Para medir la reducción del espesor de las capas y mejorar la resistencia de los componentes del pavimento se realiza mediante el diseño bajo la norma ASSHTO y las fichas de medición las cuales determinaran la deformación dependiendo a la carga que se adicione a los especímenes que serán ensayados.	REDUCCIÓN DE ESPESOR	cálculo de base granular, considerando el tráfico método Giroud Han (cm)	Norma ASSHTO y Giroud Han	Nominal
				espesor de base, subbase metodología AASHTO (cm)		Nominal
			RESISTENCIA ESTRUCTURAL	deformación unitaria (kg/cm ²), esfuerzo (kg) ASTM ASTM D 2166	Ficha de medición	Nominal
				curva de esfuerzo (kg/cm ²)		Nominal
			COSTO	Análisis de Precios unitarios c/s refuerzo (S/)	Ficha de medición	Nominal

Anexo 2. Matriz de consistencia

Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el km.24

Puente capelo – Chanchamayo, 2019

MATRIZ RELACIONAL			MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN		
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENCIÓN	INDICADORES
¿Cómo influye la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo, 2019?	Determinar cómo influye la aplicación de la geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo,2019	La aplicación de la geomalla como reforzamiento influye en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo,2019	APLICACIÓN DE LA GEOMALLA COMO REFORZAMIENTO	PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS	Tamaño de apertura (mm)
					Espesor de costillas (mm)
					Capacidad de tensión
					Rigidez
					Estudios mecánica de suelos sub base , base y trafico : Proctor modificado, CBR, ESAL
				TIPO I	Biaxial
				TIPO II	Triaxial
¿Cómo influye la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo, 2019?	Determinar cómo influye la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo,2019	La aplicación de la geomalla como reforzamiento influye en la reducción del espesor de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo,2019		REDUCCIÓN DE ESPESOR	calculo de la base granular considerando el trafico método Giroud Han (cm)
					espesor de la base, subbase metodología AASHTO (cm)
¿Cómo influye la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la resistencia estructural de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo, 2019?	Determinar cómo influye la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la resistencia estructural de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo,2019	La aplicación de la geomalla como reforzamiento influye en la resistencia estructural de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo,2019	REDUCCIÓN DEL ESPESOR Y MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA	RESISTENCIA ESTRUCTURAL	deformación unitaria(kg/cm2)
					esfuerzo (Kg)
					Curva de deformaciones (m)
¿Cómo influye la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia en el costo de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo, 2019?	Determinar cómo influye la aplicación de la geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia en el costo de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo,2019	La aplicación de la geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia influye en el costo de pavimentos flexibles en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo,2019		COSTOS	Precios unitarios c/s refuerzo (S/)

Anexo 3. Instrumentos para variable de pendiente, indicador reducción del espesor

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: “Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo - Chanchamayo, 2019”

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SIN REFUERZO: MÉTODO AASHTO 93

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R(S_0) + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{1094}\right)}{0.4 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07 \dots (1)$$

CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN):

DATOS DE ENTRADA	VALOR	JUICIO DE EXPERTOS				
		DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
W_{18}						
Módulo de resiliencia (M_R)						
Coefficiente estadístico de desviación estándar normal (Z_R)						
Desviación estándar combinada (S_0)						
Variación de servicialidad (ΔPSI)						

CÁLCULO DE LOS ESPESORES

$$SN = a_1 x(d_1) + a_2 x(d_2) x(m_2) + a_3 x(d_3) x(m_3) \dots (2)$$

DATOS DE ENTRADA	VALOR	JUICIO DE EXPERTOS				
		DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
Número estructural (SN)						
Coefficientes estructurales de capas						
Coefficientes de drenaje						

ESPESORES	cm
Carpeta asfáltica	
Base	
Subbase	

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha:

Firma del experto informante:

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: “Geomalla comoreforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo - Chanchamayo, 2019”

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA BIAXIAL

PARÁMETROS DE ENTRADA

Espesor Carpeta asfáltica	
Coefficiente estructural	
Tipo de geomalla de refuerzo	
Numero de capas granulares	
Demanda de transito W_{18}	
CBR subrasante (%)	

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	
Excelente	

CAPAS GRANULARES

Capa	Di	Unidades Di	ai	Mi

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	
Excelente	

PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Número estructural (SN)	
Espesor granular equivalente	
Espesor granular reforzado	
Layer Coefficient Ratio LCR	

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	
Excelente	

Tipo de capa	Espesor inicial (cm)	Espesor nuevo (cm)	Reducción espesor (cm)

Lugar y fecha:...

Firma del experto informante:

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: “Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo - Chanchamayo, 2019”

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA TRIAXIAL

PARÁMETROS DE ENTRADA

Espesor Carpeta asfáltica	
Coefficiente estructural	
Tipo de geomalla de refuerzo	
Número de capas granulares	
Demanda de tránsito W_{18}	
CBR subrasante (%)	

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	
Excelente	

CAPAS GRANULARES

Capa	Di	Unidades Di	ai	Mi

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	
Excelente	

PÁRAMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Número estructural (SN)	
Espesor granular equivalente	
Espesor granular reforzado	
Layer Coefficient Ratio LCR	

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	
Excelente	

Tipo de capa	Espesor inicial (cm)	Espesor nuevo (cm)	Reducción espesor (cm)

Lugar y fecha:.....

Firma del experto informante:

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Anexo 4. Ficha de medición resistencia estructural

FICHA TÉCNICA DE MEDICIÓN: VALIDÉZ DEL INSTRUMENTO A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Título tesis: “Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo – Chanchamayo, 2019”

Autor del instrumento: Mirkareny Mitzabeth, Anyaipoma Aranda

Nombre del instrumento: Ficha de medición

Variable dependiente, indicador: Resistencia estructural - (ASTMD 2166)

ENSAYO N°1		ENSAYO N°2		ENSAYO N°3	
M0		M1		M2	
SIN REFORZAMIENTO		REFORZAMIENTO CON GEOMALLA BIAxIAL BASE - SUBBASE		REFORZAMIENTO CON GEOMALLA TRIAXIAL BASE -SUBBASE	
Carga	Deformación	Carga	Deformación	Carga	Deformación
Kg	Kg/cm2	KN	cm	KN	cm

Lugar y fecha:.....

Firma del Experto Informante.

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

Anexo 5. Ficha de medición precios unitarios de costo s/ refuerzo

FICHA TÉCNICA: VALIDÉZ DEL INSTRUMENTO A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Título tesis: “Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo – Chanchamayo, 2019”

Autor del instrumento: Mirkareny Mitzabeth, Anyaipoma Aranda

Nombre del instrumento: Ficha técnica – Precios unitarios (S/)

Variable dependiente, indicador: Precios unitarios de pavimento sin refuerzo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U (S/)	PARCIAL	EXPERTOS				
					DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
MOVIMIENTO DE TIERRA									
Subrasante	m3								
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO									
Conformación de Subbase	m3								
Conformación de base	m3								
Carpeta asfáltica	m3								
Costo Directo (S/)									

PUNTUACIÓN	%
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha:.....

Firma del Experto Informante.

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

Anexo 6. Ficha de medición precios unidad de costo c/ refuerzo Geomalla biaxial

FICHA TÉCNICA: VALIDÉZ DEL INSTRUMENTO A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Título tesis: “Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo – Chanchamayo, 2019”

Autor del instrumento: Mirkareny Mitzabeth, Anyaipoma Aranda

Nombre del instrumento: Ficha técnica – Precios unitarios (S/)

Variable dependiente, indicador: Precios unitarios de pavimento con geomalla biaxial

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U (S/)	PARCIAL	EXPERTOS				
					DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
MOVIMIENTO DE TIERRA									
Subrasante	m3								
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO									
Conformación de Subbase	m3								
Conformación de base	m3								
Carpeta asfáltica	m3								
Colocación de geomalla biaxial	m2								
Costo Directo (S/.)									

PUNTUACIÓN	%
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUYBUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha:.....

Firma del Experto Informante.

