



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Geomalla biaxial para optimizar base y subbase de pavimento flexible en la  
Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Luis Fernando Robles Lavi

**ASESOR:**

Ms. Ing. Arriola Moscoso, Cecilia

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

Lima – Perú

2018



**ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 2

**El Jurado** encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

Luis Fernando Robles Lavi

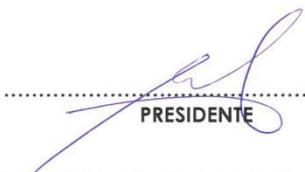
cuyo título es:

"Geomalla biaxial para optimizar base y subbase de pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

.....16..... (número) *Dieciseis*..... (letras).

Lugar y fecha. *Los Olivos 13 Dic. 2018*

  
PRESIDENTE

Mg. Ing. José Luis Benites Zuñiga

Presidente

  
SECRETARIO

Dr. Ing. Omar Demetrio Tello Malpartida

Secretario

  
VOCAL

*Ms.*

Mg. Ing. Cecilia Arriola Moscoso  
Vocal

**NOTA:** En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

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

## **Dedicatoria**

A mis padres, que con su incondicional apoyo y constante esfuerzo hicieron posible uno de mis más grandes anhelos.

A mis hermanos que son mi motivación para seguir creciendo y ser un ejemplo para ellos.

## **Agradecimiento**

Agradezco los asesores Mg. Rodolfo Ricardo Marquina Callacna y Ms. Ing. Cecilia Arriola Moscoso quienes me guiaron para la elaboración de mi proyecto de investigación además a las personas que mostraron la disponibilidad desinteresada de apoyarme en los aspectos técnicos y mis amigos que siempre estuvieron para apoyarme.

## **Declaración de autenticidad**

Yo, Luis Fernando Robles Lavi con DNI N 72381049, a producto de efectuar con el sistema valido considera en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es verídica y legitima.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todas las referencias e información que se muestra en la presente tesis son genuinas y legítimas.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier infundo, negligencia y exclusión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 13 diciembre de 2018

-----  
Luis Fernando Robles Lavi  
DNI:72381049

## **Presentación**

Presento la investigación que tiene como título “Geomalla biaxial para optimizar base y subbase de pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018” la cual consta de VIII capítulos que fueron elaboradas siguiendo la guía de productos observables de la Universidad Cesar Vallejo.

Capítulo I: Introducción, en la localidad de Ventanilla las vías de comunicación se encuentran en mal estado y en particular la Av. Camino del Inca Izquierdo que tiene pocos años de uso y ya presenta gran deterioro, existen diversas causas que generan este deterioro, sin embargo, también existen métodos para prevenir esto, uno de los métodos es el uso de geomallas biaxial como refuerzo, este material geosintético ofrece diversos beneficios como la disminución de espesores y la reducción de costos entre otros beneficios que se describieron en la investigación, es por eso que en este capítulo se planteó el problema general de la investigación “¿El uso de geomalla biaxial optimiza la base y subbase de pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018?” a su vez, se planteó el objetivo general “Evaluar el uso de geomalla biaxial para optimizar la base y sub base de un pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018”.

Capitulo II: Método, la investigación se define según el diseño como experimental de enfoque cuantitativo, la variable independiente y dependiente son “geomalla biaxial” y “base y subbase” respectivamente, la población es la Av. Camino del Inca Izquierdo y la muestra son 500 m.

Capitulo III: Resultados, para obtener los resultados se realizó el diseño inicial del pavimento flexible sin refuerzo y se comparó con el diseño de pavimento flexible utilizando dos tipos de geomalla, tipo A de 20KN y tipo B de 30 KN, se determinó los espesores y se evaluó el análisis de costos para cada diseño.

En el capítulo IV se realizó la discusión de los resultados con los antecedentes presentados en la investigación, en el capítulo V se describen las Conclusiones de acuerdo a cada objetivo planteado, en el capítulo VI se hace las Recomendaciones y en los capítulos VII y VIII se presentan las Referencias y Anexos respectivamente.

# Índice

<b>Dedicatoria</b>	<b>iii</b>
<b>Agradecimiento</b>	<b>iv</b>
<b>Declaración de autenticidad</b>	<b>v</b>
<b>Presentación</b>	<b>vi</b>
<b>Resumen</b>	<b>xiii</b>
<b>Abstrac</b>	<b>xiv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Realidad problemática	16
1.2 Trabajos previos	18
1.3 Teorías relacionadas al tema	23
1.3.1 Geomalla biaxial	23
1.3.1.1 Clasificación de las geomallas	24
1.3.1.2 Mecanismos de refuerzo generado por la geomalla	27
1.3.2 Base y subbase	29
1.3.2.1 Pavimento flexible	29
1.3.2.2 Base granular	29
1.3.2.3 Subbase	30
1.3.2.4 Propiedades mecánicas	30
1.3.2.5 Propiedades físicas de los materiales granulares	32
1.3.3 Método para el diseño de pavimento flexible	33
1.4 Formulación del problema	37
1.4.1 Problema general	37
1.4.2 Problema específico	37
1.5 Justificación del estudio	38
1.5.1 Justificación técnica	38
1.5.2 Justificación practica	38
1.5.3 Justificación social	38
1.5.4 Justificación económico	39
1.6 Hipótesis	39
1.6.1 Hipótesis general	39
1.6.2 Hipótesis específica	39
1.7 Objetivos	39

1.7.1	Objetivo general	39
1.7.2	Objetivos específicos	40
<b>II. MÉTODO</b>		
2.1	Diseño de investigación	42
2.1.1	Método de investigación	42
2.1.2	Enfoque de la investigación	42
2.1.3	Tipos de investigación	42
2.1.3.1	De acuerdo a la orientación	42
2.1.3.2	De acuerdo a la técnica de contrastación	42
2.1.3.3	De acuerdo a la direccionalidad	43
2.1.3.4	De acuerdo con el tipo de fuente de recolección de datos	43
2.1.3.5	De acuerdo a la evolución del fenómeno estudiado	43
2.1.3.6	De acuerdo a la comparación de las poblaciones	43
2.2	Variable y operacionalización de variables	43
2.2.1.	Enunciado de variables	43
2.2.2.	Operacionalización de variables	44
2.3	Población y muestra	44
2.3.1	Población	44
2.3.2	Muestra	45
2.3.3	Muestreo	46
2.4	Técnica e instrumentos de recolección de datos y validez	46
2.4.1	Técnica	46
2.4.2	Instrumentos de recolección de datos	46
2.4.3	Validez	46
2.5	Métodos de análisis de datos	47
2.6	Aspectos éticos	47
<b>III. RESULTADOS</b>		
3.1	Espesores de base y subbase de pavimento flexible	49
3.1.1	Diseño de pavimento flexible sin refuerzo	53
3.1.2	Pavimento flexible reforzada con geomalla biaxial tipo a (20 kn/m)	55
3.1.3	Pavimento flexible reforzada con geomalla biaxial tipo b (30 kn/m)	57
3.2	Costo del pavimento flexible	60
3.2.1	Costo de pavimento flexible sin refuerzo	60

3.2.2 Costo de pavimento flexible reforzado con geomalla biaxial tipo a (20kn)	63
3.2.3 Costo de pavimento flexible reforzado con geomalla biaxial tipo b (30kn)	66
3.3 Contrastación de hipótesis	70
3.3.1 Uso de geomalla biaxial para optimizar la base y sub base de pavimento flexible.	70
3.3.2 Uso de geomalla biaxial tipo a (20 kn/m) para disminuir el espesor de la base y subbase de pavimento flexible.	70
3.3.3 Uso de geomalla biaxial tipo b (30 kn/m) para disminuir el espesor de la base y subbase de pavimento flexible.	71
3.3.4 El uso de geomalla biaxial para reducir el costo de construcción de pavimento flexible.	71

#### **IV. DISCUSIÓN**

#### **V. CONCLUSIONES**

#### **VI. RECOMENDACIONES**

#### **VII. REFERENCIAS**

#### **VIII. ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de consistencia

Anexo 2: Plano de ubicación (población y muestra)

Anexo 3: Estudio de tráfico

Anexo 4: Instrumento de recolección de datos

Anexo 5: Resultados de laboratorio

Anexo 6: Panel fotográfico

## Índice de tablas

Tabla 1. Propiedades físicas de los materiales granulares	32
Tabla 2. Valores de nivel de confiabilidad según el rango de tráfico.	34
Tabla 3. Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal.	34
Tabla 4. Coeficientes para el índice de serviciabilidad inicial	35
Tabla 5. Coeficientes para el índice de serviciabilidad final.	36
Tabla 6. Operacionalización de variables	44
Tabla 7. Resultado de análisis granulométrico	49
Tabla 8. Clasificación de suelos	50
Tabla 9. Contenido de humedad	50
Tabla 10. Proctor modificado	51
Tabla 11. Ensayo de california bearing ratio (CBR)	52
Tabla 12. Datos de diseño para cálculo de sn	53
Tabla 13. Coeficientes recomendados según el tráfico	54
Tabla 14. Espesores del pavimento flexible sin refuerzo	54
Tabla 15. Propiedades de la geomalla lbo 202 samp	55
Tabla 16. Datos de entrada para diseño con refuerzo tipo A	56
Tabla 17. Espesores de pavimento flexible con refuerzo tipo A	56
Tabla 18. Propiedades de la geomalla lbo 302 samp	57
Tabla 19. Datos de entrada para diseño con refuerzo tipo B	58
Tabla 20. Espesores de pavimento flexible con refuerzo tipo B	58
Tabla 21. Resumen de espesores con los dos tipos de refuerzo.	60
Tabla 22. Metrados de pavimento flexible sin refuerzo	60
Tabla 23. Análisis de precios unitarios para la sub base granular sin refuerzo	61
Tabla 24. Análisis de precios unitarios para la base granular sin refuerzo	61
Tabla 25. Análisis de precios unitarios para la imprimación asfáltica	62
Tabla 26. Análisis de precios unitarios para la carpeta asfáltica	62
Tabla 27. Presupuesto de pavimento flexible sin refuerzo	63
Tabla 28. Metrados de pavimento flexible con refuerzo geomalla tipo A	63
Tabla 29. análisis de precios unitarios para la sub base granular	63
Tabla 30. Análisis de precios unitarios para la instalación de geomalla biaxial tipo A (20kn)	64
Tabla 31. Análisis de precios unitarios para la base granular	64

Tabla 32. Análisis de precios unitarios para la imprimación asfáltica	65
Tabla 33. Análisis de precios unitarios para la carpeta asfáltica	65
Tabla 34. Presupuesto de pavimento con refuerzo (20kn)	66
Tabla 35. Metrados de pavimento flexible con refuerzo geomalla tipo B	66
Tabla 36. Análisis de precios unitarios para la sub base granular	66
Tabla 37. Análisis de precios unitarios para la instalación de geomalla biaxial tipo B (30kn)	67
Tabla 38. Análisis de precios unitarios para la base granular	67
Tabla 39. Análisis de precios unitarios para la imprimación asfáltica	68
Tabla 40. Análisis de precios unitarios para la carpeta asfáltica	68
Tabla 41. Presupuesto de pavimento con refuerzo (30kn)	69
Tabla 42. Comparación entre los costos para cada caso planteado	69

## Índice de figuras

Figura 1. Desintegración por baches	18
Figura 2. Geomallas uni-axiales	25
Figura 3. Geomallas bi-axiales	26
Figura 4. Geomallas multi-axial	26
Figura 5. Confinamiento lateral en material granular	27
Figura 6. Mejoramiento de la capacidad portante	28
Figura 7. Efecto de membrana tensionada	28
Figura 8. Estructura típica de un pavimento flexible.	29
Figura 9. Ecuación para el cálculo del SN	33
Figura 10. Comparación de la base granular con geomalla tipo A	56
Figura 11. Comparación de la subbase granular con geomalla tipo B	57
Figura 12. Comparación de la base granular con geomalla tipo B	59
Figura 13. Comparación de la subbase granular con geomalla tipo A	59
Figura 14. Comparación del análisis de costos	69

## Resumen

La presente investigación tuvo como principal objetivo evaluar el uso de la geomalla biaxial como refuerzo del pavimento flexible en la interfaz de la base y subbase aplicado en la Av. Camino del Inca Izquierdo en el distrito de Ventanilla.

El procedimiento para realizar la evaluación fue diseñar la estructura del pavimento flexible sin refuerzo mediante el método de AASHTO 93 que requiere de un análisis de una serie de parámetros de los cual los más importantes son el diseño de tráfico y el cálculo del módulo de resiliencia, este a su vez es obtenida a través del CBR que se determinó en los ensayos de laboratorio realizadas a la muestra de suelo extraída de la localidad, y a partir de este diseño se realizó dos diseños con dos tipos de geomalla de diferente resistencia, la geomalla biaxial LBO 202 que es de 20KN y la geomalla LBO 302 que es de 30KN, para ambos diseños se hizo mediante el método Geosoft Pavco V 3.0, esto con el fin de determinar los espesores de la base y subbase reforzada con la geomalla, además, se realizó los metrados para cada diseño obtenido con el objetivo de analizar los costos para cada escenario.

La metodología utilizada para la investigación es de diseño experimental en un grado de manipulación de la variable independiente de presencia – ausencia, además, tiene un enfoque cuantitativo y por la orientación se define como una investigación aplicada.

De la comparación realizada entre los tres diseños se obtuvo como resultado 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.

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

## **Abstrac**

The main objective of the present investigation was to evaluate the use of the biaxial geogrid as a reinforcement of the flexible pavement at the base and subbase interface applied on the Camino del Inca Izquierdo Avenue in the Ventanilla district.

The procedure to carry out the evaluation was to design the structure of the flexible pavement without reinforcement using the AASHTO 93 method that requires an analysis of a series of parameters of which the most important are the traffic design and the calculation of the resilience module, This in turn is obtained through the CBR that was determined in the laboratory tests carried out on the sample of soil extracted from the locality, and from this design make two designs with two types of geogrid of different strength, the biaxial geogrid LBO 202 which is 20KN and the LBO 302 geogrid which is 30KN, for both designs was made by the Geosoft Pavco V 3.0 method, this in order to determine the thickness of the base and subbase reinforced with the geogrid, in addition, the measurements for each design obtained with the objective of analyzing the costs for each scenario.

The methodology used for the research is of experimental design in a degree of manipulation of the independent variable of presence - absence, in addition, it has a quantitative approach and by the orientation it is defined as an applied investigation.

From the comparison made between the three designs, it was obtained that the LBO 202 geogrid generates a 4% decrease in the base and 43% in the subbase and the biaxial geogrid LBO 302 decreases the base by 8% and the subbase by 50% the structure of the flexible pavement, on the other hand, costs are reduced by 2.31% and 3.73% respectively.

**Keywords:** Biaxial Geogrid, base, subbase, thinckness, costs.

## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Realidad problemática

La tecnología en los últimos años ha sido y seguirá siendo la solución de problemas que, a medida que pasan los años, la ingeniería va encontrando en sus distintas ramas, ya sea en edificaciones, saneamiento o infraestructura vial, el uso de estas tecnologías se dan comúnmente cuando se precisa optimizar costos y tiempo al momento de ejecutar los proyectos o en otros casos para soluciones técnicas. En la infraestructura vial una de estas nuevas tecnologías es el uso de geosintéticos los cuales comenzaron a aparecer en Europa a mediados de los 1950s como una alternativa para aplicaciones de drenaje y evitar la erosión, posteriormente comenzó a emplearse en América Latina como una solución para pavimentos, en este caso cumplían la función de separación y refuerzo.

Según (Geosistemas Pavco, 2012 p. 1) *“El uso de geosintéticos en América Latina ha tenido en los últimos años un gran incremento respondiendo a una necesidad que cada vez se hace más crítica en los proyectos de ingeniería. (...)”*

La situación actual de las vías pavimentadas en el Perú es un tema de preocupación, a nivel nacional se ve un gran aumento de vías que necesitan ser reparadas o en otro caso ser remplazadas por una estructura de mayor durabilidad y resistencia, debido a esto es importante analizar las causas por las que suceden estos problemas y solucionarlo de una manera técnica que nos permita continuar con el crecimiento del país.

De acuerdo a lo expresado por (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos, 2016 p. 7) *“(...) Se entiende por «daño» o «falla» en un pavimento toda indicación de un desempeño insatisfactorio del pavimento, es decir, todo apartamiento de un comportamiento definido como «perfecto»”*

En el distrito de Ventanilla se puede observar que la mayoría de los pavimentos presentan gran cantidad de fisuras o baches lo que dificulta el tránsito con normalidad por la zona. Esta localidad actualmente que se encuentra en crecimiento y no todas vías están pavimentadas, la mayor parte de su territorio consta de un suelo arenoso lo que podría generar dificultad al diseñar el paquete estructural, algunas de las vías que ya se encuentran pavimentadas se puede observar que están deterioradas.

La gran incertidumbre es saber a qué se debe el deterioro temprano de las vías que se supone cuentan con un diseño que debería soportar los años previstos para su funcionamiento y llevando a cabo los mantenimientos correspondientes estas se podrían usar sin ningún problema.

Por otro lado, son muchos los factores que intervienen en el deterioro de un pavimento: una es el mal sistema de drenaje para cuando se presente precipitaciones, lo que en este caso no sería el principal problema por lo que se genera el deterioro, también se debe al mal diseño del paquete estructural, es decir, no se han realizado los ensayos correctamente lo que ocasiona dimensionamientos que no corresponden, otra causa al que se debe el mal estado de las pistas es la falta de mantenimiento adecuado.

Según (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos, 2016 p. 17) *“Se presentan en esta sección 20 daños o fallas que ocurren en los pavimentos flexibles durante el proceso gradual de deterioro de los mismos. (...)”*

La mala calidad de los materiales usados para la carpeta asfáltica también es un factor muy importante que provoca el rápido deceso de las pistas o en otro caso el tipo de suelo en el que se va a pavimentar no tienen las propiedades físico mecánicas que son necesarias para soportar la solicitud de carga que va a requerir dicha vía.

Sin embargo, existen diferentes métodos para diseñar un pavimento al igual que, con el avance de la tecnología, se han encontrado diversos elementos que nos ayudan a mejorar cada parte del paquete estructural, uno de muchos son las conocidas geomallas, el cual cumple una función principal de refuerzo de la capa base y sub base granular, en ese sentido, con la finalidad de optimizar dichas capas esta investigación atribuye a la aplicación de la geomalla y explicar las consecuencias que genera esta tecnología.

Finalmente, para contrarrestar las posibles fallas que al pasar de los años los pavimentos presentan, lo ideal es determinar un diseño adecuado y analizar los daños con anticipación para que de esa manera sólo se realicen trabajos de conservación que es más rentable a los trabajos de reconstrucción.



*Figura 1. Desintegración por Baches*  
Fuente: Elaboración propia

## **1.2 Trabajos previos**

Según el objeto de la investigación, los antecedentes internacionales son:

(Jordan Orrala y Suárez González, 2017) en su tesis titulada “Diseño de pavimentos flexibles con el uso de geosintéticos como refuerzo aplicado a vías de acceso a la ciudadela La Milina del Cantón Salinas”, tuvo como objetivo principal analizar el uso de geosintéticos como refuerzo en el diseño de pavimentos flexibles con el fin de mejorar el comportamiento estructural en las vías ya mencionadas anteriormente, la metodología fue concebida en la investigación fue de tipo aplicada, para la obtención de los resultados se realizaron los ensayos correspondientes determinando así que están ante la presencia de un suelo blando con baja capacidad portante que presenta un CBR menor al 3%, además el autores hicieron la comparación entre los espesores del diseño tradicional de pavimento flexible mediante el método AASHTO 93 y el diseño con refuerzo con geomalla biaxial, según estos métodos los autores determinaron cada uno de los espesores de cada capa de la estructura, los resultados para el método de AASHTO 93 obtenido fue que la sub base será de 27 plgs, una base de 11 plgs y una carpeta asfáltica de 4 plgs, por otro lado, con el refuerzo de la geomalla biaxial, los autores determinaron que para la estructura será necesario una sub base de 22 plgs, una base de 6 plgs y una carpeta asfáltica de 4 plgs, con estos resultados y haciendo la comparativa los autores

obtuvieron como conclusión que la disminución de los espesores es de un 2% lo que representa una alternativa con alto porcentaje de factibilidad que disminuye los espesores para así hacer más viable el proyecto económicamente. El aporte de la investigación realizada por los autores es considerable ya que la metodología utilizada para obtener los resultados será influyente en el desarrollo de mi investigación.

(Bustamante Noboa, 2016) en su tesis titulada “Evaluación en el nivel de resistencia de una Subrasante, con el uso combinado de una Geomalla y un Geotextil” tuvo como objetivo principal determinar el nivel de resistencia que puede proporcionar la colocación de un geotextil y una geomalla en el interface capa granular y subrasante como refuerzo, la metodología usada por este autor fue realizar ensayos en laboratorio que le permitiría obtener las curvas esfuerzo/deformación para cada caso que necesitaba analizar además planteó determinar el número estructural (SN) para cada caso. El autor planteo cuatro casos para analizar, el primero una estructura de pavimento flexible convencional, la segunda reforzada con geotextil, la tercera reforzada con geomalla y por ultimo una estructura reforzada con geotextil y geomalla a la vez de los cuales obtuvo como resultado que para el caso donde se reforzó con geomalla alcanzó una mayor rigidez respecto a los otros, por otra parte, cuando se analiza la carga-deformación obtuvo como resultado, de la comparación entre el pavimento reforzado con geotextil y reforzado con geotextil y geomalla, que no existe diferencia significativa por ende esto sería un gasto innecesario al ejecutar el proyecto. Como resultado en general obtuvo que el espesor de la capa de mejoramiento se reduce en un 60% en los tres escenarios donde se refuerza en comparación con la estructura no reforzada, en consecuencia esto representaría menores costos, así lo expresó el autor. El aporte de la investigación realizada por este autor es bastante interesante ya que se puede observar qué escenario ofrece un mejor comportamiento técnico y económico para ejecutar un proyecto vial.

(Gavilanes Davila, 2012), en su tesis titulada “Diseño de la Estructura del pavimento con reforzamiento de geosintéticos aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua – La Maná”, El autor para esta investigación presentó como objetivo un estudio enfocado en el análisis del pavimento de la estructura tradicional en comparación con la estructuración de un pavimento reforzada con geomalla biaxial, este estudio se realizó en la ciudad de La mana en la carretera Latacunga en Ecuador. La metodología que utilizó fue el estudio y recopilación de una serie de parámetros para proceder a diseñar y calcular los espesores de la estructura, la localidad donde

realizó la investigación el autor encontró un tipo de suelo predominante que corresponde a limo arenoso (ML) en el cual realizó los ensayos correspondientes y determinó los resultados según el Proctor Modificado los valores promedios de humedad óptima de 18.10% y densidad máxima 1.65 gr/cm<sup>3</sup>, también realizó el ensayo de California Bering Ratio y obtuvo valores promedio de 5.61% para 0.1” y 5.83% para 0.2”.De acuerdo a estos valores el autor realizó el diseño del pavimento sin reforzar y el pavimento reforzado empleando una geomalla biaxial Mac Grid 20s con el fin de hacer la comparación con el cual obtuvo que el ahorro de material granular asciende al 30% además obtuvo los siguientes espesores: Para el pavimento sin reforzar, una carpeta asfáltica de 10 cm, base granular de 20 cm y sub base granular 15 cm, en cambio, con el refuerzo de la geomalla obtuvo, carpeta asfáltica de 10 cm, base granular de 15 cm y sub base granular de 15 cm, este diseño se realizó según el método de la ASSHTO 93 y con un diseño de 10 años, finalmente el autor concluyó que el pavimento reforzado no requiere de un equipo especializado y disminuye considerablemente los costos de mantenimiento a diferencia del precio por el pavimento tradicional además del ahorro en material. En aporte de la investigación realizada por el autor es de gran importancia para la realización de mi proyecto debido a que se puede observar la realidad de otra localidad y los beneficios obtenidos con la geomalla biaxial.

