



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en
avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021

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

AUTOR:

Melo Sanchez, Luigi Magno (ORCID:0000-0003-4333-8338)

ASESOR:

Mg. Medrano Sanchez, Emilio Jose (ORCID:0000-0003-0002-5876)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Lo dedico a mis padres y hermano por la confianza y el apoyo brindado en cada momento. A nuestro asesor, por el tiempo y esfuerzo dedicado a compartir su conocimiento y educación, sin ello nada se hubiese podido lograr y llegar hasta esta meta y finalmente agradecer a Dios, por darnos salud, sabiduría en todo el transcurso de la tesis.

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por brindarnos mucha fuerza, vida, salud y sabiduría para poder terminar de un modo satisfactorio nuestra tesis comenzada hace ya más de medio año, de igual manera agradecer a mis padres y hermano por nunca dejar de creer en mí y tener fe en todo lo que hago en la vida, apoyándome en mis momentos difíciles.

A la Universidad César Vallejo y a sus docentes de la escuela profesional de ingeniería civil que a lo largo de la carrera nos brindaron sus conocimientos y experiencias.

Al Magister Emilio José Medrano Sanchez, por el apoyo en las asesorías y coordinación para terminar con éxito el proyecto de investigación.

Índice de contenidos

	Pág.
Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras.....	viii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA.....	49
3.1 Tipo y diseño de investigación	50
3.2 Variables y operacionalización.....	51
3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis	52
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	52
3.5 Métodos de análisis de datos.....	53
3.6 Aspectos éticos	53
IV. RESULTADOS	54
V. DISCUSIÓN.....	89
VI. CONCLUSIONES.....	91
VII. RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS.....	96
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Principales funciones para tipos de geosintéticos.	19
Tabla 2: Beneficios de las geomallas biaxiales o biorientadas.	25
Tabla 3: Propiedades de la geomalla biaxial Mac Grid EGB40.	36
Tabla 4: Periodos de diseños peculiares.	40
Tabla 5: Factor de distribución direccional.	41
Tabla 6: Niveles aconsejados de confiabilidad (R).	41
Tabla 7:	58
Toma de notas 01/11/21	58
Tabla 8:	59
Toma de notas 02/11/2021	59
Tabla 9:	60
Toma de notas 03/11/2021	60
TABLA 10:	61
Toma de notas 04/11/2021	61
TABLA 11:	62
Toma de notas 05/11/2021	62
TABLA 12:	63
Toma de notas 06/11/2021	63
TABLA 13:	64
Toma de notas 07/11/2021	64
TABLA 14:	65
Resumen de toma de apuntes (Método AASHTO)	65
Tabla 15: Tasas y tiempo para población futura.	66
TABLA 16: Población futura.	66
Tabla 17:	67
Cálculo de coeficientes de valores ($\Sigma f. IMDa$)	67
Tabla 18:	68
Cálculo del ESAL en pavimento flexible.	68
Tabla 19:	69
Determinación de la Confiabilidad y Desviación Estándar	69
Tabla 20:	70
Determinación del Índice de la serviciabilidad, Método empírico o mecánico, coeficiente de drenaje y número estructural.	70

Tabla 21:	71
Determinar valores de módulo resiliente de carpeta asfáltica.	71
Tabla 22:	72
Determinar de valores de módulo resiliente base y subbase.	72
Tabla 23:	73
Determinar valores de SN para carpeta asfáltica.	73
Tabla 24:	75
Determinar valores SN PARA BASE Y SUB BASE.....	75
Tabla 25: Obtencion de espesores en el diseño de pavimento flexible en Av. Santa Rosa – San Juan de Lurigancho.	76
Tabla 26: Espesores obtenidos con la inclusión de la geomalla biaxial.	80
Tabla 27: Resumen del análisis final de la disminución de espesores debido a la inclusión de la geomalla biaxial.	80
Tabla 28: Características físico – mecánicas de la subbase y base.	82
Tabla 29: Resumen de ensayos de CBR con aplicación de geomallas biaxiales.	83

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Estructura del pavimento flexible.....	16
Figura 2: Posibles aplicaciones de geosintéticos..	19
Figura 3: Clasificación de los geosintéticos.....	20
Figura 4: Utilización de geomalla para estabilización u Optimización de pavimento.	21
Figura 5: Tipos de geomallas..	22
Figura 6: Geomalla uniaxial o mono-orientadas.....	22
Figura 7: Geomalla biaxial o biorientadas.	23
Figura 8: Estructura geomalla Tensar TriAx.....	24
Figura 9: Vista de superior de una sección de carretera empleada para el ensayo..	27
Figura 10: Vista en corte de la sección típica de la carretera del ensayo.....	28
Figura 11: Representa un vs entre CBR y Número de ciclos.	29
Figura 12: Aporte de geomalla mediante el LCR Vs. CBR.....	29
Figura 13: Estructura del pavimento con y sin geomalla biaxial.	31
Figura 14: Resultado de los ensayos triaxiales (a) Refuerzo inextensible; (b) refuerzo extensible	32
Figura 15: Deformaciones en masa de suelo. (a) Sin refuerzo; (b) Con Refuerzo.	32
Figura 16: Confinamiento lateral generado por la geomalla en un material granular	33
Figura 17: mejoramiento de la capacidad portante al emplear una geomalla de refuerzo	34
Figura 18: Características físicas de la geomalla biaxial Mac Grid EGB40.....	36
Figura 19: Diagrama de diseño de pavimento, según AASHTO 93.	38
Figura 20: Carta para calcular el coeficiente estructural de concreto asfáltico de gradación densa.....	44
Figura 21: Variación de coeficiente de capa granular (a_2) con la variación de los parámetros de resistencia.	44
Figura 22: Variación de coeficiente de capa de subbase granular (a_3) con la aplicación de los parámetros de resistencia.....	45
Figura 23: Diagrama de diseño de pavimento con aplicación de geomallas biaxiales, según AASHTO 93.....	46
Figura 24: Piel de cocodrilo.	55

Figura 25: Baches en el pavimento.	55
Figura 26: Grieta al borde del pavimento.	56
Figura 27: Parche en el pavimento.....	56
Figura 28: Croquis de la avenida Santa Rosa.	57
Figura 29: Curvas Isócronas, según 3 velocidades fijas.	71
Figura 30: Abaco para determinar coeficiente de la base granular.	72
Figura 31: Abaco para determinar coeficiente de la subbase granular.	73
Figura 32: Estructura de pavimento flexible.	76
Figura 33: Coeficiente de relación de Maccaferri EG Geogrids: LCR vs CBR de la capa granular.	78
Figura 34: Gráfico de la estructura del pavimento sin geomalla biaxial.....	81
Figura 35: Gráfico de la estructura del pavimento con geomalla biaxial.	81
Figura 36: Profundidades del ensayo de CBR con aplicación de la geomalla biaxial.	83
Figura 37: Tamizado de material.....	84
Figura 38: Peso en porcentaje que pasa en cada tamiz.	85
Figura 39: Material que pasa la malla # 200.....	85
Figura 40: Lavado de los finos.	86
Figura 41: Secado del material fino.....	86
Figura 42: Límites de consistencia.	87
Figura 43: Ensayo de CBR.....	87
Figura 44: Compactación por capas para el ensayo CBR.....	88
Figura 45: Ensayo de CBR.....	88

Resumen

La presente tesis tiene como objetivo principal analizar la aplicación de la geomalla en pavimento flexible para su diseño en la avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021, como refuerzo sobre la subbase granular dentro de la estructura de pavimento, dándonos como resultado una optimización de espesores. Ante esto se realizó el diseño del pavimento flexible comenzando con la ubicación de la zona, los estudios de mecánica de suelo, estudios de tráfico y finalmente con los cálculos matemáticos.

El tipo de investigación realizado es tipo aplicado debido a que empleo datos, teorías y conocimientos ya fundados, el diseño de la investigación es experimental, ya que se manipulo la variable independiente que viene a ser la aplicación de la geomalla para determinar las propiedades que aporta a la estructura del pavimento flexible, y teniendo un enfoque cuantitativo debido a que determinara a través de datos y resultados que se obtienen numéricamente, la cual se podrá medir y estimar magnitudes de las variables.

Para la presente tesis, se utilizaron dos variables la independiente que es la aplicación de la geomalla y la dependiente que es el diseño del pavimento flexible. La población de estudio este situado por la avenida Santa Rosa y la muestra es todo el tramo de la avenida Santa Rosa, la cual abarca 1020m.

Finalmente se detalla las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron, fundamentados en todos los estudios realizados dando una optimización de las capas de la estructura teniendo una reducción de 16.67% de la base y un 46.67% de la subbase.

Palabras claves: Diseño de pavimento, geomalla, optimización.

Abstract

The main objective of this thesis is to analyze the application of geogrid in flexible pavement for its design in Santa Rosa Avenue, San Juan de Lurigancho, 2021, as reinforcement on the granular subbase within the pavement structure, resulting in a thickness optimization. In view of this, the design of the flexible pavement was carried out starting with the location of the area, soil mechanics studies, traffic studies and finally with the mathematical calculations.

The type of research conducted is applied because it uses data, theories and knowledge already founded, the research design is experimental, since the independent variable was manipulated, which is the application of the geogrid to determine the properties it contributes to the structure of the flexible pavement, and having quantitative approach because it Will be determined through data and results obtained numerically, which can be measured and estimated magnitudes of the variables.

For the present thesis, two variables were used, the independent variable which is the application of the geogrid and the dependent variable which is the design of the flexible pavement. The study population is located on Santa Rosa Avenue and the sample is the entire section of Santa Rosa, which covers 1020m.

Finally, the conclusions and recommendations reached are detailed, based on all the studies carried out, giving an optimization of the layers of the structure with reduction of 16.67% of the base and 46.67% of the subbase.

Keywords: Pavement design, Geogrid, Optimization.

I. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC] (2019), nos indica que el estado vial nacional del Perú de carreteras se encuentra en un 18% sin pavimentar y un 26% en solución básica, teniendo tan solo un 55% a nivel nacional de carreteras pavimentadas, emitido por Provias Nacional.

Tiempo atrás el planteamiento tradicional de una carretera asfáltica o pavimento flexible no cumplía el límite de utilidad con el que fue proyectado, mostrándose en el camino muchas fallas con el cual el deterioro del pavimento se reflejaba en corto tiempo, motivo por el cual nos obliga a encontrar nuevas metodologías de diseño cuyo objetivo sea tener pavimentos de calidad que puedan cumplir con la utilidad diseñada, es por eso que la construcción y la tecnología van de la mano gracias a que los geosintéticos son una alternativa de solución ante este problema.

En el Perú las carreteras más comunes son las pavimentadas en esta malo a regular esto hablando a nivel urbano, y si nos vamos a lado rural las carreteras en su mayoría no están pavimentadas, lo que tenemos un déficit de pavimentación, la infraestructura vial es de suma importancia ya que trae consigo mejoras y crecimiento a nivel social, económico, cultural, etc.

El crecimiento de un país también va relacionado con la infraestructura vial, ya que éste genera desarrollo y comunicación entre sus localidades, teniendo una mayor productividad como también traer nuevas inversiones a través del factor tiempo y costo en las actividades.

En el Perú y más si se trata en lima metropolitana la infraestructura vial tienen muchas falencias en su diseño y son las causas que afectan a la transitabilidad de los vehículos e interrumpen el tránsito, deteriorando aún más las vías y vehículos.

En San Juan de Lurigancho distrito, provincia y departamento de Lima, en los últimos años ha tenido un crecimiento tanto poblacional como territorial muy desordenado, teniendo también una infraestructura vial en mal estado, y teniendo zonas donde aún no se ha pavimentado, lo que nos lleva a buscar una alternativa de solución ante este problema, teniendo en cuenta que en este distrito en la parte central y baja tienen sedimentos arcillosos ya que hace más de 30 años se producía la activada agrícola, mientras que en las partes altas presentan un suelo de estructura variable e irregular.

Actualmente en la avenida Santa Rosa la pavimentación en los últimos años se ve deteriorado reflejándose fallas como baches, pieles de cocodrilo, agrietamiento, ahuellamiento. Este pavimento está en pésimas condiciones ya sea debido a un mal diseño o una mala calidad de suelo, en este sentido esta investigación nos lleva a presentar una alternativa de solución, aplicando la geomalla.

Teniendo presente lo anterior la utilización de geomalla es una alternativa de solución, permitiendo aprovechar el uso de la infraestructura con una mayor probabilidad de vida útil, el incumplimiento de reglas es una de las causas por la cual el pavimento se deteriora muy rápido sin cumplir el tiempo con la cual ha sido diseñado, teniendo beneficios tanto estructural como económica al momento de diseñar y construir la infraestructura vial.

El uso de la geomalla es una técnica que está teniendo mayor fuerza actualmente en nuestro país su poco conocimiento hace que sea limitada, lo que busca esta investigación es demostrar y animar su aplicación e implementación en tanto aplicativo como normativo.

Éste trabajo de investigación diseñará y aplicará el uso de la geomalla para su diseño en pavimentos flexibles, evaluando lugar y costo, aplicándose en la avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho; teniendo en consideración la topografía, el estudio de suelo y el nivel de tránsito vehicular.

Problema General: Según Bernal (2017) señala que “para conseguir tener una definición clara y concisa del problema se debe tener una base respecto a la posición a estudio” (p.89).

Conociendo la problemática que se tienen en las vías no solamente donde se delimita el lugar sino en general en todo el país y que afecta directamente a la población en su conjunto, con esta investigación se busca solucionar un problema con la mejora en la estructura del pavimento como también hacer cumplir con el tiempo de diseñado, beneficiando a la ciudadanía.

¿De qué manera la aplicación de la geomalla contribuye en el pavimento flexible para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021?

Los problemas específicos: Según Bernal (2010) nos dice que “el interrogante hacia las ramas del problema general que juntos vendrían a ser el problema general” (p.89).

¿De qué manera contribuye el estudio de mecánica de suelos en la aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021?

¿De qué manera influye el estudio de tráfico en la aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021?

¿De qué manera influye el CBR en la aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021?

La justificación Teórico: Rey (como citado en Paredes, 2014) nos indica “pone de manifiesto la relevancia teórica del resultado que se pretenda alcanzar, la transcendencia del problema dentro del sistema teórico” (p.80).

Se pretende demostrar esta investigación con teorías y autores que sustente este tipo de investigación como Miranda (2015) con respecto a las geomallas en variable independiente y Caballeros (2016) con relación al diseño de pavimento flexible en variable dependiente, ya que nos da a resolver resultados a indicadores y medirlos en el camino de la investigación.

Práctica: Para Bernal (2010) nos comenta “un producto es representado como justificación práctica por lo menos resuelve un problema, o presenta varias maneras de solución que ayuden a resolverlos” (p.107).

En esta investigación se hizo con base a teorías que se aplicaran con el objetivo de poder resolver problemas en este caso optimizar recursos con el uso del material de estudio que es la geomalla para su diseño como también dar estrategias que ayudará a futuras investigaciones.

Metodológica: Para Bernal (2010) nos dice “es considerada justificación metodológica al producto de investigación que da como propuesta o una alternativa de método para producir conocimiento” (p.106).

Esta investigación realiza justificándose mediante una metodología, ya que siguiendo con lo establecido y orden metodológicamente cumpliendo protocolos, se encaminará en la dirección propuestos investigación académica de la Universidad Cesar Vallejo. Colaborará la aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa así mismo los resultados y cálculos se hará una diferenciación aplicando la geomalla antes y después.

Socioeconómica: Según Ñaupas et al. (como citado en Novoa, 2017) no indica “será socioeconómica cuando el trabajo de investigación tenga un peso con respecto a cuál o que será el aporte ante la sociedad, el impacto que traerá consigo el resolver el problema que afecta y los beneficios que traería consigo” (p.31)

En esta investigación desarrollada se va justificar socialmente puesto que resolverá el problema que tiene la estructura de pavimento de la avenida Santa Rosa ayudando a las personas que viven cerca o aledañas a desplazarse con mayor seguridad tanto a transeúntes como a conductores y teniendo el uso de dicha vía por más tiempo ya que se verá reflejado el beneficio que trae con un diseñado óptimo de la estructura.

Objetivo general: Por lo expuesto Velázquez (2014) nos informa “compuesto por la realidad misma. De la cual cada ciencia específica considera un segmento particular. Que puedo impartir a otro” (p.19).

Determinar en qué forma la geomalla contribuye en el pavimento flexible para su diseño en la avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.

Los objetivos específicos: “Prueban las etapas planteadas, que son divididas con razón de tener una inspección de todo lo planteado separados y en su conjunto.” (Burelo,2017, p.48).

Determinar cómo contribuye el estudio de mecánica de suelos con aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.

Identificar de qué manera el estudio de CBR influye en la aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño.

Evaluar de qué manera influye el levantamiento topográfico en la aplicación de geomalla triaxial en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.

Hipótesis general: Para Velázquez (2016) nos comenta “la hipótesis científica es una respuesta tentativa a nuestro problema a estudiar. Por lo que conforma una solución anticipada al problema de investigación, de tal modo muestra los posibles resultados que serán obtenidos con la resolución” (p.93).

La aplicación de la geomalla contribuye en el pavimento flexible para su diseño en la avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.

La hipótesis específica: Según Tamayo (2015) nos dice “la especulación es una sugerencia que nos permite construir conexiones entre las realidades. Su valor radica en la capacidad de construir más conexiones entre ocasiones y aclarar por qué suceden” (p.75).

El estudio de mecánica de suelos contribuye en la aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.

El estudio de CBR influye en la aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.

El levantamiento topográfico influye en la aplicación de geomalla triaxial en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021

II. MARCO TEÓRICO

Jordan & Suárez (2017), en su tesis titulada *“Diseño de pavimentos flexibles con el uso de geosintéticos como refuerzo aplicado en las vías de acceso a la ciudadela de Milina del Cantón Salinas”* en la Universidad estatal Península de Santa Elena, Ecuador. El fin principal fue analizar el diseño y cómo el uso del material geosintéticos refuerza a la estructura para posteriormente mejorar su comportamiento en las vías de acceso, asimismo los objetivos específicos son hacer comparaciones entre diseño tradicional y el diseño con el uso de los geosintéticos, como también describir las ventajas y propiedades del geosintéticos para su uso para así poder optimizar tanto técnico – económico las construcciones viales. Se obtuvo resultados por medio de esta investigación, a base de parámetros los estudios pertinentes para realizar el estudio determinándose su posterior diseño, como también hizo el análisis de suelos para obtención de los resultados como la granulometría, CBR, Proctor modificado entre otros.

El autor concluyó que con respecto a la estructura del pavimento hubo una reducción en espesores en 24% entre el pavimento sin reforzar y con refuerzo, que la utilización del refuerzo es una gran ventaja siendo una solución viable y económica.

Bustamante y Bojorque (2016), en su tesis titulada *“Evaluación en el nivel de resistencia de una subrasante con el uso combinado de una geomalla y un geotextil”* en la Universidad de Cuenca, Ecuador. El objetivo principal de esta investigación es determinar y comparar el nivel de resistencia que está por encima de la subrasante utilizando una comparación entre una geomalla y un geotextil ambas como reforzamiento, también tiene los objetivos específicos en obtener el número estructural que nos brinda los geosintéticos en el diseño del pavimento para establecer y ver si sube o baja la resistencia que nos proporciona este material. El autor obtuvo los resultados por medio de investigación, a base de muestreo de suelo extrayendo la muestra a 1 m de profundidad donde se llevó a laboratorio para el análisis de las características del material, clasificándolo mediante el sistema AASHTO y SUCS, donde nos permita visualizar la tipología y condiciones de la subrasante.

Se concluyó que la geomalla al tener muchas aberturas continuas se produce una falla al llegar a su carga máxima, diferenciándose al resto alcanzando una mayor

rigidez, esas aberturas también provoca que los materiales de la base y subrasante lleguen a mezclarse, apreciándose en los ensayos. Los geosintéticos brindan un comportamiento elástico al pavimento al no brindar deformaciones permanentes gracias a su alto grado de plasticidad.

Miranda y Sánchez (2015), en su tesis *“Evaluación del módulo resiliente y deformación permanente de una base granular mecánicamente estabilizada con geomalla”* en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar mediante los ensayos de AASHTO T-307 y NCHRP para determinar el Módulo Resiliente y la deformación permanente respectivamente el aporte de la geomalla en una base granular, también tiene los objetivos específicos en indagar la contribución de la geomalla en diferentes capas en un material de base. El autor obtuvo los resultados mediante ensayo en la máquina triaxial para definir el Módulo Resiliente, y continuando con las recomendaciones del NCHRP definimos las deformaciones permanentes de base granular con la inclusión y exclusión de la geomalla.

El autor concluyo con respecto al Módulo resiliente para lograr un rendimiento óptimo de diseño deberá elegir el método según el material de ensayo, ya que la el Módulo Resiliente no posee un valor único y comparando el módulo resiliente con el uso y sin el uso de la geomalla existe un mínimo de aumento, prácticamente hay influencia alguno de la geomalla.