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

Anexo 7. Ficha de medición precios unidad de costo c/ refuerzo Geomalla triaxial

FICHA TÉCNICA: VALIDÉZ DEL INSTRUMENTO A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Título tesis: “Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo – Chanchamayo, 2019”

Autor del instrumento: Mirkareny Mitzabeth, Anyaipoma Aranda

Nombre del instrumento: Ficha técnica – Precios unitarios (S/)

Variable dependiente, indicador: Precios unitarios de pavimento con geomalla triaxial

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U (S/.)	PARCIAL	EXPERTOS				
					DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
MOVIMIENTO DE TIERRA									
Subrasante	m3								
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO									
Conformación de Subbase	m3								
Conformación de base	m3								
Carpeta asfáltica	m3								
Colocación de geomalla triaxial	m2								
Costo Directo (S/.)									

PUNTUACIÓN	%
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUYBUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha:.....

Firma del experto informante:

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

Anexo 9. Validación de los instrumentos – indicador cálculo de espesores

UCV
UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo - Chanchamayo, 2019"

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SIN REFUERZO; METODO AASHTO 93

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R(S_o) + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{(W_{18} - 181.8)}{0.41} + 2.32 \log_{10}(M_o) - 11.07 \quad (1)$$

CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN):

DATOS DE ENTRADA	VALOR	JUICIO DE EXPERTOS				
		DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
W_{18}						
Módulo de resiliencia (M_R)						
Coefficiente estadístico de desviación estándar normal (Z_R)						
Desviación estándar combinada (S_o)						
Variación de serviciabilidad (ΔPSI)						

CÁLCULO DE LOS ESPESORES

$$SN = a_2 x(d_1) + a_3 x(d_2) x(m_2) + a_4 x(d_3) x(m_3) \dots (2)$$

DATOS DE ENTRADA	VALOR	JUICIO DE EXPERTOS				
		DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
Número estructural (SN)						
Coefficientes estructurales de capas (d_i)						
Coefficientes de drenaje (m_i)						

ESPEORES	cm	PUNTAJACIÓN	
Carpeta asfáltica		DEFICIENTE	00-20
Base		REGULAR	21-40
Subbase		BUENO	41-60
		MUY BUENO	61-80
		EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha:

Firma del experto informante:

DNI. N° Teléfono N°:

Marco Antonio Zena Armas
MARCO ANTONIO
ZENA ARMAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 154203

UCV
UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo - Chanchamayo, 2019"

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA BIENAL

PARÁMETROS DE ENTRADA

Esper. Carpeta asfáltica	EXPERTOS
Coefficiente estructural d_1	Deficiente
Tipo de geomalla de refuerzo	Aceptable
Número de capas granulares	Bueno
Demanda de tránsito W_{18}	Excelente
CBR subrasante (%)	

CAPAS GRANULARES

Capa	D _i	Unidades D _i	m	EXPERTOS
				Deficiente
				Aceptable
				Bueno
				Excelente

PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Numero estructural (SN)	EXPERTOS
Espeor granular equivalente	Deficiente
Espeor granular reforzado	Aceptable
Layer Coefficient Ratio LCR	Bueno
	Excelente

Tipo de capa	Espeor inicial (cm)	Espeor nueva (cm)	Reducción espeor (cm)	PUNTAJACIÓN
				DEFICIENTE 00-20
				REGULAR 21-40
				BUENO 41-60
				MUY BUENO 61-80
				EXCELENTE 81-100

Lugar y fecha:

Firma del experto informante:

DNI. N° Teléfono N°:

Marco Antonio Zena Armas
MARCO ANTONIO
ZENA ARMAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 154203

UCV
UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo - Chanchamayo, 2019"

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA BIENAL

PARÁMETROS DE ENTRADA

Esper. Carpeta asfáltica	EXPERTOS
Coefficiente estructural d_1	Deficiente
Tipo de geomalla de refuerzo	Aceptable
Número de capas granulares	Bueno
Demanda de tránsito W_{18}	Excelente
CBR subrasante (%)	

CAPAS GRANULARES

Capa	D _i	Unidades D _i	m	EXPERTOS
				Deficiente
				Aceptable
				Bueno
				Excelente

PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Numero estructural (SN)	EXPERTOS
Espeor granular equivalente	Deficiente
Espeor granular reforzado	Aceptable
Layer Coefficient Ratio LCR	Bueno
	Excelente

Tipo de capa	Espeor inicial (cm)	Espeor nueva (cm)	Reducción espeor (cm)	PUNTAJACIÓN
				DEFICIENTE 00-20
				REGULAR 21-40
				BUENO 41-60
				MUY BUENO 61-80
				EXCELENTE 81-100

Lugar y fecha:

Firma del experto informante:

DNI. N° Teléfono N°:

Marco Antonio Zena Armas
MARCO ANTONIO
ZENA ARMAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 154203

Anexo 9. Validación de los instrumentos – indicador cálculo de espesores

UCV
UNIVERSIDAD CAYMA
UNIVERSIDAD CAYMA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo - Chanchamayo, 2019"

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA TRIARIAL

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SIN REFUERZO: METODO AASHTO 93

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R(S_o) + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{a_2 - 1}{a_1 - 1}\right)}{0.8 + (1/a_1 - 1)} + 2.32 \log_{10}(M_D) - 8.07 \quad (1)$$

CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN):

DATOS DE ENTRADA	VALOR	JUICIO DE EXPERTOS				
		DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
W_{18}						
Módulo de resiliencia (M_R)						
Coefficiente estadístico de desviación estándar normal (Z_R)						
Desviación estándar combinada (S_o)						
Variación de serviciabilidad (PSI)						

CÁLCULO DE LOS ESPESORES

$$SN = a_1 x(d_1) + a_2 x(d_2) x(m_2) + a_3 x(d_3) x(m_3) \quad (2)$$

DATOS DE ENTRADA	VALOR	JUICIO DE EXPERTOS				
		DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
Número estructural (SN)						
Coefficientes estructurales de capas (a_i)						
Coefficientes de drenaje (m_i)						

ESPEORES	cm
Carpeta asfáltica	
Base	
Subbase	

PUNTAJACIÓN	
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha:

Firma del experto informante:

DNI. N° 07732471 Teléfono N°: 995143312

Raúl Pinto
RAUL ANTONIO PINTO BARRANTES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 51304

UCV
UNIVERSIDAD CAYMA
UNIVERSIDAD CAYMA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo - Chanchamayo, 2019"

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA BIAXIAL

PARÁMETROS DE ENTRADA

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

CAPAS GRANULARES

Capa	D _i	Unidades D _i	a _i	m _i

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

Tipo de capa	Esesor inicial (cm)	Esesor nuevo (cm)	Reducción esesor (cm)

PUNTAJACIÓN	
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha:

Firma del experto informante:

DNI. N° 07732471 Teléfono N°: 995143312

Raúl Pinto
RAUL ANTONIO PINTO BARRANTES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 51304

UCV
UNIVERSIDAD CAYMA
UNIVERSIDAD CAYMA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo - Chanchamayo, 2019"

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA TRIARIAL

PARÁMETROS DE ENTRADA

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

CAPAS GRANULARES

Capa	D _i	Unidades D _i	a _i	m _i

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

EXPERTOS	
Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

Tipo de capa	Esesor inicial (cm)	Esesor nuevo (cm)	Reducción esesor (cm)

PUNTAJACIÓN	
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha:

Firma del experto informante:

DNI. N° 07732471 Teléfono N°: 995143312

Raúl Pinto
RAUL ANTONIO PINTO BARRANTES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 51304

Anexo 9. Validación de los instrumentos – indicador cálculo de espesores

UCV
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo - Chanchamayo, 2019"

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA BIAXIAL

PARAMETROS DE ENTRADA

ESPESES

Epesor Carpeta asfáltica	
Coefficiente estructural u_1	
Tipo de geomalla de refuerzo	
Numero de capas granulares	
Demanda de tránsito	
W_{18}	
CBR subrasante (%)	

EXPERTOS

Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

CAPAS GRANULARES

Capa	D _i	Unidades D _i	si	mi

EXPERTOS

Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

PARAMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Numero estructural (SN)	
Epesor granular equivalente	
Epesor granular reforzado	
Layer Coefficient Ratio LCR	