Por otro lado, los estudios nacionales realizados anteriormente y que se seleccionaron son los siguientes:

(Díaz Chuquimango, 2017) en su tesis titulada “Influencia de la geomalla en el diseño del pavimento flexible en la Vía de Evitamiento Norte – Cajamarca, 2017”, en esta investigación se planteó como objetivo general determinar la influencia de la geomalla en el diseño del pavimento flexible en la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca. El autor de esta investigación optó por una metodología del tipo aplicada donde realizó la comparación entre tres alternativas de diseño, los cuales fueron: diseño de pavimento flexible convencional según AASHTO, diseño de pavimento flexible reforzado con geomalla Tenax Ibo 202 y diseño de del pavimento flexible reforzado con geomalla Tenax Ibo 302. Realizado los diseños para cada alternativa el autor tuvo como resultado de la comparación entre los pavimentos reforzados con las geomallas Tenax Lbo 202 y Tenax Lbo 302 lo siguiente: para la base granular obtuvo una reducción de 7.50 cm en ambos casos, para la sub base granular la geomalla Ibo 202 genero una reducción de 11.00 cm en cambio, la geomalla Ibo 302 generó una reducción de 13.00 cm, por otra parte, el autor también realizó la comparación económica donde obtuvo como resultado que

el costo del pavimento flexible convencional reforzado con las geomallas Tenax Lbo 202 y Tenax Lbo 302 genera un ahorro de S/ 32.73 y S/ 37.86 por m<sup>2</sup> respectivamente. Finalmente el autor concluyó que el uso de la geomalla Tenax Ibo 302 genera mayor beneficio debido a que técnicamente reduce la base granular en un 32,6 %, la sub base granular en 32.1% y en consecuencia económicamente reduce el costo en un 18,23% por m<sup>2</sup>. El aporte de esta investigación será de gran utilidad debido a que el autor en sus conclusiones determinó económicamente los beneficios de la geomalla.

(Aguirre Zúñiga y Flórez Rojas, 2016) en su tesis titulada “Análisis de reducción de costos en obras viales mediante optimizaciones de ingeniería en los diseños de pavimentos flexibles: caso de estudio, obra mejoramiento de la carretera CU-110 “Huarcocondo – Pachar”, ubicado en los distritos de Huarcocondo y Ollantaytambo, provincias de Anta y Urubamba, región Cusco”, para esta investigación los autores plantearon como objetivo analizar el uso de geomallas como refuerzo de bases granulares dentro de la estructura de pavimento flexible, además, establecen determinar si son una alternativa para la reducción de costos en comparación a un diseño de pavimento flexible convencional. La metodología de esta investigación por su finalidad fue de tipo aplicativo donde, para su recolección de datos, hizo uso del método AASHTO para calcular los espesores de un pavimento convencional y de otro reforzado con geomalla biaxial. En los resultados de la investigación se destaca que la reducción de espesores empleando geomalla biaxial varía desde 5% hasta un 45% y finalmente los autores llegaron a la conclusión que la aplicación de la geomalla para bases y sub base granulares en el pavimento flexible genera un 3.30% de reducción en el costo de la construcción del proyecto en estudio. El aporte de la investigación realizada por estos autores será importante ya que presentan punto de vista global y la influencia que genera en un proyecto real.

(Silva Arce, 2016) y su tesis titulada “Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo tx140 y tx160, aplicado a un tramo de la calle Alemania – La Molina - Cajamarca 2016”, esta investigación tuvo como objetivo principal evaluar el mejoramiento de la subrasante con geomalla tipo TX140 y TX160 en un tramo de la calle Alemania – La molina – Cajamarca. La metodología que se usó para la investigación fue aplicada haciendo uso de los ensayos de laboratorio y procedimientos de diseño establecidos, luego calculó el valor del CBR de la subrasante a mejorar con los ensayos de california Bearing ratio (CBR) con el cual obtuvo los resultados promedio de: 3.28% para 0.1” y 2.51% para 0.2” para los cuales consideró el 95

percentil además determinó el espesor de la subrasante sin la utilización de la geomalla multiaxial para el cual, con la ayuda del programa Spectra Prave 4.0, llegó a obtener el valor de 0.54 m y por último determinó el espesor de la subrasante utilizando geomallas multiaxiales tipo TE140 y TX160 para el cual calculó un espesor de 0.25m y 0.15m respectivamente, finalmente llegó a la conclusión que la mencionada geomalla si logra mejorar la subrasante con un promedio de 63% el cual se encuentra dentro del rango de mejora que varía de 46% a 92% el cual es determinado por el Dr. Steve Perkins. Además sintetizó que el uso de geomallas multiaxiales en la subrasante del pavimento, disminuye notablemente los espesores con lo que se garantizan ahorro de en material, equipo y mano de obra. El aporte de la menciona investigación es valioso debido a que para el diseño de la estructura vial se hace la utilización de un software que facilita el mejoramiento de la vía.

(Tingal Huatay, 2013) y su tesis titulada “Comparación entre el diseño de pavimento tradicional (AASHTO) y el diseño con geomalla en la pavimentación de la Av. Salomón Vílchez murga de la ciudad de Cutervo”, esta investigación tuvo como objetivo realizar la comparación entre el diseño de pavimentos de manera tradicional mediante el método de AASHTO y el diseño con geomalla en la pavimentación de la Av. Salomón Vílchez Murga de la ciudad de Cutervo. La metodología que utilizó el autor para su investigación es de tipo descriptivo con un procedimiento el cual consistió en la recolección de datos calculando el número estructural según el método AASHTO para luego emplear la geomalla y de esa manera disminuir los espesores calculados anteriormente. Para los ensayos realizados el autor analizó la subrasante del cual obtuvo como resultado un CBR 2.1%, 4.1% y 3.9%, obtenida según el ensayo del proctor modificado. Además diseñó un pavimento con geomalla con lo que calcularon los espesores siguientes: para la capa de base 20 cm y la capa de sub base 42.48 cm, y también diseñó un pavimento mediante el método tradicional para el cual obtuvieron los siguientes espesores: para capa base 27.94 cm y para la sub base un espesor de 68.58, otro resultado obtenido fue que mejoró notablemente el diseño con un ahorro de material en la sub base en un 38.05% y base en un 28.41%, por otro lado con estos resultados el autor concluyó que la utilización del refuerzo con geomalla trae consigo un ahorro en el corte de terreno, baja utilización de horas máquina, un aumento en la productividad y esto hace que el proyecto sea más factible. El aporte rescatable de esta investigación es conveniente por la similitud de sus variables con las de la presente investigación.

(Taipe Sarmiento y Tovar Choccelahua, 2012) en su tesis titulada “Comportamiento del pavimento flexible con el uso de geomalla en el distrito de Lircay km 0+010 camino a Ocopa departamento de Huancavelica”, planteó como objetivo conocer el comportamiento del pavimento flexible con el uso de geomalla. Para esta investigación el autor optó por una metodología de tipo descriptivo haciendo uso de ensayos para obtener los resultados y siguiendo el método de AASHTO 93, además hizo la comparación de un pavimento sin refuerzo y otro sin reforzar, en su investigación tuvo los resultados de: aplicando el diseño mediante el método de AASHTO. 93 obtuvo que con el sistema tradicional de estructuración del pavimento flexible una sub base de 30 cm, una base de 20 cm y una carpeta asfáltica de 13 cm, por otro lado, con el uso de geomalla biaxial (Tensar BX 1200) como refuerzo obtuvo como resultado una sub base de 10 cm, una base de 10 cm y carpeta asfáltica de 3.5 cm, finalmente el autor llegó a la conclusión que los espesores disminuyeron considerablemente y que realizando el análisis de costos correspondiente el costo de la estructura es menor al del pavimento sin aplicación de geomalla. El aporte de la investigación realizada por los autores mencionados es interesante debido al análisis de costos que realizan el cual será de gran ayuda para la investigación.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Geomalla Biaxial**

Para la sustentación teórica de los conceptos de esta investigación se definirán y explicarán las variables de estudios para la cual se acudió a diferentes autores, sobre la primera variable Geomallas:

Según (Geosistemas Pavco, 2012 p. 15) sostiene que:

Las geomallas coextruídas son estructuras bidimensionales elaboradas a base de polímeros, que están conformadas por una red regular de costillas conectadas de forma integrada por extrusión, con aberturas de suficiente tamaño para permitir la trabazón del suelo, piedra u otro material geotécnico circundante.

El mencionado autor quiere decir con “coextruídas” que se trata de un material combinado con diferentes compuestos de distintas propiedades para optimizar y asegurar su función, además se puede entender que este es un geosintético que posea características que facilitan la junta entre los suelos, esto es de gran importancia ya que va contribuir a que el paquete estructural resista adecuadamente.

Por otra parte, según (Cidelsa, 2015 p. 2) las geomallas biaxiales son *“Utilizadas mayormente para refuerzos de bases en todo tipo de suelos. La distribución de los refuerzos están dados por igual en ambos sentidos”*.

Es decir, las geomallas biaxiales trabajan de manera que generan trabazón con el agregado para de esta forma limitar su desplazamiento horizontal para así absorber y distribuir los esfuerzos a una mayor área.

Dentro de las propiedades de la geomalla, existe una que es la principal función de este geosintético.

Así lo define (Geosistemas Pavco, 2012 p. 15) quien expresa lo siguiente:

La principal función de las geomallas coextruídas es indiscutiblemente el refuerzo; el uso del tipo de geomalla está ligado a la dirección en que los esfuerzos se transmiten en la estructura, por ejemplo, en aplicaciones tales como muros en suelo reforzado o en terraplenes, se utilizan las geomallas mono-orientadas que son geomallas con una resistencia y rigidez mayor en el sentido longitudinal que en el transversal. Mientras, que en estructuras en que la disipación de los esfuerzos se realiza de forma aleatoria y en todas las direcciones, como por ejemplo estructuras de pavimento o cimentaciones superficiales, se utilizan geomallas bi-orientadas o bi-direccionales las cuales no tienen una diferencia considerable frente a sus propiedades en los dos sentidos de la grilla.

Como lo manifiesta el autor, la principal función de la geomalla es reforzar la estructura a la cual va destinada, en el caso de los pavimentos el autor menciona que se recomienda usar las geomallas bi- direccionales y la razón es porque reaccionan de igual manera en ambos sentidos, sin embargo, existen también las geomallas multi-direccionales, las cuales proporcionan una mayor rigidez a las estructuras además hace que las cargas se distribuyan en todas las direcciones haciendo que esta geomalla se diferencie de los demás existentes en la actualidad.

### **1.3.1.1 Clasificación de las geomallas**

Las geomallas pueden clasificarse según diferentes criterios que a lo largo de los años se han ido considerando, finalmente se clasifican según dos grupos que se detalla a continuación:

#### **1.3.1.1.1 Sentido del desarrollo del refuerzo**

##### **1.3.1.1.1.1 Geomallas Uni-Axiales**

Son las geomallas que tienen como función reforzar la estructura en una sola dirección, es decir son fabricadas con el fin de desarrollar una alta resistencia a la tensión en un solo sentido. Este tipo de geomalla son las más utilizadas en suelos especialmente de tipo granular debido a que provee un sistema de trabazón.

Según (Geosistemas Pavco, 2012 p. 15) “(...) poseen gran resistencia a los esfuerzos de tensión, soportando hasta 160 KN/m aproximadamente. (...)”. Es decir, con la capacidad del suelo de absorber los esfuerzos de compresión más la función de la geomalla, da el concepto de un suelo reforzado similar a la función de un concreto y acero de refuerzo.

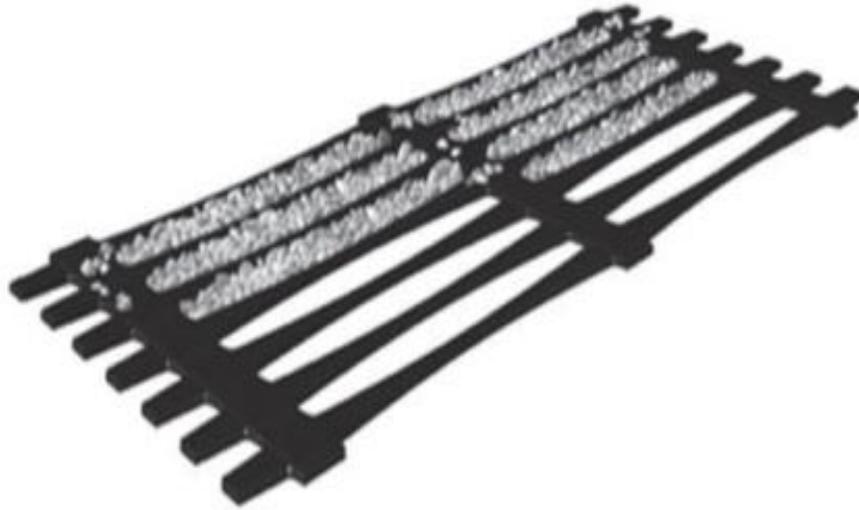


Figura 2. Geomallas Uni-Axiales  
Fuente: MDG, 2009

#### **1.3.1.1.2 Geomallas Bi-Axiales**

Son geomallas que cumplan la función de reforzar la estructura en dos sentidos, longitudinal y transversal, además de ser utilizados para reforzar los pavimentos también son utilizados como refuerzo secundario en taludes de suelo reforzado.

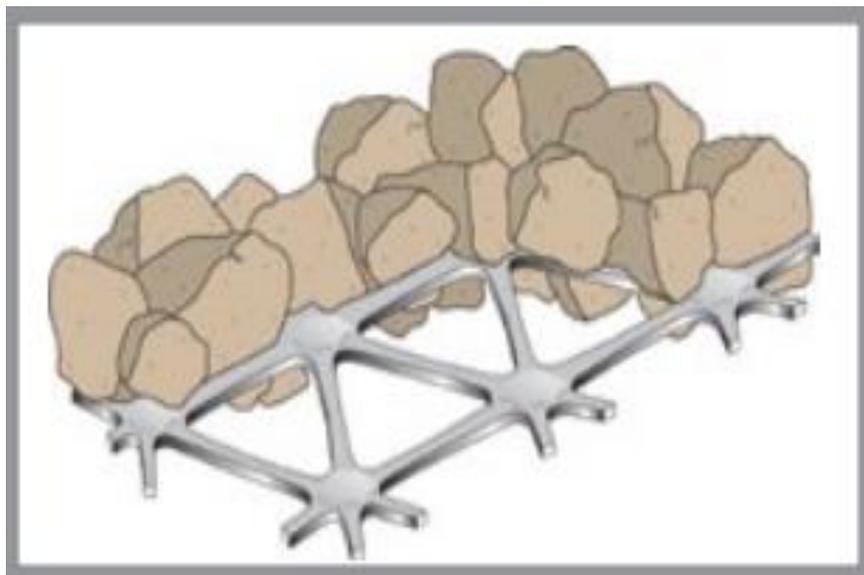
La característica que presenta este tipo de geomalla según (Geosistemas Pavco, 2012 p. 16) es “(...) alta resistencia a la tensión en ambas direcciones y un alto módulo de elasticidad.”



*Figura 3. Geomallas Bi-axiales*  
Fuente: MDG, 2009

#### **1.3.1.1.3 Geomalla Multi-Axial**

Son un tipo de geomalla que tiene como principal función brindar a la estructura un refuerzo de tal modo que resista a la tensión radial, en otras palabras, actúa soportando la tensión en toda la dirección debida a su diseño triangular, según Tensar (2013, p. 4) indica “(...) *mayor resistencia y rigidez para mitigar el esfuerzo radial que se impone desde una superficie transitada*”.



*Figura 4. Geomallas Multi-Axial*  
Fuente: Tensar, 2013

### **1.3.1.2 Mecanismos de refuerzo generado por la geomalla**

#### **1.3.1.2.1 Confinamiento lateral de la base o sub base**

Según (Geosistemas Pavco, 2012 p. 150) *“El confinamiento lateral de los materiales granulares (Base o Subbase) se logra a través de la fricción y trabazón de la geomalla con el agregado”*. Es decir, debido a las cargas transmitidas por el tránsito de vehículos, el material granular tiende a moverse lateralmente generando así deformaciones, pero éstas se ven impedidas por la acción del refuerzo de la geomalla el cual confina el material evitando así la movilidad lo que aumenta la resistencia al esfuerzo cortante.



*Figura 5. Confinamiento lateral en material granular*  
Fuente: MDG, 2009

#### **1.3.1.2.2 Mejoramiento de la capacidad portante**

Según el (Geosistemas Pavco, 2012 p. 150) *“El mejoramiento de la capacidad portante se logra desplazando la superficie de falla del sistema de subrasante blanda hacia la capa granular de mucha más resistencia”*. En otras palabras, este mecanismo se actúa de tal manera que transfiere los esfuerzos para que la subrasante no sufra consecuencias, es también conocida como efecto “zapato de nieve” por la similitud de sistema en el que actúa.

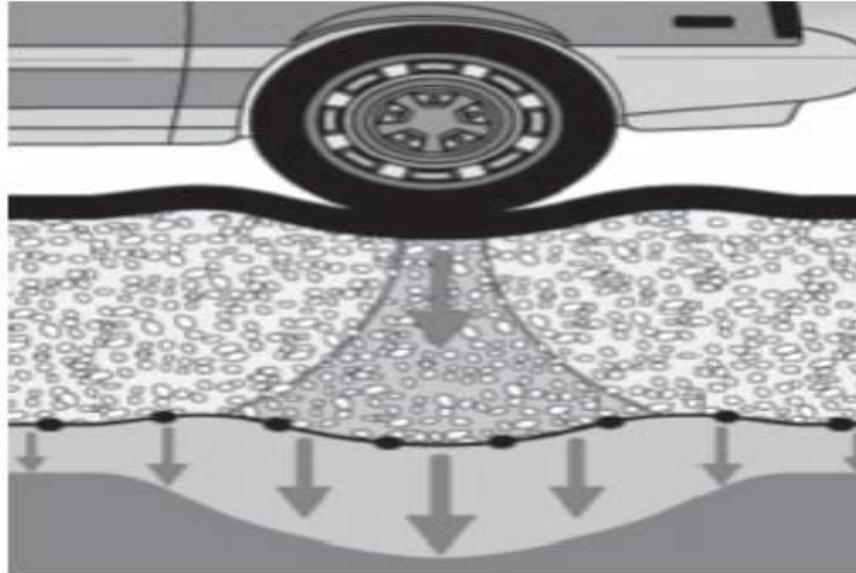


Figura 6. Mejoramiento de la capacidad portante  
Fuente: MDG, 2009

### 1.3.1.2.3 Membrana tensionada

De acuerdo a lo expresado por el (Geosistemas Pavco, 2012 p. 151) indica “(...) propiedad por la cual un material flexible elongado, al adoptar una forma curva por efecto de la carga, el esfuerzo normal sobre su cara cóncava es mayor sobre la cara convexa (...)”. Este mecanismo de refuerzo actúa de tal manera que al aplicar la carga vertical sobre la estructura del pavimento esta transmite un esfuerzo menor sobre la subrasante que la que se aplica sobre las bases reforzadas con la geomalla.

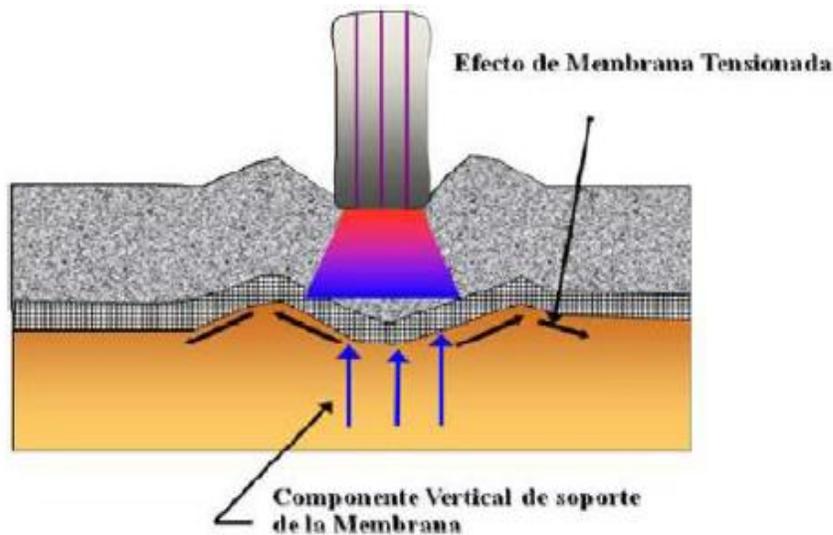


Figura 7. Efecto de Membrana Tensionada  
Fuente: Zornberg, 2013

### 1.3.2 Base y subbase

De acuerdo a la segunda variable se define como base y sub base a parte del pavimento flexible, por consiguiente se definirá las partes y la estructura en su conformidad.

#### 1.3.2.1 Pavimento Flexible

Según Rico y Del Castillo (1984) definen que el pavimento flexible se construye sobre la capa subrasante, dicha estructura está constituida por una serie de capas las cuales denomina de arriba hacia abajo, superficie de rodadura o capa asfáltica, base granular y sub base granular las cuales van asentadas sobre una subrasante que debe tener una serie de propiedades que el autor expresa de la siguiente manera “(...) nivelada compactada mínimo al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado, resistencia a la acción de tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos por las cargas del tránsito.(...)” para que la estructura del pavimento flexible funcione correctamente debe cumplir con unas características que el autor describe de la manera siguiente “Resistencia estructural, deformabilidad, durabilidad, costo, requerimientos de conservación y comodidad.”

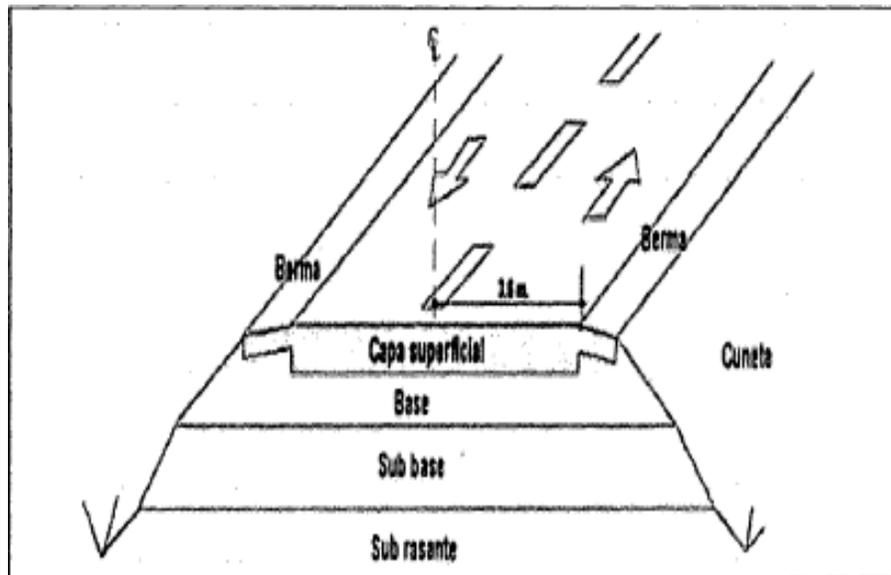


Figura 8. Estructura típica de un pavimento flexible.

Fuente: Del Castillo, 1996

A continuación se definirá la capa base granular con el fin de entender mejor la conformación de la estructura:

#### 1.3.2.2 Base granular

Según (Montejo, 2002 p. 4) sostiene que *“La base granular es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos (...)”*, de acuerdo al autor esta parte del paquete estructural es la más importante por lo cerca que está de la capa de rodadura, además indica que su función principal es resistir los esfuerzos que producen los vehículos y dar un soporte distribuido la cual transmitirá a las capas inferiores, que son la sub base y subrasante la cuales soportan una mínima carga.

Según el citado autor, las cualidades que debe tener un material para base granular son:

Como primera cualidad de la base esta debe tener una granulometría que impida la segregación es decir que impida la separación por falta de uniformidad en el material, otra cualidad que debe presentar es por rozamiento interno una buena resistencia a esfuerzos; además debe estar constituido por partículas resistentes y duras a los esfuerzos que tendrá que soportar.

Por otro lado según (Sabogal, 2009 p. 3) *“Base en la capa que se encuentra bajo la capa de rodadura de un pavimento asfáltico (...), debe poseer alta resistencia a las deformaciones, para soportar las altas presiones que recibe”*

Una cualidad muy importante es la estabilidad mecánica la cual debe ser independiente a las condiciones climáticas y contenido de agua a la que está expuesta, (Montejo, 2002 p. 4) describe que esta debe *“(...) ser resistente a los cambios de humedad y temperatura; no presentar cambios de volumen que sean perjudiciales.”*

### **1.3.2.3 Subbase**

Según (Sabogal, 2009 p. 4) expresa que *“(...) es la capa que se encuentra entre la base y subrasante en un pavimento asfáltico. Debido a que está sometida a menores esfuerzos que la base, su calidad puede ser inferior (...)”*

Es decir, la subbase es la capa que puede ser diseñada con material de menor calidad que de la base debido al actuar de la base esta ya no recibe las misma carga y por ende sus esfuerzos son menores.