Beltrán (2013), en su tesis *“Ventajas de la utilización de geosintéticos para el refuerzo de pavimento en la carretera 7 estación Transmilenio museo nacional”*. El objetivo general de esta investigación es transmitir lo favorable que es utilizar los geosintéticos como solución de refuerzo y hacer una comparación con y sin el uso de la geomalla biaxial, también tiene los objetivos específicos como dar a conocer los aspectos positivos y negativos haciendo el uso de las geomallas, identificando las cualidades de esta y también los métodos de diseño. El autor obtuvo los resultados mediante los estudios de suelo, topografías, entre otros, realizando el diseño de pavimento flexible común, otro con el uso del refuerzo de geomalla, analizando también el CBR. Se concluyo que el material de refuerzo que es la geomalla tuvo un aumento leve que no se diferencia mucho del pavimento

tradicional en cambio en el ámbito económico se evidencia una reducción de gastos y aumento de propiedades técnicas.

Novoa (2017), en su tesis *“Aplicación de la geomalla triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabaylo – 2017”*. En la Universidad Cesar Vallejo, Perú. Este proyecto de investigación tiene por objetivo general en como mejora el suelo blando con la utilización de la geomalla, teniendo también como objetivos específicos en comprobar cómo se reducen los costos mediante la utilización del refuerzo de estabilización. Se consiguió resultados en la investigación realizando una comparación de diseños con y sin refuerzo, de pavimentos convencionales sin el uso de las geomallas y con el uso de estas, realizándose también el estudio de mecánica de suelos para determinar las características y capacidad que tienen, como también se realizó el estudio de tráfico para determinar la carga que soportara la estructura.

Se concluyo favorable esta investigación debido a que el material utilizado trajo ventajas y aportes de disminución de espesores a un 45% y costos a 13%, mejorando también la estabilización deseada del suelo, aumentando la capacidad de la base granular en un 140%, demostrándose así que la geomalla triaxial puede ser una solución viable.

Núñez (2016), en su tesis *“Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geo-sintético”*. En la Universidad Nacional del Altiplano, Perú. Este proyecto de investigación nos presenta su objetivo general en aplicar el geosintéticos teniendo en cuenta sus propiedades para poder reducir los costos y tiempos de construcción así también diagnosticar la base, subbase y subrasante del pavimento mediante uso de ese material, y además tenemos los objetivos específicos en estimar las reacciones que puede tener la estructura de pavimento en un lapso de tiempo utilizando el geosintéticos. El método utilizado este proyecto es de tipo aplicativo experimental y nivel correlacional, teniendo un enfoque cuantitativo.

El autor logró resultados en esta investigación mediante diseño tradicional del pavimento y la modificada con la incorporación de geosintéticos, haciendo una comparación a base de resistencia y estructura evaluando el diseño más óptimo

para la utilización en diseño futuros. La conclusión al que se llegó con esta investigación fue que se optó por el material de geomalla biaxial de acuerdo a lo estudiado, nos dice que en comparación de la capa base granular donde no se ve una reducción notable e insignificante, en la capa de la subbase se ve una reducción de espesor donde se pudo observar un ahorro del 75% de material y en costo a un 22%.

Mera (2017), en su trabajo de investigación "*Evaluación técnico-económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa Cruz-Bellavista, distrito Bellavista-Jaén-Cajamarca*". En la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. En este trabajo de tesis nos presenta como objetivo general el estimar en cómo influye la geomalla multiaxial en el marco económico como técnico, dándole uso como refuerzo en la subrasante, brindando también el procedimiento y metodología utilizada para su diseño y construcción utilizando la geomalla en el pavimento. El investigador logro resultados en esta investigación realizando una recopilación de información tanto en campo como en laboratorio para completar los formatos para elaborar el estudio de tráfico, estudio de mecánica de suelos la cual se ejecutó realizando calicatas y posteriormente llevados a laboratorio para realizar las pruebas de CBR, densidades mínimas, granulometría, para luego realizar el diseño según la metodología. Se concluyo en esta investigación que la utilización del material ayuda a la estructura a reforzar la subrasante, trae consigo un gesto favorable en el aspecto económico, reduciendo las capas de los espesores con el uso de la geomalla que van de un 5.4% a un 39.2%, asimismo se llega a la conclusión de que al disminuir material para la construcción de la estructura de pavimento no se ve afectada en relación a su capacidad de soporte.

Aguado (2020), en su tesis "*Diseño de un pavimento flexible utilizando geomallas en suelos arenosos en el AA.HH. Virgen de las Mercedes – Ventanilla 2020*". En la Universidad Cesar Vallejo, Perú. En este trabajo de investigación nos presenta el objetivo general de estimar en aspectos como económico, técnico y estructuralmente de que forma el empleo de la geomalla triaxial en un suelo arenoso se comporta en el pavimento. Este autor logro resultados con parámetros, formatos de recopilación en cuanto a las calicatas y estudios de tráfico, el cual

dieron resultados y datos que mediante el software SpectraPave se diseñó el pavimento flexible con y sin uso de geomalla triaxial como refuerzo.

Se concluyó en esta investigación que se redujo un 30% y 33.33% las capas de base y subbase respectivamente con el uso de la geomalla triaxial, se pudo observar asimismo que el costo de construcción disminuye y se prolonga la duración de la estructura, todo esto sin afectar la capacidad portante del pavimento.

Dávila y Gómez (2018), en su tesis *“Aplicación de geotextil en pavimentos flexibles para su diseño, carretera Oxapampa – San Jorge: km 14+000 – km 15+000, Pasco, 2018”*. En la Universidad Cesar Vallejo, Perú. En este trabajo de tesis nos presenta el objetivo general que es la aplicación del geotextil dando a conocer sus características y sus aportes que brindará al pavimento. El autor obtuvo resultados en esta investigación a través de la recopilación de datos, se estudió las características y funciones del geotextil que brindara a la estructura de pavimento basándose en normas nacionales como internacionales. Se llegó a la conclusión de la presente tesis que el uso del geotextil es beneficioso al tener una óptima separación y al no mezclar las capas granulares es propicio para la estructura del pavimento, sosteniendo sus características generando una serviciabilidad del pavimento.

El pavimento, construido naturalmente sobre la subrasante del camino teniendo una estructura de varias capas que en su función tiene a distribuir y resistir las cargas originadas por los vehículos como también aumentar la utilidad tanto en comodidad y seguridad para los usuarios. Generalmente está constituido por las siguientes capas: carpeta de rodadura, capa subbase, capa base. (fig. 1.).

Por lo general en los pavimentos las capas que componen su estructura deben de estar sometidos a ensayos de laboratorio para determinar que son materiales de buena calidad y cumplir con los parámetros establecidos por la normativa correspondiente, en esencia los ensayos son en su mayoría para la base y subbase y donde se pueda determinar sus características físico-mecánicas.

Subrasante: La capa de terreno natural o también llamado subrasante, viene a ser la parte que resiste todo el peso tanto del pavimento como los que transitan sobre

ella, es fundamental ya que el espesor de toda la estructura y el diseño va depender respecto de la capacidad de soporte (CBR) que va tener esta capa.

Características importantes de la subrasante: La subrasante tiene ciertas características que son importantes como: soporte, transmisión y distribución de cargas, con esto nos referimos a que las cargas superiores del pavimento actúen con uniformidad y el terreno natural pueda soportar toda esa carga. Al tener una buena calidad en la subrasante ayuda a que las capas superiores no se deterioren con facilidad como también ayudará una reducción de anchos de materiales utilizados con respecto a que se tiene una buena capacidad de soporte ya sea con adición de modificadores u otros elementos.

Materiales adecuados para la subrasante mejorada: De acuerdo con el ensayo ASSHTO T-193 (CBR) (MTC E 132) en caso de subrasantes mejoradas el material granular debe de tener de hinchamiento un tres por ciento menos, y que estos materiales no tengan propiedades menores a los suelos que yacen en el tramo del proyecto.

Sub-base: Está por encima del terreno natural, principalmente esta encargada a soportar, dispensar y transferir la carga de las capas superiores de la estructura hacia la subrasante de tal manera que pueda soportar dichas cargas de tránsito.

La característica que tiene la subbase ayudara a controlar y eliminar algunas distorsiones de peso o volumen que pueda pasar a la subrasante, a su vez funciona con capa de drenaje en toda la estructura del pavimento.

Los materiales obtenidos para la subbase serán de forma natural o procesada, aprobados anteriormente, y estos materiales se obtendrán de canteras u otras fuentes, la cual será tendida sobre una superficie preparada.

Agregados adecuados en la subbase: Como se sabe esta capa granular está debajo de la base granular siendo un material de menor calidad, este material no necesariamente va ser producto de la trituración de rocas por ende la producción es mucho más económica donde se puede encontrar en depósitos naturales de cantera y este material de igual manera tiene grava, arena, se permite un poco más de finos en la subbase granular. En otras palabras, es un material muy bueno porque es principalmente gravoso.

Base: Esta capa está ubicada subyacente a la carpeta asfáltica o carpeta de rodadura y está constituida principalmente por materiales de alta resistencia que de acuerdo a su tamaño se clasifican como gravas y son producto de la trituración de rocas de forma controlada ($CBR \geq 80\%$), la capa base se ocupará de absorber las cargas y transmitir las uniformemente a la capa subbase y subrasante.

Propiedades fundamentales en capa base: La propiedad primordial de la capa base viene a ser estructural, ya que la base granular se encarga principalmente de brindar un apoyo uniforme y estable a la capa asfáltica es decir es un material cuya función principal radica en su resistencia mecánica, otras funciones que cumple la base granular en pavimentos flexibles es que permite reducir la densidad de la capa asfáltica debido a mayor resistencia mecánica tenga la base, menor espesor de carpeta asfáltica se va a requerir. La base granular también sirve como material drenante en caso de que la carpeta asfáltica falle por alguna circunstancia.

La base debe cumplir con ciertos requisitos para garantizar sus características físico-mecánicas.

Agregados óptimos para la capa base: La producción de la base granular se realiza en unas condiciones controladas dentro de la cantera la cual se tritura la roca y se consigue por tamizados una distribución granulométrica que permita una adecuada trabazón y un adecuado desarrollo de alta resistencia, a la vez se mezcla con arena y material de relleno.

Según el MTC, los requerimientos para emplear el material pétreo en la base deberán ser:

- Resistencia a los cambios de temperatura y humedad.
- Carecer de cambios de volúmenes perjudiciales.
- Un porcentaje de desgaste inferior a cincuenta, de acuerdo al ensayo de la máquina de los ángeles.
- La fracción del material que pasa por el tamiz cuarenta, debe de tener un límite líquido menor al 25% y un índice plástico inferior a 6. (2014).

Agregado Grueso: La detención de agregado en la malla No 4 representara a este tipo de agregado, donde las fuentes de donde provienen serán tanto naturales como procesados o en otros casos la combinación de ambas.

Este agregado debe de cumplir con requerimientos para garantizar la calidad de este tipo de material.

Agregado Fino: El traspaso de agregado sobre la malla No 4 representara a este material que se utilizara, que pueden proceder de manera naturales, procesados o la combinación de ambas. Que deben de cumplir ciertos requerimientos.

Carpeta de rodadura: Es la capa superior de la estructura, esta capa puede ser de material bituminoso (pavimento flexible), de material de concreto Portland (pavimento rígido) o como también de adoquines.

Propiedades de la capa de rodadura: La característica de esta capa va ser de una capa de protección, absorbiendo esfuerzos y deslizamientos, evitando posibles infiltraciones y previendo que pueda llegar el agua de lluvia hacia las capas inferiores.

Agregados convenientes para la capa de rodadura: El agregado utilizado en pavimentos flexibles para la capa de rodadura es un material ligante, el asfalto que viene derivado de la refinación del petróleo podría ser sólido o semisólido, convirtiéndolo a líquido en altas temperaturas. Como también debería de cumplir una granulometría garantizando así el material a utilizar.

Tipos de pavimentos: Las diferentes tipologías incluidas en el manual, van a variar según su condición, uso y estructura que se requiere, clasificándolo de esta manera en tres tipos: pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos y pavimentos rígidos.

La clasificación de pavimentos se llevará a cabo dependiendo del diseño que el especialista realizará, que materiales y uso se dará al pavimento, teniendo por consiguiente una clasificación de pavimento.

Pavimento flexible: Este tipo de pavimento va estructurado por una serie de capas, base y subbase, y teniendo como capa de rodadura una carpeta formada por material bituminoso que está realizado con aglomerantes, agregados y de ser necesario aditivos. En la capa superficial que va por encima de la base y subbase se considerara principalmente como carpeta asfáltica: mezclas asfálticas en frío y en caliente, los micro pavimentos, macadam asfáltico, mortero asfáltico y tratamientos superficial bicapa.

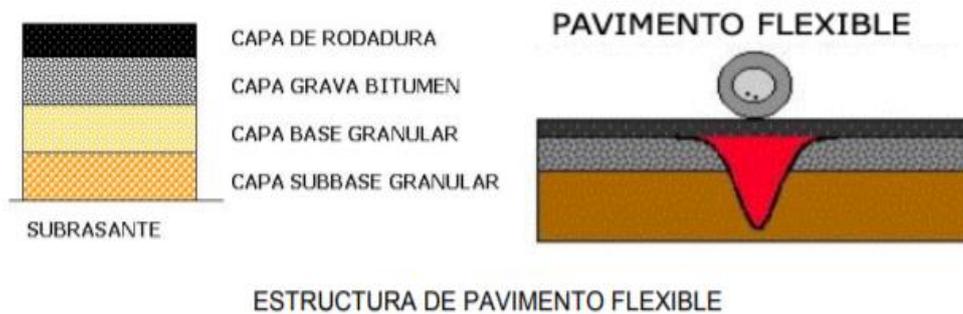


Figura 1: Estructura del pavimento flexible. Fuente: (Tensar, 2016).

Pavimentos semirrígidos: En estos pavimentos tenemos una estructura similar al pavimento flexible, al realizar la modificación de una de las capas con aditivos que podrían ser: químicos, cemento, cal, emulsiones o asfalto, estamos rigidizando la capa debido a que las propiedades mecánicas del material local no son aptas y así aumentamos o corregimos con aditivos dichas propiedades. Los pavimentos adoquinados se consideran o incluyen dentro del pavimento semirrígido.

Pavimento rígido: Este tipo de pavimento principalmente está estructurado por una capa de losa de concreto hidráulico, el cual está sobre la capa de fundación que vendría a ser de cantera o terreno natural, teniendo el nombre de subbase de pavimento rígido. El concreto es capaz de resistir un punto los esfuerzos a tensión son por eso que puede soportar cargas aun teniendo zonas débiles en la subrasante. El pavimento rígido viene a ser un tipo de pavimento más resistente, pero en costos es más elevado que el flexible.

Asfalto: El asfalto o cemento asfáltico se reconoce por tener un color marrón oscuro a negro, teniendo al alfteno como característica principal, obteniéndose de manera natural o artificial en residuos de la refinación del petróleo crudo. Este cementante tiene características tanto físicas como químicas dándole la particularidad en la industria de la construcción. Las propiedades químicas resaltantes del asfalto vienen a ser:

- Pureza: son inertes las impurezas que pueda tener.
- Seguridad: tiene un comportamiento estable con las diferentes cargas.

De igual manera, el asfalto tiene propiedades físico-mecánicas, que son determinantes para clasificar la capacidad del asfalto:

- Resistencia al corte
- Elasticidad
- Viscosidad
- Pérdida de masa
- Ductilidad

Clasificación de los materiales asfálticos: La clasificación de los materiales asfálticos que son productos mediante la refinación del petróleo en crudo, son:

- a) Asfaltos rebajados: es una mezcla de asfalto en líquido con un solvente utilizado regularmente en carpetas de mezclas en frío.
- b) Emulsiones asfálticas: es una mezcla de asfalto líquido y agua formado una solución jabonosa.
- c) Asfaltos soplados con aire: el soplado de aire a altas temperaturas hace que este asfalto obtenga ciertas propiedades para la realización de trabajos hidráulicos como otros.
- d) Asfalto AC: también conocido como asfalto no modificado, al pasar por la destilación del petróleo se obtiene este cemento asfáltico.
- e) Asfaltos modificados: al mezclarlo o combinarlo con algún polímero o material que ayude a mejorar sus propiedades físicas de este cemento asfáltico.

Cabe recordar ya que al enfoque de esta investigación se centrará solo para los dos últimos tipos de materiales, siendo estos asfaltos para el proyecto.

Asfaltos no modificados: Estos asfaltos vienen a ser el primer tipo, de acuerdo con normativa se ordenaba en cinco grados estándares lo cual se obtenía una consistencia de acuerdo a la prueba de penetración, y las se denominaban de la siguiente manera: CAP PEN, así mismo podíamos discriminar CAP PEN 40-50, CAP PEN 60-70, etc.; lo cual las siglas CAP denotaba que es un cemento asfáltico y PEN denotaba los números de rango de penetración.

Tenemos algunos casos donde utilizamos según su rango:

CAP PEN 60 – 70: utilizados para la construcción de carpetas de rodadura lo cual la mezcla se hace en planta en caliente.

CAP PEN 85 – 100: utilizados para la construcción de carpetas de rodadura lo cual la mezcla se hace en planta en caliente.

CAP PEN 100 – 120: aprovechado en tratamientos superficiales.

Asfaltos modificados: Al querer mejorar las propiedades físicas del cemento asfáltico se desarrollaron insumos, con el objetivo de modificar y aumentar la eficacia bajo diferentes condiciones menores de servicio. Debido a estas interrogativas y situaciones surge la combinación de asfaltos con aditivos. Siendo uno de los aditivos más comunes el polímero llega a tener una gran importancia para la combinación y adherencia con el asfalto.

Agregados: En la parte de la pavimentación, los agregados son una parte esencial para la mezcla que se utilizara. Constituyendo un 90 a 95 % total del peso, y en sus componentes encontramos a la grava, gravilla, roca, arena y polvo de roca, de igual manera para la mezcla encontramos al asfalto que será una 10 a 5 % total de la mezcla.

Geosintéticos: Los geosintéticos se caracterizan debido a que al menos un elemento sea de polímero tanto natural o sintético, o también la combinación de ambas, y se proyecta de manera de filtro, lámina o formas tridimensional este material tiene un contacto directo al terreno.

El campo de la aplicación de los geosintéticos es diverso ya que se aplica en muchas ramas de la construcción como pueden ser: obras viales, obras hidráulicas y otras más. La composición de los geosintéticos esta básicamente basado de polímeros siendo estos los polipropilenos, poliéster, polietileno y poliamida. Siendo el polipropileno y el poliéster los que más se utilizan en estos tiempos.

Según koerner (2012) “los materiales geosintéticos desempeñan cinco funciones principales: separación, refuerzo, filtración, drenaje y contención (de líquidos y/o gases). El uso de geosintéticos tiene básicamente dos objetivos: tener un mejor rendimiento (por ejemplo, sin deterioro del material ni fugas excesivas) y ser más económico que el uso de materiales y soluciones tradicionales (ya sea por su menor coste inicial o por su mayor durabilidad y vida útil, reduciendo así los costes de mantenimiento y sustitución)” (p.5).

Según lo expresado para Koerner las funciones que cumplen los geosintéticos son para poder cumplir objetivos que ayuden a tener un rendimiento más óptimo y tener costos menores a lo tradicional, donde el material será de ayuda para poder extender la vida útil de la estructura.

Tabla 1: Principales funciones para tipos de geosintéticos.

Tipos de geosintéticos	Funciones primarias				
	Separación	Refuerzo	Filtración	Drenaje	Contención
Geotextil (GT)	✓	✓	✓	✓	
Geomalla (GG)		✓			
Geocompuestos (GC)	✓	✓	✓	✓	✓
Geomembrana (GM)					✓

Fuente: (Koener, 2012).

Los geosintéticos son productos que se diseñaron o desarrollaron para ayudarnos a optimizar los recursos de un proyecto. Los productos de un proyecto son típicamente, dinero, tiempo, materiales las más importantes. Cuando hablamos de optimización es que podemos utilizarlo de una forma más eficiente, reducir costos, hacerlo en un menor tiempo o utilizar menos material o una combinación de todas.

Aumentar el rendimiento de la estructura del pavimento también es una posibilidad con la utilización de los geosintéticos.

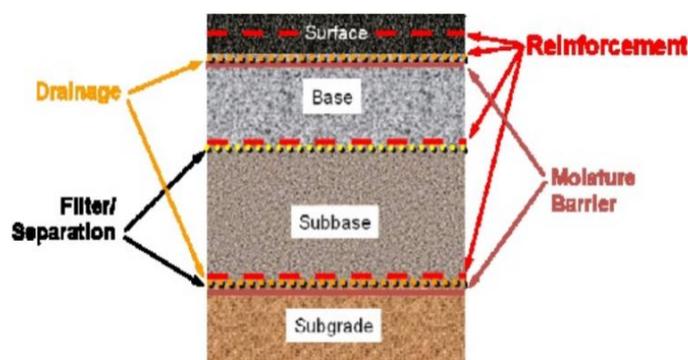


Figura 2: Posibles aplicaciones de geosintéticos. Fuente: (NHI, 2008).