EXPERTOS

Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

Tipo de capa	Epesor inicial (cm)	Epesor nuevo (cm)	Reducción epesor (cm)

Lugar y fecha:

Firma del experto informante: *[Firma]*

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

ESPESES

ESPESES	cm
Carpeta asfáltica	
Base	
Subbase	

PUNTAJÓN

DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

UCV
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo - Chanchamayo, 2019"

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA BIAXIAL

PARAMETROS DE ENTRADA

ESPESES

Epesor Carpeta asfáltica	
Coefficiente estructural u_1	
Tipo de geomalla de refuerzo	
Numero de capas granulares	
Demanda de tránsito	
W_{18}	
CBR subrasante (%)	

EXPERTOS

Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

CAPAS GRANULARES

Capa	D _i	Unidades D _i	si	mi

EXPERTOS

Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

PARAMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Numero estructural (SN)	
Epesor granular equivalente	
Epesor granular reforzado	
Layer Coefficient Ratio LCR	

EXPERTOS

Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

Tipo de capa	Epesor inicial (cm)	Epesor nuevo (cm)	Reducción epesor (cm)

Lugar y fecha:

Firma del experto informante: *[Firma]*

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

ESPESES

ESPESES	cm
Carpeta asfáltica	
Base	
Subbase	

PUNTAJÓN

DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

UCV
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título tesis: "Geomalla como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capelo - Chanchamayo, 2019"

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA TRIAXIAL

PARAMETROS DE ENTRADA

ESPESES

Epesor Carpeta asfáltica	
Coefficiente estructural u_1	
Tipo de geomalla de refuerzo	
Numero de capas granulares	
Demanda de tránsito	
W_{18}	
CBR subrasante (%)	

EXPERTOS

Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

CAPAS GRANULARES

Capa	D _i	Unidades D _i	si	mi

EXPERTOS

Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

PARAMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Numero estructural (SN)	
Epesor granular equivalente	
Epesor granular reforzado	
Layer Coefficient Ratio LCR	

EXPERTOS

Deficiente	
Aceptable	
Buena	
Excelente	

Tipo de capa	Epesor inicial (cm)	Epesor nuevo (cm)	Reducción epesor (cm)

Lugar y fecha:

Firma del experto informante: *[Firma]*

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

ESPESES

ESPESES	cm
Carpeta asfáltica	
Base	
Subbase	

PUNTAJÓN

DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Anexo 10. Validación de los instrumentos – indicador precios unitarios

UCV
UNIVERSIDAD CAYMA

FORMULARIO PARA LA VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUROS DE EXPERTOS

Este formulario "debe ser usado como referencia para indicar el estado y registrar la conformidad de los instrumentos de pago, en el artículo 24 punto Capa - Chachabamb, 2017"

Autor del instrumento: Mikayay Mizobaki, Asesora Técnica

Nombre del instrumento: Ficha técnica - Precios unitarios (V)

Variable dependiente: indicador Precios unitarios de pavimento en general

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MTRADO	PUNTO	PUNTO	EXPERTOS				
					DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
MUOVIMIENTO DE TIERRA									
Subrasante	m ²								
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO									
Conformación de Subbase	m ²								
Conformación de base	m ²								
Carpetas asfáltica	m ²								

Costo Directo (S/)

DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha: _____

Firma del experto informante: _____

DNI N° 07732471 Teléfono N° 995143312

Raul Antonio Mizobaki
INGENIERO CIVIL
Reg. CP Nº 1504

UCV
UNIVERSIDAD CAYMA

FORMULARIO PARA LA VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUROS DE EXPERTOS

Este formulario "debe ser usado como referencia para indicar el estado y registrar la conformidad de los instrumentos de pago, en el artículo 24 punto Capa - Chachabamb, 2017"

Autor del instrumento: Mikayay Mizobaki, Asesora Técnica

Nombre del instrumento: Ficha técnica - Precios unitarios (V)

Variable dependiente: indicador Precios unitarios de pavimento en general

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MTRADO	PUNTO	PUNTO	EXPERTOS				
					DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
MUOVIMIENTO DE TIERRA									
Subrasante	m ²								
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO									
Conformación de subbase	m ²								
Conformación de base	m ²								
Carpetas asfáltica	m ²								
Concreción de granalla base	m ²								

Costo Directo (S/)

DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha: _____

Firma del experto informante: _____

DNI N° 07732471 Teléfono N° 995143312

Raul Antonio Mizobaki
INGENIERO CIVIL
Reg. CP Nº 1504

UCV
UNIVERSIDAD CAYMA

FORMULARIO PARA LA VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUROS DE EXPERTOS

Este formulario "debe ser usado como referencia para indicar el estado y registrar la conformidad de los instrumentos de pago, en el artículo 24 punto Capa - Chachabamb, 2017"

Autor del instrumento: Mikayay Mizobaki, Asesora Técnica

Nombre del instrumento: Ficha técnica - Precios unitarios (V)

Variable dependiente: indicador Precios unitarios de pavimento en general

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MTRADO	PUNTO	PUNTO	EXPERTOS				
					DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
MUOVIMIENTO DE TIERRA									
Subrasante	m ²								
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO									
Conformación de subbase	m ²								
Conformación de base	m ²								
Carpetas asfáltica	m ²								
Concreción de granalla base	m ²								

Costo Directo (S/)

DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha: _____

Firma del experto informante: _____

DNI N° _____ Teléfono N° _____

Anexo 10. Validación de los instrumentos – indicador precios unitarios

UCV
UNIVERSIDAD CATEQUÍSTICA

HOJA TÉCNICA: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Título tesis: "Generalización como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capota - Chanchamayo, 2019"

Autor del instrumento: Mikaelany Mitoabari, Anayagema Aranda


Nombre del instrumento: Ficha Técnica - Precios unitarios (V)

Variable dependiente, indicador: Precios unitarios de pavimento sin refuerzo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/)	PARCIAL	EXPERTOS					
					DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE	
MOVIMIENTO DE TIERRA										
Subrasante	m ³									
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO										
Conformación de Subbase	m ³									
Conformación de base	m ³									
Carpetas asfáltica	m ²									
Costo Directo (S/)										

PUNTAJE	%
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha: _____

Firma del experto informante: 

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

MARCO ANTONIO ZEZA ARMAS
INGENIERO CIVIL
Reg. COP N° 154203

UCV
UNIVERSIDAD CATEQUÍSTICA

HOJA TÉCNICA: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Título tesis: "Generalización como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capota - Chanchamayo, 2019"

Autor del instrumento: Mikaelany Mitoabari, Anayagema Aranda


Nombre del instrumento: Ficha Técnica - Precios unitarios (V)

Variable dependiente, indicador: Precios unitarios de pavimento con grama en base

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/)	PARCIAL	EXPERTOS					
					DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE	
MOVIMIENTO DE TIERRA										
Subrasante	m ³									
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO										
Conformación de Subbase	m ³									
Conformación de base	m ³									
Carpetas asfáltica	m ²									
Colocación de grama en base	m ²									
Costo Directo (S/)										

PUNTAJE	%
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha: _____

Firma del experto informante: 

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

MARCO ANTONIO ZEZA ARMAS
INGENIERO CIVIL
Reg. COP N° 154203

UCV
UNIVERSIDAD CATEQUÍSTICA

HOJA TÉCNICA: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Título tesis: "Generalización como reforzamiento para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles, en el km. 24 puente Capota - Chanchamayo, 2019"

Autor del instrumento: Mikaelany Mitoabari, Anayagema Aranda


Nombre del instrumento: Ficha Técnica - Precios unitarios (V)

Variable dependiente, indicador: Precios unitarios de pavimento con grama en base

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/)	PARCIAL	EXPERTOS					
					DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE	
MOVIMIENTO DE TIERRA										
Subrasante	m ³									
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO										
Conformación de Subbase	m ³									
Conformación de base	m ³									
Carpetas asfáltica	m ²									
Colocación de grama en base	m ²									
Costo Directo (S/)										

PUNTAJE	%
DEFICIENTE	00-20
REGULAR	21-40
BUENO	41-60
MUY BUENO	61-80
EXCELENTE	81-100

Lugar y fecha: _____

Firma del experto informante: 

DNI. N° _____ Teléfono N° _____

MARCO ANTONIO ZEZA ARMAS
INGENIERO CIVIL
Reg. COP N° 154203

	PUNTUACIÓN		
	EXPERTO 1	EXPERTO 2	EXPERTO 3
FICHA TÉCNICA INDICADOR CARGA - DEFORMACIÓN ANEXO. 8	80%	65%	80%
FICHA TÉCNICA CÁLCULO ESPESOR DE PAVIMENTO FLEXIBLE ANEXO. 9			
FICHA TÉCNICA INDICADOR PRECIOS UNITARIOS ANEXO. 10			
PROMEDIO	75%		

La puntuación promedio fue de 75% sobre 100%, siendo el porcentaje mayor a 50%. De tal manera se verifica la confiabilidad de los instrumentos utilizados encontrados en los anexos anteriormente mencionados.