Según (Montejo, 2002 p. 4) menciona que *“La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidos a un nivel adecuado a la subrasante”*

### **1.3.2.4 Propiedades mecánicas**

Por otro lado las propiedades mecánicas de los agregados para la base y sub base se refiere a la alta resistencia, rigidez y durabilidad que tendrá la estructura a las cargas sometidas y factores externos, a continuación se detallara cada una de estas propiedades.

#### **1.3.2.4.1 Resistencia**

Como primera propiedad mecánica, resistencia de los agregados de la base y sub base, Montejo (1998) define que esta es una de las propiedades principales que diferencian a un agregado de los otros catalogándolo como óptimo para ser utilizado como base y sub base para pavimento flexible, además sostiene que es la propiedad que proporciona un elemento resistencia a la acción de las cargas requeridas y que es capaz de transmitir los esfuerzos resultantes con intensidades correspondientes.

De acuerdo a lo expresado por el autor Acosta y Macías (2006) para que un material ofrezca buena resistencia debe tener una serie de propiedades como una buena composición de partículas, en otras palabras, las partículas deben tener diferentes tamaños y forma adecuada para que se genere un trabazón y un gran rozamiento interno, es decir que sea un material friccionante. El autor también manifiesta que en algunos casos las características de los materiales dependen de fabricación, como la trituración la cual define la forma final de la partícula.

#### **1.3.2.4.2 Rigidez de los materiales granulares**

Para esta propiedad mecánica el autor Menéndez (2013) describe:

Cuando un material de base para pavimento flexible va hacer sometido a cargas es necesario que este no se fracture o se rompa ya que esto va a provocar que la composición de tamaños e las partículas exigida se vea afectada y cambie, haciendo que la estructura se comporte de manera diferente y posiblemente desfavorable ya no ofrecerá la misma capacidad de soporte inicial, por tales razones el material debe ser rígido.

De acuerdo a la definición citada por el autor la rigidez es una propiedad muy importante debido a la función de soporte que cumple la estructura, el material no debe fallar en esta propiedad porque se producirían los desgastes que son muy notorios en los pavimentos.

En función a la definición anterior, los autores (Acosta, y otros, 2006 p. 74) detallan respecto a la rigidez que *“Es implícito decir que un material es rígido cuando tiene una resistencia al desgaste baja, propiedad que se ve favorecida si las partículas tienen una forma apropiada (...)”* es decir, la rigidez se ve favorecida, según el autor, si las partículas del material

no son ni muy alargadas ni muy aplanadas además la porosidad y el fracturamiento deben ser las apropiadas.

#### **1.3.2.4.3 Durabilidad de capas granulares**

Según los autores Acosta y Macías (2006) definen esta propiedad mecánica como *“La durabilidad de una capa granular está dada por la conservación de sus propiedades físicas y mecánicas tales como resistencia al desgaste por carga abrasiva y ante la acción de sulfatos, así como la preservación de las proporciones en su distribución granulométrica.”*

De acuerdo a lo expresado los autores la durabilidad está ligada a sus propiedades correspondiente, sin embargo, estas propiedades al momento de ser estudiadas según los ensayos normalizados serán aprobados para el momento de su diseño del pavimento pero no se está tomando en cuenta que estos pueden sufrir variaciones en su vida útil y pueden fallar a causa de la acumulación de esfuerzo o por el fracturamiento de las partículas, es decir, como lo sintetiza los autores *“(…) un ensayo común no puede describir de manera real como se comporta el material granular al final de su periodo de servicio(…)”* esto quiere decir que al realizar el ensayo no se simula lo que realmente ocurre al momento de aplicarle la carga.

#### **1.3.2.5 Propiedades físicas de los materiales granulares**

Las propiedades físicas de un material están en función a su calidad, estos deben ser estudiados según los ensayos normalizados correspondientes debiendo cumplir con las especificaciones técnicas resumidas en la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 1. *Propiedades físicas de los materiales granulares*

Tipo de Ensayo	Base
Valor mínimo de CBR (AASHTO-T-193)	80%
Abrasión Máxima “Los Ángeles” (AASHTO T-96)	45%
Límites de Atterberg (AASHTO T-89 y T-90)	25%
Límite Líquido Máximo	
Índice de Plasticidad Máximo	4%

Fuente: MTC (2010)

### 1.3.3 Método para el diseño de pavimento flexible

En la actualidad existen distintos métodos para realizar el diseño de pavimento flexible, la elección del método a utilizar depende mucho de las características del proyecto, además, la experiencia del personal a cargo cumple un rol principal.

Para la presente investigación se optó por elegir el método de la asociación americana de carreteras (AASHO) la cual después de realizar una serie de ensayos a escala real, publican su primera guía preliminar para diseño de pavimentos en 1961 que tuvo como nombre “Guía preliminar para el diseño de pavimentos rígidos y flexibles”, luego de unos años en 1986 se publica una nueva versión que deja de tener carácter preliminar y en 1993 después de ensayos complementarios, AASHTO publica la última versión de la guía que se utiliza en la actualidad en diferentes países así como lo expresa (Manual de carreteras, 2013 p. 6) “(...) con estas metodologías se han diseñado con éxito, las estructuras de pavimentos para varios millones de kilómetros de carreteras en el mundo”

#### 1.3.3.1 Método de AASHTO 1993

La metodología se base en un procedimiento que fue desarrollado mediante ensayos a escala real las cuales tienen como principal influencia dos parámetros, la carga vehicular y las características de la subrasante, otro aspecto importante a tener en cuenta para el diseño según esta metodología es el periodo de diseño que se tomara, esto depende de las características del camino, según el (Manual de carreteras, 2013 p. 152) “(...) para pavimentos flexibles serán hasta 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, periodo de diseños por dos etapas de 10 años y periodo de diseño en una etapa de 20 años”.

Además de estos parámetros principales, la metodología AASHTO en su ecuación principal para el cálculo del número estructural (SN) tiene una serie de variables que serán descritas a continuación:

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

Figura 9. Ecuación para el cálculo del SN  
Fuente: Manual de carreteras (2013)

- a)  $W_{18}$ : Representa el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2t, esta variable se determina de acuerdo al estudio de tráfico.
- b) Módulo de Resiliencia ( $M_R$ ): Medida que representa la rigidez del suelo de la subrasante y para determinarla se correlaciona con el CBR obtenido del ensayo de laboratorio.

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

$$Mr(psi) = 2555xCBR^{0.64}$$

- c) Confiabilidad (%R): de acuerdo al manual de carreteras, existen una serie de valores recomendados para para diferentes rangos de tráfico, a continuación se muestran los valores recomendados en la siguiente tabla.

Tabla 2. *Valores de nivel de confiabilidad según el rango de tráfico.*

Tipo de Camino	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Nivel de Confiabilidad (%R)
Caminos de bajo volumen de tránsito	T <sub>P0</sub>	100,000	150,000	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%
Resto de caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10,000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10,000,001	12,500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12,500,001	15,000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15,000,001	20,000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20,000,001	25,000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25,000,001	30,000,000	95%
	T <sub>P15</sub>	>30,000,000		95%

Fuente: Manual de carreteras (2013).

- d) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar ( $Z_r$ ): Este valor representa el nivel de confiabilidad seleccionada y los valores según el tráfico se presentan a continuación:

Tabla 3. *Coeficiente estadístico de la Desviación Estándar Normal.*

Tipo de Camino	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados	Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ )
----------------	---------	------------------------------	--------------------------------------

Caminos de bajo volumen de tránsito	T <sub>P0</sub>	100,000	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10,000,000	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10,000,001	12,500,000	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12,500,001	15,000,000	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15,000,001	20,000,000	-1.645
	T <sub>P13</sub>	20,000,001	25,000,000	-1.645
	T <sub>P14</sub>	25,000,001	30,000,000	-1.645
	T <sub>P15</sub>	>30,000,000		-1.645

Fuente: Manual de carreteras (2013).

- e) Desviación Estándar Combinada (So): es un valor que representa la variabilidad esperada del cálculo de tránsito y otros factores que intervienen en el diseño del pavimento, según la guía AASHTO, los valores recomendados varían de 0,4 a 0,5 y de acuerdo al manual de carreteras el valor tomado será de 0,45.
- f) Índice de Serviciabilidad Presente (PSI): Su valor varía de 0 a 5 y así lo expresa el (Manual de carreteras, 2013 p. 158) *“Representa la comodidad de circulación ofrecida al usuario. (...) un valor de 5 representa la mejor comodidad y por el contrario un valor de 0 refleja el peor”*
- Serviciabilidad inicial (Pi): Es un valor de la condición para la vía que recién se ha construido, en la siguiente tabla se muestran los valores según el tráfico:

Tabla 4. *Coefficientes para el Índice de Serviciabilidad inicial*

Tipo de Camino	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
		T <sub>P0</sub>	100,000	

Caminos de bajo volumen de transito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	3.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	3.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	3.80
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	4.00
Resto de caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	4.00
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	4.00
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	4.00
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	4.00
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10,000,000	4.00
	T <sub>P10</sub>	10,000,001	12,500,000	4.00
	T <sub>P11</sub>	12,500,001	15,000,000	4.00
	T <sub>P12</sub>	15,000,001	20,000,000	4.20
	T <sub>P13</sub>	20,000,001	25,000,000	4.20
	T <sub>P14</sub>	25,000,001	30,000,000	4.20
	T <sub>P15</sub>	>30,000,000		4.20

Fuente: Manual de carreteras (2013).

- **Serviciabilidad Terminal o Final (P<sub>T</sub>):** Es el valor para la condición de un pavimento que requiere algún tipo de rehabilitación, en la siguiente tabla se muestran dichos valores:

Tabla 5. *Coficientes para el Índice de Serviabilidad final.*

Tipo de Camino	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviabilidad Final (Ft)
Caminos de bajo volumen de transito	T <sub>P0</sub>	100,000	150,000	2.00
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	2.00
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	2.00
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	2.00
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	2.50
Resto de caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	2.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	2.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	2.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	2.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10,000,000	2.50

T <sub>P10</sub>	10,000,001	12,500,000	2.50
T <sub>P11</sub>	12,500,001	15,000,000	2.50
T <sub>P12</sub>	15,000,001	20,000,000	3.00
T <sub>P13</sub>	20,000,001	25,000,000	3.00
T <sub>P14</sub>	25,000,001	30,000,000	3.00
T <sub>P15</sub>	>30,000,000		3.00

Fuente: Manual de carreteras (2013).

- Variación de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI): Para este valor se calcula mediante la diferencia de la Serviciabilidad inicial y Serviciabilidad Final asumida para el proyecto.

Con estos valores se desarrolla la ecuación presentada inicialmente para calcular el valor del numero estructural (SN) la cual representa el espesor total de la estructura del pavimento.

Continuando con el diseño del pavimento, la guía AASHTO aplica la siguiente ecuación para obtener los valores de cada capa del pavimento flexible:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 + m_3$$

Donde:

$a_1, a_2, a_3$ : Son los coeficientes estructurales de las capas del pavimento flexible.

$d_1, d_2, d_3$ : Son los espesores calculados para cada capa en cm

$m_2, m_3$ : Representan los coeficientes de drenaje de la capa subbase y base.

De acuerdo al (Manual de Carreteras, 2013 p. 161) “Según AASHTO la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay muchas combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria”, el encargado del proyecto puede realizar diferentes propuestas con diferentes espesores que satisfagan y cumplan con el SN requerido y así evaluar cuál es la mejor opción para el proyecto a realizar.

## 1.4 Formulación del problema

### 1.4.1 Problema general

- ¿El uso de geomalla biaxial optimiza la base y subbase de pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018?

### 1.4.2 Problema específico

- ¿Cuál es el espesor de la base y subbase de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial Tipo A (20 KN/m)?
- ¿Cuál es el espesor de la base y subbase de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial Tipo B (30 KN/m)?
- ¿Cuál es el costo de construcción de un pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial?

## **1.5 Justificación del estudio**

### **1.5.1 Justificación técnica**

Según (Carrasco, 2005 p. 119) “(...) *procedimientos y técnicas e instrumentos diseñados y empleados en el desarrollo de la investigación, tienen validez y confiabilidad, y al ser empleados en otros trabajos de investigación resultan eficaces (...).*”

La investigación se realiza con el fin de tener un alcance sobre la utilización de la geomalla con el correcto diseño de un pavimento flexible empleando adecuadamente el método AASHTO 93 (America Association of State Highway and Transportation Officials), teniendo en cuenta que la localidad donde se realiza el estudio presenta un demanda importante de pavimento flexible que permitirá el crecimiento de la zona.

En la localidad de ventanilla el tipo de suelo que se presenta es arenoso es por eso que la utilización de geomallas como se refuerzo de la base y sub base es factible para disminuir espesores del paquete estructural de esta manera cumplir con los requerimientos que el pavimento va a soportar.

### **1.5.2 Justificación practica**

Según (Carrasco, 2005 p. 119) “*Se refiere a que le trabajo de investigación servirá para resolver problemas prácticos, es decir, resolver el problema que es materia de investigación.*”

Esta investigación se justifica de manera práctica debido a que se basa en la utilización de la geomalla biaxial y cuando influye en la base y subbase aplicándolo como refuerzo para un pavimento flexible y según esto se realizará el análisis respectivo.

### **1.5.3 Justificación social**

Según (Academia de investigación , 2009 p. 18) “(...) se deben definir las aportaciones que el trabajo de tesis ofrece para la solución de la demandas de la sociedad (...)”

Se justifica socialmente debido a que dentro de los beneficios de la utilización de la geomalla trae consigo brindar mejor calidad de vida para los pobladores de la zona donde es aplicada la investigación, además facilitará el acceso de manera prolongada.

#### **1.5.4 Justificación económico**

Dentro de los beneficios de la utilización de este geosintético se puede resaltar la disminución de costo que representaría debido a que al disminuir los espesores también se tendrán menores movimientos de tierra lo que nos conllevaría a disminuir tiempos lo que en conclusión nos representa menor costos y un ahorro de material considerable.

### **1.6 Hipótesis**

#### **1.6.1 Hipótesis general**

- El uso de geomalla biaxial optimiza la base y subbase de pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018.

#### **1.6.2 Hipótesis específica**

- El uso de geomalla biaxial tipo A (20 KN/m) disminuye el espesor de la base y subbase de pavimento flexible.
- El uso de geomalla biaxial tipo B (30 KN/m) disminuye el espesor de la base y subbase de pavimento flexible.
- El costo de construcción de pavimento flexible reduce con el uso de geomalla biaxial.

### **1.7 Objetivos**

#### **1.7.1 Objetivo general**

- Evaluar el uso de geomalla biaxial para optimizar la base y sub base de un pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- Calcular el espesor de la base y subbase de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial Tipo A (20 KN/m).
- Calcular el espesor de la base y subbase de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial Tipo B (30 KN/m).
- Analizar el costo de construcción de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial.

## **II. MÉTODO**

## 2.1 Diseño de investigación

La presente investigación es de diseño **experimental** debido a que se evalúan las consecuencias que la geomalla biaxial genera en la base y sub base del pavimento flexible, es decir, manipulando a la variable independiente en un grado de “presencia – ausencia” se evalúa las consecuencias en la variable dependiente, además se explican los cambios producidos por esto.

Según lo expresa (Roberto, 2010 p. 121) “(...) *un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (...)*”.

### 2.1.1 Método de investigación

Como método en general la investigación se define **método científico** debido a que está orientada a lograr los objetivos según el problema encontrado.

Así lo manifiesta (Carrasco, 2005 p. 34) “(...) *investigación científica es un proceso racional y sistemático, que se realiza planificadamente con fines y objetivos formulados intencional y proyectivamente*”.

### 2.1.2 Enfoque de la investigación

De acuerdo a lo establecido en la investigación y sus características, se define como una investigación de enfoque **cuantitativo** debido a que se sigue procedimientos donde principalmente se lleva a cabo la medición para la recolección de datos.

Una de las características lo expresa el autor (Roberto, 2010 p. 5) “*Debido a que los datos son producto de mediciones se representan mediante números (cantidades) y se deben analizar a través de métodos estadísticos*”.

### 2.1.3 Tipos de investigación

#### 2.1.3.1 De acuerdo a la orientación

La investigación desarrollada según la orientación, persigue un tipo de investigación **aplicada**, debido a que se emplea teorías y tecnologías ya establecidas para la solución de los problemas reales.

Según lo expresa el autor (Namakforoosh 2005, p. 44) “Investigación aplicada sirve para tomar acciones y establecer políticas y estrategias. (:..) La característica básica de la investigación aplicada es el énfasis en resolver problemas (...)”.

#### 2.1.3.2 De acuerdo a la técnica de contrastación

Se ha optado por una investigación de tipo explicativo ya que con la intervención de la variable independiente y el efecto que cause en él, se procederá a dar la explicación correspondiente de los resultados.

De acuerdo a lo expresado por (Jiménez 1998, p. 14) “Los estudios explicativos parten del problema bien identificados en los cuales es necesario el conocimiento de relación causa-efecto. (...) pretenden explicar las causas del problema o cuestiones íntimamente relacionadas con éstas”.

#### **2.1.3.3 De acuerdo a la direccionalidad**

La investigación de acuerdo a sus características es de tipo prospectiva donde se explicaran las consecuencias futuras de un fenómeno que se suscita en el presente, es decir, cuando el fenómeno a estudiarse la causa en el presente y efecto en el futuro.

#### **2.1.3.4 De acuerdo con el tipo de fuente de recolección de datos**

Se optó por una investigación de tipo proyectiva debido a que la información se recoge de acuerdo con los criterios del investigador y para los fines de la investigación después de la planeación de esta.

#### **2.1.3.5 De acuerdo a la evolución del fenómeno estudiado**

Según las características de la investigación, esta se define de tipo transversal debido a que es estudio se realizó en una sola medición un momento determinado del tiempo.

Así lo expresa (Carrasco, 2005 p. 72) “Estos diseños se emplean para analizar y conocer las características, rasgos, propiedades y cualidades de un hecho o fenómeno de la realidad en un momento determinado del tiempo.

#### **2.1.3.6 De acuerdo a la comparación de las poblaciones**

La investigación se define como tipo de investigación comparativa debido a que con el objetivo de contrastar la hipótesis se hizo la comparación en la variable dependiente, es decir, puede estudiarse una sola variable en una o más poblaciones con el fin de comparar prevalencias.

### **2.2 Variable y Operacionalización de variables**

#### **2.2.1. Enunciado de variables**

Variable independiente: Geomalla biaxial

Se tomará para esta investigación el uso de geomalla biaxial como refuerzo de la base y sub base de un pavimento flexible.

Variable dependiente: Base y subbase

## 2.2.2. Operacionalización de variables

Tabla 6. Operacionalización de variables

Variabl e	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensio ne s	Indicadores	Instrume nto
Geomal la biaxial	Según el departamento de ingeniería (2009, p. 14) sostiene que “ Las geomallas coextruídas son estructuras bidimensionales elaboradas a base de polímeros, que están conformadas por una red regular de costillas conectadas de forma integrada por extrusión con aberturas de suficiente tamaño para permitir la trabazón del suelo, piedra u otro material geotécnico circundante.”	La geomalla biaxial presenta una serie de propiedades y características que se pueden medir de acuerdo a las fichas técnicas establecidas por el proveedor.	• Tipo A (20 KN/m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigidez a la flexión</li> <li>• Rigidez torsional</li> <li>• Características físicas</li> </ul>	Ficha técnica
			• Tipo B (30 KN/m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigidez a la flexión</li> <li>• Rigidez torsional</li> <li>• Características físicas</li> </ul>	Ficha técnica

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 Población y muestra

### 2.3.1 Población

Según lo expresa (Carrasco, 2005 p. 236) “*Es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación*”

La población para esta investigación está conformada por la base y sub base de pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo en el distrito de Ventanilla en 2017 que consta de aproximadamente 3600 km (ver anexo 8.2)

Base y sub base	Según (Montejo, 2002) sostiene que “La base granular es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos (...)”, de acuerdo al autor esta parte del paquete estructural es la más importante por lo cerca que está de la capa de rodadura, además indica que su función principal es resistir los esfuerzos que producen los vehículos y dar un soporte distribuido la cual transmitirá a las capas inferiores, que son la sub base y subrasante la cuales soportan una mínima carga.	La base y sub base de un pavimento flexible tiene dentro de sus características y propiedades una serie de indicadores que nos permiten conocer su estructura y son medidos de acuerdo a los ensayos y métodos ya establecidos según norma.	• Espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espesor sin refuerzo.</li> <li>• Espesor con geomalla Tipo A (20 KN/m)</li> <li>• Espesor con geomalla Tipo B (30 KN/m).</li> </ul>	Diseño de la estructura
			• Costos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo sin refuerzo.</li> <li>• Costo con refuerzo tipo A (20 KN/m).</li> <li>• Costo con refuerzo tipo B (30 KN/m).</li> </ul>	Presupuest o

### 2.3.2 Muestra

La **muestra** está conformada por la evaluación de la base y subbase de un tramo de 500m de longitud en la Av. Camino del Inca Izquierdo en el distrito de Ventanilla en 2017 (ver anexo 8.2)

Según (Carrasco, 2005 p. 237) “*Es un parte o fragmento representativo de la población (...)*”

El tamaño de la muestra fue tomada debido principalmente a dos aspectos: a la mayor concentración vehicular lo que significa gran acumulación de cargas sobre el pavimento, esto

nos lleva al segundo aspecto, el estado del pavimento actual, se puede observar que este tramo de la avenida presenta deterioro significativo respecto a otros tramos.

### **2.3.3 Muestreo**

Según lo requiere la investigación realizada, se optó por un método de muestreo **no probabilística** o dirigida debido a que la elección de la muestra será elegida dependiendo de lo que requiera la investigación.

De acuerdo a lo expresado por (Sampieri 2010, p.176) *“(...) la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con la características de la investigación o de quien hace la muestra.”*

## **2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos y validez**

### **2.4.1 Técnica**

De acuerdo a la finalidad de esta investigación y los procesos para obtener los datos, se define **la técnica de la observación.**

Según (Carrasco, 2005 p. 274) *“(...) la observación es un proceso intencional de captación de las características, cualidades y propiedades de los objetos y sujetos de la realidad, a través de nuestros sentidos o con la ayuda de poderosos instrumentos (...)”*.

### **2.4.2 Instrumentos de recolección de datos**

De acuerdo a las condiciones del proyecto, la **recolección de datos** aplicada es conveniente para la investigación.

Según (Carrasco, 2005 p. 334) *“Los instrumentos de investigación cumplen roles muy importantes en la recogida de datos y se aplican según la naturaleza y características del problema (...)”*

### **2.4.3 Validez**

Por lo expresado por (Baechle y Earle, 2007, p. 277-278). *“La validez es el nivel en que un ensayo o ítem de la prueba calcula lo que intenta medir, es la particularidad más significativa de una prueba”*.

Para esta investigación la validez del instrumento será evaluado por expertos en infraestructura vial, además, se contará con una ficha de resumen para la evaluación de la validez.

## **2.5 Métodos de análisis de datos**

Según (Arias, 2004, p. 23), *“Los métodos de análisis de datos se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtenga”*.

Para el análisis de los datos de la investigación se hizo mediante el uso de hojas de cálculo de Excel y software conveniente.

Para obtener los datos necesarios para el diseño inicial se llevó a cabo 2 calicatas con el fin de extraer muestras de suelo de la subrasante para luego hacer los ensayos necesarios que permiten conocer las propiedades físicas y mecánicas, de estos resultados se obtuvo el CBR y se procedió a realizar el diseño de pavimento flexible sin refuerzo mediante el método de AASHTO 93.

Luego de determinar los espesores del pavimento flexible sin refuerzo se procedió a diseñar el pavimento flexible reforzado con cada una de las geomallas especificadas y se determinó los espesores de las capas base y subbase para luego analizar los resultados, este procedimiento se realizó mediante el método Geosoft Pavco V 3.0.

Por otra parte, con los datos obtenidos de los espesores se analizó los costos así como lo expresa el tercer objetivo específico a través de un presupuesto referencial para analizar los resultados.

## **2.6 Aspectos éticos**

Con el fin de mantener una investigación basada en el respeto, el investigador se compromete a no alterar la veracidad de los resultados, respetar la propiedad intelectual y seguir con lo mencionado en las normas vigentes.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1 Espesores de base y subbase de pavimento flexible

Para obtener las dimensiones las capas base y subbase de pavimento flexible se llevó a cabo los ensayos necesarios a la muestra de suelo extraída de la subrasante del cual se obtuvo los siguientes resultados.