Clasificación de los geosintéticos: En el terreno de las construcciones los geosintéticos que tienen más recurrencia en su utilización son las Geomallas, Geoceldas, Geotextiles, Geomembranas, Geocompuestos entre otros geosintéticos que tienen las mismas cualidades y características. (ver figura 1.).

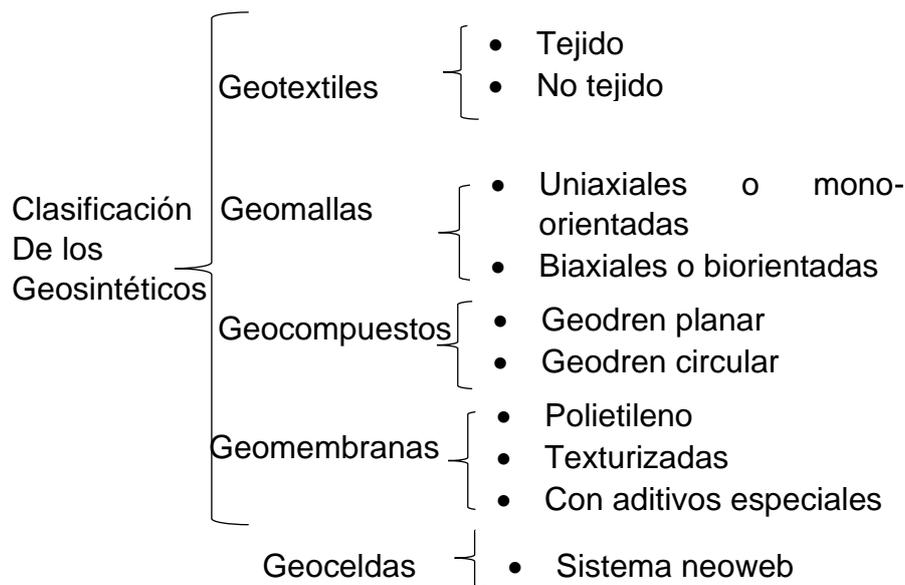


Figura 3: Clasificación de los geosintéticos. Fuente: (Elaboración propia).

Geomallas: Según Vargas et al. (2017) nos dice “el material llamado geomalla viene a ser un producto la cual es introducido dentro del diseño, que ayudara a reforzar las propiedades de la estructura del pavimento, teniendo como una de sus facultades evitar que se combinen y contaminen los agregados, ayudando también al drenaje lateral, eludiendo la evasión de finos”.

Según lo expresado nos dice que la geomalla sirve de instrumento o material que nos ayudara a tener beneficios con su utilización siendo un material que ayudara a separar los materiales y no se mezclen creando una capa de refuerzo.

Para el National Highway Institute (NHI, 2008)

El refuerzo con geomalla se utiliza en carreteras pavimentadas de forma permanente en dos áreas principales de aplicación. En las aplicaciones de refuerzo de la base, las geomallas se colocan dentro o en la parte inferior de las capas no ligadas de un sistema de pavimento flexible y mejoran la capacidad de carga del pavimento bajo tráfico repetido. En las aplicaciones de estabilización de subrasantes débiles ($CBR \leq 4$) para transportar equipos y facilitar la construcción del sistema de pavimento sin deformaciones excesivas de la subrasante (p. 222).

Como se mencionó el refuerzo viene a ser el más importante oficio o función de la geomalla, por ende, puede servir para reforzar la sección de la base, subbase o estabilizar la subrasante, dependiendo del requerimiento del diseño de la estructura, si la subrasante tiene un suelo muy pobre y su CBR es menos o igual a 4, ese suelo necesita estabilizar, o si se necesita reforzar la estructura, la geomalla va sobre la capa de subrasante, aumentando así su capacidad de carga.

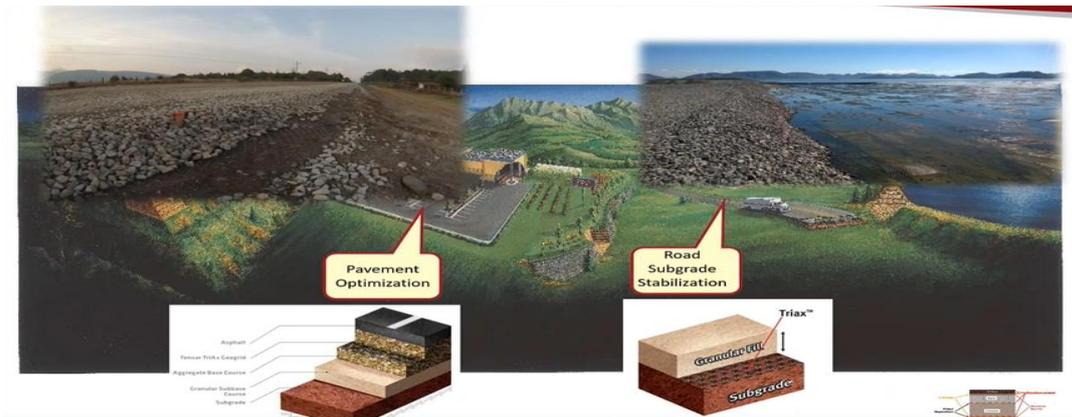


Figura 4: Utilización de geomalla para estabilización u Optimización de pavimento. Fuente: (Tensar, 2016).

Las geomallas en sus funciones como la principal o la más importante tiene el de refuerzo ya que se maneja evitando o disminuyendo lo que son los enrejados provocados en la falencia de capacidad de soporte y movimiento lateral del material que puede ocurrir en la base como también en la subrasante. La aplicación de este material ha llevado en los últimos años un alcance positivo en carreteras tanto en lo económico, minimizando o reduciendo el uso de materiales, en lo técnico, logrando completar en tiempo de diseño o prolongándola, y en lo ambiental, acortando la emisión del elemento C (carbono). AASHTO su metodología diseño acepta, sustenta el uso de este material. (Galindo, 2017)

El elemento de refuerzo que viene a ser la geomalla se divide en tres grandes campos, donde se desarrollan de diferente manera, pero con la función la de refuerzo y otras características, tenemos tres tipos:

- Geomalla uniaxial o mono-orientadas.
- Geomalla biaxial o biorientadas.
- Geomalla Triaxial o multiaxiales.



Figura 5: Tipos de geomallas. Fuente: (Tensar, 2016).

Geomalla Uniaxial o mono-orientadas.

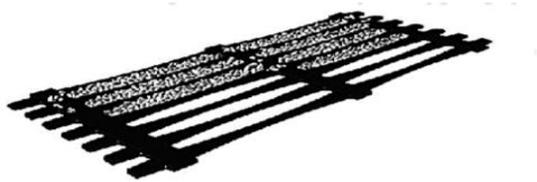


Figura 6: Geomalla uniaxial o mono-orientadas. Fuente: (GEOSISTEMAS DE MEXICHEM, 2009).

Las geomallas uniaxiales en su elaboración y producción están elaboradas por un material de polietileno de alta densidad (HDPE) donde se realiza dos procesos que conlleva la extrusión y el estiramiento mono-direccional. La forma elíptica y largas aberturas le da a obtener una estructura mono-orientada, trabajará y tendrá un mejor rendimiento con el suelo de tipo granular, formando una trabazón.

Esta geomalla tiene un soporte mayor a tensión, resistiendo cargar a 150 KN/m aprox. Teniendo un suelo con la capacidad de resistir esfuerzos a compresión nos da una estructura de suelo reforzado.

Geomalla biaxiales o biorientadas.



Figura 7: Geomalla biaxial o biorientadas. Fuente: (GEOSISTEMAS PAVCO DE MEXICHEM, 2009).

Las geomallas biaxiales en su fabricación están elaboradas de polipropileno teniendo una estructura bidimensional, es inerte a condiciones químicas, en el desarrollo de elaboración se realiza un desarrollo de transformación de masas para luego un estiramiento, manera en sus dos sentidos. El soporte a la tensión se da en dos direcciones debido a la forma rectangular que tiene la estructura de la geomalla y también se tiene un módulo de elasticidad alta. De igual manera, la estructura con la cual está elaborada la geomalla genera una excelente confinación con los materiales del suelo.

La geomalla biaxial posee elementos y nudos rígidos, que dan a la estructura un confinamiento alto y que son muy eficaces servir como reforzamiento en pavimentos flexibles. (GEOSISTEMAS PAVCO DE MEXICHEM, 2009).

Funciones y aplicaciones de la geomalla biaxial: La geomalla biaxial está diseñado para soportar, reforzar y ayudar a la estructura de pavimento, debido a que el tráfico que se genera son esfuerzos verticales, la geomalla ayuda a disipar y distribuir la carga en distintas direcciones. Por consiguiente, el diseño debe de tener tanto en el sentido transversal y longitudinal las mismas propiedades mecánicas. (GEOSISTEMAS PAVCO DE MEXICHEM, 2009).

Geomalla triaxial o multiaxial: En los últimos años se ha venido fomentando el uso de una nueva geomalla, con aberturas triangulares siendo más rígido a causa de un aumento en el peralte de las costillas, ofreciendo un mayor confinamiento de agregados. Caracterizando a esta geomalla en dar una mayor utilidad y reducción de espesores. (Vialidad y Transporte Latinoamericano, 2014)



Figura 8: Estructura geomalla Tensar TriAx. Fuente: (Tensar, 2016).

Desarrollo de elaboración de los geosintéticos: Como principal elemento fabricación están los polímeros, y en menor porcentaje por aditivos. Cuando hablamos de polímeros nos referimos a sustancias macromoleculares orgánicos, con elevado peso molecular, que se genera por la agrupación de monómeros que vienen a ser moléculas de bajo peso molecular.

Cuando hablamos de monómeros hacemos referencia a la molécula mezclada de átomos de hidrogeno y carbono, donde al juntarse forman colas de moléculas. Al tener una elevación del peso molecular es directamente proporcional al aumento de la resistencia en tracción.

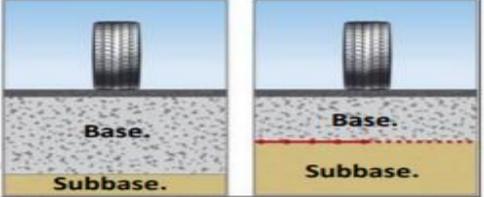
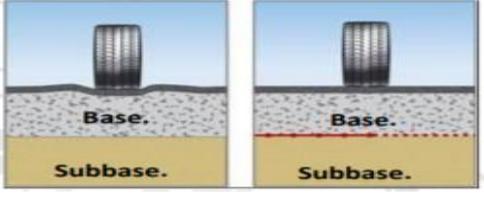
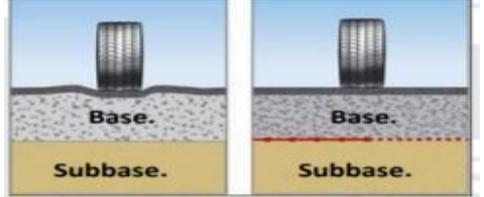
Tenemos diferentes tipos de polímeros para la fabricación de los geosintéticos, entre los más recurrentes tenemos: polipropileno (PP), Poliamida, Polietileno (PE), poliéster (PET).

- El polipropileno (PP) o llamado también polipropeno tiene una alta resistencia y se emplea en ambientes radicales, como rellenos sanitarios.
- Las poliamidas formado por cadenas extensas que en su composición contienen unidades amida, que al sumergirse podrían perder resistencia a tracción debido a la susceptibilidad a la hidrólisis.
- Los poliésteres también son susceptibles a hidrólisis en lugares con ácidos elevado, teniendo un alto módulo de elasticidad.

Ventajas que se obtienen con la utilización de la geomalla: Cuando realizamos trabajos en construcciones de ingeniería especialmente en pavimentos, el uso de las geomallas biaxiales nos brinda beneficios positivos a lo largo de su construcción y después de esta, donde las geomallas biaxiales actúan de manera que, mejora la subrasante y como también en refuerzo de capas granulares.

Como principales beneficios que nos brinda el uso de las geomallas biaxiales en pavimentos flexibles dentro de su estructura son: la reducción o disminución de las capas o espesores de la base o subbase.

Tabla 2: Beneficios de las geomallas biaxiales o biorientadas.

<p>(a). Reducción de espesores con los mismos valores de cohesión, ángulo de fricción y fuerza de aplicación.</p>	
<p>(b). Aumento de vida útil con los mismos valores de espesores por capa, cohesión y ángulo de fricción.</p>	
<p>(c). Reducción de la calidad de relleno con los mismos valores de espesores por capa y fuerza de aplicación.</p>	

Fuente: (CABALLEROS TORRES,2006).

- Aumento de la facultad de soporte: Al reforzar la estructura con la geomalla biaxial se brinda una mayor carga sobre la estructura del pavimento, y esto se puede evidenciar en caminos minero, en carreteras con suelos blandos o suelos donde tienen que soportar o aguantar cargas de tránsito muy alto. Por lo tanto, se lograría un acrecentamiento resaltante del ESAL's, que resistirá la estructura del pavimento ante posibles defectos que podría presentar. En ese sentido, se podría decir que la inclusión de la geomalla biaxial nos permite tener bajos costos a la hora de hacer los mantenimientos.
- Aumento de utilidad de vía: (tabla 15 b) Al tener un incremento de la facultad de soporte de la estructura ya sea en las capas granulares o en la subrasante, se puede tener una reducción de espesores de los materiales ya sea de materiales de préstamo para bases granulares o de material de reemplazo en caso de subrasante. Por lo tanto, la incorporación de la geomalla nos brinda una capa más rígida haciendo a la estructura más duradera como también reduciendo

espesores en base o subbase granulares. Esto trae consigo una reducción en costos ya sea de materiales como también de transporte.

- Cobertura de vacíos: Al producir fallas en zonas de la subrasante o colapsarse debido a erosión, la geomalla biaxial ayuda a cruzar los vacíos, pero esta aplicación o mecanismo no es muy usada. Este mecanismo de solución solo es momentáneo y lo recomendable es solo usarlo hasta reparar la falla. La geomalla biaxial al producir fuerza en tensión el mecanismo que usará será el de membrana tensionada.
- Nivelación de subrasante débiles: Los mecanismos mencionados donde se puede apreciar los beneficios que trae la geomalla, nos conlleva a una “mejora” de la capacidad portante mayor. Este mecanismo logra que se puedan construir plataformas sólidas.
- Control de asentamiento diferenciales: Este aporte se puede genera induciendo más de una capa de geomalla en la estructura del pavimento, haciéndolo más rígido respecto a su confinamiento lateral.

Estudio en escala real en una estructura con y sin reforzamiento de geomalla biaxial: El ensayo se efectuó a escala real teniendo una estructura de pavimento dividido en secciones con y sin refuerzo donde se obtuvo efectos y desenlaces de carácter empírico.

AASHTO 93 en su diseño extendió su procedimiento hacia la utilización e incorporación de las geomallas biaxiales dentro de su proceso (reforzamiento de pavimento flexible) la aplicación del refuerzo viene sustentado con amplios ensayos y verificaciones in situ en tiempo real.

Las variables que se utilizaron para estudiarlas son: número de ejes equivalentes (ESAL), CBR, densidad de capas y tipo de geosintéticos a utilizar.

Con respecto a la verificación de la habilidad para reforzar de geomalla biaxial coextruida en la base, se construyó una estructura pavimento flexible con sección de 210 m de tal manera que la aplicación de evaluaciones fue en la recolección de datos, fichas confiables y reproducibles, comparando de igual manera en secciones con y sin refuerzo.

La estructura construida es semejante a un rectángulo con curvas en las esquinas en tramos rectas de 36 y 20 m de largo y curvas con un radio de 17 m. (Fig. 8)

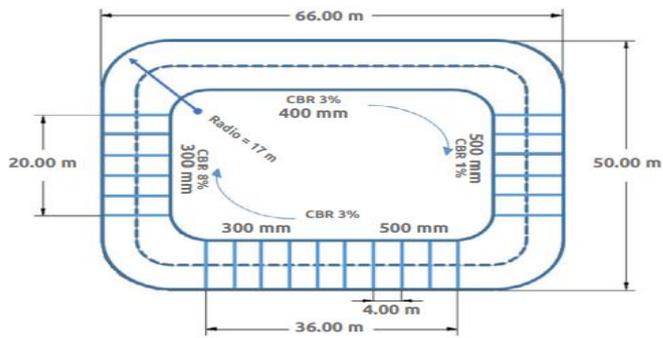


Figura 9: Vista de superior de una sección de carretera empleada para el ensayo. Fuente: (GEOSISTEMAS PAVCO DE MEXICHEM, 2010).

Se realizó un levantamiento ligero en el borde extremo de curvas así generando un efecto tipo “parábola” en la carretera de ensayo para permitir el paso del vehículo en la curva para poder eludir la desaceleración. Para examinar muchos términos, realizaron varias estimaciones de CBR en subrasante con los siguientes valores de 1%, 3% y 8%.

Las medidas reforzadas de las capas corresponden a 2.2 m por 4.6 m así dejar 0.20 m de traslapo en toda la carretera en eje central y 0.30 m de traslapo en ancho de la sección entre capas de refuerzo cercano. Se realizaron un valor de más de 56 secciones diferentes donde se instalaron las capas con geomalla y sin geomalla, obteniéndose distintos valores en soporte en subrasante y también en espesores de base. En la parte usual de la estructura de pavimento se realizó una excavación de zanja en el cual se instaló una subrasante con espesor 0.7 m y CBR 1%, 3% y 8%. Por consiguiente, logro instalación de la geomalla y finalmente se rellenó con espesores de 0.3 m y 0.5 m con material de grava seleccionada de cantera y compactada. Para la carpeta de rodadura se tuvo un espesor de 7.5 mm en toda la sección de la carretera.

Las cargas aplicadas estuvieron a cargo de un vehículo que solo circulaba en su solo sentido, guiándose por líneas definidas centrales dibujadas en la carpeta de rodadura, de manera que garantice que los neumáticos caminen siempre por el mismo sentido.

Las características de la carga a emplearse para la prueba fue un transporte de carga común con eje sencillo en la parte delantera, eje Tándem en la parte posterior

y su peso fueron 45 kN y 90 kN respectivamente. La velocidad regular fue de 20 km/h, de tal manera que la vuelta se completaba cada 1 minuto aproximadamente.

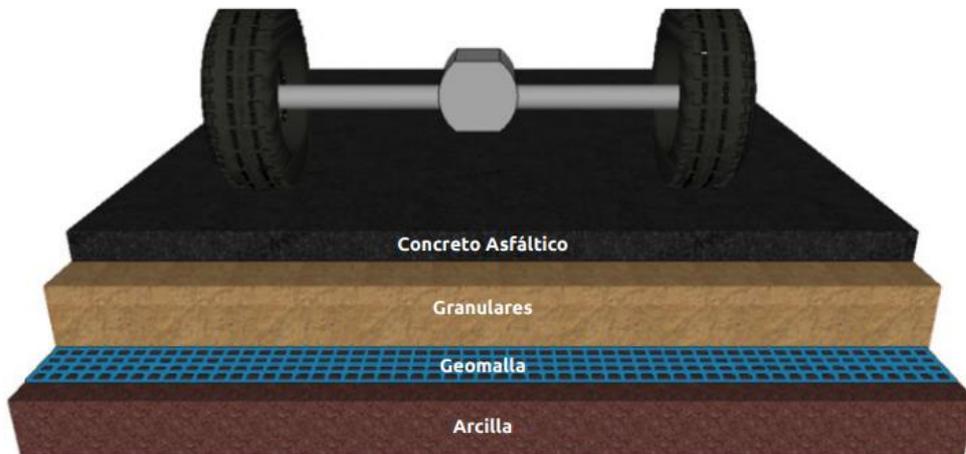


Figura 10: Vista en corte de la sección típica de la carretera del ensayo. Fuente: (GEOSITEMAS PAVCO DE MEXICHEM, 2010).

Los resultados que se llegaron de los ensayos en secciones con y sin refuerzo se proyectaron mediante gráficos en relación con la resistencia de subrasante, número de ciclos y coeficiente de capas. Esta proyección de los gráficos o tablas facilitan a los profesionales a diseñar de manera óptima estructuras de pavimentos flexibles con la inclusión de la geomalla coextruida.

Los datos empíricos que se consiguieron tienen una aplicación de manera puntual a los tipos de geomallas biaxiales aquí señaladas:

- ✓ Geomalla rígida P-BX: características de alto rendimiento como es los esfuerzos y módulos de resistencia, que su característica de efecto “interlock”.

Dentro de esta clase vamos a encontrar a dos geomallas donde se diferencian por su valor en la resistencia a tensión:

- ✓ Geomalla coextruida P-BX 2020: Las propiedades mecánicas tendrán similitud en los dos sentidos, pero su resistencia isotrópica será de 20Kn/m.
- ✓ Geomalla Coextruida P-BX 3030: Las propiedades mecánicas tendrán similitud en los dos sentidos, pero su resistencia isotrópica será de 30Kn/m.

En la siguiente figura (fig. 9) se describen las curvas iso-deformación donde nos representa el alargamiento de utilidad, de serviciabilidad del pavimento con

reforzamiento. Mediante la gráfica se calcula el alargamiento de utilidad de diseño al insertar la geomalla en la sección.