PANEL DE FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1. Zona de estudio – Capelo km 24 Chanchamayo



Fotografía 2. Perfil estratigráfico calicata



Fotografía 3. Extracción de muestras



Fotografía 4. Cuarteo de muestra representativa



Fotografía 5. Espécimen con refuerzo de geomalla biaxial



Fotografía 6. Colocación de geomalla biaxial

Anexo 11. Reporte de laboratorio peso volumetrico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y

CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

DOT-DS - LMS - 190/2018

SOLICITANTE	: MIRKARENY MITZABETH ANYAIPOMA ARANDA
PROYECTO	: GEOMALLA COMO REFORZAMIENTO PARA REDUCIR EL ESPESOR Y MEJORAR LA RESISTENCIA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CAPELO - CHANCHAMAYO
UBICACIÓN	: LA MERCED - CAPELO
ENSAYO	: Determinación del Peso Volumétrico de suelos Cohesivos
FECHA	: 16 de octubre de 2019

Téc.Res.: FMQ

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE SUELOS COHESIVOS NTP 339.139

Calicata : C-1
Profundidad : 1.50 m.

Peso Volumétrico Húmedo = 2.21 gr/cm³
Contenido de Humedad = 3.61 %



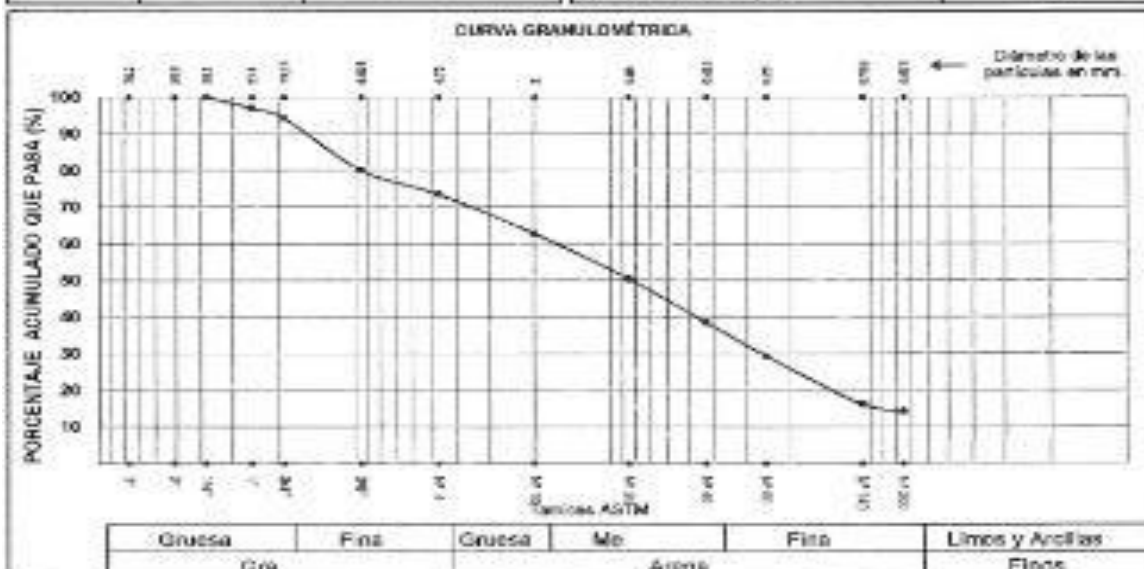
Anexo 11. Reporte de laboratorio análisis granulométrico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 DOT C - LMS 187:2019

Solicitante : MIRKARENY MITZABETH ANYAIPOMA ARANDA Calicata : C - 1
 Proyecto : GEOMALLA COMO REFORZAMIENTO PARA REDUCIR EL ESPESOR Y MEJORAR LA RESISTENCIA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CAPELO - CHANCHAMAYO Muestra : MAB
 Ubicación : LA MERCED - CAPELO Profundidad : 1.50 m.
 Fecha : La Molina, 7 de octubre de 2019 Téc.Resp. : M.M.R.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 319.126 / ASTM - D 422			LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318	
MAILLA	ABERTURA mm.	PORCENTAJE QUE PASA (%)	Límite líquido (%)	NP
3"	76.20		Límite plástico (%)	NP
2"	50.80		Índice plástico (%)	-
1 1/2"	38.10	100	Límite de contracción (%)	-
1"	25.40	97	Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282	
3/4"	19.05	94	Coefficiente de:	
3/8"	9.525	80	-Uniformidad	
Nº 4	4.750	73	-Curvatura	
Nº 10	2.000	63	Materia:	
Nº 20	0.850	50	-Grava %	27
Nº 40	0.425	38	-Arena %	50
Nº 60	0.250	29	-Fines %	14
Nº 140	0.106	16	Clasificación:	
Nº 200	0.075	14	-AASHTO	A-1b (S)
			-SUCS	SM con grava
			Nombre de grupo:	
			CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216	
			Humedad natural (%)	4.62



NOTA: La Muestra ha Sido Proporciónada e Identificada por el Solicitante.

Ing. Carlos Bravo Aguilar
 Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos

Anexo 11. Reporte de laboratorio ensayo CBR



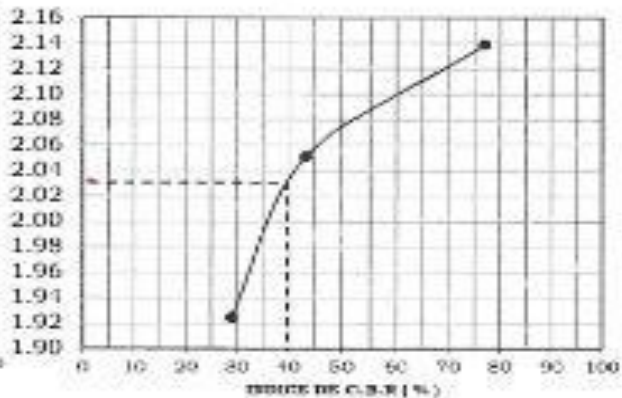
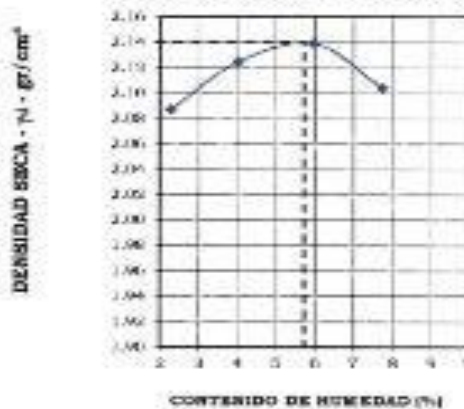
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y
 CONSTRUCCIÓN
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE C.B.R. ASTM D - 1587

Solicitante :	MIRKARENY MITZABETH ANYAIPOMA ARANDA	Expediente:	DOT-C-LMS 167/2019
Proyecto :	GEOMALLA COMO REFORZAMIENTO PARA REDUCIR EL ESPESOR Y MEJORAR LA RESISTENCIA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CAPELO - CHANCHAMAYO	Téc. Resp. :	N.M.R
Ubicación :	LA MERCED - CAPELO	Fecha:	04/10/2019
Calicata :	C-1		
Muestra :	MAB Profundidad : 1.50 m.		