Calicata N°1

Ubicación: km 1+500

Tabla 7. Resultado de Análisis Granulométrico

Análisis granulométrico de suelos					
Mallas		Peso Retenido (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasa (%)
Serie Americana	Abertura (mm)				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.750				
N° 6	3.360				
N° 8	2.360				
N° 10	2.000				
N°16	1.180				
N° 20	0.850				
N° 30	0.600				100.0
N° 40	0.425	8.6	5.0	5.0	95.0
N° 50	0.300	46.9	27.4	32.4	67.6
N° 80	0.180	79.4	46.4	78.8	21.2
N° 100	0.150	14.8	8.7	87.5	12.5
N° 200	0.075	19.3	11.3	98.8	1.2
-200	<b>MTC E 137-2000</b>	2.0	1.2	100.0	

Fuente: Ensayo de laboratorio

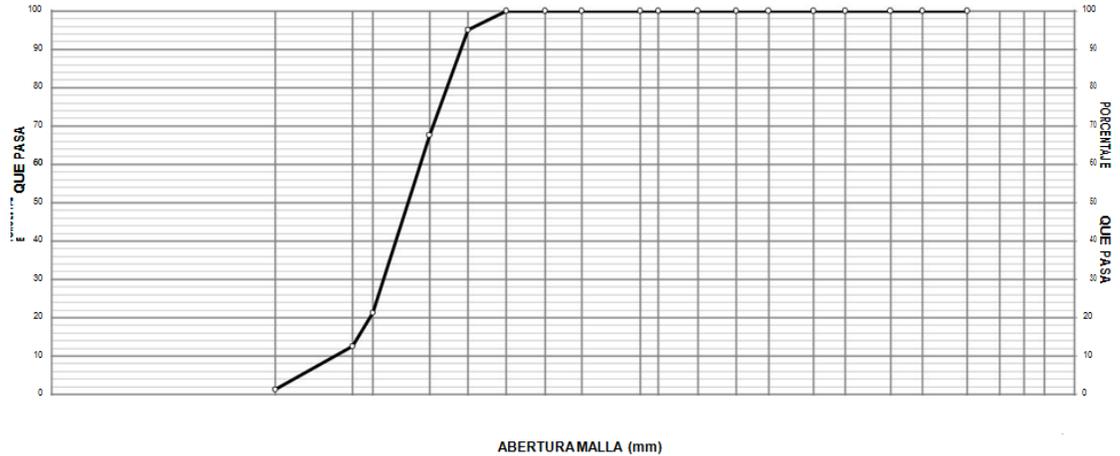


Figura 10. Curva Granulométrica  
Fuente: Ensayo de laboratorio

Tabla 8. Clasificación de suelos

Límite líquido	(%)	NP
Límite plástico	(%)	NP
Índice plástico	(%)	NP
Clasificación SUCS	ASTM D 2487-05	SP
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	A-3 ( 0 )

Fuente: Ensayo de laboratorio

Tabla 9. Contenido de humedad

		Contenido de humedad
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	886.0
Peso cápsula + suelo seco	(g)	866.3
Peso de agua	(g)	19.7
Peso de la cápsula	(g)	76.5
Peso del suelo seco	(g)	789.8
Contenido de humedad	(%)	2.5

Fuente: Ensayo de laboratorio

De los resultados obtenidos se describe según su clasificación que el material extraído de la subrasante es:

SUCS: Arena Pobremente gradada (SP)

AASHTO: Bueno (A-3)

Además se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 10. *Proctor modificado*

Numero de Ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	3641.00	3737.00	3824.00	3832.00
Peso molde	gr	1949.00	1949.00	1949.00	1949.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1692.00	1788.00	1875.00	1883.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	951.00	951.00	951.00	951.00
Peso volumétrico húmedo	gr	1.779	1.880	1.972	1.980
Recipiente N°		10	199	187	11
Peso del suelo húmedo + tara	gr	220.00	215.00	263.00	294.60
Peso del suelo seco + tara	gr	200.70	192.60	229.40	250.50
Tara	gr	47.20	48.90	48.50	47.20
Peso de agua	gr	19.30	22.40	33.60	44.10
Peso del suelo seco	gr	153.50	143.70	180.90	203.30
Contenido de agua	%	12.57	15.59	18.57	21.69
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.580	1.627	1.663	1.627

Fuente: Ensayo de laboratorio

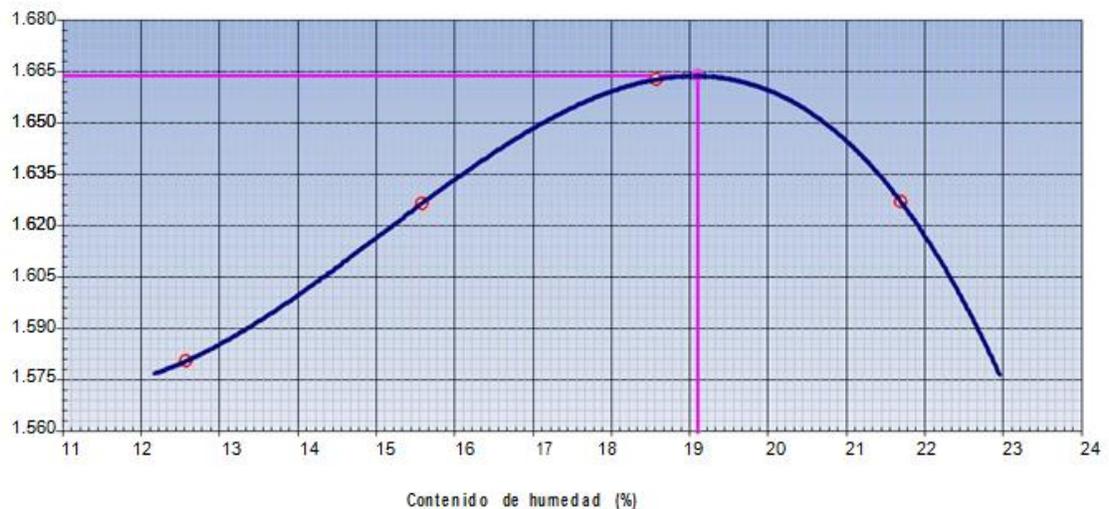


Figura 11. Relación humedad – densidad

Fuente: Ensayo de laboratorio

Se obtuvo los siguientes resultados

Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>): 1.664

Humedad óptima (%): 19.1

Tabla 11. *Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)*

	11		8		24	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8739.00		8325.00		7950.00	
Peso de molde (g)	4482.00		4185.00		4169.00	
Peso del suelo húmedo (g)	4257.00		4140.00		3781.00	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2153.05		2194.71		2123.97	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.977		1.886		1.780	
Tara (N°)	8		125		41	
Peso suelo húmedo + tara (g)	341.70		351.80		333.10	
Peso suelo seco + tara (g)	294.60		302.00		286.40	
Peso de tara (g)	46.50		45.20		41.80	
Peso de agua (g)	47.10		49.80		46.70	
Peso de suelo seco (g)	248.10		256.80		244.60	
Contenido de humedad (%)	19.0		19.4		19.1	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.662		1.580		1.495	

Fuente: Ensayo de laboratorio

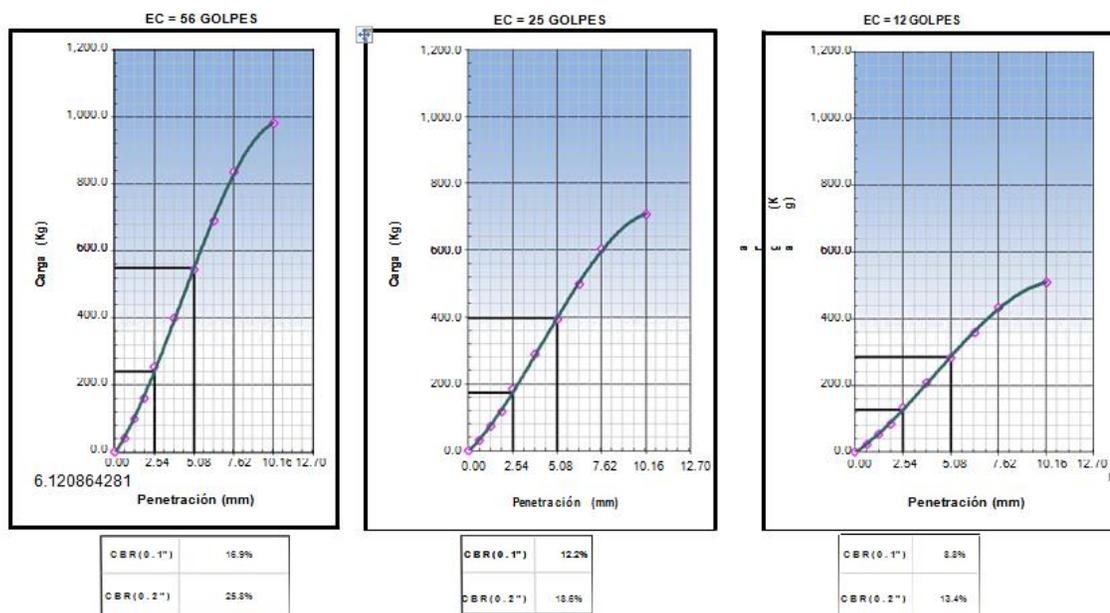


Figura 12. Ensayo de CBR  
Fuente: Ensayo de laboratorio

Resultado de CBR: 12.2 %

### 3.1.1 Diseño de pavimento flexible sin refuerzo

Para realizar el diseño de la estructura del pavimento se tomó los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio (CBR) y se procedió a realizar el diseño inicial mediante el método AASHTO 93 según lo indica el manual de carreteras.

Tabla 12. *Datos de diseño para cálculo de SN*

ESAL	<b>3.74E+06</b>
CBR	<b>12.20 %</b>
MR subrasante (PSI)	<b>12666.63325</b>
Tipo de tráfico TP	<b>TP7</b>
Numero de etapas	<b>1</b>
Nivel de confiabilidad R (%)	<b>85%</b>
Coefficiente estadístico de desviación estándar normal (ZR)	<b>-1.036433389</b>
Desviación estándar combinada (SO)	<b>0.45</b>
Serviciabilidad inicial (PI)	<b>4</b>
Serviciabilidad final o terminal (PT)	<b>2.5</b>
Variación de Serviciosabilidad ( $\Delta$ PSI)	<b>1.5</b>

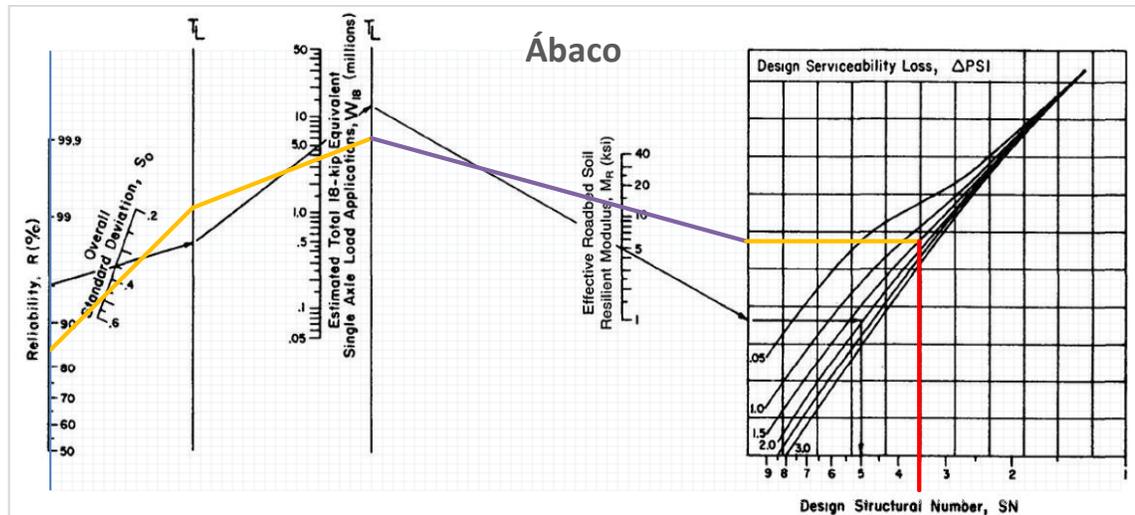
Fuente: Elaboración propia

Los valores para los parámetros “Nivel de confiabilidad”, “Coeficiente estadístico de desviación estándar normal”, “Desviación estándar combinada”, “Serviciabilidad inicial”, “Serviciabilidad final” fueron determinados en base a las recomendaciones establecidas por el manual de carreteras de acuerdo al tipo de tráfico y se detallan en las tablas 2, 3, 4 y 5 respectivamente de la presente investigación.

De la iteración se obtuvo como resultado lo siguiente:

SN= 3.469

Además se corroboró con el uso del ábaco:



Del ábaco se obtuvo el siguiente resultado:

SN= 3.47

Para la determinación de los espesores se siguió las recomendaciones establecidas en el manual de carreteras (MTC), para los cuales se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 13. *Coefficientes recomendados según el tráfico*

	a1	a2	a3
Componente	Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS
Observación	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE
ai (Recomendado)	0.17	0.052	0.05
mi		1	1

Fuente: Elaboración propia en base al manual de carreteras

Tabla 14. *Espesores del pavimento flexible sin refuerzo*

Capa	Capa Asfáltica	Capa Base	Capa Subbase
ai	0.17	0.052	0.05
Espesor	5 (cm)	25 cm	30 cm

Fuente: Elaboración propia

Obtenido los espesores del pavimento flexible sin refuerzo se procedió al diseño de los espesores con el refuerzo de dos tipos de geomalla biaxial los cuales se describen a continuación.

De la variedad de geomallas biaxial existentes en el mercado hoy en día, para esta investigación se optó por el estudio de dos tipos que presentan diferentes propiedades físicas y mecánicas que a continuación se mencionan.

### 3.1.2 Pavimento flexible reforzada con geomalla biaxial tipo A (20 KN/m)

La primera geomalla biaxial tomada para esta investigación fue la geomalla biaxial “LBO 202 SAMP”, esta geomalla entre sus propiedades mecánicas tiene una resistencia máxima a la tracción de 20 KN/m, el resumen de otras propiedades se mencionan en la siguiente tabla.

Tabla 15. *Propiedades de la geomalla Lbo 202 Samp*

Propiedades Mecánicas	Método de prueba	Unidad	Lbo 202 samp	
			MD	TD
Resistencia a tracción a 2% de deformación	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	281,0 (4,1)	452,4 (6,6)
Resistencia a tracción a 5% de deformación	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	582,6 (8,5)	925,3 (13,5)
Módulo de tracción a 2% de deformación	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	14050 (205)	22618 (330)
Módulo de tracción a 5% de deformación	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	11651 (170)	18505 (270)
Resistencia a la tracción	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	891 (13.0)	1.405 (20)
Eficacia de conexiones	GRI-GG2	%	93	
Rigidez a la flexión	ASTM D 1388	mg-cm	500000	
La rigidez torsional	US ARMY	kg-cm / grado	3.20	
Resistencia al daño instalación		SC% /% SW / GP%	> 95 /> 95 /> 95	
Resistencia a la degradación UV	ASTM D 4355	%	100	

Fuente: Ficha Técnica

El diseño de pavimento flexible con esta geomalla se realizó con el software GEOSOFTE PAVCO v3.0 donde se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 16. *Datos de entrada para diseño con refuerzo tipo A*

Número Estructural SN:	3.47
Espesor Granular Equivalente Hge:	56,0
Espesor Granular Reforzado Hre:	42,424
Layer Coefficient Ratio LCR:	1,32
Eficiencia en los Nodos Geomalla Biaxial Coextruida >= 90%:	OK
Espesor Carpeta Asfáltica:	5.0 cm
Tipo de Geomalla de Refuerzo:	TIPO A P-BX 2020 (20kN/m)
Número de Capas Granulares:	2
CBR Subrasante (%):	12.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. *Espesores de pavimento flexible con refuerzo tipo A*

Tipo de Capa	Espesor Inicial [cm]	Espesor Nuevo [cm]	Reducción Espesor [cm]
Carpeta Asfáltica	5,0	5,0	0,0
Base	25,0	24,0	1,0
Subbase	30,0	17,0	13,0

Fuente: Elaboración propia

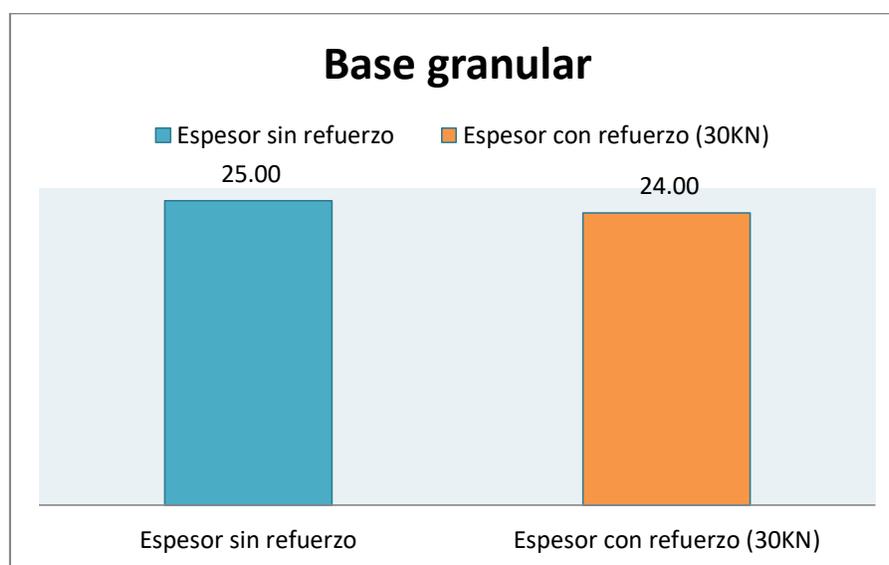


Figura 13. Comparación de la Base Granular con geomalla tipo A

Fuente: Elaboración propia

De la figura se puede interpretar que para la sección de la Base granular existe una reducción en comparación a de un pavimento flexible sin refuerzo, es decir, para este caso la reducción es del 4%.

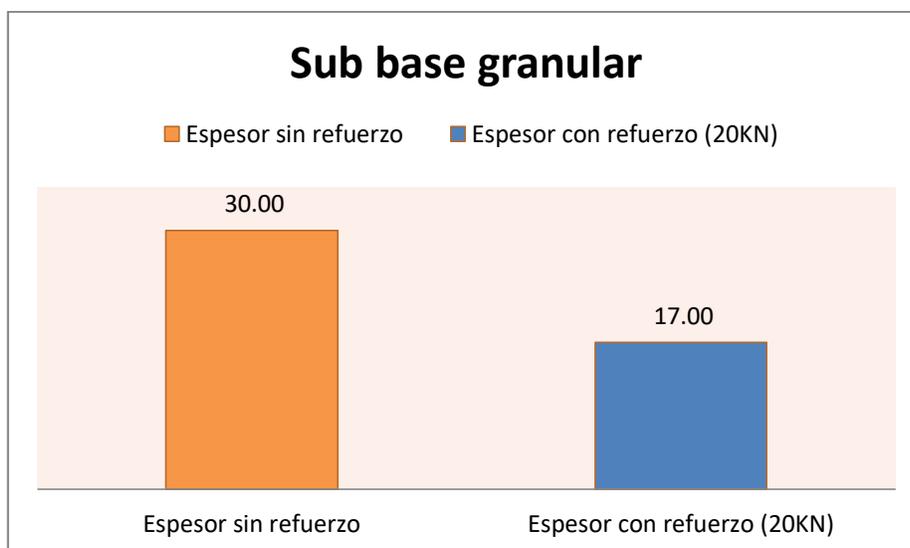


Figura 14. Comparación de la Subbase Granular con geomalla tipo A  
Fuente: Elaboración propia

Para la sección de la subbase se observa que sí existe una reducción del espesor al usar la geomalla biaxial LBO 202 en comparación con la sección del pavimento flexible sin refuerzo, es decir, para este caso la reducción es de un 43%.

### 3.1.3 Pavimento flexible reforzada con geomalla biaxial tipo B (30 KN/m)

El segundo tipo de geomalla para la investigación fue la geomalla biaxial “LBO 302 SAMP”, esta geomalla se caracteriza por tener una resistencia máxima a la tracción de 30 KN/m, otras propiedades mecánicas se mencionan en la siguiente tabla.

Tabla 18. Propiedades de la geomalla Lbo 302 Samp

Propiedades Mecánicas	Método de prueba	Unidad	Lbo 302 samp	
			MD	TD
Resistencia a tracción a 2% de deformación.	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	411,0 (6,0)	685,4 (10,0)
Resistencia a tracción a 5% de deformación.	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	822,5 (12,0)	1370.8 (20.0)
Módulo de tracción a 2% de deformación.	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	20562 (300)	34270 (500)
Módulo de tracción a 5% de deformación.	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	16449 (240)	27416 (400)
Resistencia a la tracción.	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	1336.5 (19.5)	2159.0 (31.5)

Eficacia de conexiones	GRI-GG2	%	93
Rigidez a la flexión	ASTM D 1388	mg-cm	750000
La rigidez torsional	US ARMY	kg-cm / grado	7.5
Resistencia al daño instalación		SC% /% SW / GP%	> 95 /> 95 /> 95
Resistencia a la degradación UV	ASTM D 4355	%	100

Fuente: Ficha Técnica

De la misma forma para el diseño del pavimento flexible reforzado con este tipo de geomalla se realizó en el software GEOSOF PAVCO v3.0 donde se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 19. *Datos de entrada para diseño con refuerzo tipo B*

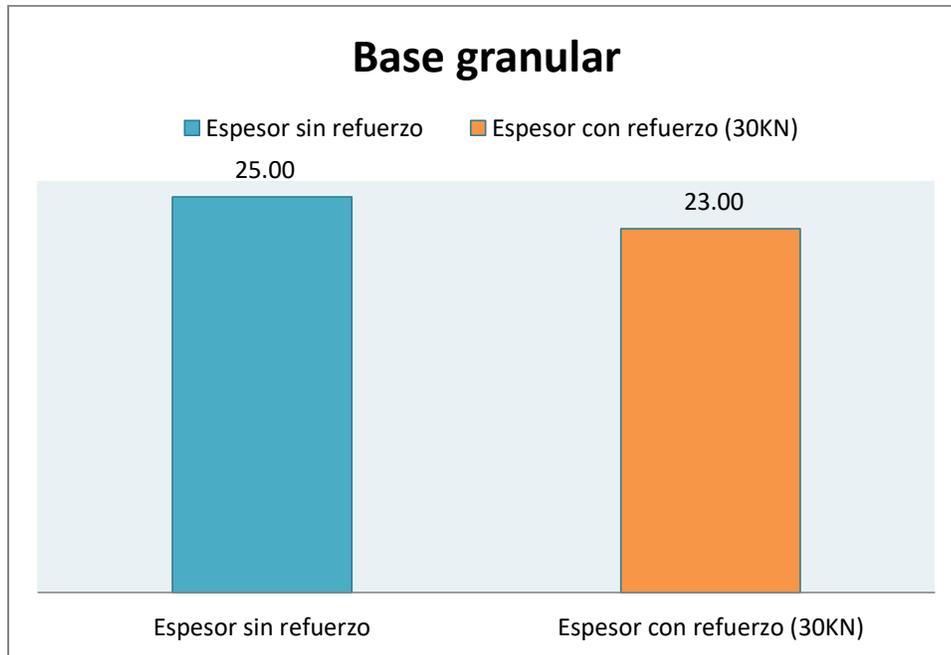
Número Estructural SN:	3.47
Espesor Granular Equivalente Hge:	56,0
Espesor Granular Reforzado Hre:	39,437
Layer Coefficient Ratio LCR:	1,42
Eficiencia en los Nodos Geomalla Biaxial Coextruida $\geq 90\%$ :	OK
Espesor Carpeta Asfáltica:	5.0 cm
Tipo de Geomalla de Refuerzo:	TIPO B P-BX 3020 (30kN/m)
Número de Capas Granulares:	2
CBR Subrasante (%):	12.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. *Espesores de pavimento flexible con refuerzo tipo B*

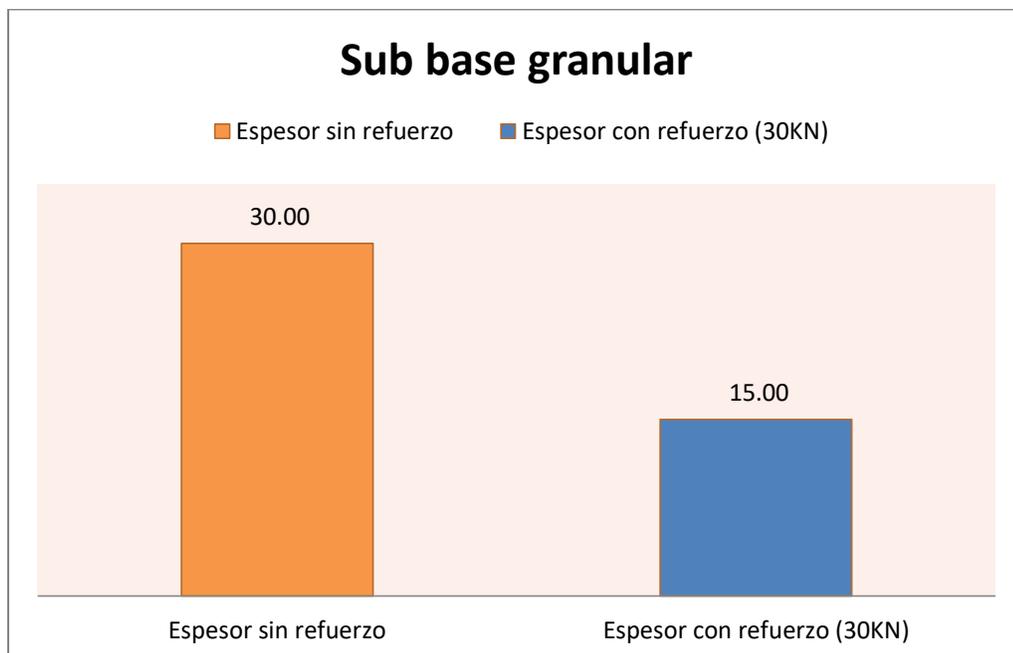
Tipo de Capa	Espesor Inicial [cm]	Espesor Nuevo [cm]	Reducción Espesor [cm]
Carpeta Asfáltica	5,0	5,0	0,0
Base	25,0	23,0	2,0
Subbase	30,0	15,0	15,0

Fuente: Elaboración propia



*Figura 15.* Comparación de la Base Granular con geomalla tipo B  
Fuente: Elaboración propia

Del gráfico se interpreta que hay una reducción de 1cm para la sección de la capa base granular con el uso de geomalla biaxial LBO 302, es decir, la reducción es de un 8%.