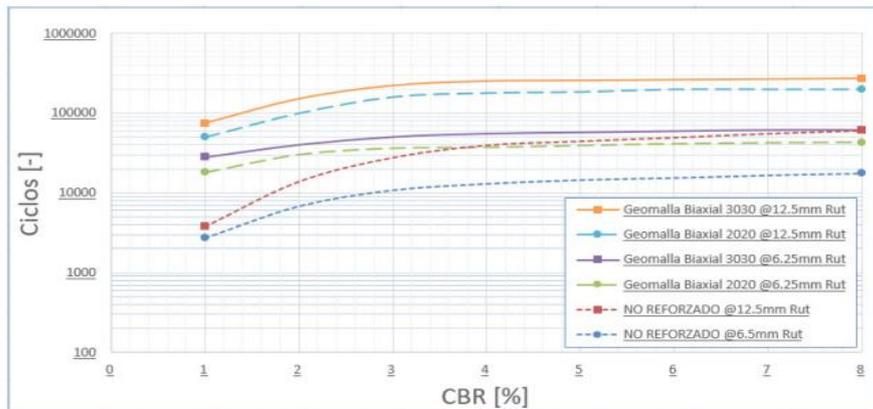


Figura 11: Representa un vs entre CBR y Número de ciclos. Fuente: (GEOSITEMAS PAVCO DE MEXICHEN, 2009).

En la siguiente figura (Fig. 10) la relación del CBR con las curvas de LCR procedente del material. En la curva se puede apreciar la contabilidad de contribución estructural que aporta la geomalla a la estructura del pavimento.

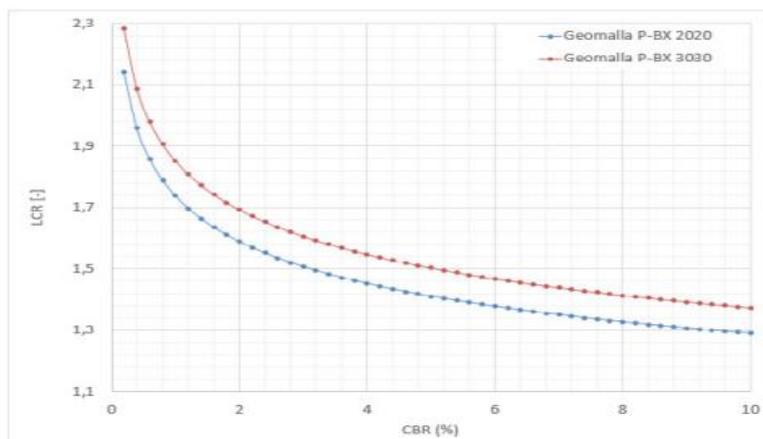


Figura 12: Aporte de geomalla mediante el LCR Vs. CBR. Fuente: (GEOSITEMAS PAVCO DE MEXICHEN, 2009).

La relación del coeficiente LCR para geosintéticos con mallas tejidas o soldadas, se debe de definir la curva LCR vs. CBR teniendo la resistencia real del geosintéticos según:

$$T_r = T_u * P_n$$

Dónde:

T_r = Resistencia real Geomalla

T_u = Resistencia última

P_n = Eficiencia del nodo (según tipo de Geomalla)

Para lo que es Geomallas coextruida, sus propiedades mecánicas tienen una igualdad en sus dos direcciones tanto en geometría y son homogéneos la cual también se determina la curva LCR. De tal manera que las geomallas que presentan diferentes valores de resistencia en sus dos direcciones (SL y ST) deben de ser estudiadas desde un punto de vista conservador, referenciándose de la menor resistencia donde se afecta por su correspondiente nodo.

Método de diseño con utilización de geomallas biaxiales: El manual de Geosistemas Pavco de Mexichem (junio 2009) nos indica que la metodología en la cual se basan, realiza una comparación entre pavimentos con refuerzo y sin refuerzo con geomalla biaxial, como también no hacen referencia a lo siguiente:

En lo referido a diseño de pavimento flexible se efectúan diversos tipos de métodos incluyendo las metodologías empíricas, métodos limitando la deflexión, fuerza al corte, regresivos y mecánicos-empíricos. La metodología más recurrente que viene hacer el AASHTO 93 se fundamenta en efectos empíricos adquiridos en los años 50 por la Road Test.

El comienzo de desarrollo con la inclusión del material polimérico parte de esa metodología, el cual se modifica para dar a conocer el aporte que brinda a la estructura y también dar a conocer las propiedades y aporte de las geomallas biaxiales.

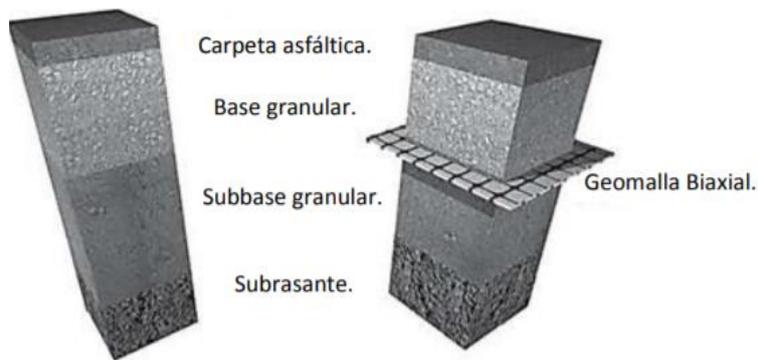


Figura 13: Estructura del pavimento con y sin geomalla biaxial.

Fuente: (GEOSISTEMAS PAVCO DE MEXICHEN, 2009).

La inclusión de la geomalla biaxial al emplearse para refuerzo de pavimento flexible hizo que se modificara el método ASSTHO 93, realizándose a base de ensayos en laboratorio como también a escala real. Esta metodología ayudo a recolectar datos las cuales con fundamento en ello se expuso un método aplicado a las geomallas de alto módulo de tensión, la cual una de sus características fue la trabazón de los agregados y alta resistencia de nodos.

La dependencia del tráfico que reciba la vía o camino, la vida útil y desempeño, se van a clasificar en dos grupos las cuales serán: permanentes y temporales

Las vías permanentes, mayormente son vías no pavimentadas que recibirán muy poco tráfico y que su vida útil esta entre uno a tres años, aproximadamente. Estas vías pueden ser desvíos, plataformas, accesos, obras en proceso, entre otras. El uso de geosintéticos facilita que maquinarias y equipos de alto tráfico puedan transitar por la vía que es débil de soportar, siendo una alternativo o solución económica al uso de mejoramiento de alto costo.

Las vías permanentes, viene a ser casi lo contrario respecto a que este tipo de vía si recibe mayor tráfico, la cual puede ser una vía pavimentada o no, teniendo una vida útil también mayor equivalente a diez años o más. En esta situación, el diseño consiste en seleccionar materiales óptimos para evitar fallas a temprana utilidad del pavimento.

Estructura de reforzamiento que produce la geomalla biaxial. La investigación experimental de las vías "suelo reforzado" fue un concepto de Shlosser and Long (1972) inicialmente estudiaron estos suelos utilizando ensayos triaxiales para

analizar el comportamiento de secciones de arena reforzadas con disco papel aluminio, las conclusiones que se observaron fueron las siguientes.

(a) La investigación demostró que la rotura de los refuerzos y la pérdida de adherencia son las dos características primordiales de falla;

En similitud Chandrasekaran (1988) realizo estudios en ensayos con muestras de arena reforzadas con disco, de material geotextil tejidos, la diferencia entre el disco papel aluminio y el disco de geotextil tejido son inextensibles en refuerzo.

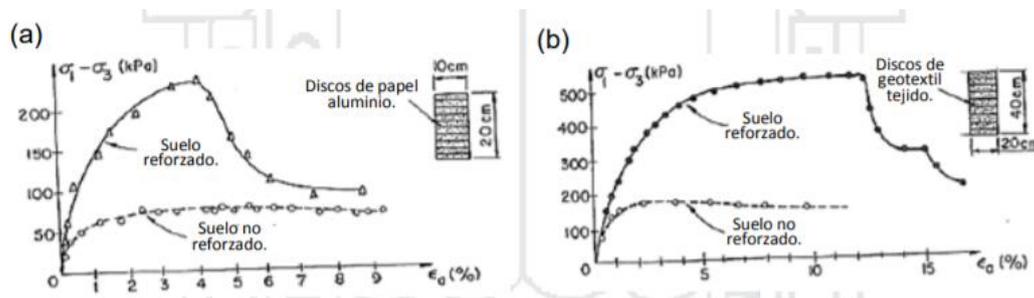


Figura 14: Resultado de los ensayos triaxiales (a) Refuerzo inextensible; (b) refuerzo extensible. Fuente: (EGOAVIL PEREA, 2012).

Mayormente los suelos gozan de mayor soporte ante fuerzas a compresión, en cambio ocurre todo lo contrario ante fuerzas de tracción. Cuando un suelo o estructura de pavimento tiene carga vertical, este sufre alteraciones verticales de compresión y alteraciones horizontales de tracción. Por lo tanto, si un suelo tendría refuerzos, este ayudaría a limitar y a reducir los movimientos laterales a tracción las cuales se limitan por deformabilidad de refuerzo. En la siguiente figura se refleja la restricción de deformación que se gana al desenvolvimiento de resistencias a tracción.

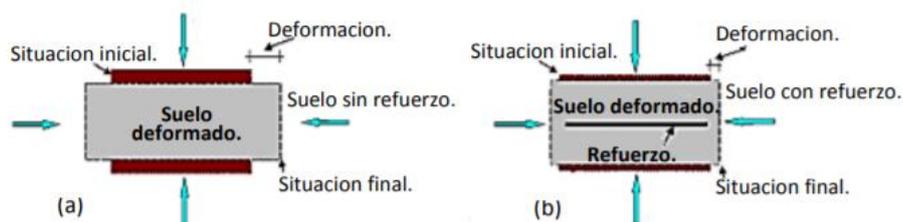


Figura 15: Deformaciones en masa de suelo. (a) Sin refuerzo; (b) Con Refuerzo. Fuente: (EGOAVIL PEREA, 2012).

Limitación lateral de la base o subbase.

Cuando hablamos de limitación lateral, hacemos referencia al roce que puede lograr el material granular con el material a reforzar, mediante la trabazón que le proporciona la geomalla al agregado. Se evidencia respecto a que hay una dependencia de los módulos de materiales granulares con los estados de esfuerzos, siendo directamente proporcional la limitación lateral con el módulo de capa granular entre la geomalla.



Figura 16: Confinamiento lateral generado por la geomalla en un material granular.
Fuente: (GEOSISTEMAS PAVCO DE MEXICHEN, 2009).

Mejoramiento de la capacidad portante

El acrecentamiento de la fuerza de soporte se obtiene deslizando la parte fallida de la subrasante sobre la estructura superior ya sea capa base o subbase de mucha más rigidez o resistencia. Este tipo de mecanismo se aprovecha más en vías sin pavimentar o también en cuanto esfuerzos en subrasante son altos.



Figura 17: mejoramiento de la capacidad portante al emplear una geomalla de refuerzo. Fuente: (GEOSISTEMAS PAVCO DE MEXICHEN, 2009).

Membrana tensionada

Tal característica nace debido a la elongación del material flexible, el cual cuando forma la curvatura por consecuencia del peso, se diferencia que en la cara cóncava el esfuerzo es mayor a diferencia de la cara convexa, interpretándose de la siguiente manera, la aplicación de carga en los esfuerzos verticales que se transmite desde el material polimérico hasta el terreno natural o subrasante es menor a los esfuerzos verticales que se transmiten hacia la geomalla. Sin embargo, este tipo de mecanismo se ve reflejado en caminos o carreteras incompletos.

Con lo mencionado anteriormente, el confinamiento lateral es uno de los mecanismos de gran importancia, con respecto a materiales granulares de las estructuras de pavimento, y estos cuentan con características primordiales:

- ✓ Restricción del desplazamiento lateral de los agregados de la base o subbase

El tendido de uno o más rollos de geomalla en el espesor o en diferentes estratos de la estructura admite la relación por corte con la geomalla y el material de capa, en sentido que la base tratase de desplazarse lateralmente. La carga puntual de cortante es transferida desde el material granular o capa hasta la geomalla y la reduce. EL material polimérico que es la geomalla su rigidez hace que se retrase la evolución de la deformación por tensión al material cercano y que la deformación lateral de las capas superiores a la subrasante sea reducida.

- ✓ Aumento del confinamiento y de la resistencia de la base o subbase en la vecindad del refuerzo

Al interactuar la geomalla con el material granular se espera que la rigidez aumente. Un aumento de esta tendría resultados menores en las deformaciones verticales dinámicas recuperables, disminuyendo el ahogo del pavimento.

- ✓ Aumento en la dispensación de esfuerzos.

La estratigrafía en una estructura de pavimento, cuando el material que está por debajo de la base o subbase en rigidez es menor, se reparten las fuerzas por comprensión más prolongados en el terreno natural con el aumento de módulo de la capa base o subbase. En otras palabras, al aumentar la rigidez de la capa base con la incorporación de la geomalla, los esfuerzos verticales y cargas aplicadas que están por debajo de aquella capa disminuyan.

- ✓ Reducción del esfuerzo y deformación por corte sobre la subrasante

Se reduce el rigor del estado de esfuerzo y por lo tanto la deformación vertical todo a nivel de la subrasante por mecanismos como:

Se da un menor deforme por corte que es transmitido desde las capas granulares hasta la subrasante debido a la transferencia de cargas hacia la geomalla o refuerzo. Se da menores esfuerzos verticales.

Características de la Geomalla Biaxial

El rol que cumple la geomalla en la estructura del pavimento es de gran importancia debido a que abarca un amplio desarrollo, donde sus aplicaciones son diversas, no obstante, debido a la falta de información e investigación su utilización como refuerzo de base es menor. En la siguiente figura se observa una sección de geomalla biaxial, donde se exponen algunas características.

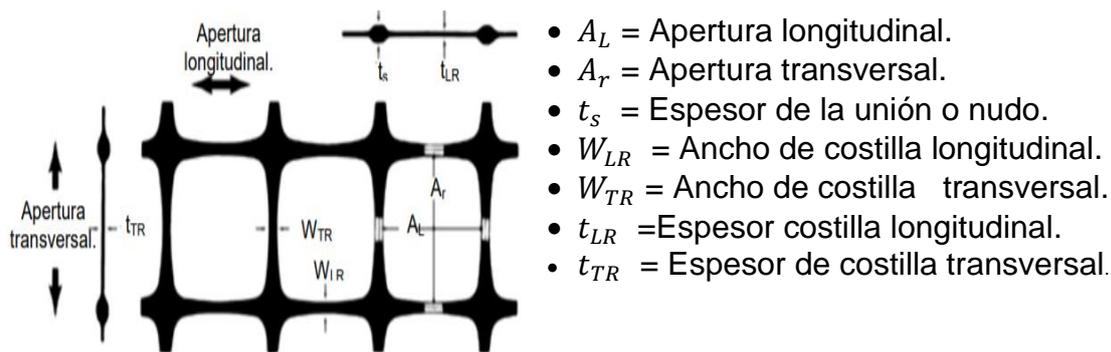


Figura 18: Características físicas de la geomalla biaxial Mac Grid EGB40.

Fuente: (MACCAFERRI, MANUAL TECNICO-REFUERZO DE SUELO, 2014).

Tabla 3: Propiedades de la geomalla biaxial Mac Grid EGB40.

Costillas	Espesor	Mientras más gruesa sea, es mejor.
	Rigidez	Mientras más rígida sea, es mejor.
	Forma	La forma rectangular es mejor.
Apertura	Tamaño	Depende del relleno, se debe asegurar la trabazón.
	Forma	Circular o cuadrada es mejor.
	Rigidez	Una mayor rigidez es mejor.
Unión	Resistencia	Alta comparada con las costillas (>90%)
General	Rigidez Torsional	Mientras más alta sea, es mejor.
	Estabilidad de la abertura	Cuando es más alta es mejor.

Fuente: (ORREGO CABANILLAS, 2014).

Según el Cuerpo de Ingeniero del Ejército de los Estados Unidos – USACOE, 1992, nos menciona que los ensayos realizados se hicieron a escala real, haciendo una comparación en secciones con refuerzos y sin refuerzos con varios tipos de geomallas biaxiales con la finalidad de diagnosticar el aporte que brinda a la estructura de pavimento ensayada. En consecuencia, las características al momento de seleccionar el tipo de geomalla deberían de ser:

- Tamaño de la abertura: Las geomallas que van a estar en adyacente a los agregados, deben de tener aberturas que permitan a los agregados puedan

penetrar a través de las geomallas. Sin embargo, no deberían de ser muy grandes para que permita forma la trabazón de las partículas y afianzar el detenimiento de agregado con la geomalla.

- **Espesor del material:** El grosor es suma importancia debido a que la geomalla y el agregado o suelo estarán en contacto, se confinarán y mientras mayor es el grosor mayor será la interacción. Donde las costillas de forma cuadrada y rectangular ayudan a tener mejor comportamiento a diferencia de la forma redonda.
- **Resistencia a la torsión:** Se proyecta en el movimiento de rotación que representa la carga aplicada en las uniones.
- **Resistencia a la tensión:** En pavimentos esta aplicación no tiene relevancia ya que lo que se busca es que los refuerzos no resistan altos esfuerzos de tensión en cambio lo que se busca es que resistan otros mecanismos de refuerzo ya hablados anteriormente.
- **Resistencia de las juntas:** En las juntas indagamos que estas sean lo mayor eficiente para que pueda transmitir las cargas a las costillas. Por lo tanto, cuando se produzcan fallas por resistencia, se deberían ir a las costillas mas no en las uniones. En la siguiente tabla veremos los ensayos que se realizaron con más frecuencia para demostrar sus propiedades mecánicas de geomallas biaxiales.

GUÍA DE DISEÑO ESTRUCTURAL ASSHTO 93 PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Factores a considerar en el cálculo de pavimentos por el método AASHTO 93 tradicional.

Analizar cada factor que se requiere para poder tener un buen diseño, ya que dependerá del confort y comodidad para el usuario. El diseño es establecer y calcular los espesores y rigideces de materiales.

Diagrama de diseño de AASHTO 93 tradicional

El AASHTO 93 se basa en ecuaciones tomadas en escenarios climáticos y con un grupo de materiales seleccionados de pavimento y suelo de subrasante. Para ello en la figura 17. Nos muestra una secuencia la cual nos guiara para evitar los menores errores que se puedan tener.

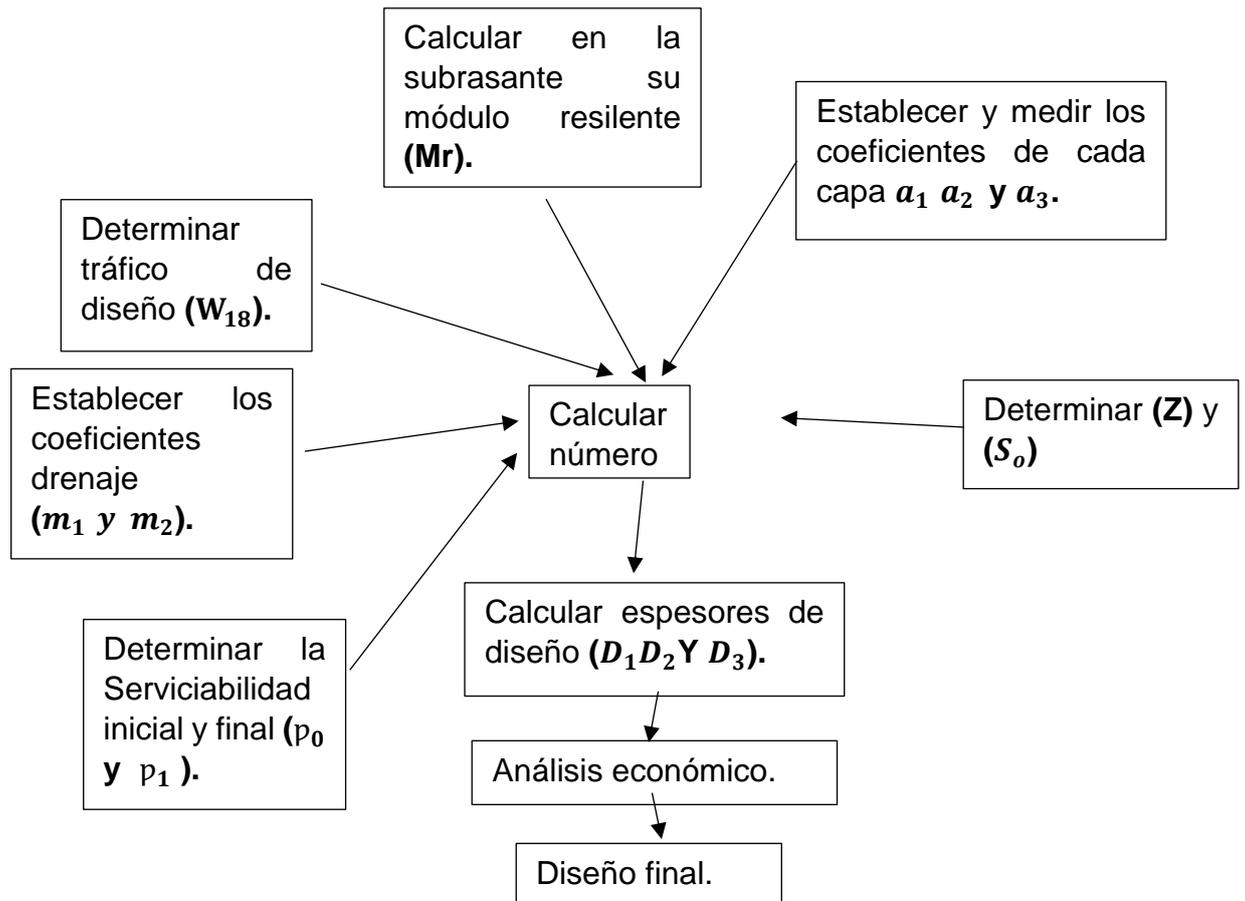


Figura 19: Diagrama de diseño de pavimento, según AASHTO 93.