Densidad Seca Máxima	=	2.14 g/cm ³
Humedad Óptima	=	5.76 %
C.B.R. 0.1" - 85 % D.S.M.	=	29.94 %
C.B.R. 0.1" - 100 % D.S.M.	=	77.03 %
Expansión	=	0.20 %



Proctor Modificado MTC E-115 - 2000 "D"





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y
CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
DOT-DS-LMS - 167/2019

ENSAYO DE CBR ASTM D 1553

SOLICITANTE	BERKARENY MITZAGETH ANAYAPOMA ARANDA	CALCATA	: C-1
PROYECTO	GEOMALLA COMO REFORZAMIENTO PARA REDUCIR EL ESPESOR Y MEJORAR LA RESISTENCIA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CAPELO - MUESTRA	: MAB	
UBICACIÓN	LA MERCED - CAPELO	PROFUNDIDAD	: 1.50 m
Fecha	4/10/2019	Téc. Resp.	: M.M.R.

Molde Nº	1		2		3	
	25		25		50	
Nº Capa	55		25		50	
Golpes por capa Nº	55		25		50	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde+suelo húmedo (gr)	14708	14371	9994	11289	11895	11333
Peso de molde (gr)	8992	8992	5895	5897	7154	7156
Peso del suelo húmedo (gr)	5248	5451	5204	5204	4759	5168
Volumen del molde (cm ³)	2317	2317	2317	2317	2317	2317
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.269	2.344	2.168	2.319	2.052	2.230
Densidad seca (gr/cm ³)	2.14	2.14	2.35	2.35	1.92	1.92
Tarro Nº						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	245.0	199.7	269.9	193.7	307.0	176.4
Tarro + Suelo seco (gr)	232.7	175.3	239.9	165.9	303.9	153.2
Peso del Agua (gr)	12.35	14.42	12.15	19.75	13.15	23.14
Peso del tarro (gr)	22.75	21.25	21.55	12.43	20.53	10.85
Peso del suelo seco (gr)	209.9	164.0	212.8	163.8	225.3	142.4
Humedad (%)	5.88	8.38	5.71	12.02	6.61	16.38
Expandible (%)	0.00		0.00		0.00	

PROCTOR MODIFICADO-MTC E-115 - 2000 "B"

Molde Nº	5		5		5		5	
	25		25		25		25	
Nº Capa	25		25		25		25	
Golpes por capa Nº	25		25		25		25	
Peso molde+suelo húmedo (gr)	5712	5733	5050	5050	4705	4705	4705	4705
Peso de molde (gr)	4705	4705	4705	4705	4705	4705	4705	4705
Peso del suelo húmedo (gr)	2507	2578	2345	2345	2134	2134	2134	2134
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940	940	940	940	940
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.68	2.85	2.49	2.49	2.27	2.27	2.27	2.27
Densidad seca (gr/cm ³)	2.58	2.73	2.34	2.34	2.18	2.18	2.18	2.18
Tarro Nº								
Tarro + Suelo húmedo (gr)	903.0	735.6	643.7	643.7	600.7	600.7	600.7	600.7
Tarro + Suelo seco (gr)	899.8	725.3	635.2	635.2	596.5	596.5	596.5	596.5
Peso del Agua (gr)	3.38	8.51	7.43	7.43	14.26	14.26	14.26	14.26
Peso del tarro (gr)	11.50	14.15	11.83	11.83	12.18	12.18	12.18	12.18
Peso del suelo seco (gr)	116.1	111.0	124.2	124.2	172.7	172.7	172.7	172.7
Humedad (%)	2.88	4.03	5.82	5.82	7.73	7.73	7.73	7.73

PENETRACION

PENETRACION	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
	CARGA				CARGA				CARGA			
	Dist/cm	Lt	Lt/gr ²	%	Dist/cm	Lt	Lt/gr ²	%	Dist/cm	Lt	Lt/gr ²	%
3.00	3	0			0	0			0	0		
3.05	48	371			25	174			11	53		
3.10	121	917			54	406			26	210		
3.15	198	1408			80	687			50	481		
3.20	238	1788	0.82	30.3	103	847	0.32	21.8	80	606	0.20	23.2
3.25	279	2854			133	1086			100	1199		
3.30	479	3608			171	1402			140	1800		
3.40	683	4018			279	2561			228	1708		
3.50	948	4606			405	3290			340	1958		


 Ing. Carlos Bruni Aguiar
 Jefe, Laboratorio de Mecánica de Suelos

Anexo 11. Reporte de laboratorio ensayo de compresión




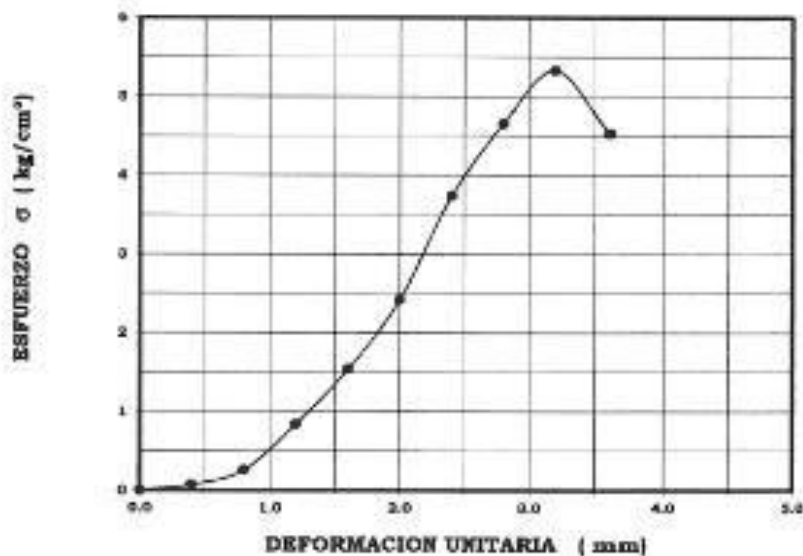
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
Laboratorio de Mecánica de Suelos

INFORME DOT.C-LMS-191/2019

COMPRESION NO CONFINADA
NTP 339.167 / ASTM-D2166

Solicitante :	MIRKARENY ANYAIPOMA ARANDA		
Proyecto :	Geomalla como Reforzamiento en la reducción del espesor y Mejoramiento de la Resistencia de Pavimentos Flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo - Chanchamayo, 2019		
Ubicación :	Capelo - Chanchamayo		
Especimen :	SIN GEOMALLA (CONVENCIONAL)	Muestra :	Ranunkhuaco - Especimen 1
Fecha :	La Molina, 19/11/2019	Téc. Resp.:	FMQ

γ _{st}	:	5.33	kg/cm ³		
γ _d BASE	:	2.14	gr/cm ³		
γ _d SUB BASE	:	2.11	gr/cm ³		
w BASE	:	5.76	%		
w SUB BASE	:	6.44	%		
C _u	:	-			
H	:	19.70	cm		
D	:	15.24	cm		



OBSERVACIÓN:



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

INFORME DOT.C-LMS-191/2019

**COMPRESION NO CONFINADA
 NTP 339.167 / ASTM-D2166**

Solicitante :	MIRKARENY ANYAIPOMA ARANDA		
Proyecto :	Geomalla como Reforzamiento en la reducción del espesor y Mejoramiento de la Resistencia de Pavimentos Flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo - Chanchamayo, 2019		
Ubicación :	Capelo - Chanchamayo		
Especimen :	SIN GEOMALLA (CONVENCIONAL)	Muestra :	Remoldeado - Especimen 2
Fecha :	La Molina, 18/11/2019	Téc.Resp:	FMO

ρ_u	:	5.15	kg/cm ³
γ_d BASE	:	2.14	gr/cm ³
γ_d SUB BASE	:	2.11	gr/cm ³
w BASE	:	5.76	%
w SUB BASE	:	6.44	%
G _s	:	-	
H	:	19.70	cm
D	:	15.24	cm