*Figura 16.* Comparación de la Subbase Granular con geomalla tipo B  
Fuente: Elaboración propia

Para la sección de la Subbase se observa que la reducción fue de 15cm con el uso de geomalla biaxial LBO 302 en comparación con la sección del pavimento no reforzado, es decir, se interpreta que la reducción fue de un 50%.

Así con las dimensiones obtenidas, se muestra la tabla resumen con los espesores obtenidos utilizando los dos tipos de refuerzo:

Tabla 21. Resumen de espesores con los dos tipos de refuerzo.

	Pavimento sin refuerzo	Pavimento con refuerzo (20KN)	Pavimento con refuerzo (30KN)
Carpeta Asfáltica	5,0	5,0	5,0
Base	25,0	24,0	23,0
Subbase	30,0	17,0	15,0

## 3.2 Costo del pavimento flexible

### 3.2.1 Costo de pavimento flexible sin refuerzo

Con los espesores obtenidos mediante el diseño del pavimento flexible con el método AASHTO 93 ya descrito anteriormente se procedió a realizar el análisis de costos con lo que se obtuvo los siguientes resultados.

Para poder realizar un análisis de los costos se realizó previamente el metrado en m<sup>2</sup> de toda el área a pavimentar para el cual se obtuvo:

Tabla 22. *Metrados de pavimento flexible sin refuerzo*

N°	Nombre	Und.	Metrado
1	<b>Pavimento flexible sin refuerzo</b>		
1.01	Sub base e=0.30m con afirmado	m <sup>2</sup>	3,600.00
1.02	Base granular e=0.25 m c/equipo pesado	m <sup>2</sup>	3,600.00
1.03	Imprimación asfáltica (dosif0.40 gl/m <sup>2</sup> -tanque 1800gl)	m <sup>2</sup>	3,600.00
1.04	Carpeta asfáltica en caliente de 7cm	m <sup>2</sup>	3,600.00

Fuente: Elaboración propia

Con los metrados obtenidos se procedió a realizar el análisis de costos unitarios para cada partida y así poder obtener el precio unitario de cada una de estas.

Tabla 23. *Análisis de precios unitarios para la Sub base granular sin refuerzo*

<b>1.00.- Pavimento flexible sin refuerzo</b>						
<b>1.01.- Sub base granular E=0.30M</b>						
Rendimiento	<b>900.00</b>	<b>m2</b>		Costo unitario directo por : m2		<b>17.21</b>
<b>Mano de Obra</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Oficial		hh	1.0000	0.0089	17.00	0.15
Peon		hh	4.0000	0.0356	15.30	0.54
						<b>0.70</b>
<b>Materiales</b>						
Afirmado para subbase		m3		0.3750	32.00	12.00
Agua puesta en obra		m3		0.0450	8.00	0.36
						<b>12.36</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales		%MO		3%	0.70	0.02
Motoniveladora de 125hp		hm	1	0.0089	161.59	1.44
Rodillo liso vibr autopropulsado 136-170 hp 10-12 t		hm	1	0.0089	156.68	1.39
Camión cisterna		hm	1	0.0089	147.00	1.31
						<b>4.16</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. *Análisis de precios unitarios para la Base granular sin refuerzo*

<b>1.00.- Pavimento flexible sin refuerzo</b>						
<b>1.02.- Base granular E=0.25M</b>						
Rendimiento	<b>480.00</b>	<b>m2</b>		Costo unitario directo por : m2		<b>19.80</b>
<b>Mano de Obra</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Oficial		hh	1.0000	0.0167	17.00	0.28
Peon		hh	4.0000	0.0667	15.30	1.02
						<b>1.30</b>
<b>Materiales</b>						
Afirmado para subbase		m3		0.3250	32.00	10.40
Agua puesta en obra		m3		0.0375	8.00	0.30
						<b>10.70</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales		%MO		3%	1.30	0.04
Motoniveladora de 125hp		hm	1	0.0167	161.59	2.69
Rodillo liso vibr autopropulsado 136-170 hp 10-12 t		hm	1	0.0167	156.68	2.61
Camión cisterna		hm	1	0.0167	147.00	2.45
						<b>7.79</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. *Análisis de precios unitarios para la Imprimación asfáltica*

<b>1.00.- 1.03.-</b>	<b>Pavimento flexible sin refuerzo Imprimación asfáltica (dosif0.40 gl/m2-tanque 1800gl)</b>					
Rendimiento	<b>4,000.00</b>	<b>m2</b>	Costo unitario directo por : m2			<b>4.75</b>
<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
Oficial	hh	2.0000	0.0040	17.00	0.07	
Peón	hh	2.0000	0.0040	15.30	0.06	
						<b>0.13</b>
<b>Materiales</b>						
Kerosene industrial	gal		0.0800	10.40	0.83	
Asfalto liquido rc-250	gal		0.3200	10.50	3.36	
						<b>4.19</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	%MO		3%	0.13	0.00	
Compresora neumática diesel 250 -330 pcm-87hp	hm		1	0.0020	79.14	0.16
Camión imprimador	hm		1	0.0020	135.73	0.27
						<b>0.43</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. *Análisis de precios unitarios para la Carpeta asfáltica*

<b>1.00.- 1.04.-</b>	<b>Pavimento flexible sin refuerzo Carpeta asfáltica en caliente de 2"</b>					
Rendimiento	<b>510.00</b>	<b>m2</b>	Costo unitario directo por : m2			<b>29.99</b>
<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
Oficial	hh	2.6074	0.0409	17.00	0.70	
Peón	hh	8.2748	0.1298	15.30	1.99	
						<b>2.68</b>
<b>Materiales</b>						
Mezcla asfáltica	m3		0.0593	365.00	21.64	
						<b>21.64</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	%MO		3%	2.68	0.08	
Pavimentadora sobre arugas hp 10-16'	hm	1.2686	0.0199	135.30	2.69	
Rodillo neumática autopropulsado 127 hp 8-23 ton	hm	1.0009	0.0157	145.98	2.29	
Transporte de mezcla asfáltica	hm	1.0136	0.0159	38.00	0.60	
						<b>5.67</b>

Fuente: Elaboración propia

Con los datos anteriormente descritos, se formuló un presupuesto para realizar la comparación de precios del pavimento flexible:

Tabla 27. Presupuesto de pavimento flexible sin refuerzo

N°	Nombre	Und.	Metrado	P.u.	Parcial
<b>01</b>	<b>Pavimento flexible sin refuerzo</b>				
1.01	Sub base e=0.30m con afirmado	m2	3,600.00	17.212	61962.112
1.02	Base granular e=0.25 m c/equipo pesado	m2	3,600.00	19.797	71268.96
1.03	Imprimación asfáltica	m2	3,600.00	4.755	17117.338
1.04	Carpeta asfáltica en caliente de 5cm	m2	3,600.00	29.995	107981.070
Total=					258329.480

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 Costo de pavimento flexible reforzado con geomalla biaxial tipo A (20KN)

Para realizar el análisis de costos del pavimento flexible reforzado por la geomalla biaxial tipo

A también se realizó el metrado en m2 el cual se resume en la siguiente tabla:

Tabla 28. Metrados de pavimento flexible con refuerzo geomalla tipo A

N°	Nombre	Und.	Metrado
<b>2</b>	<b>Pavimento con refuerzo geomalla tipo a</b>		
2.01	Sub base e=0.17m con afirmado	m2	3,600.00
2.02	Geomalla biaxial tipo a (20kn)	m2	3,600.00
2.03	Base granular e=0.25 m c/equipo pesado	m2	3,600.00
2.04	Imprimación asfáltica (dosif0.40 gl/m2-tanque 1800gl)	m2	3,600.00
2.05	Carpeta asfáltica en caliente de 5cm	m2	3,600.00

Fuente: Elaboración propia

Además se muestra el análisis de precios unitarios para cada partida.

Tabla 29. Análisis de precios unitarios para la Sub base granular

<b>2.00.- Pavimento con refuerzo geomalla tipo A</b>						
<b>2.01.- Sub base granular e=0.17m</b>						
Rendimiento	<b>1,500.00</b>	<b>m2</b>	Costo unitario directo por : m2			<b>9.92</b>
<b>Mano de Obra</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Oficial		hh	1.0000	0.0053	17.00	0.09
Peon		hh	4.0000	0.0213	15.30	0.33
						<b>0.42</b>
<b>Materiales</b>						
Afirmado para subbase		m3		0.2125	32.00	6.80
Agua puesta en obra		m3		0.0255	8.00	0.20
						<b>7.00</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales		%MO		3%	0.42	0.01
Motoniveladora de 125hp		hm	1	0.0053	161.59	0.86
Rodillo liso vibr autopropulsado 136-170 hp 10-12 t		hm	1	0.0053	156.68	0.84
Camión cisterna		hm	1	0.0053	147.00	0.78
						<b>2.49</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. *Análisis de precios unitarios para la Instalación de geomalla biaxial tipo A (20kn)*

<b>2.00.-</b>	<b>Pavimento con refuerzo geomalla tipo A</b>					
<b>2.02.-</b>	<b>Instalación de geomalla biaxial tipo A</b>					
	<b>(20kn)</b>					
Rendimiento	<b>600.00</b>	<b>m2</b>			Costo unitario directo por : m2	<b>5.44</b>
<b>Mano de Obra</b>						
		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Oficial		hh	1.0000	0.0167	17.00	0.28
Peón		hh	1.0000	0.0167	15.30	0.26
						<b>0.54</b>
<b>Materiales</b>						
Sujetador tipo grampas "u"		pza		2.0000	0.50	1.00
Geomalla biaxial lb0202		m3		1.0000	3.89	3.89
						<b>4.89</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales		% mo		3%	0.54	0.02
						<b>0.02</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. *Análisis de precios unitarios para la Base granular*

<b>2.00.-</b>	<b>Pavimento con refuerzo geomalla tipo A</b>					
<b>2.03.-</b>	<b>Base granular</b>					
	<b>e=0.24m</b>					
Rendimiento	<b>470.00</b>	<b>m2</b>			Costo unitario directo por : m2	<b>19.98</b>
<b>Mano de Obra</b>						
		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Oficial		hh	1.0000	0.0170	17.00	0.29
Peón		hh	4.0000	0.0681	15.30	1.04
						<b>1.33</b>
<b>Materiales</b>						
Afirmado para subbase		m3		0.3250	32.00	10.40
Agua puesta en obra		m3		0.0360	8.00	0.29
						<b>10.69</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales		%MO		3%	1.33	0.04
Motoniveladora de 125hp		hm	1	0.0170	161.59	2.75
Rodillo liso vibr autopropulsado 136-170 hp 10-12 t		hm	1	0.0170	156.68	2.67
Camión cisterna		hm	1	0.0170	147.00	2.50
						<b>7.96</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. *Análisis de precios unitarios para la Imprimación asfáltica*

<b>2.00.-</b>	<b>Pavimento con refuerzo geomalla tipo A</b>					
<b>2.04.-</b>	<b>Imprimación asfáltica (dosif0.40 gl/m2-tanque 1800gl)</b>					
Rendimiento	<b>4,000.00</b>	<b>m2</b>	Costo unitario directo por : m2			<b>4.75</b>
<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
Oficial	hh	2.0000	0.0040	17.00	0.07	
Peón	hh	2.0000	0.0040	15.30	0.06	
						<b>0.13</b>
<b>Materiales</b>						
Kerosene industrial	gal		0.0800	10.40	0.83	
Asfalto liquido rc-250	gal		0.3200	10.50	3.36	
						<b>4.19</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	%mo		3%	0.13	0.00	
Compresora neumática diesel 250 - 330 pcm-87hp	hm	1	0.0020	79.14	0.16	
Camión imprimador	hm	1	0.0020	135.73	0.27	
						<b>0.43</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. *Análisis de precios unitarios para la Carpeta asfáltica*

<b>2.00.-</b>	<b>Pavimento flexible sin refuerzo</b>					
<b>2.04.-</b>	<b>Carpeta asfáltica en caliente de 2"</b>					
Rendimiento	<b>510.00</b>	<b>M2</b>	Costo unitario directo por : m2			<b>29.99</b>
<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
Oficial	hh	2.6074	0.0409	17.00	0.70	
Peón	hh	8.2748	0.1298	15.30	1.99	
						<b>2.68</b>
<b>Materiales</b>						
Mezcla asfáltica	m3		0.0593	365.00	21.64	
						<b>21.64</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	%MO		3%	2.68	0.08	
Pavimentadora sobre arugas hp 10-16'	hm	1.2686	0.0199	135.30	2.69	
Rodillo neumática autopropulsado 127 hp 8-23 ton	hm	1.0009	0.0157	145.98	2.29	
Transporte de mezcla asfáltica	hm	1.0136	0.0159	38.00	0.60	
						<b>5.67</b>

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto para el pavimento flexible reforzado con este tipo de geomalla se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 34. *Presupuesto de pavimento con refuerzo (20kn)*

N°	Nombre	Und.	Metrado	P.u.	Parcial
<b>2</b>	<b>Pavimento con refuerzo geomalla tipo A</b>				
2.01	Sub base e=0.17m con afirmado	m2	3,600.00	9.915	35694.067
2.02	Geomalla biaxial tipo a (20kn)	m2	3,600.00	5.453	19631.811
2.03	Base granular e=0.25 m c/equipo pesado	m2	3,600.00	19.978	71922.546
2.04	Imprimación asfáltica	m2	3,600.00	4.755	17117.338
2.05	Carpeta asfáltica en caliente de 5cm	m2	3,600.00	29.995	107981.070
Total=					<b>252346.832</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3 Costo de pavimento flexible reforzado con geomalla biaxial tipo B (30KN)

Finalmente como tercer diseño se estable utilizar la geomalla tipo B y analizar los precios, se muestran los metrados para este caso.

Tabla 35. *Metrados de pavimento flexible con refuerzo geomalla tipo B*

N°	Nombre	Und.	Metrado
<b>3</b>	<b>Pavimento con refuerzo geomalla tipo B</b>		
3.01	Sub base e=0.15m con afirmado	m2	3,600.00
3.02	Geomalla biaxial tipo b (30kn)	m2	3,600.00
3.03	Base granular e=0.24 m c/equipo pesado	m2	3,600.00
3.04	Imprimación asfáltica (dosif0.40 gl/m2-tanque 1800gl)	m2	3,600.00
3.05	Carpeta asfáltica en caliente de 7cm	m2	3,600.00

Fuente: Elaboración propia

El análisis de precios unitarios se muestra a continuación:

Tabla 36. *Análisis de precios unitarios para la Sub base granular*

3.00.- Pavimento con refuerzo geomalla tipo B						
3.01.- Sub base granular e=0.15m						
Rendimiento	1,800.00	m2	Costo unitario directo por : m2			8.61
Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Oficial	hh	1.0000	0.0044	17.00	0.08	
Peón	hh	4.0000	0.0178	15.30	0.27	
						<b>0.35</b>
<b>Materiales</b>						
Afirmado para subbase	m3		0.1875	32.00	6.00	
Agua puesta en obra	m3		0.0225	8.00	0.18	
						<b>6.18</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	%mo		3%	0.35	0.01	
Motoniveladora de 125hp	hm	1	0.0044	161.59	0.72	
Rodillo liso vibr autopropulsado 136-170 hp 10-12 t	hm	1	0.0044	156.68	0.70	
Camión cisterna	hm	1	0.0044	147.00	0.65	
						<b>2.08</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. *Análisis de precios unitarios para la Instalación de geomalla biaxial tipo B (30kn)*

<b>3.00.- Pavimento con refuerzo geomalla tipo B</b>							
<b>3.02.- Instalación de geomalla biaxial tipo a (30kn)</b>							
Rendimiento	<b>600.00</b>	<b>m2</b>	Costo unitario directo por : m2			<b>5.96</b>	
<b>Mano de Obra</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
Oficial		hh	1.0000	0.0170	17.00	0.29	
Peón		hh	1.0000	0.0170	15.30	0.26	
						<b>0.55</b>	
<b>Materiales</b>							
Sujetador tipo grampas "u"		pza		2.0000	0.50	1.00	
Geomalla biaxial lb0302		m3		1.0000	4.39	4.39	
						<b>5.39</b>	
<b>Equipos</b>							
Herramientas manuales		% mo		3%	0.55	0.02	
						<b>0.02</b>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. *Análisis de precios unitarios para la Base granular*

<b>3.00.- Pavimento con refuerzo geomalla tipo B</b>							
<b>3.03.- Base granular e=0.23m</b>							
Rendimiento	<b>460.00</b>	<b>m2</b>	Costo unitario directo por : m2			<b>19.75</b>	
<b>Mano de Obra</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
Oficial		hh	1.0000	0.0174	17.00	0.30	
Peón		hh	4.0000	0.0696	15.30	1.06	
						<b>1.36</b>	
<b>Materiales</b>							
Afirmado para subbase		m3		0.3120	32.00	9.98	
Agua puesta en obra		m3		0.0345	8.00	0.28	
						<b>10.26</b>	
<b>Equipos</b>							
Herramientas manuales		% mo		3%	1.36	0.04	
Motoniveladora de 125hp		hm	1	0.0174	161.59	2.81	
Rodillo liso vibr autopropulsado 136-170 hp 10-12 t		hm	1	0.0174	156.68	2.72	
Camión cisterna		hm	1	0.0174	147.00	2.56	
						<b>8.13</b>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. *Análisis de precios unitarios para la Imprimación asfáltica*

<b>3.00.- Pavimento con refuerzo geomalla tipo B</b>						
<b>3.04.- Imprimación asfáltica (dosif0.40 gl/m2-tanque 1800gl)</b>						
Rendimiento	<b>4,000.00</b>	<b>m2</b>	Costo unitario directo por : m2			<b>4.75</b>
<b>Mano de Obra</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Oficial		hh	2.0000	0.0040	17.00	0.07
Peón		hh	2.0000	0.0040	15.30	0.06
						<b>0.13</b>
<b>Materiales</b>						
Kerosene industrial		gal		0.0800	10.40	0.83
Asfalto liquido rc-250		gal		0.3200	10.50	3.36
						<b>4.19</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales		%MO		3%	0.13	0.00
Compresora neumática diesel 250 -330 pcm-87hp		hm	1	0.0020	79.14	0.16
Camión imprimador		hm	1	0.0020	135.73	0.27
						<b>0.43</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. *Análisis de precios unitarios para la Carpeta asfáltica*

<b>3.00.- Pavimento con refuerzo geomalla tipo B</b>						
<b>3.05.- Carpeta asfáltica en caliente de 2"</b>						
Rendimiento	<b>510.00</b>	<b>m2</b>	Costo unitario directo por : m2			<b>29.99</b>
<b>Mano de Obra</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Oficial		hh	2.6074	0.0409	17.00	0.70
Peón		hh	8.2748	0.1298	15.30	1.99
						<b>2.68</b>
<b>Materiales</b>						
Mezcla asfáltica		m3		0.0593	365.00	21.64
						<b>21.64</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales		%mo		3%	2.68	0.08
Pavimentadora sobre arugas hp 10-16'		hm	1.2686	0.0199	135.30	2.69
Rodillo neumática autopropulsado 127 hp 8-23 ton		hm	1.0009	0.0157	145.98	2.29
Transporte de mezcla asfáltica		hm	1.0136	0.0159	38.00	0.60
						<b>5.67</b>

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto para este caso se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 41. *Presupuesto de pavimento con refuerzo (30kn)*

N°	Nombre	Und.	Metrado	P.u.	Parcial
<b>3</b>	<b>Pavimento con refuerzo geomalla tipo B</b>				
3.01	Sub base e=0.15m con afirmado	m2	3,600.00	8.606	30981.056
3.02	Geomalla biaxial tipo b (30kn)	m2	3,600.00	5.973	21501.329
3.03	Base granular e=0.24 m c/equipo pesado	m2	3,600.00	19.752	71108.828
3.04	Imprimación asfáltica (dosif0.40 gl/m2-tanque 1800gl)	m2	3,600.00	4.755	17117.338
3.05	Carpeta asfáltica en caliente de 5cm	m2	3,600.00	29.995	107981.070
Total=					<b>248689.620</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. *Comparación entre los costos para cada caso planteado*

	Pavimento sin refuerzo	Pavimento con refuerzo (20KN)	Pavimento con refuerzo (30KN)
PRESUPUESTO	S/ 258,329.48	S/ 252,346.83	S/ 248,689.62

Fuente: Elaboración propia

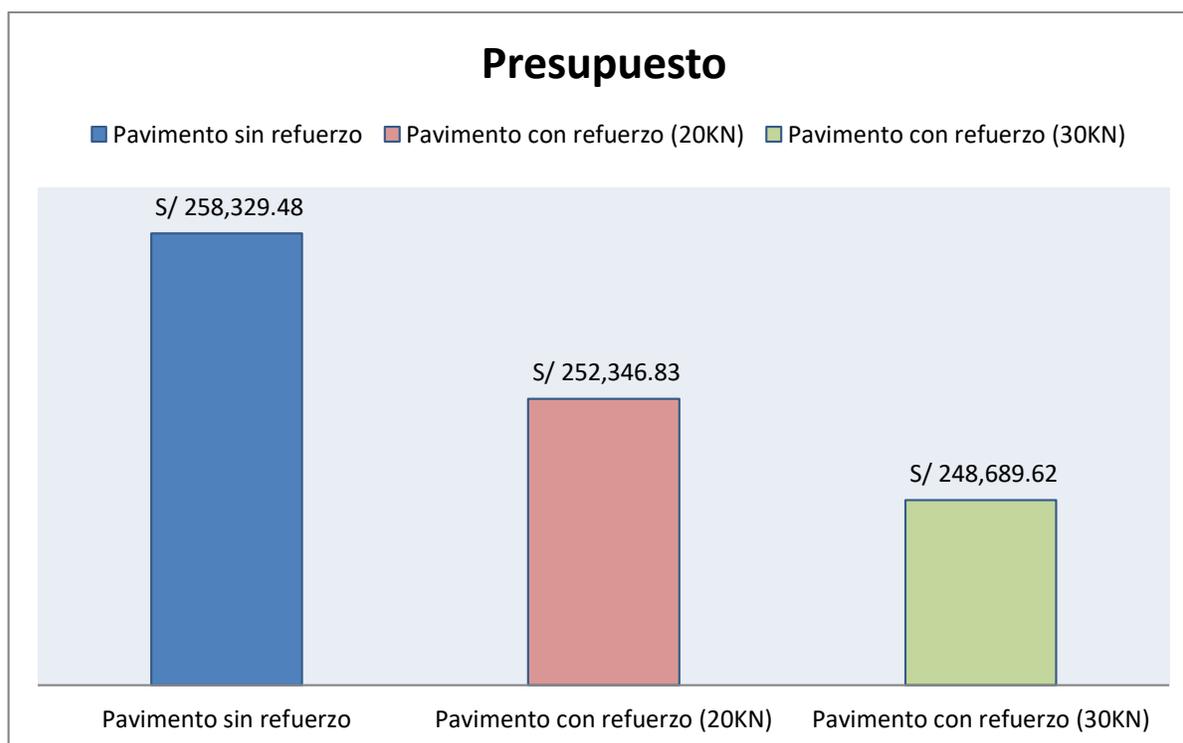


Figura 17. Comparación del análisis de costos

Fuente: Elaboración propia

Del grafico se interpreta que existe una reducción en el costo de la construcción del pavimento flexible utilizando el refuerzo de la geomalla biaxial tipo A (20KN), es decir, la geomalla biaxial LBO 202 proporciona una reducción de S/ 5,982.65, lo que representa una reducción del 2.31%.