Fuente: (M. Sc. Ing. MENDEZ ACURIO, 2009).

Método de diseño:

- Tasar el tráfico para el periodo de diseño (w_{18}).
- Definir la confiabilidad R y la desviación estándar total S_o .
- Disponer el módulo de resiliencia efectivo de la subrasante Mr .
- Disponer la pérdida de serviciabilidad de diseño.
- Conseguir el número estructural SN (Abaco o fórmula).
- Fundar los espesores que satisfagan SN .

Diseño del AASHTO 93 tradicional para pavimentos flexibles.

Para calcular los espesores a través del método de la guía de AASHTO 93 en primer lugar se deben definir ciertas variables.

a. Procedimiento de diseño.

En la guía de AASHTO 93 se emplea el número estructural SN para cuantificar la resistencia que tendrá la estructura, la capacidad de soporte, la pérdida de serviciabilidad y el tráfico esperado serán lo que determina el pavimento. Con la siguiente ecuación empírica que se usa en AASHTO 93 (ecuación I), se averigua el número estructural requerido:

$$\log_{10}W_{18} = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}SN + 1 - 0.20 + \frac{\log_{10} \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}M_R - 8.07 \quad (I.a.)$$

Dónde:

- ✓ W_{18} = número de ejes equivalente de 80Kn (18,000 lb), en el periodo de diseño.
- ✓ Z_R = Desviación estándar normal (depende de la confiabilidad, R de diseño).
- ✓ S_O = Error estándar por efecto del tráfico y comportamiento.
- ✓ SN = Número estructural requerido por la sección de carretera.
- ✓ ΔPSI = Variación del índice de serviciabilidad.
- ✓ M_R =Módulo resiliente de la subrasante medido en psi.

El SN que viene a representar el número estructural la cual se solicita, se transforma en grosores o espesores de subbase, base y carpeta de rodadura, por medio de coeficientes de capa que proyecta la resistencia relativa de los materiales de cada capa. La siguiente ecuación será de diseño (ecuación II):

$$SN = a_1 D_1^x a_2 D_2 m_2^x a_3 D_3 m_3 \quad (II. a.)$$

Dónde:

- ✓ a_i = coeficiente de la capa i (1/pulg.).
- ✓ D_i = espesor de la capa i (pulg.).
- ✓ m_i = coeficiente de drenaje de la capa i (adimensional).

Como señala (Pavimentos, 2004, p.290) Los subíndices 1,2 y 3 de la ecuación II.

Da relación a las capas de la estructura de pavimento, donde los coeficientes con el módulo resiliente del suelo van a estar en dependencia el primero con el segundo, se establece ocupando el concepto esfuerzo-deformación.

b. Cálculo del número estructural requerido.

Según (S. Minaya & A. Ordoñez, 2005) la estructura del pavimento va a ser dependiente del tránsito que se espera, a lo largo de vida de servicio y confiabilidad en el comportamiento. Luego de caracterizar el suelo de la subrasante y seleccionar los valores de confiabilidad (R), para el error estándar S_o y ESAL estimado, se puede determinar el valor del número estructural, SN, la (ecuación I). A continuación, se detallan los parámetros de diseño y recomendaciones de AASHTO 93.

b.1 Periodo de Diseño

El periodo de diseño hace referencia al tiempo en que la estructura entra en servicio hasta que se necesite algún trabajo de rehabilitación.

Tabla 4: Periodos de diseños peculiares.

Condiciones de Carreteras	Periodo de Análisis
Vías urbanas con alto volumen	30-50
Vías rurales con alto volumen	20-50
Pavimentadas con bajo volumen	12-25
Superficie granular con bajo volumen	10-20

Fuente: (MONTEJO FONSECA, 2002).

b.2 Tránsito

El diseño estima el número de ejes equivalente (ESAL) para el periodo de análisis (W_{18}) en el carril de diseño. Empezando por el número de vehículos y su conversión a ejes equivalentes, el proyectista debe ejercer el ESAL en ambas direcciones por factores direccionales y de carril (si es más de dos carriles), se aplica la ecuación que se presenta (ecuación III):

$$W_{18} = DD \times DL \times w^{18} \tag{I.b.}$$

Dónde:

- ✓ DD: factor de distribución direccional.
- ✓ DL: factor de distribución por carril.
- ✓ w^{18} : tráfico total en ambas direcciones para el periodo de diseño.

El factor de distribución direccional (DD) mayormente es 0.5 (50%) en la gran parte de carreteras, por el contrario, varia de 0.3 a 0.7 dependiendo de la incidencia de tráfico en una dirección. En cambio, el factor de distribución por carril (DL), se representa en la siguiente tabla:

Tabla 5: Factor de distribución direccional.

Nº carriles en una dirección	%ESAL en carril diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Fuente: (MONTEJO FONSECA, 2002).

b.3 Factor de confiabilidad (R).

Adiciona un porcentaje de grado de certeza en la marcha de diseño para aguardar que ciertos parámetros alcancen el periodo de análisis. En la siguiente tabla N° 21 se da a conocer las recomendaciones respecto a la confiabilidad para diferente distribución funcional:

Tabla 6: Niveles aconsejados de confiabilidad (R).

Clasificación Funcional	Nivel recomendado de confiabilidad	
	Urbano	Rural
Interestatal y otras vías	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectores	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: (S. MINAYA & A. ORDOÑEZ, 2005)

b.4 Desviación Estándar Normal (Z_R)

La desviación estándar normal Z_R está relacionado con la confiabilidad del proyecto (R). Se mostrará los valores o datos de desviación estándar normal que van relacionado a la confiabilidad.

b.5 Pérdida de serviciabilidad.

Como señala (Pavimentos, 2004, p.209) La serviciabilidad se define como la calidad de servicio del pavimento. Se evalúa de un rango entre 0 (carretera imposible de transitar) a 5 (carretera perfecta). El PSI se obtiene midiendo la rugosidad y daño en un tiempo en particular durante la vida de servicio del pavimento. La rugosidad es el factor dominante para estimar el PSI del pavimento.

En la siguiente ecuación brindada por el AASHTO 93 utiliza la variación total del índice de serviciabilidad (Δ PSI):

$$\Delta\text{PSI} = p_o - p_t \quad (\text{II.b})$$

Dónde:

- p_o = Índice de serviciabilidad inicial.
- p_t = Índice de serviciabilidad final, que es el más bajo índice tolerable antes de la rehabilitación.

b.6 Módulo resiliente efectivo del suelo

De acuerdo con (Pavimentos, 2004, p.301) el módulo resiliente mide las propiedades elásticas reconociendo sus características no lineales. El módulo resiliente se correlaciona con el CBR, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{MR [psi]} = 1500 \times \text{CBR} \quad (\text{III.b.})$$

$$\text{MR [psi]} = 10342 \times \text{CBR} \quad (\text{IV.b.})$$

Esta ecuación es razonable para suelos de gradación fina con $\text{CBR} > 10\%$.

c. Procedimiento de diseño.

El número estructural SN solicitado se convierte o transforma en espesores de concreto asfáltico, base y subbase, a través de coeficientes de capa y empleando la ecuación (I. a.).

c.1 Coeficientes de capa a_i

A cada capa de material de la estructura de pavimento se le otorgara un coeficiente. Este expresa una relación empírica entre el SN (número estructural) y el espesor.

- Concreto asfáltico. AASHTO 93 nos sugiere una carta o guía (fig. 18) para definir el coeficiente estructural del concreto asfáltico de gradación densa fundamentado en el Módulo Dinámico Complejo, E^* , o también se puede emplear el coeficiente que se genera de la AASHTO 93 FOR DESIGN OF PAVIMENT STRUCTURES.

$$a_1 = 0.7304 - 0.1271 \times \ln (T^\circ\text{C Aire}) \quad (\text{I.c.})$$

- Base. AASHTO 93 nos sugiere la carta o guía (fig. 19) para definir el coeficiente estructural a_2 , de la base granular, teniendo en consideración cuatro diferentes ensayos de laboratorio.
- Subbase granular. AASHTO 93 nos sugiere en la carta o guía (fig. 20) que puede ser utilizada para calcular el coeficiente de capa a_3 , para una subbase granular, a partir de cuatro ensayos diferentes, incluyendo el módulo resiliente de la subbase.

c.2 Coeficiente de drenaje

Según (Pavimentos, 2004, p. 307) La capacidad de drenaje de la vía es medido en función al tiempo de evacuación de las aguas pluviales por el pavimento, por otra parte, el coeficiente de drenaje está en función porcentual de tiempo por el cual un pavimento está sometido a niveles de humedad próximo a saturar.

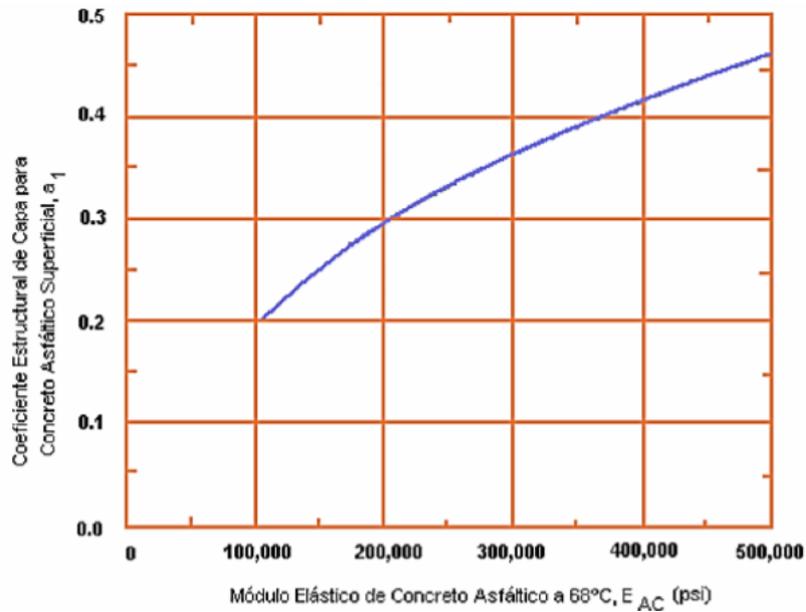


Figura 20: Carta para calcular el coeficiente estructural de concreto asfáltico de gradación densa.

Fuente: (S. MINAYA & A. ORDOÑEZ, 2005).

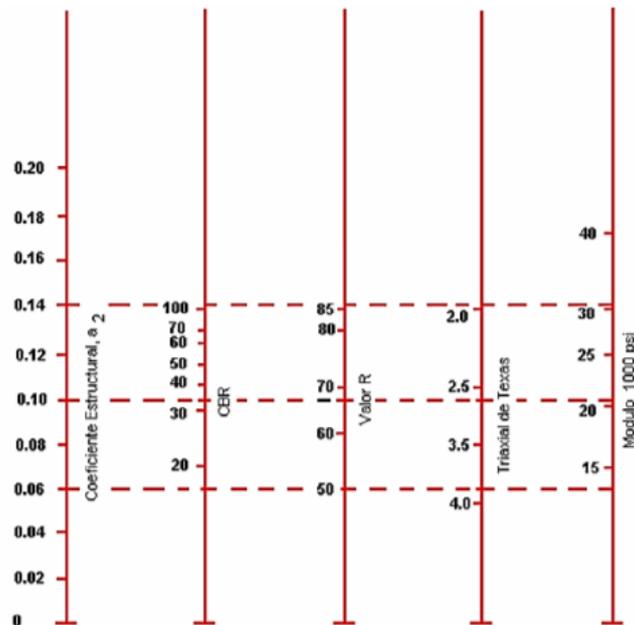


Figura 21: Variación de coeficiente de capa granular (a_2) con la variación de los parámetros de resistencia.

Fuente: (S. MINAYA & A. ORDOÑEZ, 2005).

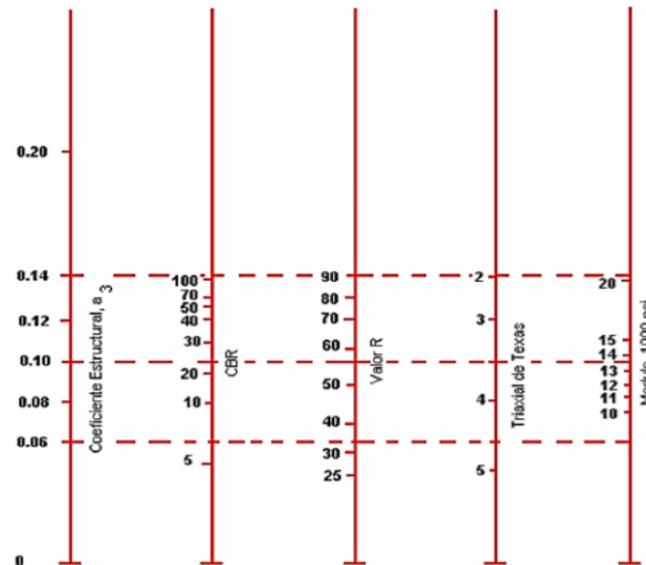


Figura 22: Variación de coeficiente de capa de subbase granular (a_3) con la aplicación de los parámetros de resistencia.

Fuente: (S. MINAYA & A. ORDOÑEZ, 2005).

Diagrama de diseño de AASHTO 93 con aplicación de geomalla biaxial.

Según (Núñez, 2016, p.96) en el método de diseño AASHTO 93 se tomará en cuenta en las ecuaciones al calcular el número estructural (SN); pues ahí intervienen las geomallas biaxiales, para poder modificar el SN original, para generar nuevo valor considerando esencialmente los coeficientes de drenaje (m_1 y m_2), coeficientes de capa (a_1 , a_2 y a_3) y los espesores de diseño (D_1 , D_2 y D_3) Para poder calcular los nuevos espesores diseñados (D'_1 , D'_2 y D'_3), para ellos la figura 21 nos muestra una secuencia de diseño.

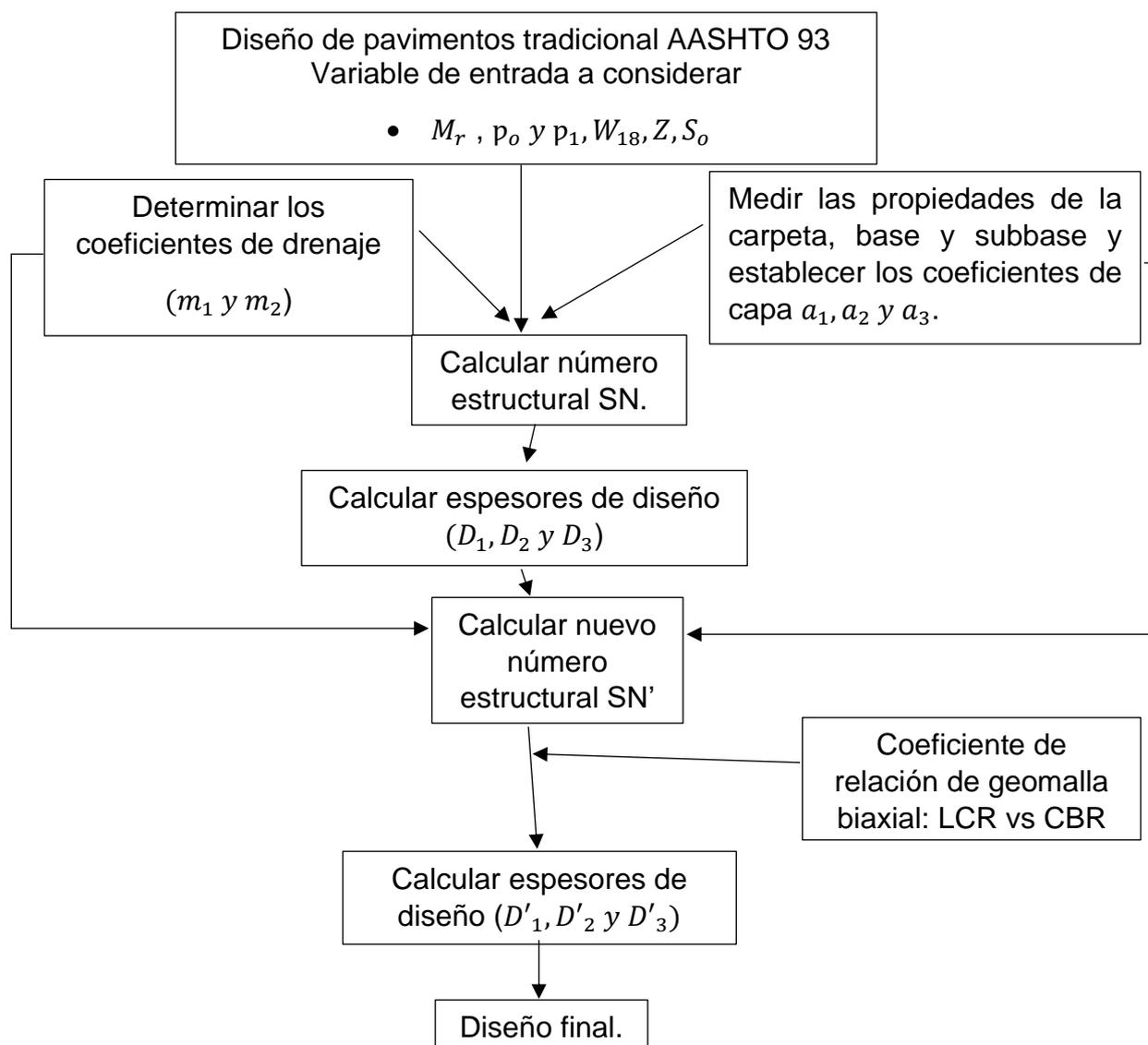


Figura 23: Diagrama de diseño de pavimento con aplicación de geomallas biaxiales, según AASHTO 93.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de la AASHTO 93 para pavimento flexibles reforzados con geomallas biaxiales.

a) Cálculo del número estructural según metodología AASHTO 93 de la estructura inicial entregada por los diseñadores del proyecto.

Según (Geosoft, 2010, p. 176) “El aporte que brinda la geomalla estructuralmente a una estructura de pavimento flexible puede verse reflejado con el incremento del coeficiente de capa de base de la vía. Dicho lo anterior, la siguiente ecuación (I. a) resulta ahora en:

$$SN = a_1 + a_2 LCR D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (\text{I. a})$$

b) Cálculo de la estructura sustituyendo la base granular.

Desarrollado y determinado mediante ensayos de laboratorio y puesta a prueba a escala real en sistemas de pavimentos flexibles con la utilización de refuerzo y sin refuerzo de geomallas, como se aprecia en la ecuación (II. a)

$$LCR = \frac{SN_r - SN_u}{a_2 D_2} + 1 \quad (\text{II. b})$$

Dónde:

SN_r = Número estructural de la sección reforzada.

SN_u = Número estructural de la sección no reforzada.

SN_r y SN_u , siendo calculados en situación de igualdad en pavimentos, por ejemplo, igual profundidad de la base, igual valor de CBR en subrasante, igual profundidad de ahuellamiento (Rut), pero utilizando diferentes periodos de vida de servicio como se muestra en la (Fig. 9) (Gesoft, 2010, p. 176).

c) Cálculo del nuevo espesor de la capa de subbase con refuerzo

Apoyándonos en la ecuación (II. b) se calcula el valor del LCR, el cual se logró a través de ensayos realizado de la sección típica de la vía con y sin refuerzo de geomalla de 20Kn/m, 30Kn/m y 40Kn/m de resistencia a tensión. El valor del LCR oscila entre 1.25 y 1.85 dependiendo del valor del CBR del terreno natural o fundación y el ESALs para una profundidad de ahuellamiento de la carpeta asfáltica (rating) de 12.5 mm.

Según (Gesoft, 2010, p. 176) la contribución estructural de la geomalla de refuerzo tiende a ser constante cuando el valor de CBR de la subrasante es superior a 4% mientras que para valores de CBR entre 1% y 4% la contribución estructural de la geomalla es significativamente más alta.

Para (Gesoft, 2010, p. 176) se debe tener en cuenta que el LCR no tiene una influencia sobre todo el espesor de la capa, sino que el mecanismo de refuerzo se limita a 15 cm. Lo cual implica que, en una eventual reducción de espesores de una estructura, esta no puede superar el espesor de influencia de la propia geomalla.