OBSERVACIÓN:



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
Laboratorio de Mecánica de Suelos

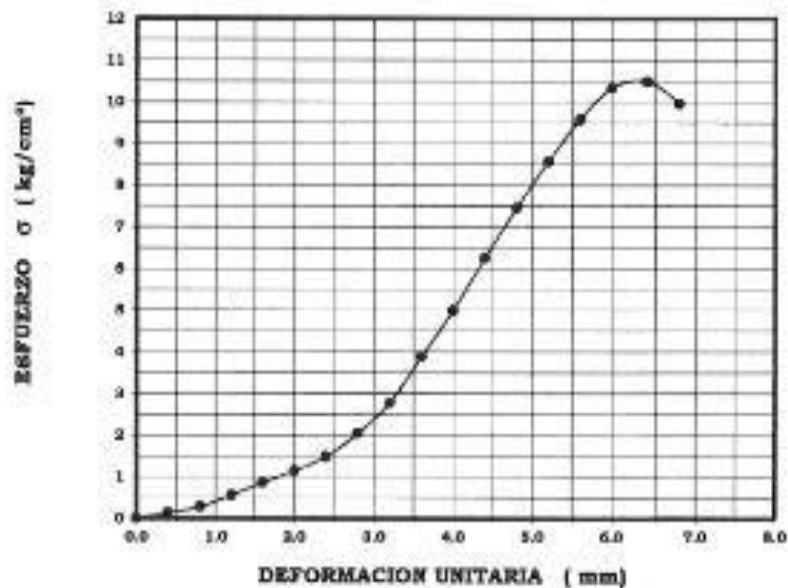
INFORME DOT.C-LMS-191/2019

**COMPRESION NO CONFINADA
NTP 339.167 / ASTM-D2166**

Solicitante :	MIRKARENY ANYAIPOMA ARANDA		
Proyecto :	Geomalla como Reforzamiento en la reducción del espesor y Mejoramiento de la Resistencia de Pavimentos Flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo - Chanchamayo, 2019		
Ubicación :	Capelo - Chanchamayo		
Especimen :	CON GEOMALLA (BIAXIAL BX 1100) Muestra : Remoldeado - Especimen 1		
Fecha :	La Molina, 19/11/2019	Téc. Resp:	FMQ

Qu	:	10.48	kg/cm ³
γd	BASE	2.14	g/cm ³
γd	SUB BASE	2.11	g/cm ³
w	BASE	5.76	%
w	SUB BASE	6.44	%
G _s	:	-	
H	:	16.00	cm
D	:	15.24	cm





OBSERVACIÓN:



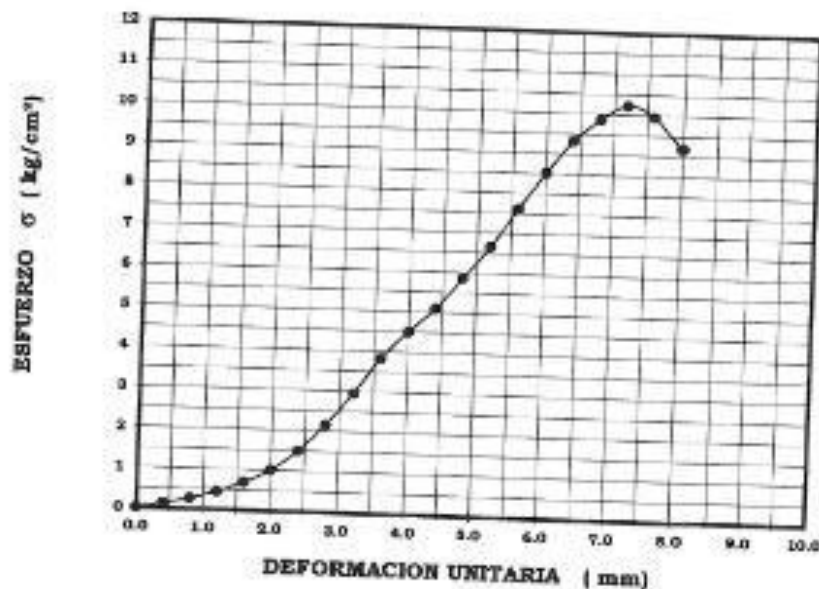

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
Laboratorio de Mecánica de Suelos

INFORME DOT.C-LMS-191/2019

COMPRESION NO CONFINADA
NTP 339.167 / ASTM-D2168

Solicitante :	MIRKARENY ANYAIPOMA ARANDA
Proyecto :	Geomalla como Reforzamiento en la reducción del espesor y Mejoramiento de la Resistencia de Pavimentos Flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo - Chanchamayo, 2019
Ubicación :	Capelo - Chanchamayo
Especimen :	CON GEOMALLA (BIAXIAL BX 1100) Muestra : Remoldado - Especimen 2
Fecha :	La Molina, 19/11/2019 Téc.Resp: FMQ

ρ_{ts}	:	10.23	kg/cm ³
γ_d BASE	:	2.14	gr/cm ³
γ_d SUB BASE	:	2.11	gr/cm ³
w BASE	:	5.76	%
w SUB BASE	:	6.44	%
G _s	:	-	
H	:	16.00	cm
D	:	15.24	cm



OBSERVACIÓN:



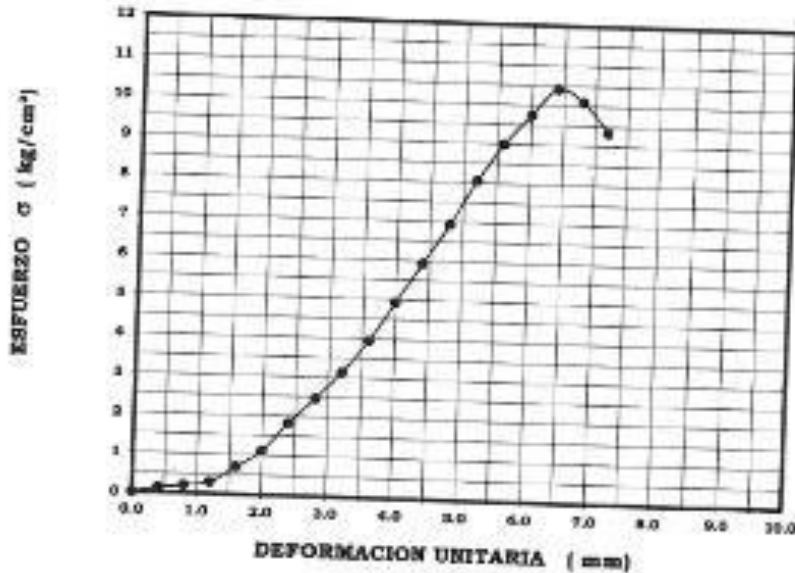
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
Laboratorio de Mecánica de Suelos

INFORME DOT.C-LMS-191/2019

COMPRESION NO CONFINADA
NTP 339.187 / ASTM-D2166

Solicitante :	MIRKARENY ANYAIPOMA ARANDA		
Proyecto :	Geomalla como Reforzamiento en la reducción del espesor y Mejoramiento de la Resistencia de Pavimentos Flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo - Chanchamayo, 2019		
Ubicación :	Capelo - Chanchamayo		
Especimen :	CON GEOMALLA (TRIAXIAL TX 140) Muestra : Rondaleado - Especimen 1		
Fecha :	La Molina, 19/11/2019	Téc.Resp:	FMQ

γ _s	:	10.41	kg/cm ³
γ _d BASE	:	2.14	gr/cm ³
γ _d SUB BASE	:	2.11	gr/cm ³
w BASE	:	8.76	%
w SUB BASE	:	6.44	%
G _s	:	-	
H	:	15.10	cm
D	:	18.24	cm

OBSERVACIÓN:



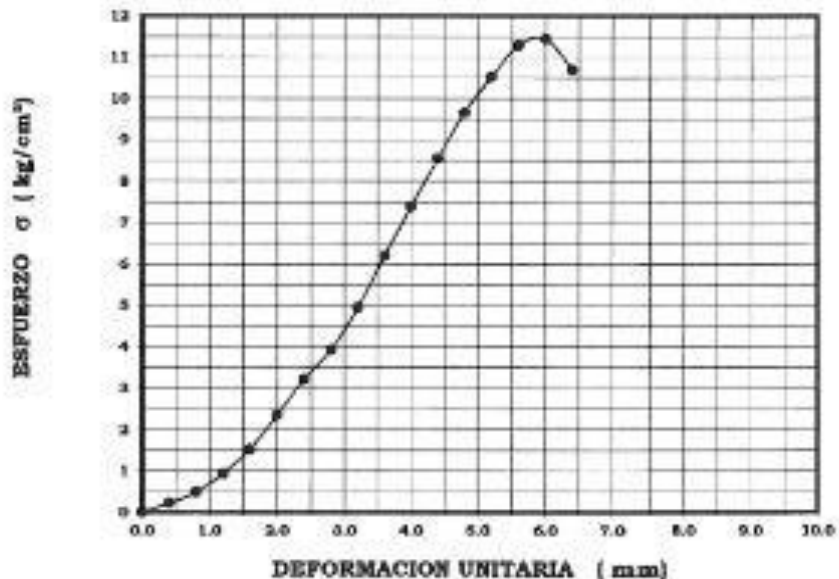
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
Laboratorio de Mecánica de Suelos

INFORME DOT.C-LMS-191/2019

COMPRESION NO CONFINADA
NTP 338.167 / ASTM-D2166

Solicitante :	MIRKARENY ANYAIPOMA ARANDA
Proyecto :	Geomalla como Reforzamiento en la reducción del espesor y Mejoramiento de la Resistencia de Pavimentos Flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo - Chanchamayo, 2019
Ubicación :	Capelo - Chanchamayo
Especimen :	CON GEOMALLA (TRIAXIAL TX 140) Muestra : Remoldeado - Especimen 2
Fecha :	La Molina, 19/11/2019 Téc.Reasp: FMO

qu	:	11.44	kg/cm ²
γd BASE	:	2.14	gr/cm ³
γd SUBBASE	:	2.11	gr/cm ³
w BASE	:	8.76	%
w SUBBASE	:	6.44	%
G _s	:	-	
H	:	15.10	cm
D	:	15.24	cm



OBSERVACION:

Anexo12. Certificado de calibración de los equipos



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-173-2019

Laboratorio de Fuerza

Pág. 1 de 2

Expediente 19225
 Solicitante **LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNALM**
 Dirección **AV. LA UNIVERSIDAD S/N – LA MOLINA**
 Instrumento de Medición **Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos**
Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión
 Equipo Calibrado **ANILLO DE CARGA**
 Alcance de Indicación 5000 Kgf
 Marca (o Fabricante) WYKEHAM FARRANCE
 Modelo NO INDICA
 Número de Serie 8291
 Identificación 6764A0020128
 Procedencia ENGLAND
 Indicador de Lectura **DIAL ANALOGICO**
 Marca (o Fabricante) WYKEHAM FARRANCE ENG. LTD.
 Modelo JHON BULL
 Número de Serie 7510
 Identificación NO INDICA
 Procedencia NO INDICA
 Alcance de Indicación 0 Kgf A 5000 Kgf
 Resolución 1 UNIDAD
 Transductor de Fuerza **ANILLO DE CARGA**
 Alcance de Indicación 5000 Kgf
 Marca (o Fabricante) WYKEHAM FARRANCE
 Modelo NO INDICA
 Número de Serie 8291
 Identificación NO INDICA
 Procedencia NO INDICA
 Fecha de Calibración 2019-10-31
 Ubic. Del Equipo **LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNALM**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Lugar de Calibración **LABORATORIO DE FUERZA DE CEM INDUSTRIAL**

Sello



Fecha de emisión

2019-11-02

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

Jesús Quinto C.
JESUS QUINTO C.
 JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial
 Desp. César Vallejo Mo. V.La. 01 - S.M.P. - Lima - Lima
 + Telf.: 6717246 + CEL: 959009776 / 959009777

+ web: ventas@cemind.com + info@cemind.com + www.cemind.com

Método de Calibración

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376, Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

Trazabilidad

Se utilizaron patrones calibrados con trazabilidad al SI, calibrado por la Universidad Católica del Perú y con certificado INF-LE N° 103-19

Resultados de medición

Lectura de la máquina (F)		Lectura del patrón			Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre
		Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad	
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	q(%)	b(%)	U(%)
10	100	345,0	341,0	338,0	341	-1,3	2,1	1,28
20	200	683,0	672,0	672,0	676	-0,2	1,6	1,13
30	300	1017,0	1014,0	1015,0	1015	-0,3	0,3	0,33
40	400	1361,0	1360,0	1362,0	1361	-0,9	0,1	0,28
50	500	1700,0	1697,0	1696,0	1698	-0,6	0,2	0,29
60	600	2048,0	2034,0	2033,0	2038	-0,7	0,7	0,54
70	700	2377,0	2365,0	2364,0	2369	-0,3	0,5	0,43
80	800	2707,0	2700,0	2697,0	2701	-0,1	0,4	0,33
90	900	3041,0	3038,0	3040,0	3040	-0,1	0,1	0,25
100	1000	3374,0	3371,0	3370,0	3372	0,1	0,1	0,25
Lectura máquina en cero		0	0	0	---	0	0	Error más. de cero(f)=0,00

Temperatura promedio durante los ensayos 21,0 °C; Variación de temperatura en cada ensayo < 2 °C

Evaluación de los resultados

De los resultados obtenidos durante la calibración se ha obtenido la siguiente ecuación cuadrática:

$$Y = A * X^2 + B * X + C$$

Donde:

Y = Indicación corregida del equipo en kgf;

X = Lectura directa del Equipo, valores en kgf.

Los coeficientes obtenidos son:

A = -0,0000534

B = 3,4293359

C = -4,5055556

Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.



Fin del documento.

Centro Especializado en Metrología Industrial
 Dpto. César Vallejo, Jr. V. 01, S.M.P. - Lima - Lima
 • Telf: 0117868 • Fax: 0517076 / 0517077

Anexo 13. Especificaciones técnicas de geomallas utilizadas para el proyecto



Tensor International Corporation
2500 Northwinds Pkwy, Suite 500
Alpharetta, Georgia 30009
Phone: 800-TENSAR-1
www.tensorcorp.com

Product Specification - Biaxial Geogrid BX1100

Tensor International Corporation reserves the right to change its product specifications at any time. It is the responsibility of the specifier and purchaser to ensure that product specifications used for design and procurement purposes are current and consistent with the products used in each instance.

Product Type:	Integrally Formed Biaxial Geogrid
Polymer:	Polypropylene
Load Transfer Mechanism:	Positive Mechanical Interlock
Primary Applications:	Spectra System (Base Reinforcement, Subgrade Improvement)

Product Properties

Index Properties	Units	MD Values ¹	XMD Values ¹
• Aperture Dimensions ²	mm (in)	25 (1.0)	33 (1.3)
• Minimum Rib Thickness ²	mm (in)	0.76 (0.03)	0.76 (0.03)
• Tensile Strength @ 2% Strain ³	kN/m (lb/ft)	4.1 (280)	6.6 (450)
• Tensile Strength @ 5% Strain ³	kN/m (lb/ft)	8.5 (580)	13.4 (920)
• Ultimate Tensile Strength ³	kN/m (lb/ft)	12.4 (850)	19.0 (1,300)

Structural Integrity

• Junction Efficiency ⁴	%	93
• Flexural Stiffness ⁵	mg-cm	250,000
• Aperture Stability ⁶	m-N/deg	0.32

Durability

• Resistance to Installation Damage ⁷	%SC / %SW / %GP	95 / 93 / 90
• Resistance to Long Term Degradation ⁸	%	100
• Resistance to UV Degradation ⁹	%	100

Dimensions and Delivery

The biaxial geogrid shall be delivered to the jobsite in roll form with each roll individually identified and nominally measuring 3.0 meters (9.8 feet) or 4.0 meters (13.1 feet) in width and 75.0 meters (246 feet) in length. A typical truckload quantity is 185 to 250 rolls.