Por otro lado, los costos de la construcción del pavimento flexible utilizando la geomalla tipo B también se reducen, la geomalla biaxial LBO 302 genera una reducción de S/ 9,639.86, es decir, el costo se reduce en un 3.73%.

### **3.3 Contratación de hipótesis**

#### **3.3.1 Uso de geomalla biaxial para optimizar la base y sub base de pavimento flexible.**

Ho: El uso de geomalla biaxial no optimiza la base y subbase de pavimento flexible.

Ha: El uso de geomalla biaxial optimiza la base y subbase de pavimento flexible.

Se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula debido a que con los resultados obtenidos (Tabla 21) se observa que la geomalla biaxial genera una reducción de la base y subbase del pavimento flexible, haciendo la comparación entre los dos tipos de geomalla utilizados y según se detalla en los objetivos específicos, la geomalla biaxial tipo B de 30KN genera una mayor reducción de los espesores, esta reducción se produce en mayor porcentaje en la capa subbase, por otro lado, en la comparación de precios analizados se determinó que la reducción de costos se produce en un porcentaje considerable en ambos diseños realizados, sin embargo, de igual manera es la geomalla biaxial de tipo B la que genera mayor reducción.

#### **3.3.2 Uso de geomalla biaxial tipo A (20 KN/m) para disminuir el espesor de la base y subbase de pavimento flexible.**

Ho: El uso de geomalla biaxial tipo A (20 KN/m) no disminuye el espesor de la base y subbase de pavimento flexible.

Ha: El uso de geomalla biaxial tipo A (20 KN/m) disminuye el espesor de la base y subbase de pavimento flexible.

Según los resultados obtenidos de la comparación del diseño de pavimento flexible sin refuerzo y el pavimento flexible reforzado con la geomalla biaxial tipo A de 20 KN (ver Tabla 17) se observa que la geomalla genera una reducción del espesor de la capa subbase en un porcentaje considerable, sin embargo, la capa base se ve disminuida en un porcentaje mínimo,

de esto se puede sintetizar que la influencia de la geomalla tiene mayor porcentaje en la subbase, por ende se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la nula.

### **3.3.3 Uso de geomalla biaxial tipo B (30 KN/m) para disminuir el espesor de la base y subbase de pavimento flexible.**

Ho: El uso de geomalla biaxial tipo B (30 KN/m) no disminuye el espesor de la base y subbase de pavimento flexible.

Ha: El uso de geomalla biaxial tipo B (30KN/m) disminuye el espesor de la base y subbase de pavimento flexible.

Para el diseño determinado del pavimento flexible reforzado con la geomalla biaxial tipo B de 30 KN (ver Tabla 20), se acepta la hipótesis alterna se acepta y se rechaza la hipótesis nula debido a que según la comparación con el diseño del pavimento flexible sin refuerzo se concluyó que existe un porcentaje de disminución de los espesores la base y subbase, siendo, de igual manera, la capa subbase la que se disminuye en mayor porcentaje.

### **3.3.4 El uso de geomalla biaxial para reducir el costo de construcción de pavimento flexible.**

Ho: El uso de geomalla biaxial no reduce el costo de construcción de pavimento flexible.

Ha: El uso de geomalla biaxial reduce el costo de construcción de pavimento flexible.

De acuerdo al análisis de costos realizados (ver Tabla 42), reforzar el pavimento flexible con la geomalla biaxial genera una reducción importante en los precios por m<sup>2</sup>, sin embargo, de la comparación realizada a los dos tipos de refuerzo, la geomalla biaxial tipo B genera mayor reducción de costos a comparación de la reducción generada por la geomalla biaxial tipo A, por el motivo expresado, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

## **IV. DISCUSIÓN**

- Uso de la geomalla biaxial para optimizar base y subbase de pavimento flexible.

De acuerdo a los resultados obtenidos para el objetivo principal “Evaluar el uso de geomalla biaxial para optimizar la base y subbase de un pavimento flexible en la Av. Camino del inca Izquierdo” se obtuvo que la geomalla biaxial optimiza la base y subbase del pavimento flexible así como también lo demostraron los autores Taipe Sarmiento y Tovar Choccelahua (2012) en su investigación titulada “Comportamiento del pavimento flexible con el uso de geomalla en el distrito de Lirkay km 0+010 camino a Ocopa departamento de Huancavelica” | en comparación a la estructura del pavimento sin refuerzo.

- Uso de geomalla biaxial tipo A (20KN/m) para disminuir el espesor de la base y subbase de pavimento flexible.

Según los resultados obtenidos para el primer objetivo específico “Calcular el espesor de la base y subbase de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial tipo A (20KN/m)” se determinó que la geomalla biaxial LBO 202 reduce el espesor de la estructura en un 23.6% lo cual corrobora con la investigación realizada por el autor Gavilanes Davila (2012) en su tesis “Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintéticos aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua- La maná”, este autor determinó que los espesores del pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial disminuyen en un 30%.

- Uso de geomalla biaxial tipo B (30KN/m) para disminuir el espesor de la base y subbase de pavimento flexible.

En el segundo objetivo específico “Calcular el espesor de la base y subbase de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial tipo B (30 KN/m)” se determinó que la geomalla biaxial LBO 303 reduce el espesor de la estructura en un 29.09% así como también lo demostró el autor Diaz Chuquimango (2017) en su investigación “Influencia de la geomalla en el diseño del pavimento flexible en la Vía de Evitamiento Norte – Cajamarca, 2017” donde obtuvo que la geomalla LBO 303 reduce los espesores de la base en un 32.6% y a subbase en un 32.1%

- Uso de geomalla biaxial para reducir el costo de construcción de pavimento flexible.

De acuerdo al tercer objetivo específico “Analizar el costo de construcción de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial” se obtuvo que los costos de construcción se reducen, la construcción del pavimento flexible reforzada con la geomalla LBO 202 reduce

los costos en un 2.59% y la geomalla LBO 303 reduce los costos en un 4.01% para este tramo de la investigación, los autores Aguirre Zúñiga y Flórez Rojas (2016) en su investigación titulada “Análisis de reducción de costos en obras viales mediante optimizaciones de ingeniería en los diseños de pavimentos flexibles: caso de estudio, obra mejoramiento de la carretera CU-110 “Huarcocondo – Pachar”, ubicado en los distritos de Huarcocondo y Ollantaytambo, provincia de Anta y Urubamba, región Cusco” determinaron que la geomalla biaxial genera una reducción de 3.30% en los costos de la construcción del proyecto.

## **V. CONCLUSIONES**

- Se determinó al comparar el diseño de pavimento flexible sin refuerzo y con el uso de refuerzo que la base y subbase del pavimento flexible se optimizan en espesor y costo con el uso de la geomalla biaxial tipo A (LBO 202) y geomalla biaxial tipo B (LBO 302), sin embargo, de la comparación realizada a los dos tipos de refuerzo se observa que la mayor optimización se genera con el uso de la geomalla biaxial LBO 302 para el tramo en estudio y así se muestra en la Tabla 21. Resumen de espesores con los dos tipos de refuerzo.
- El uso de la geomalla biaxial LBO 202 como refuerzo del pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo se determinó que genera como resultado un espesor de 0.24m y 0.17m para la capa base y subbase respectivamente, es decir, la capa base se disminuye en un 4% y la capa subbase disminuye en un 43% según se muestra en la tabla 17 (Espesores de pavimento flexible con refuerzo tipo A).
- Se determinó que el pavimento flexible en la Av. Camino de Inca Izquierdo reforzado con la geomalla biaxial tipo B (30KN) genera como resultado unos espesores de 0.23m y 0.15m para la capa base y subbase respectivamente lo que representa una reducción de 8% de capa base y 50% de capa subbase así se muestra en la Tabla 20. Espesores de pavimento flexible con refuerzo tipo B).
- Con respecto al análisis de costos, se determinó que la utilización de las geomalla biaxial tipo A (20KN) reduce el costo de la construcción en un 2.31%, por otro lado, la geomalla biaxial tipo B (30KN) genera una reducción en la construcción de un 3.73% según se presenta en la Tabla 42. Comparación entre los costos para cada caso planteado).

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda el uso de la geomalla biaxial a nivel de refuerzo para base y subbase de pavimento flexible, además, tener en cuenta para los futuros proyectos a realizarse en el distrito de Ventanilla debido a que genera los beneficios importantes como la disminución de espesores en las capas base y subbase y además es un material de fácil instalación que ahorra tiempo en la construcción del pavimento.
- Utilizar la geomalla biaxial del tipo A y tipo B para pavimentos flexibles verificando que la instalación de este material sea en óptimas condiciones y supervisar el proceso constructivo para evitar que esta disminuya su resistencia, además, la elección del material granular es importante ya que es necesario que se genere la trabazón del material en la geomalla biaxial, de esa manera obtener su mejor rendimiento.
- Respecto a los costos se recomienda utilizar la geomalla debido a que se reduce la cantidad de materiales y a su vez el tiempo de ejecución de las partidas disminuye lo que representa una menor duración del proyecto.
- Para obtener un mayor beneficio con el uso de los geosintéticos se recomienda realizar un estudio respecto a la utilización de geotextil tejido con el fin de utilizar el material de la zona y realizar la comparación con los beneficios obtenidos con el uso de la geomalla biaxial.

## **VII. REFERENCIAS**

- ACADEMIA de investigación. Manual para la elaboración de tesis y trabajos de investigación. Puebla : s.n., 2009. 47 pp.
- ACOSTA y MACÍAS. Estudio sobre materiales granulares de la cantera Río de Oro utilizados como Base para pavimentos Flexibles-Bucaramax. Tesis (Ingeniero civil). 2006.
- CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica [en línea]. Lima: San Marcos, 2005.  
ISBN: 9972342425.
- CIDELSA. Cidelsa Geomallas. [En línea]. Lima: 2015. [Fecha de consulta: 24 de octubre de 2017.]  
Disponible en <http://www.cidelsa.com>.
- DEPARTAMENTO de Administración y Evaluación de Pavimentos. Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación. República Dominicana : Dirección General de Reglamentos y Sistemas, 2016.
- GAVILANES, Nydia. Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintético aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua- La Maná. Disertación (Ingeniero Civil). Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2012.
- GEOSISTEMAS Pavco. Manual de diseño con geosintéticos. Mexico : Zetta Comunicadores S.A., 2012. 127 pp.
- HAAS, Ralph, Walls, Jamie y R., Carrol. Geogrid Reinforcement of Granular Bases in Flexible Paviments. 2010.
- JORDAN y SUÁREZ. Diseño de pavimentos flexibles con el uso de geosintéticos como refuerzo aplicado en las vías de acceso a la ciudadela La Milina del Cantón Salinas. Tesis (Ingeniero Civil). Santa Elena, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2017.
- KOERNER, Robert. 2012. Designing with Geosynthetics. United States of America: Xlibris Corporation.  
ISBN: 978-4628-8288-5

- MENEDEZ, José. Ingeniería de pavimentos tomo 3. Perú. Instituto Nacional y Gerencia. 2016.  
ISBN: 9786124280177
- MENEDEZ, José. Ingeniería de pavimentos tomo 2. Perú. Instituto Nacional y Gerencia. 2016.  
ISBN: 9786124280160
- MENEDEZ, José. Ingeniería de pavimentos tomo 1. 5ª ed. Perú. Instituto Nacional y Gerencia. 2016.  
ISBN: 9786124280153
- MINISTERIO de transporte y comunicaciones. Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima. 2013.
- MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogotá : Agora Editores, 2002.  
ISBN: 9589603629.
- NAMAKFOROOSH, Mokammad. Metodología de la investigación. México: Editorial Luminosa. 2000.  
ISBN: 968-18-5517-8
- OFICINA de tesis de grado – UASD. “Orientación metodológica básica para el proceso de elaboración de tesis de grado”. 2011.
- ORREGO, Daniel. Análisis técnico económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles. Tesis (Ingeniero Civil). Lima, Perú: Pontificia universidad Católica del Perú. 2014.
- PÉREZ, P. 2013. Mnual de carreteras suelos, geología, geotécnica y pavimentos, sección suelos y pavimentos. 2013.
- ROBERTO, Sampieri. Metodologia de la investigación. Mexico : s.n., 2010.  
ISBN: 9701057538.
- RODRIGUEZ y Valldeoriola. Metodología de la Investigación. México: Red Tercer Milenio. 2012.
- RONDÓN y REYES. Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. 2007.

- ROSA, Jimenez. Metodología de la investigación. La Habana : Ciencias medicas, 1998. ISBN: 9592120668.
- SABOGAL, Fernando Sanchez. Copernico. Copernico. [En línea]. 6 de Noviembre de 2009. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2017.]  
Disponible en:  
[http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%207.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf).
- SANCHEZ, José. Los métodos de investigación. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- SILVA, Mayra. Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo TX140 y TX 160, aplicado a un tramo de la calle Alemania- La molina- Cajamarca 2016. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. 2016.
- SOWERS, George B. y Sowers, George F. Introducción a la mecánica de suelos y cimentación manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos. 2012.
- TAÍPE y Tovar. Comportamiento del pavimento flexible con el uso de geomalla en el distrito de Lircay KM 0+010 camino a Ocopa departamento de Huancavelica. Tesis (Ingeniero civil). Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. 2012. 126 pp.
- TENSAR International Corporation. Propiedades y ventajas en el desempeño de las geomallas tensor triax. 2013.
- TINGAL, William. Comportamiento entre el diseño de pavimento tradicional (AASHTO) y el diseño con geomalla en la pavimentación de la Av. Salomón Vílchez Murga de la ciudad de Cutervo. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. 2013. 154 pp.

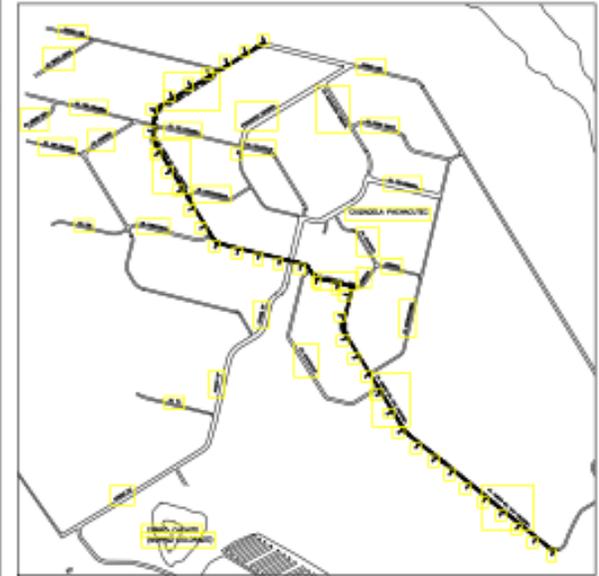
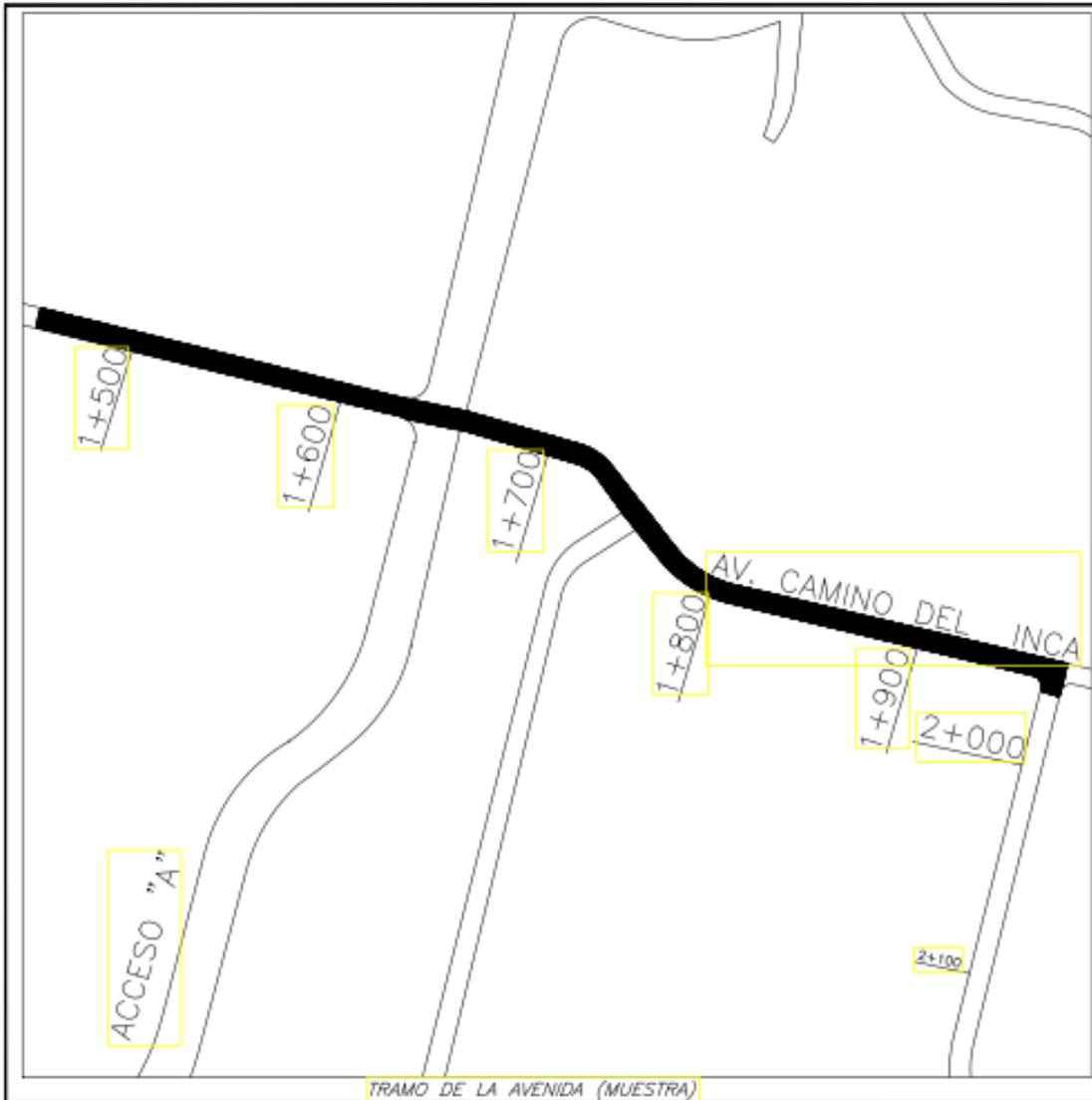
## **VIII. ANEXOS**

### Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

Matriz de consistencia					
Formulación De Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores
<b>General:</b> • ¿El uso de geomalla biaxial optimiza la base y subbase de pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018?	<b>General:</b> • Evaluar el uso de geomalla biaxial para optimizar la base y sub base de un pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018.	<b>General:</b> • El uso de geomalla biaxial optimiza la base y subbase de pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018.	Variable Independiente:	• Tipo A (20 KN/m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigidez a la flexión</li> <li>• Rigidez torsional</li> <li>• Características físicas</li> </ul>
			Geomalla biaxial	• Tipo B (30 KN/m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigidez a la flexión</li> <li>• Rigidez torsional</li> <li>• Características físicas</li> </ul>
<b>Problema Especifico</b> • ¿Cuál es el espesor de la base y subbase de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial Tipo A (20 KN/m)? • ¿Cuál es el espesor de la base y subbase de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial Tipo B (30 KN/m)? • ¿Cuál es el costo de construcción de un pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial?	<b>Objetivo Especifico</b> • Calcular el espesor de la base y subbase de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial Tipo A (20 KN/m). • Calcular el espesor de la base y subbase de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial Tipo B (30 KN/m). • Analizar el costo de construcción de pavimento flexible con el uso de geomalla biaxial.	<b>Hipótesis Especifico</b> • El uso de geomalla biaxial tipo A (20 KN/m) disminuye el espesor de la base y subbase de pavimento flexible. • El uso de geomalla biaxial tipo B (30 KN/m) disminuye el espesor de la base y subbase de pavimento flexible. • El costo de construcción de pavimento flexible reduce con el uso de geomalla biaxial.	Variable Dependiente:	• Espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espesor sin refuerzo.</li> <li>• Espesor con geomalla Tipo A (20 KN/m)</li> <li>• Espesor con geomalla Tipo B (30 KN/m).</li> </ul>
			Base y subbase	• Costo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo sin refuerzo.</li> <li>• Costo con refuerzo tipo A (20 KN/m).</li> <li>• Costo con refuerzo tipo B (30 KN/m).</li> </ul>

**Anexo 2: Plano de ubicación (Población y Muestra)**



Av. Camino del Inca Izquierdo	
<b>TIPO:</b> GEOMALLA BAIXAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2018	<b>PLANO DE UBICACIÓN</b>
<b>ELABORÓ:</b> LUIS FERNANDO ROBLES LAH	
<b>REVISÓ:</b> MS. ING. ARRIGLA MOSCOSO CECILIA	<b>FECHA:</b> 13 SEPTIEMBRE 2018

### **Anexo 3: Estudio de tráfico**





CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

TIPOS DE VEHICULOS	IMDA 2018	CARGA DE VEH. EJE	EJE EQUIVALENTE (EE 8.2 TN)	F. IMDA
AUTOS, CAMIONETAS Y COMBIS	2417	1	0.001	1.27
	2417	1	0.001	1.27
B2	153	7	1.265	193.00
	153	10	2.212	337.36
B3	1	7	1.265	0.83
	1	16	1.261	0.83
C2	86	7	1.265	108.21
	86	10	2.212	189.15
C3	38	7	1.265	48.51
	38	16	1.261	48.33
C4	3	7	1.265	3.52
	3	21	1.059	2.95
T2S1	1	7	1.265	1.45
	1	10	2.212	2.54
	1	10	2.212	2.54
T2S2	1	7	1.265	1.45
	1	10	2.212	2.54
	1	16	1.261	1.45
T2S3	1	7	1.265	1.66
	1	10	2.212	2.90
	1	23	1.239	1.62
3S1	0	7	1.265	0.00
	0	16	1.261	0.00
	0	10	2.212	0.00
3S2	0	7	1.265	0.00
	0	16	1.261	0.00
	0	16	1.261	0.00
3S3	0	7	1.265	0.00
	0	16	1.261	0.00
	0	23	1.239	0.00
2T2	0	7	1.265	0.00
	0	10	2.212	0.00
	0	10	2.212	0.00
	0	10	2.212	0.00
2T3	0	7	1.265	0.00
	0	10	2.212	0.00
	0	10	2.212	0.00
	0	16	1.261	0.00
3T2	0	7	1.265	0.00
	0	16	1.261	0.00
	0	10	2.212	0.00
	0	10	2.212	0.00
3T3	0	7	1.265	0.00
	0	16	1.261	0.00
	0	10	2.212	0.00
	0	16	1.261	0.00
Σ IMDA=				953.38

CALCULO DE ESAL

DATOS	
Días del año	365
Factor direccional	0.5
Factor camión	0.8
r%	3%
N° años	20
ESAL=	3,740,198.61

#### **Anexo 4: Instrumento de recolección de datos**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CONSTANCIA DE EVALUACIÓN

Yo, Jose Luis Benites Zuñiga, titular del

DNI N° 42414842, de profesión Ingeniero Civil

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación del Instrumento (Ficha Técnica), a los efectos de su aplicación al personal que realizara su DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de ítems			X	
Amplitud de conocimiento			X	
Redacción de ítems			X	
Claridad y precisión			X	
Pertinencia			X	

En Lima, a los 26 días del mes de septiembre del 2018.