La reducción en espesor de la base es evaluada con el uso de una geomalla biaxial con la ecuación (III. c), asumiendo que no existe una capa de subbase (Geosoft, 2010, p. 106).

$$D_2 = \frac{SN_r - a_1 D_1}{LCR a_2 m_2} + 1 \quad (\text{III. c})$$

Como nos indica (Geosoft, 2010, p. 176) se podría reducir de la capa asfáltica. Sin embargo, esto debe ser revisado cuidadosamente por el diseñador bajo otros parámetros y conceptos de diseño para evitar fallas de otra índole. La ecuación para este caso sería:

$$D_1 = \frac{SN_r - LCR a_2 D_2 m_2}{a_1} \quad (\text{IV. c})$$

Según (Geosoft, 2010, p. 176) de acuerdo a los valores $(D_1, a_1, D_2 a_2, m_2)$ de una sección no reforzada es posible determinar el SN (número estructural) para una sección reforzada considerando que el CBR de la subrasante está directamente relacionado con el valor de LCR. Posteriormente utilizando la ecuación (III. c) puede determinar el espesor D_2 para una estructura de pavimento reforzada con lo cual se optimizará el uso de materiales y se obtendrá un ahorro económico.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) nos indica “Realizado y establecido el problema general y específico, los límites y la hipótesis, el estudiante o investigador tiene que tener una visión clara y concisa para responder las interrogantes de la investigación, eligiendo un diseño o más de investigación la cual se desarrollara en el marco de estudio” (p.159).

Diseño de investigación:

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) no menciona “El término experimento [...], se refiere a 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” (p. 162).

EL diseño de investigación en este trabajo será de manera experimental, ya que al manipular uno o más variables independientes se tendrá que observar, estudiar o examinar los resultados que trae a la variable dependiente.

Tipo de investigación:

Para Ibáñez (2017) nos dice “se espera que la exploración aplicada de respuestas razonables para problemas explícitos, y no se propone crear especulaciones o estándares. (p. 135).

La investigación tendrá un tipo de investigación aplicada debido su objetivo será resolver el problema que aqueja a los pobladores de la avenida Santa Rosa, se utilizará los conocimientos aprendidos para resolver dicho problema específico, utilizando las geomallas triaxiales para solucionar el problema que acontece, respaldándose de normas y teorías, como también de procedimientos tecnológicos.

Alcance de investigación:

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) nos dice “para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a pruebas” (p. 126).

La investigación tendrá el alcance correlacional, debido al nivel de relación que tendrá las dos variables donde se llevara a medicación cada una y se calculara la relación y dependencia que tienen, cuantificando y analizando.

Enfoque de investigación:

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) nos informa “en el marco de enfoques de investigaciones, viene dado por algunos factores, la secuencia y por consiguiente la verificación de dicho conjunto de procesos esta dado por el enfoque cuantitativo, no se puede brincar o evadir cierto orden o proceso. La secuencia es firme, redefiniendo tal vez alguna etapa, comienza de un concepto, idea o juicio que en el proceso va marginándose, y una vez demarcada, se trazan preguntas y juicios de la investigación” (p.37).

El enfoque que tendrá esta investigación será cuantitativo ya que se precederá de datos y resultados obtenidos numéricamente lo que será necesario para cada etapa, y también se podrá medir y estimar magnitudes de las variables.

3.2 Variables y operacionalización

Según su ocupación o función el enfoque que sostendrá será de dos tipos de variables:

Según Gallardo (2015) nos informa que “la variable independiente es la que propone las causas a las que se verá envuelta la tesis, en cambio la variable dependiente dará a conocer los efectos que se producen de la independiente” (p.33).

- Variable independiente:

Representa a “Aplicación de la geomalla”

- Variable dependiente:

Representa al “Diseño del pavimento flexible”

Respecto a la operacionalización de variables, el autor Domínguez (2015) nos indica que “en un proceso en el cual se disocian las variables, para partir de lo general hasta la parte más específica del tema, dando como resultado dimensiones,

aspectos, indicadores, ítems, dando como finalidad el surgimiento de la matriz que a su vez ayudara a la elaboración de instrumentos investigativos” (p.55).

3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) nos informa que “la población a estudiar que relacionan una serie de descripciones y al cual se busca generar un resultado” (p.174).

La población a estudiar donde describiremos una serie descripciones será abarcada por el pavimento flexible en la Avenida Santa Rosa.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) nos indica que “la muestra es un conjunto específico seleccionado de la población, que será usado como evaluador principal de estudio” (p.175).

La muestra estará fundada por el tramo del pavimento flexible de la avenida principal de la Avenida Santa Rosa, comprendiendo 1022 m. de longitud.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según nos menciona Hernández, Fernández y Baptista (2014) “La validez de una cualidad consistente en pruebas que midan lo que se pretende. Las pruebas deben evaluar las características específicas de las variables para las cuales fueron diseñadas” (p. 201).

El reconocimiento de la tesis, será planteada por las pruebas validas que serán las fichas técnicas y los certificados de calibración de los equipos a utilizar por el laboratorio que brinda los resultados.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) nos mencionan que “La confiabilidad se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados semejantes” (p. 200).

En el actual trabajo efectuado no será necesario la adjudicación de la confiabilidad, debido que no se utilizaran fichas de encuestas, en cambio se utilizaran diferentes métodos de evaluación.

Para Schiffman y Kanuk (2005) nos mencionan que “Los instrumentos son guías para el análisis en casos de datos cualitativos, para la recopilación de datos se usan fichas de recolección de datos, inventarios personales y cuestionarios” (p. 36).

En la presente tesis se efectuará las fichas técnicas obtenidas de los ensayos de mecánica de suelos, como también fichas técnicas para el cálculo de del IMD (Índice Medio Diario).

3.5 Métodos de análisis de datos

En la presente tesis realizada, los ensayos que se efectuaran respecto a los indicadores descritos nos brindaran resultados y datos, representándolos a través de tablas y gráficos que planteara parámetros del terreno, de modo que obteniendo esos datos podremos diseñar el pavimento flexible.

- Recopilación de la información: Fichas técnicas para los ensayos de mecánica de suelos.
- Recopilación de la información: Fichas técnicas para el IMD.

3.6 Aspectos éticos

El aspecto ético tiene como objetivo de estudiar la moral y comportamientos de cada persona o en su conjunto. Permitiendo tener una respuesta a las actitudes tanto positivas como negativas a las cosas que nos rodean.

La ética de la tesis, adhiere el uso de apoyo para un número indeterminado de panoramas, el cual busca descubrir la mejor respuesta a una acción.

Para la Universidad César Vallejo en la resolución de consejo universitario N° 0126 – 2017/UCV. El artículo 1.- APROBAR EL CODIGO DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO. Para realizar la investigación científica existen una serie de normas que regulan las buenas prácticas y aseguran la promoción de los principios éticos para garantizar el bienestar y la autonomía de los participantes de los estudios [...].

IV. RESULTADOS

Índice de condición del pavimento:

Se visualiza la presencia de la falla llamada piel de cocodrilo con un nivel alto de severidad.



Figura 24: Piel de cocodrilo.

Fuente: Autoridad propia.

Se observa el pronunciamiento de bache en el pavimento flexible con un nivel alto de severidad.



Figura 25: Baches en el pavimento.

Fuente: Autoridad propia.

Se verifica la aparición de la falla grieta de borde con un nivel alto de severidad.



Figura 26: Grieta al borde del pavimento.

Fuente: Autoridad propia.

Se observa con precisión la aparición de parche que ocupa toda el área de muestra con 25m en el pavimento flexible.



Figura 27: Parche en el pavimento.

Fuente: Autoridad propia.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se comenzó con la ubicación y delimitación de la zona de estudio (Avenida Santa Rosa – San Juan de Lurigancho) con la aplicación de los equipos topográficos, para definir las coordenadas geográficas y las coordenadas UTM con datum WG84.



Figura 28: Croquis de la avenida Santa Rosa.

Fuente: Autoridad propia.

Transitabilidad (IMD)

Se empezó con los trabajos de conteo vehicular en la avenida Santa Rosa – San Juan de Lurigancho, lo que duro siete días con 12 horas diarias, donde se obtuvieron las siguientes tablas y gráficas ejecutadas del trabajo in situ.

Tabla 7:

Toma de notas 01/11/21

CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																				
ESTACION:		AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO																		
FECHA:		LUNES 01 DE NOVIEMBRE DEL 2021																		
Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRÁILER				TOTAL	%
		Autos	Pick up	C. rural	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
8-9	E	92	42	91	41	73	0	35				1						1	377	5.87%
	S	55	32	63	20	2	0	13											186	8.46%
9-10	E	121	62	88	52	70	0	23	1			1							418	6.52%
	S	32	27	37	26	3	0	15						1					141	6.34%
10-11	E	180	73	96	85	66	0	45	1			2					2		552	8.64%
	S	75	21	31	21	6	0	21											176	7.99%
11-12	E	190	62	106	80	69	0	51											559	8.75%
	S	85	23	33	23	4	0	17	1			1							183	8.32%
12-13	E	162	82	111	98	78	0	57											590	9.24%
	S	88	26	36	32	5	0	22											209	9.54%
13-14	E	155	89	110	107	82	0	45										1	586	9.185%
	S	80	32	37	35	8	0	16											210	9.59%
14-15	E	141	63	89	82	76	0	32									1		413	7.55%
	S	43	22	19	29	3	0	21	1										137	6.16%
15-16	E	116	55	63	113	92	0	25											464	7.25%
	S	83	33	22	23	6	0	13				1							181	8.22%
16-17	E	167	62	83	117	103	0	39											513	8.97%
	S	92	18	12	20	13	0	20											175	7.94%
17-18	E	183	60	87	122	113	0	22									1		587	9.20%
	S	102	22	18	27	15	0	24											208	9.49%
18-19	E	180	64	91	123	122	0	18											598	9.37%
	S	97	26	20	30	14	0	13											200	9.12%
19-20	E	178	57	99	127	128	0	14											603	9.45%
	S	102	22	14	34	16	0	6											194	8.83%
Parcial	E	1866	771	1114	1147	1072	0	406	2	0		6	0	0	2	4	0	0	6390	100.0%
	S	935	304	342	320	95	0	191	2	0		0	0	0	0	1	0	0	2190	100.0%
TOTAL, AMBOS		2801	1075	1456	1467	1167	0	597	4	0		6	0	0	2	5	0	0	8580	
SENTIDOS		32.88%	12.44%	16.95%	13.53%		0.005	6.90%	0.05%	0.00%									100.0%	

Nota: En esta tabla se muestra el conteo vehicular del día lunes 01 de noviembre, dando como resultado 8580 vehículos.

Fuente: Autoridad propia.

Tabla 8:

Toma de notas 02/11/2021

CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																				
ESTACION:		AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO																		
FECHA:		MARTES 02 DE NOVIEMBRE DEL 2021																		
Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRÁILER				TOTAL	%
		Autos	Pick up	C. rural	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
8-9	E	110	90	11	81	92	0	46	1		1			1	1			534	6.86%	
	S	73	50	75	26	3	0	21										246	8.23%	
9-10	E	153	69	121	80	84	0	29		1								537	6.90%	
	S	31	42	42	28	7	0	20						1				470	5.57%	
10-11	E	193	93	131	92	90	0	52		1								654	8.42%	
	S	78	49	42	22	12	0	23					2					227	7.51%	
11-12	E	213	71	141	92	91	0	60		1					1			668	8.60%	
	S	82	90	42	32	11	0	32	1									291	9.69%	
12-13	E	241	100	143	104	82	0	60										731	9.42%	
	S	102	111	42	40	9	0	30										335	11.18%	
13-14	E	186	102	131	100	84	0	29		1					1			631	8.14%	
	S	88	51	47	32	4	0	13	1									237	7.85%	
14-15	E	211	92	92	90	91	0	49						1				625	8.05%	
	S	50	51	41	26	5	0	19										193	6.36%	
15-16	E	180	70	92	121	92	0	21	1		1				1			576	7.41%	
	S	100	42	41	21	7	0	12	1									224	7.41%	
16-17	E	190	79	121	122	102	0	41										658	8.47%	
	S	82	32	31	16	19	0	21										667	6.63%	
17-18	E	202	80	131	121	99	0	34		1								303	8.59%	
	S	163	52	41	26	24	0	24										712	10.10%	
18-19	E	208	104	121	130	129	0	20										281	9.18%	
	S	90	53	40	43	33	0	21										772	9.35%	
19-20	E	193	88	151	141	159	0	40										304	9.96%	
	S	131	62	24	43	24	0	20		4	0	0						204	10.13%	
Parcial	E	2279	1038	1486	1276	1195	1	481	3	0				4	2			7766	100.0%	
	S	1043	685	508	355	158	0	256	2	0	3	0	0	1	2			3014	100.0%	
TOTAL, AMBOS		3322	1723	1994	1631	1353	1	737	5	0				5	4			10780		
SENTIDOS		39.05%	20.12%	23.32%		15.74%	0.01%	8.44%	0.06%	0.00			0.00					125.93%		

NOTAS: En esta tabla se muestra el conteo vehicular del día martes 02 de noviembre, dando como resultado 10780 vehículos.

Fuente: Autoridad propia.

Tabla 9:

Toma de notas 03/11/2021

CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																				
ESTACION:		AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO																		
FECHA:		MIÉRCOLES 03 DE NOVIEMBRE DEL 2021																		
Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRÁILER				TOTAL	%
		Autos	Pick up	C. rural	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
8-9	E	113	42	91	54	73	0	35				1							410	6.39%
	S	89	32	63	10	4	0	13							1				211	9.63%
9-10	E	1337	62	88	62	72	0	23				1			1				445	6.95%
	S	50	27	37	29	4	0	15											161	7.33%
10-11	E	151	73	96	89	66	0	45	2			2							525	8.215
	S	89	21	31	27	6	0	21							1				195	8.88%
11-12	E	193	62	106	84	72	0	51											568	8.90%
	S	89	23	33	30	5	0	17											197	8.98%
12-13	E	121	82	111	104	79	0	57	1			1				1			557	8.72%
	S	93	26	36	38	6	0	22											221	10.10%
13-14	E	181	89	110	112	84	0	45											621	9.73%
	S	70	32	37	38	9	0	20	1										208	9.49%
14-15	E	153	63	89	90	78	0	32											505	7.90%
	S	41	22	19	34	5	0	31											153	6.91%
15-16	E	136	55	63	121	94	0	21											491	7.68%
	S	81	33	22	26	7	0	20	1										190	8.65%
16-17	E	181	62	83	107	107	0	42				1							583	9.13%
	S	91	18	12	11	14	0	22											168	7.61%
17-18	E	168	60	87	135	119	0	21	1										591	9.23%
	S	121	22	18	17	20	0	28											226	10.34%
18-19	E	170	64	91	126	128	0	20											599	9.39%
	S	89	26	20	66	18	0	15											234	10.71%
19-20	E	170	57	99	89	110	0	20	1										546	8.55%
	S	115	22	14	51	14	0	5											221	10.10%
Parcial	E	1875	771	1114	1173	1082	0	412	5	0	6	0	0	1	2	0	0	0	6441	100.81%
	S	1018	304	342	378	112	0	229	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2386	108.74%
TOTAL, AMBOS		2893	1075	1456	1551	1194	0	641	7	0	6	0	0	2	2	0	0	0	8827	
SENTIDOS		33.97%	12.44%	16.95%		13.85%	0.00	7.31%	0.08%										102.81%	

Nota: En esta tabla se muestra el conteo vehicular del día miércoles 03 de noviembre, dando como resultado 8827 vehículos.

Fuente: Autoridad propia.

TABLA 10:

Toma de notas 04/11/2021

CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																				
ESTACION:		AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO																		
FECHA:		JUEVES 04 DE NOVIEMBRE DEL 2021																		
Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRAILER				TOTAL	%
		Autos	Pick up	C. rural	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
8-9	E	100	45	102	60	70	0	40										419	6.54%	
	S	59	30	61	31	4	0	15										201	9.16%	
9-10	E	110	69	94	82	89	0	30										475	7.42%	
	S	45	30	40	30	4	0	11				1					1	160	7.24%	
10-11	E	192	82	102	86	78	0	55										598	9.37%	
	S	82	30	40	31	5	0	22										210	9.59%	
11-12	E	202	67	110	89	73	0	51									1	593	9.29%	
	S	83	29	40	28	6	0	19										205	9.35%	
12-13	E	161	92	122	105	70	0	50										601	9.43%	
	S	88	20	42	41	7	0	333										231	10.57%	
13-14	E	153	92	122	103	87	0	40										598	9.37%	
	S	80	40	40	31	5	0	12									1	209	9.54%	
14-15	E	141	60	92	92	82	0	46										515	8.06%	
	S	43	20	22	30	5	00	21				1						141	6.34%	
15-16	E	116	65	70	104	102	0	29										486	7.60%	
	S	83	30	40	29	5	0	21									1	200	9.12%	
16-17	E	167	73	103	126	102	0	40										611	9.61%	
	S	92	20	20	22	13	0	26										193	8.79%	
17-18	E	183	82	92	149	111	0	30										647	10.15%	
	S	110	20	20	21	13	0	20										206	9.40%	
18-19	E	184	75	102	121	111	0	24										640	10.03%	
	S	99	30	24	1	15	0	11										215	9.82%	
19-20	E	180	62	110	146	132	0	20										639	10.02%	
	S	121	30	20	38	20	0	9										237	10.86%	
Parcial	E	1889	864	1221	1263	1117	0	456	2	0	0	2	0	2	0	0	1	0	6825	106.89%
	S	985	329	409	363	108	0	211	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2408	109.77%
TOTAL, AMBOS		2874	1193	1630	1626	1225	0	667	4	0		2		3			2	9233		
SENTIDOS		33.74%	13.84%	19.01%		14.22%	0.00	7.61%	0.05%	0.00				0				107.61%		

Nota: En esta tabla se muestra el conteo vehicular del día jueves 04 de noviembre, dando como resultado 9233 vehículos.

Fuente: Autoridad propia.

TABLA 11:

Toma de notas 05/11/2021

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR																				
ESTACION:		AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO																		
FECHA:		VIERNES 05 DE NOVIEMBRE DEL 2021																		
Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRÁILER				TOTAL	%
		Autos	Pick up	C. rural	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
8-9	E	93	42	91	41	73	0	35	1										379	5.90%
	S	56	32	63	20	2	0	13											186	8.16%
9-10	E	122	62	88	52	70	0	23											418	6.52%
	S	33	27	37	26	3	0	15	1										141	6.34%
10-11	E	181	73	96	85	66	0	45											548	8.58%
	S	76	21	31	21	6	0	21				1			1				176	7.99%
11-12	E	191	62	106	80	69	0	51	1										560	8.77%
	S	83	23	33	23	4	0	17				1							183	8.32%
12-13	E	161	82	111	98	78	0	57	1										589	9.23%
	S	88	26	36	32	5	0	22	1										209	9.54%
13-14	E	153	89	110	107	82	0	45											586	9.18%
	S	80	32	37	35	8	0	16				1			1				210	9.59%
14-15	E	141	63	89	82	76	0	32											484	7.57%
	S	43	22	19	29	3	0	21											137	6.16%
15-16	E	116	55	63	113	92	0	24											464	7.25%
	S	83	33	22	23	6	0	13				1			1				180	8.18%
16-17	E	167	62	83	117	103	0	39											571	8.94%
	S	92	18	12	20	13	0	20											176	7.99%
17-18	E	183	60	87	122	113	0	22											587	9.20%
	S	101	22	18	27	15	0	24											208	9.49%
18-19	E	180	64	91	123	122	0	18											598	9.37%
	S	97	26	20	30	14	0	13											200	9.12%
19-20	E	178	57	99	127	128	0	14											601	9.45%
	S	102	22	14	34	16	0	6											194	8.83%
Parcial	E	1866	771	1114	1147	1072	0	406	4	0		3	0	0	4	0	0	0	6387	99.95%
	S	935	304	342	320	95	0	201	1	0		1	0	0	1	0	0	0	2200	100.00%
TOTAL, AMBOS		2801	1075	1456	1467	1167	0	607	5	0		4	0		5				8587	
SENTIDOS		32.88%	12.44%	16.95%		13.53%	0.00	6.90%	0.06	0.00			0.00						99.96%	

Nota: En esta tabla se presenta el conteo del día viernes 05 de noviembre, dando como resultado 8587 vehículos en ese día.

Fuente: Autoridad propia.