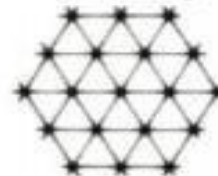
Notes

- Unless indicated otherwise, values shown are minimum average roll values determined in accordance with ASTM D4759-02. Brief descriptions of test procedures are given in the following notes.
- Nominal dimensions.
- Determined in accordance with ASTM D6637-10 Method A.
- Load transfer capability determined in accordance with ASTM D7737-11.
- Resistance to bending force determined in accordance with ASTM D7748-12, using specimens of width two ribs wide, with transverse ribs cut flush with exterior edges of longitudinal ribs, and of length sufficiently long to enable measurement of the overhang dimension.
- Resistance to in-plane rotational movement measured by applying a 20 kg-cm (2 m-N) moment to the central junction of a 9 inch x 9 inch specimen restrained at its perimeter in accordance with GRI GG9.
- Resistance to loss of load capacity or structural integrity when subjected to mechanical installation stress in clayey sand (SC), well graded sand (SW), and crushed stone classified as poorly graded gravel (GP). The geogrid shall be sampled in accordance with ASTM D5818 and load capacity shall be determined in accordance with ASTM D6637.
- Resistance to loss of load capacity or structural integrity when subjected to chemically aggressive environments in accordance with EPA 9090 immersion testing.
- Resistance to loss of load capacity or structural integrity when subjected to 500 hours of ultraviolet light and aggressive weathering in accordance with ASTM D4355-05.

Especificación de Producto – Geomalla TriAx® TX140

Tensar International Corporation se reserva el derecho de cambiar las especificaciones de su producto en cualquier momento. Es responsabilidad de la persona que especifica el uso de este producto, y del comprador, asegurarse que las especificaciones del mismo se incluyen para propósitos de diseño y son actualizadas, y que el producto es adecuado para el uso que se pretende en cada caso.

Tensar TriAx® Geogrid



General

- La geomalla es fabricada de una lámina perforada de polipropileno, la cual es orientada en tres direcciones equilaterales de tal forma que las costillas resultantes tendrán un alto grado de dirección molecular, la cual continúa al menos en parte a través de la masa del nodo o unión integral.
- Las propiedades que contribuyen al desempeño de una capa mecánicamente estabilizada incluye lo siguiente:

Propiedades Índice	Longitudinal	Diagonal	Transversal	General
• Distancia entre costillas paralelas ⁽¹⁾ , mm (pulg)	40 (1.60)	40 (1.60)	-	
• Profundidad a mitad de costilla ⁽²⁾ , mm (pulg)	-	1.2 (0.05)	1.2 (0.05)	
• Ancho a mitad de costilla ⁽²⁾ , mm (pulg)	-	1.1 (0.04)	1.1 (0.04)	
• Forma de costilla				rectangular
• Forma de apertura				triangular

Integridad Estructural

• Eficiencia en unión ⁽³⁾ , %	93
• Estabilidad de apertura ⁽⁴⁾ , kg-cm/grad @ 5.0kg-cm ⁽²⁾	3.0
• Rigidez radial a baja deformación ⁽⁵⁾ , kN/m @ 0.5% deformación	225
(lb./ft @ 0.5% deformación)	(15,430)

Durabilidad

• Resistencia a degradación química ⁽⁶⁾	100%
• Resistencia a luz ultravioleta e intemperismo ⁽⁷⁾	100%

Dimensiones y Despacho

La geomalla TX será entregada en el sitio de la obra en forma de rollo y cada rollo identificado individualmente y medido 3.8 metros (9.8 pies) y/o 4.0 metros (13.1 pies) de ancho y 75 metros (246 pies) de largo.

Notas

- A menos que se muestre diferente, los valores mostrados son valores mínimos promedio del rollo determinados de acuerdo con la norma ASTM D4759-02. Breves descripciones de los procedimientos de las pruebas se dan en las siguientes notas.
- Dimensiones nominales.
- Capacidad de transferencia de carga determinada según la norma CR-CC1-87 y CR-CC1-87 y es expresada como porcentaje de la resistencia última a tensión.
- Rigidez torsional en su plano es medida aplicando un momento a la unión central de una muestra de 225mm x 225mm fijada en su perímetro según la norma CR-CC9 modificada.
- Rigidez radial es determinada de la rigidez a tensión medida en cualquier eje de su plano en una prueba según la norma ASTM D6637-10.
- Resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando se somete a ambientes químicamente agresivos según la norma EPA 8090, prueba de inmersión.
- Resistencia a pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando se somete a 500 horas de luz ultravioleta e intemperismo agresivo según la norma ASTM D4355-05.

Tensar International Corporation
 2500 Northwindy Pkwy., Suite 500
 Alpharetta, Georgia 30009
 Tel: 770-344-2090
www.tensar-international.com

Esta especificación reemplaza cualquier especificación previa para el producto designado arriba y no es patente o ningún producto designado antes de febrero 1, 2011. Tensar y TriAx son marcas registradas de Tensar International Corporation o sus afiliados en los EE.UU. y otros países. La geomalla TriAx® y por lo tanto su uso está protegido por la patente americana No. 7,007,110. Otras patentes o aplicaciones de patentes existen también en otros países. La determinación final de la idoneidad de la información o producto mencionados arriba para el uso contemplado, y su forma de uso, son entre la responsabilidad del usuario. Tensar International Corporation se reserva de cualquier garantía expresa, implícita o legal, incluyendo pero no limitada a cualquier garantía de comerciabilidad o aptitud para un propósito particular relativo a este producto o otros productos, tecnologías o servicios de la empresa. La información contenida aquí no constituye asesoramiento de ingeniería.

Yo, Dr. Ing. Omar Demetrio, Tello Malpartida docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, Lima Norte (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada

"Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo, 2019"

del (de la) estudiante Mirkareny Mitzabeth Anyaipoma Aranda

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.



Lima 21 de noviembre 2019

.....
Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Dr. Ing. Omar Demetrio, Tello Malpartida

DNI: 08644876

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el km.24 puente Capelo-Chanchamayo, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

AUTOR:

Mirkareny Mitzabeth, Anyaipoma Aranda

(0000-0003-0683-4746)

ASESOR:

Dr. Ing. Omart Demetrio, Tello Malpartida

(0000-0002-5043-6510)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Resumen de coincidencias

18 %

< >

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

- | | | |
|---|---|-------|
| 1 | Entregado a Universida...
Trabajo del estudiante | 6 % > |
| 2 | es.scribd.com
Fuente de Internet | 2 % > |
| 3 | docplayer.es
Fuente de Internet | 1 % > |
| 4 | documents.mx
Fuente de Internet | 1 % > |
| 5 | cybertesis.uni.edu.pe
Fuente de Internet | 1 % > |
| 6 | Entregado a Universida...
Trabajo del estudiante | 1 % > |

Activar Windows

Ve a configuración para activar Windows

Yo Mirkareny Mitzabeth, Anyaipoma Aranda identificado con DNI N.º70299093, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo,

Autorizo (X) No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado

“GEOMALLA COMO REFORZAMIENTO EN LA REDUCCIÓN DEL ESPESOR Y MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN EL KM.24 PUENTE CAPELO-CHANCHAMAYO, 2019”

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

DNI: 70299093

FECHA.19de Diciembre de 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO
DE INVESTIGACIÓN / TESIS**

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL COORDINADOR DE LA:

- ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS QUE PRESENTA

- Anyaipoma Aranda, Mirkareny Mitzabeth

INFORME TITULADO:

- Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el km.24 puente Capelo – Chanchamayo, 2019

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

- Ingeniero civil.

SUSTENTADO EN FECHA: 19/12/2019

NOTA O MENCIÓN: 16



Mg. Doris Lina Huamán Baldeón
Coordinadora del E.P. Ingeniería Civil
UCV – Lima Norte