  
JOSE LUIS BENITES ZUÑIGA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 126769



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (II)

Tesis: GEOMALLA BIAxIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA BIAxIAL COEXTRUIDA

### PARÁMETROS DE ENTRADA

Espesor Carpeta Asfáltica:	
Coefficiente Estructural a1:	
Tipo de Geomalla de Refuerzo:	
Número de Capas Granulares:	
Demanda Tránsito W18:	
CBR Subrasante (%):	

Expertos	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	<input checked="" type="checkbox"/>
Excelente	

### CAPAS GRANULARES

Capa	Di	Unidades Di	ai	mi

Expertos	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	<input checked="" type="checkbox"/>
Excelente	

### PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Número Estructural SN:	
Espesor Granular Equivalente:	
Espesor Granular Reforzado:	
Layer Coefficient Ratio LCR:	

Expertos	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	<input checked="" type="checkbox"/>
Excelente	

Tipo de Capa	Espesor Inicial [cm]	Espesor Nuevo [cm]	Reduccion Espesor [cm]

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

  
 JOSÉ LUIS BENITES ZUÑIGA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 426760  
 FIRMA



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (I)

Tesis: GEOMALLA BIAIXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

DISÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SIN REFUERZO: MÉTODO AASHTO 93

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

### 1) CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN):

DATOS DE ENTRADA	VALOR	EXPERTOS			
		DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
a) W18=				X	
b) Módulo de Resiliencia (M <sub>R</sub> )=				X	
c) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z <sub>r</sub> )=				X	
d) Desviación Estandar Combinada (S <sub>O</sub> )=				X	
e) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)=				X	

### 2) CÁLCULO DE LOS ESPESORES

$$SN = a_1x(d_1) + a_2x(d_2)x(m_2) + a_3x(d_3)x(m_3)$$

DATOS DE ENTRADA	VALOR	EXPERTOS			
		DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
a) Número Estructural (SN)				X	
b) Coeficientes Estructurales de capas (a <sub>i</sub> )=				X	
c) Coeficiente de drenaje (m <sub>i</sub> )=				X	

ESPESORES	cm
Carpeta Asfáltica	
Base Granular	
Subbase Granular	

SUGERENCIA:

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

  
 JOSE LUIS BENITES ZUÑIGA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C. P. N.º 126769



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (IV)

Tesis:

GEOMALLA BIAJAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/)	PARCIAL	EXPERTOS		
						DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO
	MOVIMIENTO DE TIERRA							
	Subrasante	m3					X	
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO							
	Conformación de Subbase Granular	m3					X	
	Conformación de Base Granular	m3					X	
	Carpetas asfálticas	m3					X	
	GEOMALLA BIAJAXIAL							
	Colocación de geomalla biaxial tipo A (20 KN/m)	m2					X	
	Costo Directo (S/)							

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

SUGERENCIA:

SELLO

.....  
JOSÉ LUIS BENTES ZUNIGA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 126765

FIRMA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (V)

Tesis:

GEOMALLA BIAJAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.L. (S/)	PARCIAL	EXPERTOS			
						DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
	MOVIMIENTO DE TIERRA								
	Subrasante	m3						X	
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO								
	Conformación de Subbase Granular	m3						X	
	Conformación de Base Granular	m3						X	
	Carpetas asfálticas	m3						X	
	GEOMALLA BIAJAXIAL								
	Colocación de geomalla biaxial tipo B (30 kN/m)	m2						X	
	Costo Directo (S/)								

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

SUGERENCIA:

SEILLO

JOSE LUIS BENTES ZUNIGA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 126769  
 FIRMA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (III)

Tesis:

GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO,  
DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

1) PRESUPUESTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SIN REFUERZO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P. U. (S/)	PARCIAL	EXPERTOS		
						DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO
	MOVIMIENTO DE TIERRA							
	Subrasante	m <sup>3</sup>					X	
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO							
	Conformación de Subbase Granular	m <sup>3</sup>					X	
	Conformación de Base Granular	m <sup>3</sup>					X	
	Carpetas asfáltica	m <sup>3</sup>					X	
	Costo Directo (S/)							

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

SUGERENCIA:

SELLO

.....  
JOSE LUIS BENITES ZUÑIGA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 126769

FIRMA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CONSTANCIA DE EVALUACIÓN

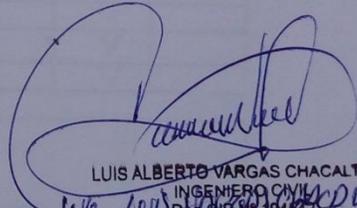
Yo, Luis Vargas Chacaltana, titular del  
DNI N° 09389936, de profesión Ingeniero Civil

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación del Instrumento (Ficha Técnica), a los efectos de su aplicación al personal que realizara su DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de ítems			X	
Amplitud de conocimiento			X	
Redacción de ítems			X	
Claridad y precisión			X	
Pertinencia			X	

En Lima, a los 26 días del mes de septiembre del 2018.

  
LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA  
INGENIERO CIVIL  
REG. ÚNICO N° 194542  
CIP. 194542



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (I)

Tesis: GEOMALLA BIAIXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SIN REFUERZO: MÉTODO AASHTO 93

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

1) CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN):

DATOS DE ENTRADA	VALOR	EXPERTOS			
		DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
a) W18=				✓	
b) Módulo de Resiliencia (M <sub>R</sub> )=				X	
c) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z <sub>r</sub> )=				X	
d) Desviación Estándar Combinada (S <sub>o</sub> )=				✓	
e) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)=				✓	

2) CÁLCULO DE LOS ESPESORES

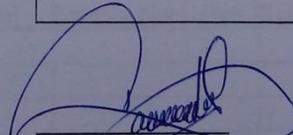
$$SN = a_1 x(d_1) + a_2 x(d_2) x(m_2) + a_3 x(d_3) x(m_3)$$

DATOS DE ENTRADA	VALOR	EXPERTOS			
		DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
a) Número Estructural (SN)				X	
b) Coeficientes Estructurales de capas (a <sub>i</sub> )=				✓	
c) Coeficiente de drenaje (m <sub>i</sub> )=				✓	

ESPEORES	cm
Carpeta Asfáltica	
Base Granular	
Subbase Granular	

SUGERENCIA:

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

FIRMA  
  
 LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 194542



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (II)

Tesis: GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA BIAXIAL COEXTRUIDA

PARÁMETROS DE ENTRADA

Espesor Carpeta Asfáltica:	
Coficiente Estructural a1:	
Tipo de Geomalla de Refuerzo:	
Número de Capas Granulares:	
Demanda Tránsito W18:	
CBR Subrasante (%):	

Expertos	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	X
Excelente	

CAPAS GRANULARES

Capa	Di	Unidades Di	ai	mi

Expertos	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	X
Excelente	

PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Número Estructural SN:	
Espesor Granular Equivalente:	
Espesor Granular Reforzado:	
Layer Coefficient Ratio LCR:	

Expertos	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	X
Excelente	

Tipo de Capa	Espesor Inicial [cm]	Espesor Nuevo [cm]	Reduccion Espesor [cm]

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

  
 LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg.CIP N° 194542



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (III)

Tesis:

GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

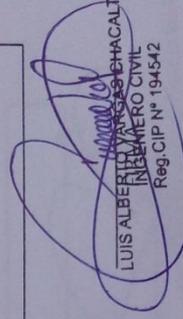
### 1) PRESUPUESTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SIN REFUERZO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U. (\$/)	PARCIAL	EXPERTOS			
						DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
	MOVIMIENTO DE TIERRA								
	Subrasante	m3						B	
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO								
	Conformación de Subbase Granular	m3						B	
	Conformación de Base Granular	m3						B	
	Carpeta asfáltica	m3						B	
	Costo Directo (\$/)								

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

SUGERENCIA:

SELLO

  
 LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 194542



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (IV)

Tesis:

GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

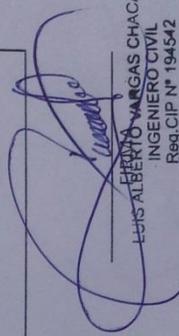
### 1) PRESUPUESTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON REFUERZO DE GEOMALLA BIAXIAL TIPO A (20 KN/m)

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/)	PARCIAL	EXPERTOS			
						DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
	MOVIMIENTO DE TIERRA								
	Subrasante	m3						X	
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO								
	Conformación de Subbase Granular	m3						X	
	Conformación de Base Granular	m3						X	
	Carpeta asfáltica	m3						X	
	GEOMALLA BIAXIAL								
	Colocación de geomalla biaxial tipo A (20 KN/m)	m2						X	
	Costo Directo (S/)								

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

SUGERENCIA:

SELLO

  
 LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 194542



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (V)

Tesis: GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

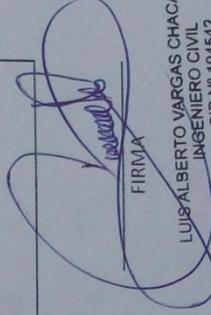
### 1) PRESUPUESTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON REFUERZO DE GEOMALLA BIAXIAL TIPO B (30 KN/m)

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/)	PARCIAL	EXPERTOS			
						DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
	MOVIMIENTO DE TIERRA								
	Subrasante	m3						X	
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO								
	Conformación de Subbase Granular	m3						X	
	Conformación de Base Granular	m3						X	
	Carpeta asfáltica	m3						X	
	GEOMALLA BIAXIAL								
	Colocación de geomalla biaxial tipo B (30 KN/m)	m2						X	
	Costo Directo (S/)								

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

SUGERENCIA:

SELLO

  
 FIRMA  
 LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 194542



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CONSTANCIA DE EVALUACIÓN

Yo, Pélex Germán Delgado Ramirez, titular del

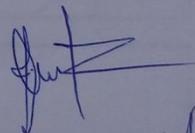
DNI N° \_\_\_\_\_, de profesión Ingeniero civil

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación del Instrumento (Ficha Técnica), a los efectos de su aplicación al personal que realizara su DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
<b>Congruencia de ítems</b>			/	
<b>Amplitud de conocimiento</b>			/	
<b>Redacción de ítems</b>			/	
<b>Claridad y precisión</b>			/	
<b>Pertinencia</b>			/	

En Lima, a los \_\_\_\_ días del mes de septiembre del 2018.

  
Félix Germán Delgado Ramirez  
CIP 40609



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (I)

Tesis: GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SIN REFUERZO: MÉTODO AASHTO 93

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R(S_0) + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

1) CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN):

DATOS DE ENTRADA	VALOR	EXPERTOS			
		DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
a) W18=				<input checked="" type="checkbox"/>	
b) Módulo de Resiliencia ( $M_R$ )=				<input checked="" type="checkbox"/>	
c) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ )=				<input checked="" type="checkbox"/>	
d) Desviación Estandar Combinada ( $S_0$ )=				<input checked="" type="checkbox"/>	
e) Variación de Serviabilidad ( $\Delta PSI$ )=				<input checked="" type="checkbox"/>	

2) CÁLCULO DE LOS ESPESORES

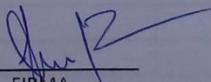
$$SN = a_1 x(d_1) + a_2 x(d_2) x(m_2) + a_3 x(d_3) x(m_3)$$

DATOS DE ENTRADA	VALOR	EXPERTOS			
		DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
a) Número Estructural (SN)				<input checked="" type="checkbox"/>	
b) Coeficientes Estructurales de capas ( $a_i$ )=				<input checked="" type="checkbox"/>	
c) Coeficiente de drenaje ( $m_i$ )=				<input checked="" type="checkbox"/>	

ESPESORES	cm
Carpeta Asfáltica	
Base Granular	
Subbase Granular	

SUGERENCIA:

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

  
FIRMA



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (II)

Tesis: GEOMALLA BIAxIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOMALLA BIAxIAL COEXTRUIDA

### PARÁMETROS DE ENTRADA

Espesor Carpeta Asfáltica:	
Coefficiente Estructural a1:	
Tipo de Geomalla de Refuerzo:	
Número de Capas Granulares:	
Demanda Tránsito W18:	
CBR Subrasante (%):	

Expertos	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	<input checked="" type="checkbox"/>
Excelente	

### CAPAS GRANULARES

Capa	Di	Unidades Di	ai	mi

Expertos	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	<input checked="" type="checkbox"/>
Excelente	

### PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Número Estructural SN:	
Espesor Granular Equivalente:	
Espesor Granular Reforzado:	
Layer Coefficient Ratio LCR:	

Expertos	
Deficiente	
Aceptable	
Bueno	<input checked="" type="checkbox"/>
Excelente	

Tipo de Capa	Espesor Inicial [cm]	Espesor Nuevo [cm]	Reduccion Espesor [cm]

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

FIRMA



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (III)

Tesis: GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

### 1) PRESUPUESTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SIN REFUERZO

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

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

SUGERENCIA:

SELLO

FIRMA



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (IV)

Tesis:

GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

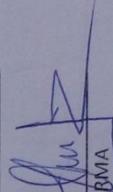
### 1) PRESUPUESTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON REFUERZO DE GEOMALLA BIAXIAL TIPO A (20 KN/m)

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/)	PARCIAL	EXPERTOS			
						DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
	MOVIMIENTO DE TIERRA								
	Subrasante	m3						✓	
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO								
	Conformación de Subbase Granular	m3						✓	
	Conformación de Base Granular	m3						✓	
	Carpeta asfáltica	m3						✓	
	GEOMALLA BIAXIAL								
	Colocación de geomalla biaxial tipo A (20 KN/m)	m2						✓	
		Costo Directo (S/)							

PUNTUACIÓN	
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

SUGERENCIA:

SELLO

  
FIBMA



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (V)

Tesis:

GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

### 1) PRESUPUESTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON REFUERZO DE GEOMALLA BIAXIAL TIPO B (30 KN/m)

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/)	PARCIAL	EXPERTOS			
						DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
	MOVIMIENTO DE TIERRA								
	Subrasante	m3						✓	
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO								
	Conformación de Subbase Granular	m3						✓	
	Conformación de Base Granular	m3						✓	
	Carpeta asfáltica	m3						✓	
	GEOMALLA BIAXIAL								
	Colocación de geomalla biaxial tipo B (30 KN/m)	m2						✓	
Costo Directo (S/)									

PUNTUACIÓN	Costo Directo (S/)
DEFICIENTE	00-05
ACEPTABLE	06-10
BUENO	11-15
EXCELENTE	16-20

SUGERENCIA:

SELLO

FORMA

## **Anexo 5: Resultados de Laboratorio**

<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO</b> MTC E 107 - 2000 / NTP 339.128:1999 ASTM D 422-63(2002) / AASHTO T - 88		CODIGO : FC - 02
		VERSIÓN : 1.0
		VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE T SUB-BASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

UBICACIÓN : AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO - VENTANILLA - LIMA

CLIENTE : ROBLES LAVI LUIS FERNANDO

REGISTRO : 082.2018JR

FECHA : 09/10/2018

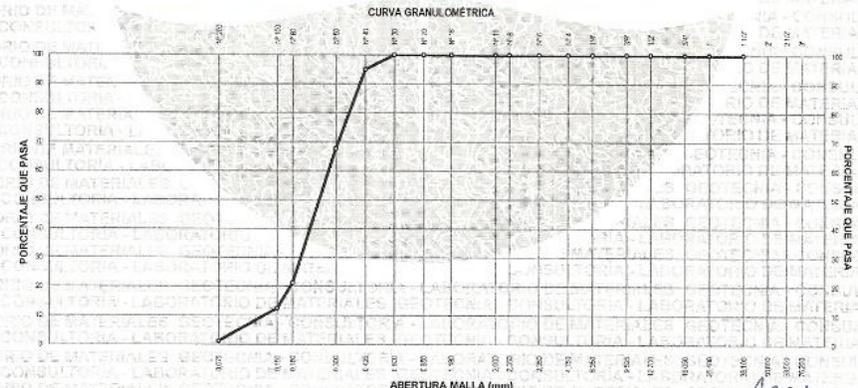
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.

IDENTIFICACIÓN : C-01 : N°1 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.750				
N° 6	3.360				
N° 8	2.360				
N° 10	2.000				
N° 15	1.180				
N° 20	0.850				
N° 30	0.600				100.0
N° 40	0.425	8.6	5.0	5.0	95.0
N° 50	0.300	46.9	27.4	32.4	67.6
N° 60	0.250	79.4	46.4	78.8	21.2
N° 80	0.180	14.8	8.7	87.5	12.5
N° 100	0.150	19.3	11.3	98.8	1.2
N° 200	0.075	2.0	1.2	100.0	
200	MTC E 137-2000				

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
Muestra Seca Inicial	35.215.0 g
Material > 3"	100.0 %
Material Ret. 2"	...
Material Ret. 3/4"	...
Material Ret. 3/8"	...
Material Ret. N°4	...
Material < N°4	35.215.0 g
	100.0 %
FRACCIÓN FINA (PASA N° 4)	
Peso seco antes del lavado + Tarro	215.5 g
Peso seco después del lavado + Tarro	213.5 g
Peso del Tarro	44.7 g
FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS	
Tamaño Máximo (mm)	0.600
Porcentaje de Grava 3" > N° 4	...
Porcentaje de Arena N°200 < N°4	98.8
Porcentaje de Pas. N° 200	1.2
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
Límite líquido (%)	NP
Límite plástico (%)	NP
Índice plástico	NP
Clasificación SUCS	ASTM D 2487-05 : SP
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282 : A-3 (0)
DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
SUCS	: Arena pobremente graduada
AASHTO	: Bueno



OBSERVACIONES: Muestra tomada e identificada por el solicitante.

*[Signature]*  
**RICCARDO FRANCESCO DAVILA RIOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355  
 982 840 339 / 956 363 147  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 proyectos@jrgeoconsultores.com  
 Asociación Virgen del Carmen Mz. D Lt. 24  
 San Martín de Porres - Lima

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL  
CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO  
MTC E 108 - 2000 / NTP 339.127:1998  
ASTM D 2216-05 / ASHTO T - 265**

**CÓDIGO :** FC - 04  
**VERSIÓN :** 1.0  
**VIGENCIA :** 31/12/2018

**PROYECTO :** GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE T SUB-BASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017  
**UBICACIÓN :** AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO - VENTANILLA - LIMA  
**REGISTRO :** 082-2018/JR  
**CLIENTE :** ROBLES LAVI LUIS FERNANDO  
**FECHA :** 09/10/2018

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**  
**PRESENTACIÓN :** 01 Saco de polipropileno.  
**IDENTIFICACIÓN :** C-01 : M-1 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m  
**DESCRIPCIÓN :** Arena pobremente gradada

DENOMINACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	886.0
Peso cápsula + suelo seco	(g)	866.3
Peso del Agua	(g)	19.7
Peso de la cápsula	(g)	76.5
Peso del suelo seco	(g)	789.8
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>(%)</b>	<b>2.5</b>

**OBSERVACIONES:**  
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

  
**RICCARDO FRANCESCO  
DAVILA RIOS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 203355**

982 840 339 / 956 363 147  
r.diaz@jrgeoconsultores.com  
jrgeoconsultores@gmail.com  
proyectos@jrgeoconsultores.com  
Asociación Virgen del Carmen Mz. D It. 24  
San Martín de Porres - Lima

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LOS MATERIALES  
MAS FINOS QUE EL DE 75 µm (N° 200)  
MTC E 137 - 2000 / NTP 339.132:1999  
ASTM D 1140:00 / AASHTO T - 11**

**CÓDIGO : FC - 03**  
**VERSIÓN : 1.0**  
**VIGENCIA : 31/12/2018**

**PROYECTO : GEOMALLÁ BIAJIAL PARA OPTIMIZAR BASE T SUB-BASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA  
IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017**

**UBICACIÓN : AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO - VENTANILLA - LIMA**

**REGISTRO : 082-2018JR**

**CLIENTE : ROBLES LAVI LUIS FERNANDO**

**FECHA : 09/10/2018**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.**

**IDENTIFICACIÓN : C-01 - M-1 / Prof: 0.00 m - 1.50 m**

**DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada**

DENOMINACIÓN		MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Porcentaje de la Fracción Fina	(%)	100.0
Peso suelo seco + cápsula - inicial	(g)	215.5
Peso suelo seco + cápsula - final	(g)	213.5
Peso del material pasante por la Malla N° 200	(g)	2.0
Peso de la cápsula	(g)	44.7
Peso del suelo seco inicial	(g)	170.8
<b>MATERIAL PASANTE POR LA MALLA N° 200</b>	<b>(%)</b>	<b>1.2</b>

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

  
**RICCARDO FRANCESCO  
DAVILA RIOS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 203355**

982 840 339 / 956 363 147

r.diaz@jrgeoconsultores.com

jr.geoconsultores@gmail.com

proyectos@jrgeoconsultores.com

Asociación Virgen del Carmen Mz. D Lt. 24

San Martín de Porres - Lima

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**  
**MTC E 110 - 2000 / MTC E 111 - 2000**  
**NTP 339,129:1999 / ASTM D 4318-05**  
**AASHTO T-89 / AASHTO T-90**

**CÓDIGO :** FC - 05  
**VERSIÓN :** 1.0  
**VIGENCIA :** 31/12/2018

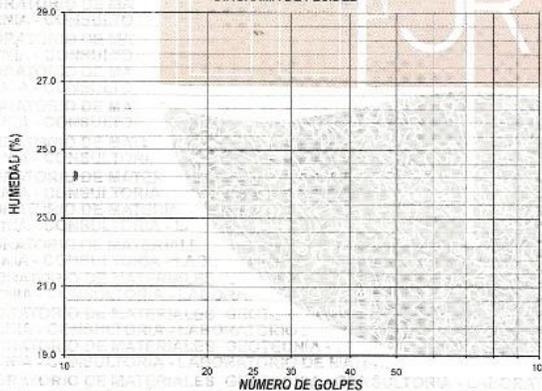
**PROYECTO :** GEOMALLA BIAJAX PARA OPTIMIZAR BASE T SUB-BASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017 **REGISTRO :** 002-2016/JR  
**UBICACIÓN :** AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO - VENTANILLA - LIMA **FECHA :** 09/10/2018  
**CLIENTE :** ROBLES LAVI LUIS FERNANDO

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**PRESENTACIÓN :** 01 Saco de polipropileno.  
**IDENTIFICACIÓN :** C-01 : M-1 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m  
**DESCRIPCIÓN :** Arena pobremente gradada

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (%)	NP

**OBSERVACIONES:**  
 - Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.  
 - La muestra se desliza en la copa de Casagrande.  
 - El Límite Líquido no se puede determinar.  
 - El límite plástico no se puede determinar.  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

  
**RICCARDO FRANCESCO**  
**DAVILA RIOS**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Reg. CIP N° 203355**

**982 840 339 / 956 363 147**  
**r.diaz@jrgeoconsultores.com**  
**jrgeoconsultores@gmail.com**  
**proyectos@jrgeoconsultores.com**  
**Asociación Virgen del Carmen Mz. D Lt. 24**  
**San Martín de Porres - Lima**

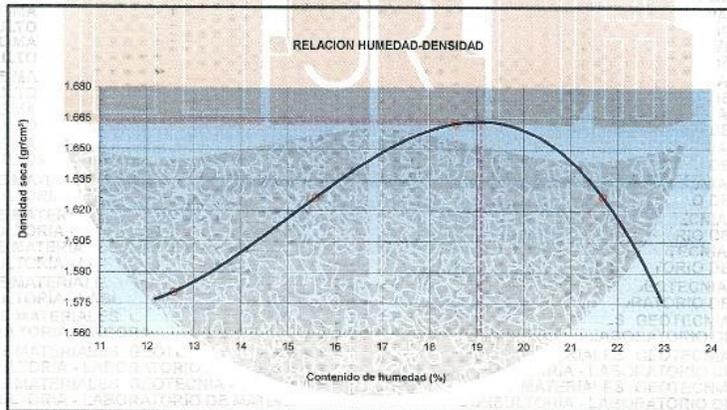
**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**  
**ASTM D 1557-02 / NTP 339.141:1999**  
**MTC E 115 - 2000 / AASHTO T-180**

CÓDIGO : FS-006  
 VERSIÓN : 1.0  
 VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : GEOMALLA BIAJIAL PARA OPTIMIZAR BASE T SUB-BASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE  
 UBICACIÓN : AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO - VENTANILLA - LIMA  
 CLIENTE : ROBLES LAVI LUIS FERNANDO

IDENTIFICACIÓN : C-01 : M-1 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m CLASF. (SUCS) : SP  
 Material Natural CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)  
 DESCRIPCIÓN : Arená pobremente gradada