TABLA 12:

Toma de notas 06/11/2021

CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																				
ESTACION:		AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO																		
FECHA:		SABADO 06 DE NOVIEMBRE DEL 2021																		
Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRÁILER				TOTAL	%
		Autos	Pick up	C. rural	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
8-9	E	127	52	52	100	81	0	40	1		1						2	457	7.14%	
	S	62	41	29	89	4	0	10										235	10.76%	
9-10	E	132	72	71	52	74	0	31			1							431	6.74%	
	S	39	62	24	91	3	0	19					1					161	7.33%	
10-11	E	195	82	94	32	71	0	40										595	9.32%	
	S	71	61	32	12	4	0	23										201	9.21%	
11-12	E	206	72	86	15	72	0	46								2		603	9.45%	
	S	81	29	40	42	6	0	11										206	9.40%	
12-13	E	191	91	102	46	70	0	72			1							620	10.19%	
	S	81	31	42	32	3	0	30										233	10.67%	
13-14	E	173	61	106	15	89	0	41	1									631	9.89%	
	S	61	21	42	62	11	0	11										195	8.88%	
14-15	E	181	89	80	17	80	0	30			1							555	8.69%	
	S	41	30	31	2	2	0	16										147	6.63%	
15-16	E	110	62	121	9	11	0	29										461	7.36%	
	S	80	42	41	15	5	0	10	1									209	9.54%	
16-17	E	171	82	131	64	125	0	36										610	9.56%	
	S	61	22	11	84	12	0	24										145	6.53%	
17-18	E	160	59	128	38	165	0	20										604	9.47%	
	S	94	22	11	64	23	0	16										194	8.83%	
18-19	E	168	71	92	76	145	0	27										606	9.50%	
	S	102	32	31	53	31	0	20										246	11.28%	
19-20	E	191	71	141	62	146	0	21										691	10.84%	
	S	105	32	30	25	36	0	4										226	10.34%	
Parcial	E	2005	834	1238	1204	1179	0	434	1	0	4	0	0	1		5	0	0	6905	108.15%
	S	878	364	452	364	142	0	197	2	0	0	0	0	0			0	0	2400	109.40%
TOTAL, AMBOS		2883	1198	1690	1568	1321	0	631	3	0	4	0	0	1		5			9305	
SENTIDOS		33.85%	13.90%	19.73%		15.36%	0.00	7.19%	0.04	0.00		0.00	0						108.47%	

Nota: En esta tabla se muestra el conteo vehicular del día sábado 06 de noviembre, dando como resultado 9305 vehículos en ese día.

Fuente: Autoridad propia.

TABLA 13:

Toma de notas 07/11/2021

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR																				
ESTACION:		AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO.																		
FECHA:		DOMINGO 07 DE NOVIEMBRE DEL 2021																		
Hora	Sentido	VEHICULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRÁILER				TOTAL	%
		Autos	Pick up	C. rural	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
8-9	E	121	57	71	51	89	0	40				1							432	6.74%
	S	60	29	53	17	2	0	11	1						1				174	7.89%
9-10	E	131	46	70	49	81	0	32			1								411	6.41%
	S	43	21	31	21	3	0	11	1										161	5.87%
10-11	E	191	80	81	94	80	0	52							1				579	9.07%
	S	46	19	30	22	5	0	21											143	6.44%
11-12	E	171	67	121	89	82	0	46	2										582	9.05%
	S	81	20	46	20	4	0	11											638	8.27%
12-13	E	131	99	131	118	91	0	67											181	10.00%
	S	51	31	45	29	3	0	21				1			1				683	8.22%
13-14	E	181	102	124	119	92	0	63											229	10.72%
	S	89	31	51	31	5	0	21	2										544	10.48%
14-15	E	155	90	90	82	84	0	41							1				140	8.52%
	S	50	11	24	30	5	0	20											544	6.30%
15-16	E	132	91	78	104	100	0	36											170	8.52%
	S	63	30	30	21	5	0	21											603	7.71%
16-17	E	146	72	97	121	121	0	46											183	9.45%
	S	90	20	21	21	20	0	11											704	8.32%
17-18	E	202	89	94	141	146	0	32											310	11.05%
	S	151	32	26	30	51	0	20											781	14.29%
18-19	E	212	91	121	145	181	0	36											268	12.27%
	S	121	21	40	181	41	0	21											781	12.31%
19-20	E	55	67	130	61	171	0	46											314	12.28%
	S	64	41	29	15	51	0	11											274	14.47%
Parcial	E	1984	951	1208	1300	1318	0	508	4	0	3	0	0	0	3	0	0	0	7279	114.07%
	S	937	306	426	358	195	0	200	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2425	110.57%
TOTAL, AMBOS		2921	1257	1634	1658	1513	0	708	6	0		0							9704	
SENTIDOS		34.30%	14.60%	19.06%		17.63%	0.00	8.10%	0.07%	0.00%		0.00%							113.19%	

Nota: En esta tabla se muestra el conteo vehicular del día 7 de noviembre, dando como resultado 9704 vehículos en ese día.

Fuente: Autoridad propia.

TABLA 14:

Resumen de toma de apuntes (Método AASHTO)

RESUMEN DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR (MÉTODO AASHTO)																			
ESTACIÓN:		AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO																	
PROYECTO:		“APLICACIÓN DE GEOMALLA PARA SU DISEÑO EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AVENIDA SANTA ROSA, SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2021”																	
UBICACIÓN:		San Juan de Lurigancho																	
FACTOR DE CORRECCION ESTACIONAL (Fe):		Vehículos livianos: fe =1.19 Vehículos pesados: fe= 1.09																	
SENT.	Vehículos ligeros				Bus		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRAILER				TOTAL	%
	Autos	Pick up	C. rural	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
E	13764	6000	8495	8510	8035	1	3103	21	0	22	2	0	10	15	5	1	0	47984	73.81%
S	6731	2596	2821	2458	905	0	1485	13	0	5	0	0	3	5	0	1	0	17023	26.19%
TOTAL	20495	8596	11316	10968	8940	1	4588	34	0	27	2	0	13	20	5	2	0	65006	100%
%	31.53%	13.22%	17.41%	16.87%	13.8%	0%	7.06%	0%	0%	0.04%	0%	0%	0.02%	0%	0%	0%	0%		
IMDs	2928	1228	1616.57	1567	1277	0	655	5	0	3.86	0.3	0	1.86	2.9	0.7	0.3	0	9286	
Fe	1.19	1.19	1.19	1.19	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09		
IMDa	3834	1461	1923.72	1865	1392	0	714	5.45	0	4.20	0.33	0	2.02	3.16	0.76	0.32	0		
IMDa (2020)	3834	1461	1923	1865	1392	0	714	6	0	4	1	0	2	3	1	1	0	10856	

Nota: En esta tabla se presenta el resumen del conteo vehicular de la semana, donde nos da 9286 como índice medio diario semanal. Y también tenemos el índice medio diario anual teniendo 10856.

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

IMDs: Índice media diaria semanal $\rightarrow \frac{V_e+V_s}{7}$ se sumará el volumen de cada sentido entre 7.

El factor de corrección estacional se encontrará en el peaje más cercano al proyecto.

IMDa: Índice media diaria anual. $\rightarrow \text{IMDa} = \text{IMDs} * \text{Fe}$

Población futura de crecimiento:

$$T_n = T_o(1+r)^{n-1}$$

donde: T_n =Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T_o = Tránsito actual (año base) en veh/día.

n = año futuro de proyección.

r = tasa anual de crecimiento de tránsito.

Tabla 15: Tasas y tiempo para población futura.

Tasa anual de crecimiento vehículos livianos	r:	1.45%
Tasa anual de crecimiento vehículos pesados	r:	3.69%
Tiempo que pasa del estudio del proyecto hasta la ejecución (años)	n:	4

TABLA 16: Población futura.

POBLACIÓN FUTURA DE CRECIMIENTO																			
ESTACIÓN:	AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO																		
UBICACIÓN:	SAN JUAN DE LURIGANCHO																		
	Vehículos ligeros				Bus		CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRAILER			TOTAL	%	
	Autos	Pick up	C.rural	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			3T3
IMDa	3834	1461	1923	1865	1392	0	714	6	0	4	1	0	2	3	1	1	0	10856	
o To																			
r	1.45%	1.45%	1.45%	1.45%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	100%	
n	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Tn (2025)	4060.26	1546.60	2035.98	1974.55	1608.11	0	824.36	5.94	0	3.62	0.16	0	1.31	2.47	0.16	0.16	0	12063.67	100%

Nota: las tasas anuales de crecimiento están dadas por el MTC por cada provincia, y la población futura de crecimiento a cuatro años es 12064 veh/día.

Fuente: Elaboración propia.

CÁLCULO DEL ESAL

Tabla 17:

Cálculo de coeficientes de valores ($\Sigma f. IMDa$)

TIPO DE VEHÍCULO		IMDa	TIPO	NUMERO	CARGA	"f" P.	f. IMDa
		2025	EJE	LLANTAS	EJE Tn	FLEXIBLE	FLEXIBLE
VEHICULOS LIGEROS	Autos	4060.26	SIMPLE	2	1	0.000527	2.1397570
		4060.26	SIMPLE	2	1	0.000527	2.1397570
	Pick up	1546.60	SIMPLE	2	1	0.000527	0.8150582
		1546.60	SIMPLE	2	1	0.000527	0.8150582
	C. rural	2035.98	SIMPLE	2	1	0.000527	1.0729614
		2035.98	SIMPLE	2	1	0.000527	1.0729614
	Micros	1974.55	SIMPLE	2	1	0.000527	1.0405878
	1974.55	SIMPLE	2	1	0.000527	1.0405878	
BUS	2E	1608.11	SIMPLE	2	7	1.2653667	2034.848844
		1608.11	SIMPLE	4	11	3.238287	5207.521708
	3E	0	SIMPLE	4	7	1.2653667	0
		0	TANDEM	6	16	1.3659445	0
CAMIONES UNITARIOS	2E	824.36	SIMPLE	2	7	1.2653667	1043.117693
		824.36	SIMPLE	4	11	3.238287	2669.514271
	3E	5.94	SIMPLE	2	7	1.2653667	7.516278198
		5.94	TANDEM	8	18	2.019215	11.99412819
	4E	0	SIMPLE	2	7	1.2653667	0
		0	TRIDEM	10	23	1.5081836	0
SEMITRAILER	2S1	3.62	SIMPLE	2	7	1.2653667	4.5806274
		3.62	SIMPLE	4	11	3.238287	11.722598
		3.62	SIMPLE	4	11	3.238287	11.722598
	2S2	3.62	SIMPLE	2	7	1.2653667	4.580627
		3.62	SIMPLE	4	11	3.238287	11.722598
		3.62	TANDEM	8	18	2.192135	7.30955287
	2S3	0.16	SIMPLE	2	7	1.2653667	0.202458672
		0.16	SIMPLE	4	11	3.238287	0.51812592
		0.16	TRIDEM	12	25	1.7060262	0.272964192
	3S1/3S2	0	SIMPLE	2	7	1.2653667	0
		0	TANDEM	8	18	2.0192135	0
	>=3S3	1.31	SIMPLE	2	7	1.2653667	1.657630
		1.31	TANDEM	8	18	2.0192135	2.64516968
		1.31	TRIDEM	12	25	1.7060262	2.23489432
TRAILER	2T2	2.47	SIMPLE	2	7	1.2653667	7.9985688
		2.47	SIMPLE	4	11	3.238287	7.9985688
		2.47	SIMPLE	4	11	3.238287	7.9985688
		2.47	SIMPLE	4	11	3.238287	7.9985688
	2T3	0.16	SIMPLE	2	7	1.2653667	0.20245867
		0.16	SIMPLE	4	11	3.238287	0.51812592
		0.16	SIMPLE	4	11	3.238287	0.51812592
		0.16	TANDEM	8	18	2.0192135	0.32307416
	3T2	0.16	SIMPLE	2	7	1.2653667	0.20048586
		0.16	TANDEM	8	18	2.0192135	0.32304116
		0.16	SIMPLE	4	11	3.238287	0.51812592
		0.16	SIMPLE	4	11	3.238287	0.51812592
	3T3	0	SIMPLE	2	7	1.2653667	0
Nota: En esta tabla se calcula el coeficiente de valores para el cálculo del ESAL.					$\Sigma f. IMDa =$		3884.63356

Fuente: Autoridad propia.

Tabla 18:

Cálculo del ESAL en pavimento flexible.

CALCULO DEL ESAL PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES		
ESTACIÓN: Avenida Santa Rosa – San Juan de Lurigancho		
PROYECTO: "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles en avenida para su diseño Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021"		
PAVIMENTO FLEXIBLE		
Tasa anual de crecimiento vehículos pesados	r:	3.69%
Tiempo de vida útil de pavimento (años)	n:	20
Factor Fca vehículos pesados $Fca = \frac{(1+r)^{n-1}}{r}$	Fca	39.94
Nº de calzadas, sentidos y carriles por sentido		2 calzadas, 2 carriles, 2 sentidos
Factor direccional * Factor carril (Fd*Fc)	Fc*Fd	0.40
Número de ejes equivalentes (ESAL) ESAL= $W_{18} = 365 (\Sigma f.IMDa) * Fd * Fc * Fca$	ESAL	22,652,230.60

Nota: En esta tabla se ve resultado del cálculo del ESAL todo por la guía del MTC.

Fuente: Autoridad propia.

Diseño de pavimento flexible.

Tabla 19:

Determinación de la Confiabilidad y Desviación Estándar

DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
ESTACIÓN:	AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO
PROYECTO:	“APLICACIÓN DE LA GEOMALLA EN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA SU DISEÑO EN AVENIDA SANTA ROSA, SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2021”

1- CONFIABILIDAD

Tipo de carretera	Niveles de Confiabilidad (R)	
	Suburbanas	Rurales
Autopistas Regional	85 – 99.9	80 – 99.9
Troncales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 - 95	50 - 80
R: 90%		

2- DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Desviación Estándar Normal, Valores que Corresponden a los Niveles Seleccionados de Confiabilidad		
Confiabilidad R (%)	(ZR)	(So)
50	0.000	0.35
60	-0.253	0.35
70	-0.524	0.34
75	-0.647	0.34
80	-0.841	0.32
85	-1.037	0.32
90	-1.282	0.31
91	-1.340	0.31
92	-1.405	0.30
93	-1.476	0.30
94	-1.555	0.30
95	-1.645	0.30
96	-1.751	0.29
97	-1.881	0.29
98	-2.054	0.29
99	-2.327	0.29
99.9	-3.090	0.29
99.99	-3.750	0.29
ZR = -1.282		

3- ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So)

TIPO	(So)
Pavimento Rígido	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.35
En sobre capas	0.40

$So = 0.35$

Fuente: Autoridad propia.

Tabla 20:

Determinación del Índice de la serviciabilidad, Método empírico o mecanístico, coeficiente de drenaje y numero estructural.

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD	
ESTACIÓN:	AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO
PROYECTO:	“APLICACIÓN DE LA GEOMALLA EN DISEÑO EN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA SU DISEÑO EN AVENIDA SANTA ROSA, SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2021”

1- PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD

Índice de serviciabilidad inicial	Índice de serviciabilidad final
Po: 4.5 Para pavimentos rígidos	Pt: 2.5 o más caminos muy importantes
Po: 4.2 Para pavimentos flexibles	Pt: 2.0 para caminos de tránsito menor

$$\Delta\text{PSI: } P_o - P_t = 4.5 - 2.5 =$$

$$1.7$$

$$\Delta\text{PSI: } 1.7$$

2 – MÉTODO EMPÍRICO O MECANÍSTICO

Según la AASHTO - 93

$$M_r \text{ (en psi)} = 1500 * \text{CBR}$$

Según el manual de carreteras, en función del CBR MTC, 2013., pg. 153.

$$M_r \text{ (en psi)} = 2555 * \text{CBR}^{0.64} \rightarrow M_r = 2555 * (19)^{0.64} = 16818.7304 \text{ psi de}$$

la subrasante.

3 – COEFICIENTE DE DRENAJE DE LA VÍA

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación.			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

4- NÚMERO ESTRUCTURAL

El diseño de pavimentos flexibles, se basa primordialmente en identificar un “número estructural” (S_{Ni}) para capa del pavimento, que pueda soportar el nivel de carga solicitado.

Los coeficientes de cada una de las capas:

$$D_i = f(SN_i, a_i)$$

5- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SE BASA EN LA EXPRESION DE LA AASHTO 93.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_0 + 9.36 \log_{10}(SN_i + 1) - 0.2 \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{1094} \right)}{(SN_i + 1)^{5.19}} + 2.32 \log_{10}(MR) - 8.07$$

Tabla 21:

Determinar valores de módulo resiliente de carpeta asfáltica.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	
ESTACIÓN:	AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO
PROYECTO:	“APLICACIÓN DE LA GEOMALLA EN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA SU DISEÑO EN AVENIDA SANTA ROSA, SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2021”.

1.- DETERMINACIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE DEL TERRENO DE FUNDACIÓN:

Según el manual de carreteras – MTC, 2013, pg. 153.

$$M_r \text{ (en psi)} = 2555 * CBR^{0.64} = 2555 * 8^{0.64} = 9668.70915 \text{ psi}$$

2.- DETERMINACIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE DE LA CAPA ASFALTICA, BASE Y SUBBASE GRANULAR. ASI COMO LOS COEFICIENTES ESTRUCTURALES (a_1, a_2 y a_3)

Según guía AASHTO 93.

2.1- Módulo Resiliente de capa asfáltica. Así como el coeficiente estructural (a_1).

(COMO RECOMENDACIÓN DE LOS ESPECIALISTAS SE DEBE DE CALCULAR LA DETERMINACIÓN DEL MODULO DINAMICO)

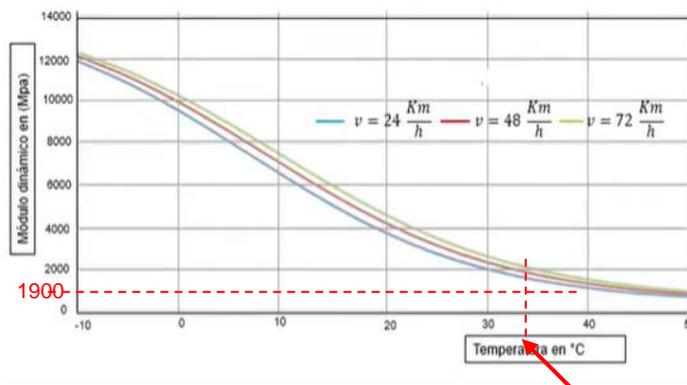


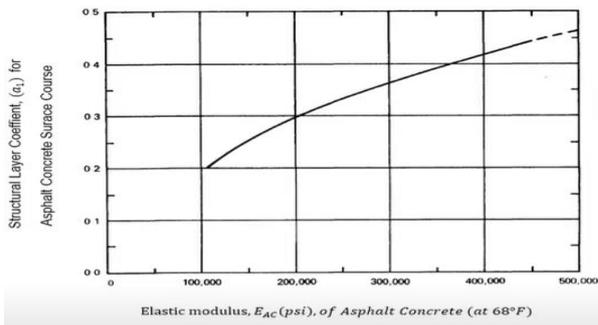
Figura 29: Curvas Isocronas, según 3 velocidades fijas.

Fuente: Corona, C (2017).

$$T_{ca} = (-0.0093 * 441 + 1.569 * 21 - 1.578) (-0.084 * \ln 100\text{mm} + 1055) = 31,7 \text{ °C}$$

$$1\text{Mpa} = 145.038 \text{ psi o } \frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2} \rightarrow 1900 \text{ Mpa} * 145.038 \frac{\text{psi}}{\text{Mpa}} = 275572.2 \text{ psi} \rightarrow E_{cs}$$

$$a_1 = 0.184 * \ln (E_{cs}) - 1.9547$$



$$a_1 = 0.184 * \ln(275572.2) - 1.9547 = 0.3502$$

$$a_1 = \frac{0.170}{cm} * \frac{2.54 cm}{plg} = 0.4318: \text{ SEGÚN EL MANUAL DEL MTC}$$

- 2013, pág. 161.

Tabla 22:

Determinar de valores de módulo resiliente base y subbase.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

ESTACIÓN:	AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO
PROYECTO:	“APLICACIÓN DE LA GEOMALLA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA SU DISEÑO EN AVENIDA SANTA ROSA, SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2021”

3.- DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LA BASE Y SUB BASE GRANULAR.

Según guía AASHTO

93

3.1.- Módulo resiliente de la base granular.

Así como el coeficiente estructural (a_2)

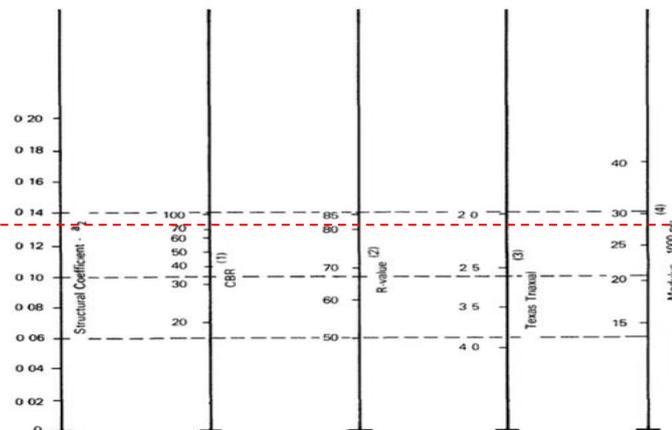


Figura 30: Abaco para determinar coeficiente de la base granular.

Fuente: Corona, C (2017).

Según el manual de carreteras de especificaciones generales (MTC, 2013) recomienda que para cada volumen de tráfico y para este caso

Se debe considerar que el CBR debe ser del 100%.