		Metodo A				
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	3641.00	3737.00	3824.00	3632.00	
Peso molde	gr	1949.00	1949.00	1949.00	1949.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1692.00	1788.00	1875.00	1683.00	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	951.00	951.00	951.00	951.00	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.779	1.880	1.972	1.680	
Recipiente N°		10	196	187	11	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	220.00	215.00	263.00	294.60	
Peso del suelo seco + tara	gr	200.70	192.60	229.40	250.50	
Tara	gr	47.20	48.90	46.50	47.20	
Peso de agua	gr	19.30	22.40	33.60	44.10	
Peso del suelo seco	gr	153.50	143.70	180.90	203.30	
Contenido de agua	%	12.57	15.59	18.57	21.69	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.580	1.627	1.663	1.627	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.664
					Humedad óptima (%)	19.1



REFERENCIA :  
 ASTM D 1993-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2700 kN/m<sup>3</sup>)

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del Solicitante

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

**RICCARDO FRANCESCO**  
**DAVILA RIOS**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Reg. CIP N° 203355**

982 840 339 / 956 363 147  
 rdiaz@jrgeoconsultores.com  
 jrgeoconsultores@gmail.com  
 proyectos@jrgeoconsultores.com  
 Asociación Virgen del Carmen Mz. D Lt. 24  
 San Martín de Porres - Lima

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132

CÓDIGO : FS-007  
VERSIÓN : 1.0  
VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE T SUB-BASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

UBICACIÓN : AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO - VENTANILLA - LIMA

CLIENTE : ROBLES LAVI LUIS FERNANDO

IDENTIFICACIÓN : C-01 : M-1 / Prof: 0.00 m - 1.50 m

CLASF. (SUCS) : SP

Material Natural

CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)

DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

Molde Nº	11		8		24	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	66		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	6739.00		8326.00		7950.00	
Peso de molde (g)	4482.00		4185.00		4169.00	
Peso del suelo húmedo (g)	4257.00		4140.00		3781.00	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2153.05		2194.71		2123.97	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.977		1.886		1.786	
Tara (Nº)	8		125		41	
Peso suelo húmedo + tara (g)	3470		351.60		333.10	
Peso suelo seco + tara (g)	294.60		302.00		298.40	
Peso de tara (g)	46.50		45.30		41.80	
Peso de agua (g)	47.10		49.80		49.70	
Peso de suelo seco (g)	248.10		256.80		244.60	
Contenido de humedad (%)	19.0		19.4		19.1	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.662		1.580		1.495	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
06/10/2018	09:00	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
07/10/2018	09:06	24	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
08/10/2018	09:12	48	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
09/10/2018	09:18	72	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
10/10/2018	09:24	96	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 11			MOLDE Nº 8			MOLDE Nº 24					
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION			
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0			
0.835		35.1	41.3		27.4	30.6			19.6	22.8			
1.270		95.0	99.0		69.1	72.1			49.6	52.7			
1.905		158.3	161.0		113.7	116.6			81.0	84.6			
2.540	70.5	251.2	253.6	240.4	16.8	150.7	183.4	174.0	12.2	129.7	132.5	125.9	8.8
3.810		357.0	390.9		265.8	286.1			205.1	207.7			
5.080	105.7	543.2	544.6	549.5	25.8	350.8	382.9	396.5	18.8	260.5	262.8	265.5	13.4
6.350		659.0	689.9		466.0	497.6			365.0	366.0			
7.620		835.1	835.5		601.1	602.3			431.3	433.1			
10.160		981.0	980.9		706.2	707.1			505.7	508.3			

REFERENCIA

ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory compacted soils  
ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/ft<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>)

OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

  
RICARDO FRANCESCO  
DAVILA RIOS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP Nº 203355

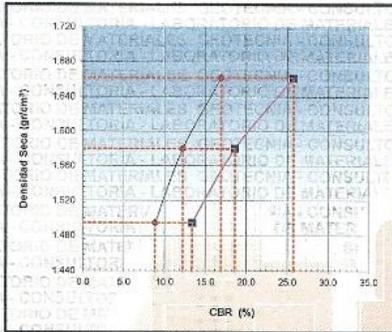
982 840 339 / 956 363 147  
r.diaz@jrgeoconsultores.com  
jrgeoconsultores@gmail.com  
proyectos@jrgeoconsultores.com  
Asociación Virgen del Carmen Mz. D Lt. 24  
San Martín de Porres - Lima

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132**

CÓDIGO : FS - 007  
 VERSIÓN : 1.0  
 VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : GEOMALLA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE T SUB-BASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017  
 UBICACIÓN : AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO - VENTANILLA - LIMA  
 CLIENTE : ROBLES LAVI LUIS FERNANDO

IDENTIFICACION : C-01 : M-1 / Prof.: 0.06 m - 1.50 m CLASF. (SUCS) : SP  
 Material Natural  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)

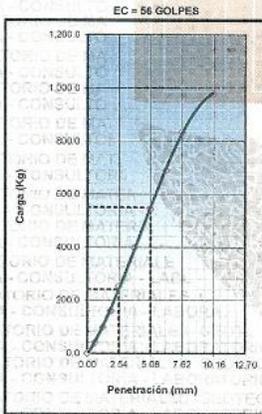


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.664  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 19.1  
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.581  
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

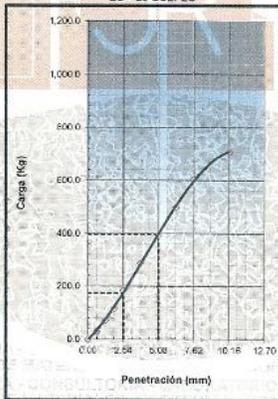
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	16.9	0.2"	25.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	12.2	0.2"	18.6

RESULTADOS CBR a 1":  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 12.2 (%)

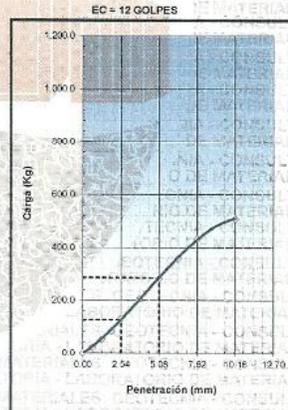
OBSERVACIONES:



CBR (0.1")	9.9%
CBR (0.2")	25.8%



CBR (0.1")	2.2%
CBR (0.2")	9.6%



CBR (0.1")	6.5%
CBR (0.2")	18.6%

REFERENCIA :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 6500 ft-lb/in<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>)  
 OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

RICCARDO FRANCESCO  
 DAVILA RIOS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

.982 840 339 / 956 363 147  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jrgeoconsultores@gmail.com  
 proyectos@jrgeoconsultores.com  
 Asociación Virgen del Carmen Mz. D Lt. 24  
 San Martín de Porres - Lima

## INFORME DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO:** GEOMALLA BIAIXIAL PARA OPTIMIZAR BASE T SUB-BASE DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO, DISTRITO DE VENTANILLA EN 2017

**UBICACIÓN:** AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO - VENTANILLA - LIMA

**CLIENTE:** ROBLES LAVI LUIS FERNANDO

### 1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D 422 / MTC E 107)

**Objetivo:** Determinar el tipo de suelo.

**Finalidad:** Obtener los porcentajes del suelo que han sido tamizados por las mallas correspondientes y finalmente graficar la curva granulométrica.

#### Equipos y Materiales:

- Balanza, con sensibilidad de 0.1 g
- Estufa
- Tamices
- Envases
- Cepillo y brocha

#### Procedimiento:

- Los sacos obtenidos de las calicatas se pesaron en una balanza con capacidad de 100 kg.
- Posteriormente las muestras se tamizaron por la malla N°4, ya que éste era un material fino, después se saca en un tarro una cantidad aproximada de 300g de suelo pasante la malla N°4 para luego poder ser clasificado según SUCS Y AASHTO.
- Las muestras obtenidas en tarro se secan en horno a temperaturas  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , posteriormente teniendo los datos se lava por la malla N° 200.
- Una vez lavada las muestras se procede a secar en el horno a temperaturas  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  para luego poder tamizarlo.
- Finalmente se procede a tamizar (N°6, N°8, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°80, N°100 y N°200; para así obtener el tipo de suelo.
- Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:

  
RICCARDO FRANCESCO  
DAVILA RIOS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036  
r.diaz@jrgeoconsultores.com  
jr.geoconsultores@gmail.com  
j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
San Martín de Porres - Lima

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

## RESULTADOS:

PROCEDENCIA			CLASIFICACIÓN		% QUE PASA	DESCRIPCIÓN
Caicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS	VÍAS DE TRANSP.	N°200	
C - 1	M - 1	0.00-1.50	SP	A-3 (0)	1.2	Arena pobremente gradada

## 2. CONSTANTE FÍSICA (ASTM D 4318 Y ASTM D 4318)

### Procedimiento:

- Se coge la muestra secado al aire (material pasante la malla N°4).
- El material previamente secado se tamiza por la malla N°40 y se toma como muestra el material que pasa dicha malla.
- El material pasante se mezcla con agua en una cápsula hasta que tenga la consistencia de una pasta espesa y suave, se cubre con un papel húmedo y se deja reposar desde 1 a 24 horas.

### 2.1 LÍMITE LÍQUIDO:

**Objetivo:** Obtener el contenido de humedad representado en porcentaje de acuerdo al suelo seco.

**Finalidad:** Determinar el contenido de humedad.

### Equipos y Materiales e Insumos:

- Vasija de (4 ½" de diámetro)
- Casagrande y accesorios
- Recipiente
- Balanza de 0.01 g
- Estufa
- Espátula

  
**RICCARDO FRANCESCO**  
**DAVILA RIOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jrgeoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martin de Porres - Lima

- Agua destilada

#### **Procedimiento:**

- Se coge una porción del suelo y es colocado en la copa de Casagrande, éste se divide cortándolo por medio de un ranurador.
- posteriormente se registra el número de golpes, luego se toma una porción de la mezcla donde se unieron las dos mitades de la muestra.
- Finalmente se lleva al horno a temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### **2.2 LÍMITE PLÁSTICO:**

**Objetivo:** Determinar el contenido de humedad representado en porcentaje; de acuerdo al suelo seco.

**Finalidad:** Determinar la plasticidad del suelo.

#### **Equipos y Materiales e Insumos:**

- Espátula
- Vasija de (4 ½" de diámetro)
- Balanza de 0.01 g
- Horno
- Malla N° 40
- Agua destilada
- Vidrios de reloj para determinar las humedades
- Vidrio grueso esmerilado

#### **Procedimiento:**

- Se coloca la muestra del suelo en una cápsula y se le agrega agua, mezclándolo hasta volverse lo suficientemente plástica hasta darle forma de una bola.
- Esta porción de bola se enrolla, colocándola entre los dedos de las manos y la placa de vidrio hasta formar una barrita uniforme en toda su longitud.
- Luego se pesa las barritas en una balanza con sensibilidad de 0.01 y finalmente se lleva al horno a temperaturas de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

  
RICCARDO FRANCESCO  
DAVILA RIOS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036  
r.diaz@jrgeoconsultores.com  
jr.geoconsultores@gmail.com  
j.oyarce@jrgeoconsultores.com

Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
San Martín de Porres - Lima

## RESULTADOS:

PROCEDENCIA			LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Calicata	Muestra	Profundidad (m)	L. L. (%)	L. P. (%)	I. P. (%)
C - 1	M - 1	0.00 - 1.50	NP	NP	NP

### 3. CONTENIDO DE HUMEDAD:

**Objetivo:** determinar el contenido de humedad de un suelo.

**Finalidad:** Determinar el porcentaje de agua que posee el suelo.

#### Equipos y Materiales:

- Horno
- Balanza de 0.01 g para muestras menores a 200 g y de 0.1 para muestras mayores a 200 g
- Recipientes
- Utensilios

#### Procedimiento:

- Se coge en un tarro una porción de la muestra pasante el tamiz N°4, luego se pesa para obtener un peso inicial; posteriormente se lleva al horno a temperaturas de 110°C ± 5°C, donde luego se pesa para obtener un peso final.

- Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

## RESULTADOS:

PROCEDENCIA			CLASIFICACIÓN		C.H. %
Calicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS	VÍAS DE TRANSP.	
C - 1	M - 1	0.00-1.50	SP	A-3 (0)	2.5

  
RICCARDO FRANCESCO  
DAVILA RIOS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036  
r.diaz@jrgeoconsultores.com  
jrgeoconsultores@gmail.com  
j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
San Martín de Porres - Lima

#### 4. PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557 / MTC E 115)

**Objetivo:** Determinar el método de ensayo.

**Finalidad:** Obtener el (OCH) y (MDS).

**Equipos y Materiales:**

- Molde 4"
- Molde 6"
- Pisón
- Pisón manual
- Pisón mecánico circular
- Pisón mecánico
- Extractor de muestras
- Balanza, aproximación de 1 g
- Horno
- Regla metálica
- Tamiz N°6
- Herramientas (cucharas, badilejos, espátula, probetas, etc.)

**Procedimiento:**

- Se secó la muestra de suelo (pasante la malla N°4) al aire libre durante aproximadamente 24 horas antes del ensayo. Ya que el material representa el 100% fino; se tomó el método "A", luego se pesó la muestra obtenida (3kg).

- En una bandeja se basea los 3kg de suelo, añadiendo un porcentaje de agua necesaria y después se mezcla uniformemente.

- Se compactaron las muestras en molde de 4", en el número de capas de 5 y con 25 golpes uniformemente, tratando que cada una sea de igual espesor. Tanto las naturales como con dosificaciones de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz.

- Luego de haber compactado, se saca el collarín y se enrrasa, finalmente se pesa el molde más material.

Contenido de humedad: Calcular de acuerdo con Método de Ensayo NTP 339.127

Densidad húmeda:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

RICCARDO FRANCESCO  
DÁVILA RÍOS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036

r.diaz@jrgeoconsultores.com

jr.geoconsultores@gmail.com

j.oyarce@jrgeoconsultores.com

Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
San Martín de Porres - Lima

Densidad seca:

$$\rho_d = \frac{P_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

**RESULTADOS:**

PROCEDENCIA			CLASIFICACIÓN		PROCTOR	
Calicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS	AASHTO	MDS	OCH
C - 1	M - 1	0.00-1.50	SP	A-3 (0)	1.664	19.1

**5. CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO CBR (ASTM D 1883 / MTC E 132)**

**Objetivo:** Determinar la capacidad de soporte de un suelo.

**Finalidad:** Determinar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base.

**Equipos y Materiales:**

- Prensa, para la lectura de penetración.
- Molde de metal cilíndrico.
- Disco espaciador de metal de forma circular
- Pisón de compactación
- Aparato de medidor de expansión
- Pesas
- Pistón de penetración metálico
- Dos diales
- Tanque para fraguar los especímenes
- Estufa
- Balanzas, de 30 kg, de 1000 g
- Tamiz N° 06
- Misceláneos (cuarteador, cápsulas, probeta, badilejos, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.)

  
RICCARDO FRANCESCO  
DAVILA RIOS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036  
r.diaz@jrgeoconsultores.com  
jr.geoconsultores@gmail.com  
j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
San Martín de Porres - Lima

### Procedimiento:

- Se elaboraron los especímenes de prueba de acuerdo a la Norma ASTM D-1557 y/o AASHTO T-180 en un cilindro de 6 pulg. de diámetro, previa preparación de la muestra de suelo.
- Se realizaron tres especímenes de prueba, con el contenido de humedad óptimo y dosificaciones de ceniza de cascarilla de arroz (4%, 7% y 10%), cada uno con diferente número de golpes por capa (12, 25, 56), para obtener diferentes pesos volumétricos, de tal manera que estos varíen unos puntos arriba y abajo del valor de densidad requerido.
- Se colocaron en las superficies libres del espécimen de suelo compactado, una cubierta de papel filtro con el fin de no permitir el escape de partículas de suelo a través de las placas perforadas ubicadas sobre las mismas.
- Sobre la superficie superior del espécimen, se colocaron sobrepesas en una cantidad no menor de 4.54 Kg. (10 lbs.) o una carga proporcional al peso del pavimento que sobre él actuará.
- Se sumergieron los moldes + suelo + pesas en agua de tal manera que esta tenga acceso libre por la parte superior e inferior de la muestra, debiendo mantenerse a nivel constante durante todo el período de saturación, establecido en 96 horas.
- Se cogieron al término del período de saturación la lectura final de deformación producida por el hinchamiento, expresándolo como un porcentaje de la altura inicial de la muestra. Posteriormente se saca la muestra en inmersión y se deja drenar por 15 minutos.
- Se prepararon las muestras para efectuar la penetración, quitando el papel filtro y volviendo a colocar las sobrepesas que se usaron durante el periodo de saturación.
- Se colocó una carga previa sobre el pistón de penetración para lograr que éste asiente perfectamente en la superficie de la muestra, que en ningún caso excederá las 10 libras. Luego se aplica la carga a una velocidad de 1.27 mm / min. ó 0.05 pulg. / min.
- Se registraron las lecturas de penetración y de carga a intervalos de deformación dados según norma ASTM D-1883: 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.125, 0.150, 0.200, 0.250, 0.300, 0.400, 0.500 pulgadas, como se puede observar en los formatos en los resultados respectivamente para cada una de las muestras.

  
RICCARDO FRANCESCO  
DAVILA RIOS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036  
r.diaz@jrgeoconsultores.com  
jr.geoconsultores@gmail.com  
j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
San Martín de Porres - Lima

### Procedimiento:

- Se elaboraron los especímenes de prueba de acuerdo a la Norma ASTM D-1557 y/o AASHTO T-180 en un cilindro de 6 pulg. de diámetro, previa preparación de la muestra de suelo.
- Se realizaron tres especímenes de prueba, con el contenido de humedad óptimo y dosificaciones de ceniza de cascarilla de arroz (4%, 7% y 10%), cada uno con diferente número de golpes por capa (12, 25, 56), para obtener diferentes pesos volumétricos, de tal manera que estos varíen unos puntos arriba y abajo del valor de densidad requerido.
- Se colocaron en las superficies libres del espécimen de suelo compactado, una cubierta de papel filtro con el fin de no permitir el escape de partículas de suelo a través de las placas perforadas ubicadas sobre las mismas.
- Sobre la superficie superior del espécimen, se colocaron sobrepesas en una cantidad no menor de 4.54 Kg. (10 lbs.) o una carga proporcional al peso del pavimento que sobre él actuará.
- Se sumergieron los moldes + suelo + pesas en agua de tal manera que esta tenga acceso libre por la parte superior e inferior de la muestra, debiendo mantenerse a nivel constante durante todo el período de saturación, establecido en 96 horas.
- Se cogieron al término del período de saturación la lectura final de deformación producida por el hinchamiento, expresándolo como un porcentaje de la altura inicial de la muestra. Posteriormente se saca la muestra en inmersión y se deja drenar por 15 minutos.
- Se prepararon las muestras para efectuar la penetración, quitando el papel filtro y volviendo a colocar las sobrepesas que se usaron durante el periodo de saturación.
- Se colocó una carga previa sobre el pistón de penetración para lograr que éste asiente perfectamente en la superficie de la muestra, que en ningún caso excederá las 10 libras. Luego se aplica la carga a una velocidad de 1.27 mm / min. ó 0.05 pulg. / min.
- Se registraron las lecturas de penetración y de carga a intervalos de deformación dados según norma ASTM D-1883: 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.125, 0.150, 0.200, 0.250, 0.300, 0.400, 0.500 pulgadas, como se puede observar en los formatos en los resultados respectivamente para cada una de las muestras.

  
RICCARDO FRANCESCO  
DAVILA RIOS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036  
r.diaz@jrgeoconsultores.com  
jr.geoconsultores@gmail.com  
j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
San Martín de Porres - Lima

- Finalmente se construye la curva esfuerzo - penetración para cada espécimen, efectuando a la vez las correcciones que sean necesarias.

**Cálculo de CBR:**

$$\text{C.B.R.} = \frac{\text{Esfuerzo en el Suelo Ensayado}}{\text{Esfuerzo en el Suelo Patrón}}$$

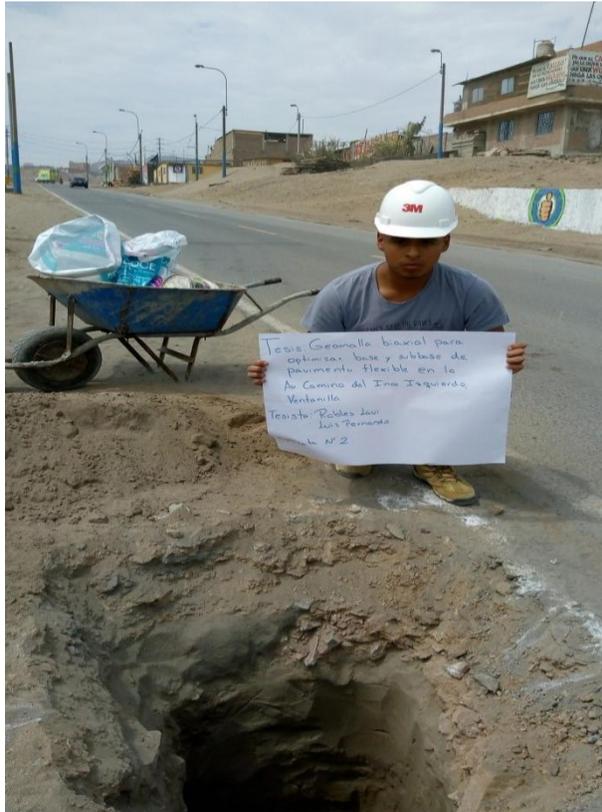
**RESULTADOS:**

PROCEDENCIA			CLASIFICACIÓN		CBR			
Calicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS	AASHTO	a 2,5 mm		a 5,0 mm	
					100%	95%	100%	95%
C - 1	M - 1	0.00 - 1.50	SP	A-3 (0)	16.9	12.2	25.8	18.6

  
**RICCARDO FRANCESCO  
 DAVILA RIOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jrgeoconsultores@gmail.com  
 j.yarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima

## **Anexo 6: Panel Fotográfico**



**Calicata 1:**

Se realizo la calicata 1 en la progresiva 1+460 de la Av. Camino del Inca Izquierdo a una profundidad de 1.50 metros según lo indica el manual de carreteras.



**Calicata 2**

Se realizo la calicata 2 en la progresiva 1+950 de la Av. Camino del Inca Izquierdo a una profundidad de 1.50 metros según lo indica el manual de carreteras.



Pesado de material para proctor modificado



Ensayo de proctor modificado



Ensayo de CBR



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
*La Escuela de Ingeniería Civil*

---

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

*RODRIGUEZ ZUÑIGA, LUIS FERNANDO*

---

INFORME TÍTULADO:

*GEOMETRIA BIAXIAL PARA OPTIMIZAR BASE Y SUBBASE DE  
PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. CAMINO DEL INCA IZQUIERDO,  
DISTRITO DE VENTANILLA EN 2018*

---

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

*Ingeniero Civil*

---

SUSTENTADO EN FECHA:

*13/12/2018*

NOTA O MENCIÓN :

*16 (Diez y seis)*



Firma del Coordinador de Investigación de  
Ingeniería Civil



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo, Mg. Ing. Cecilia Arriola Moscoso,

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

"Geomalla biaxial para optimizar base y subbase de pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018"

del (de la) estudiante Luis Fernando Robles Lavi

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22 % 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.

Lugar y fecha: Lima, 13 de Diciembre de 2018

Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Mg. Ing. Cecilia Arriola Moscoso

DNI: 42851809

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



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE  
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo Luis Fernando Robles Lavi, identificado  
con DNI N° 72381049

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 biaxial para optimizar base y subbase de pavimento flexible en  
la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018”;  
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: 72381049

FECHA: 13 de Diciembre del 2018

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



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Geomalla biaxial para optimizar base y subbase de pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

AUTOR:  
Luis Fernando Robles Lavi

ASESOR:  
Ms. Ing. Arnola Moscoso, Cecilia

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
Diseño de infraestructura vial

Lima - Perú

2018



Match Overview

22%

Currently viewing standard sources

View English Sources (Beta)

Matches

- 1 Submitted to Universid... Student Paper 5%
- 2 docplayer.es Internet Source 3%
- 3 repositorio.unc.edu.pe Internet Source 2%
- 4 repositorio.ucv.edu.pe Internet Source 2%
- 5 repositorio.upn.edu.pe Internet Source 1%
- 6 fr.scribd.com Internet Source 1%

Navigation icons: Home, Search, Chat, 22 items, Filter, Sort, Download, Info