Por lo tanto, tenemos: $a_2 = 0.14$ y $M_r = 30\,000$ psi

3.2.- Módulo resiliente de la subbase granular

Así como el coeficiente estructural (a_3)

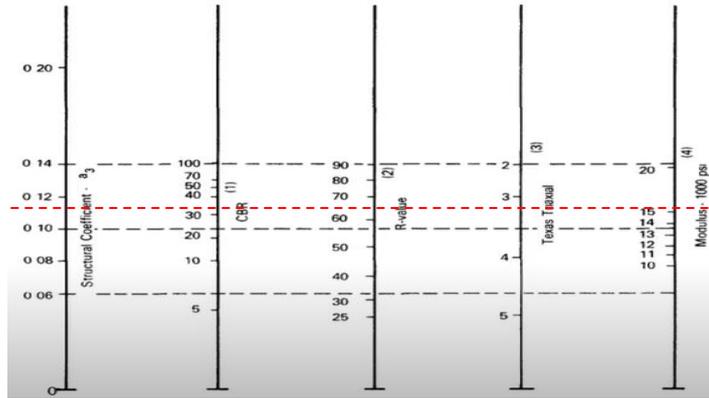


Figura 31: Abaco para determinar coeficiente de la subbase granular.

Fuente: Corona, C (2017).

Según el manual de carreteras de especificaciones técnicas generales (MTC, 2013) recomienda que para cada volumen de tráfico y para este caso vamos se debe considerar que el CBR debe de ser al 40%.

Por lo tanto, tenemos: $a_3 = 0.12$ y $M_r = 17\ 000$ psi

Tabla 23:

Determinar valores de SN para carpeta asfáltica.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

ESTACIÓN: AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO
 PROYECTO: "APLICACIÓN DE LA GEOMALLA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA SU DISEÑO EN AVENIDA SANTA ROSA, SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2021"

4.- DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE DRENAJE.

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER AVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	2 semanas
Malo	1 mes
Muy malo	El agua NO evacua

Calidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximo a saturación			
	Menos de 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10

Bueno	1.20 – 1.15	1.15	–	1.10	–	1.00
		1.10		1.00		
Regular	1.15 – 1.10	1.10	–	1.00	–	0.90
		1.00		0.90		
Malo	1.10 – 1.00	1.00	–	0.90	–	0.80
		0.90		0.80		
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90	–	0.80	–	0.70
		0.80		0.70		

Cd: 0.90 → $m_2 = m_3 = 0.90$

5.- CALCULAR LOS SN PARA CADA CAPA

SN. CARPETA ASFÁLTICA

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_0 + 9.36 \log_{10}(SN_i + 1) - 0.2 \frac{\log_{10}(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5})}{0.4 \frac{1094}{(SN_i+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(MR) - 8.07$$

Reemplazando valores y teniendo en cuenta que el MR de la capa asfáltica se considerara el Mr de la sub base.

Valor de iteración $SN_1 = 3.258$

Reemplazando
valores:

$$7.355110975 = -0.4487 + 5.88936495 - 0.2 + \frac{-0.200914843}{0.993526291} + 10.38692131 - 8.07$$

Resultado:

$$\checkmark 7.355110975 = 7355362279$$

Cálculo del espesor de la carpeta asfáltica:

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{3.258}{0.3502} = 9.30325$$

Pulgadas $D_1 = 9$

$$SN1(\text{real}) = a1 * D1 = 3.1518$$

CAMBIANDO $D_1 = 6''$
Haciendo uso – MTC
Nuevo N° Estructural
 $SN_1 = 2.1012$

Tabla 24:

Determinar valores SN PARA BASE Y SUB BASE

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

ESTACIÓN: AVENIDA SANTA ROSA – SAN JUAN DE LURIGANCHO
 PROYECTO: "APLICACIÓN DE LA GEOMALLA EN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA SU DISEÑO EN AVENIDA, SANTA ROSA, SAN JUAN DE LURIGANCHO"

SN. BASE GRANULAR:

$$\log_{10}(22652230.63) = (-1.282)(0.35) + 9.36\log_{10}(SN_i + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left(\frac{1.7}{1094} \right)}{0.4 + \frac{1}{(SN_i+1)^{5.19}}} + 2.32\log_{10}(17000) - 8.07$$

Valor de iteración: $SN_2 = 4.033$

Reemplazando valores:

$$7.35511097 = -0.4487 + 6.56910007 - 0.2 + \frac{-0.200914843}{0.649192836} + 9.814641498 - 8.07$$

Resultados:

$$\checkmark \quad 7.35511097 = 7.35555749$$

Cálculo de espesor de la capa de base granular:

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_{1(REAL)}}{a_2 * m_2} = \frac{4.033 - 3.1518}{0.14 * 0.8} = 7.867857$$

Pulgadas = 8"

$$SN_{2(real)} = D_2 * a_2 * m_2 + SN_{1(real)} = 4.0478$$

Cambiando $D_2 = 12$ "
 Haciendo uso del – MTC
 Nuevo N° Estructural
 $SN_{2(real)} = 3.4452$

SN. SUBBASE GRANULAR

$$\log_{10}(22652230.63) = (-1.282)(0.35) + 9.36\log_{10}(SN_i + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left(\frac{1.7}{1094} \right)}{0.4 + \frac{1}{(SN_i+1)^{5.19}}} + 2.32\log_{10}(9668.70915) - 8.07$$

Valor de iteración: $SN_3 = 4.912$

Reemplazando valores:

$$7.35511097 = -0.4487 + 7.230304253 + \frac{-0.20091484}{0.50712882} + 9.246054911 - 8.07$$

Resultados:

$$\checkmark \quad 7.35511097 = 7.35534399$$

Cálculo de espesor de la capa de subbase granular:

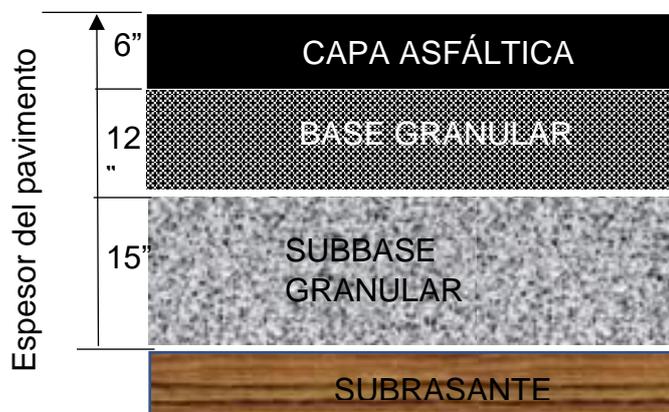
$$D_3 = \frac{SN_3 - SN_{2(real)}}{a_3 * m_3} = \frac{4.912 * 4.0478}{0.12 * 0.8} = 9.0020833$$

Pulgadas = 9"

Cambiando el D1 y D2
 $D_3 = 15.2791 = 15$ "

RESULTADOS DEL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Figura 32: Estructura de pavimento flexible.



Fuente: Autoridad propia.

APLICACIÓN DE LA GEOMALLA EN LA VÍA.

Utilización efectiva en el diseño de pavimento flexible mediante el método AASHTO tradicional.

El resultado que se obtuvo en la “aplicación de la geomalla para su diseño en pavimento flexible en avenida santa rosa, San Juan de Lurigancho, 2021” para observar el detalle le mostraremos la siguiente tabla resumen (Tabla 43).

Tabla 25: Obtencion de espesores en el diseño de pavimento flexible en Av. Santa Rosa – San Juan de Lurigancho.

No	CAPAS	CBR	ESPESOR “D” (cm) CALCULADO	ESPESOR “D” (cm) APLICADO.	COEFICIENTE DE CAPA “ a_i ”	COEFICIENTE DE DRENAJE “ m_i ”
1	CARPETA ASFÁLTICA	---	22.5	15	0.3502	0.90
2	BASE GRANULAR	---	20	30	0.14	0.9
3	SUB BASE GRANULAR	---	22.5	37.5	0.12	0.90

Fuente: Autoridad propia.

Aplicación de la geomalla biaxial para el diseño de pavimento flexible mediante la metodología AASHTO 93.

- Lo primero que se debe de hacer es evaluar el SN (número estructural) siguiendo el método AASHTO de la estructura de pavimento. Con los datos obtenidos de valores de coeficientes y números estructurales se debe resolver la ecuación y los espesores deben de manejarse en pulgadas. Por lo que tenemos:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

$$SN = 0.352 * 6 + 0.14 * 12 * 0.90 + 0.12 * 15 * 0.90$$

$$SN = 5.24$$

- Por consiguiente, se calcula la estructura sustituyendo la base granular. Con el número estructural inicial, se realiza una sustitución de la base granular por sub base granular, determinando espesores equivalentes obteniendo el mismo valor numérico del número estructural inicial. A este nuevo cálculo de espesor se le llamara D'_3 .

$$SN = 5.24$$

$$SN = a_1D_1 + a_3D'_3m_3$$

$$5.24 = 0.352 * 6 + 0.12 * D'_3 * 0.90$$

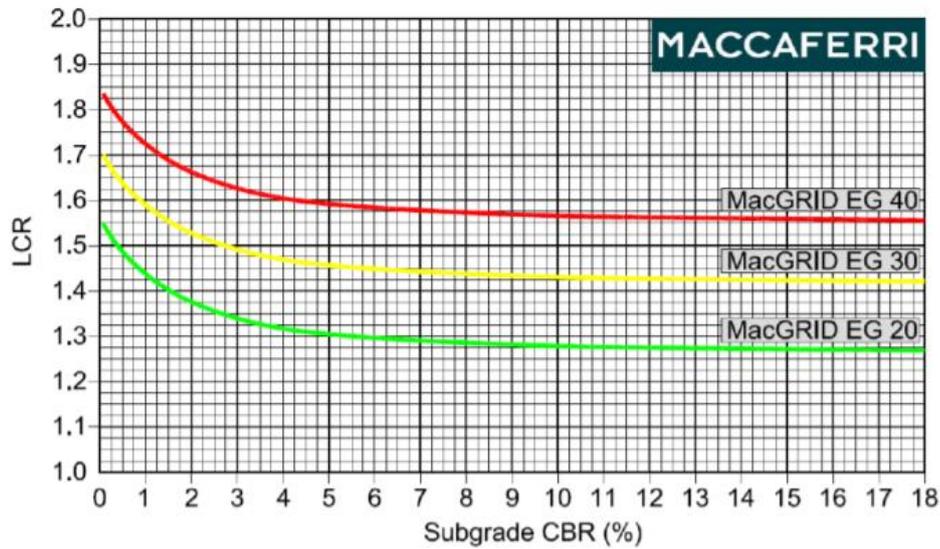
$$D'_3 = \frac{5.24 - 2.112}{0.108}$$

$$D'_3 = 28.96 \text{ plg.} \approx 45\text{cm}$$

- A continuación, se calcula de nuevo el espesor de la capa de subbase con refuerzo. Empleando una geomalla MacGrid EG de 40 kN/m, en la siguiente figura se puede apreciar el valor LCR que aporta la geomalla a la capa granular de la estructura de pavimento:

$$LCR = 1.57$$

Figura 33: Coeficiente de relación de Maccaferri EG Geogrids: LCR vs CBR de la capa granular.



Fuente: (MACCAFERRI, REFERENCE MANUAL – MACREAD 2.0 AASHTO, 2012).

- Para adicionar el aporte de la geomalla en la estructura de pavimento diseñado y obtener como resultado una disminución de espesor, se deberá de tener constante el valor inicial de número estructural.

$$SN_r = SN$$

$$SN_r = 5.24$$

- A continuación, se debe de calcular el nuevo espesor de la capa granular con el refuerzo incluido como parte de la estructura. Según la ecuación del Número estructural, pero utilizando el coeficiente LCR de la geomalla.

$$SN_r = a_1 D_1 + a_3 LCR_3 m_3$$

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

$$D_{3r} = \frac{5.24 - 0.352 * 6}{0.12 * 1.57 * 0.90}$$

$$D_{3r} = 18.45 \text{ pulg.} = 45 \text{ cm}$$

- A continuación, una vez calculado el nuevo espesor de la capa, se calcula el aporte estructural de la capa con la ayuda de la geomalla biaxial, se resuelve la siguiente ecuación:

$$SN_{GR} = a_3 * D_{3r} * m_3$$

$$SN_{GR} = 0.12 * 18.45 * 0.90 = 1.99$$

- Por consiguiente, la estructura no alterará su conformación de materiales siendo los mismo base y subbase. Ahora se deberán de calcular los espesores de dichas capas en función del número estructural de la capa subbase hallado en el paso anterior y con sus coeficientes de capa respectivos.

$$SN_{GR} = a_2 * D_{2r} * m_2 + a_3 D_{3r} m_3$$

$$1.99 = 0.14 * D_{2r} * 0.90 + 0.12 * D_{3r} * 0.90$$

Ahora se tiene dos incógnitas y una sola ecuación, se debe realizar un proceso de iteración para obtener unos espesores de capa razonable para la estructura a optimizar. Para el espesor de la base granular no se recomienda que este valor se encuentra por debajo de los 25cm o 10pulgadas como nos recomienda el manual de carreteras (MTC, 2013, pág. 167.)

En consecuencia, para nosotros en esta ecuación acogeremos un espesor de base asumido $D_{2r} = 25cm$ o 10pulg.

$$SN_{GR} = a_2 D_{2r} m_2 + a_3 D_{3r} m_3$$

$$D_{2r} = 10 \text{ pulg} = 25 \text{ cm.}$$

$$D_{3r} = 6.783 \text{ pulg} = 20 \text{ cm}$$

- Por último, se verifica el aporte estructural con los nuevos espesores de capa de material granular e inclusión de la geomalla biaxial. Para que la estructura sea constructivamente viable, los espesores calculados por lo general son modificados para facilitar su proceso constructivo. Es por eso que se debe verificar que la variación de estos no altere el desempeño de la estructura, por lo que el numero estructural de las capas granulares con respecto al número de aporte estructural de la capa reforzada, deberían de ser en lo posible iguales.

Dicho esto, verificamos con la siguiente ecuación lo resumido, para validar la inclusión de la geomalla biaxial a la estructura de pavimento.

$$0.14 * 10 * 0.90 + 0.12 * 6.783 * 0.90 = 1.99$$

$$1.99 = 1.99 \quad \text{¡¡OK!!}$$

En consecuencia, si cumplen la ecuación al reemplazar los valores, el número estructural de la subbase, con los espesores que se interaccionaron.

Tabla 26: Espesores obtenidos con la inclusión de la geomalla biaxial.

CAPA	ESPESOR CALCULADO “D” CON GEOMALLA (pulg.)	ESPESOR CALCULADO “D” A APLICAR CON GEOMALLA (cm)
Carpeta asfáltica	6	15
Capa de base	10	25
Capa de subbase	7	20

Fuente: Autoridad propia.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN GEOMALLA CALCULADO

Se presentará el análisis de las capas calculadas con y sin la inclusión de la geomalla en la siguiente tabla:

Tabla 27: Resumen del análisis final de la disminución de espesores debido a la inclusión de la geomalla biaxial.

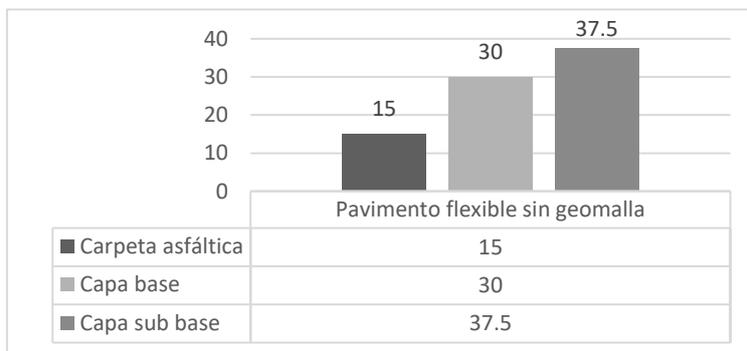
Capa	Espesor de pavimento Tradicional (cm.)	Espesor de pavimento con geomalla (cm.)	Espesor Ahorrado (%)
Carpeta asfáltica	15	15	0
Capa de base	30	25	16.67%
Capa de subbase	37.5	20	46.67%

Fuente: Autoridad propia.

Como podemos ver en la tabla 45. La inclusión de la geomalla biaxial en la estructura del pavimento no solo beneficia a la sub base granular, sino que también a la base granular teniendo una reducción de capa de 16.67% y de la sub base granular de 46.67%, siendo la geomalla un material de refuerzo en su función principal, y esto genera una reducción de espesores para la estructura de pavimento.

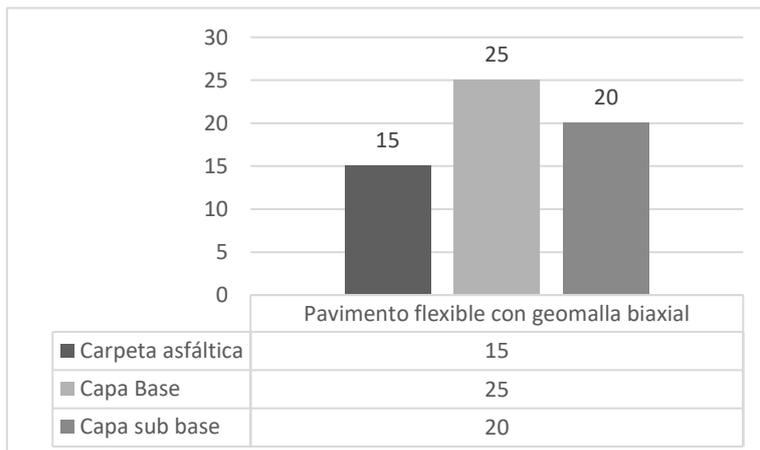
A continuación, presentamos gráficos que nos ayuden a ver el valor que nos proporciona la inclusión de la geomalla en la estructura del pavimento.

Figura 34: Gráfico de la estructura del pavimento sin geomalla biaxial.



Fuente: Autoridad propia.

Figura 35: Gráfico de la estructura del pavimento con geomalla biaxial.



Fuente: Autoridad propia.

MECÁNICA DE SUELOS

Resumen de las propiedades físico – mecánicas de material de base y subbase

Cuando se llevó a laboratorio los materiales de cantera seleccionado para la base y subbase y fueron sometidos a diferentes ensayos de Mecánica de suelos, el material de cantera cumplió con la normativa de nuestro país y norma vigente, detallándolo en la siguiente tabla.

Tabla 28: Características físico – mecánicas de la subbase y base.

ENSAYOS	NORMA MTC	ENSAYO DE LABORATORIO DE LA SUBBASE Y BASE		REQUERIMIENTO DE LA NORMA PERUANA.		¿CUMPLE CON LA NORMA?
		BASE	SUBBASE	RESULTADO FINAL	≥3000 m.s.n.m.	
Abrasión.	MTC E 207	23%	23%	23%	50 % máx.	Si
CBR	MTC E 132	63.4%	63.4%	63.4%	40% mín.	Si
Índice de plasticidad	MTC E 111	1%	1%	1%	4% máx.	Si
Plasticidad chatas y alargadas	MTC E 211	7%	7%	7%	20% máx.	Si
Límite líquido	MTC E 110	22%	22%	22%	25% máx.	Si

Fuente: Autoridad propia.

INTERPRETACIÓN DE DATOS DE LABORATORIO CON LA APLICACIÓN DE LA GEOMALLA.

Resumen de ensayos de CBR incorporando la geomalla biaxial MAC GRID EGB40.

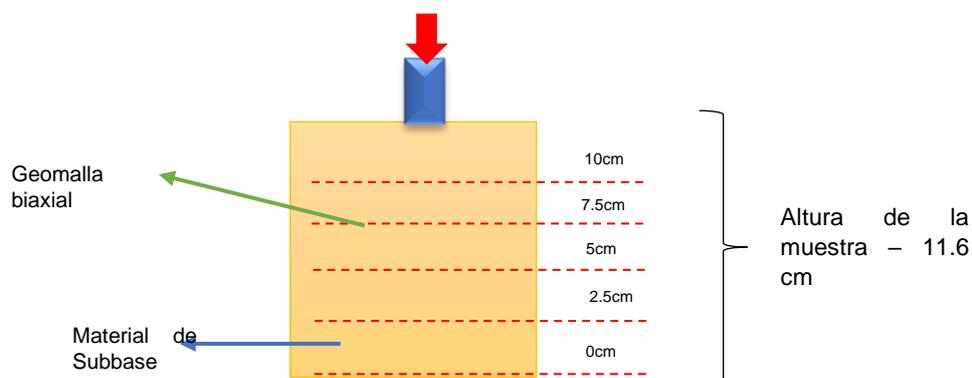
La metodología utilizada para poder analizar el aporte de la geomalla se realizó median el ensayo de CBR con la inclusión de la geomalla MAC GRID EG40 (especificaciones en ANEXOS).

Lográndose analizar y estudiar el material de sub base y se corrobora la existencia de refuerzo que tiene este material hacia la capa de sub base granular, cumpliendo con los parámetros establecidos por la normativa de nuestro país. Con los resultados obtenidos se podría exponer que las características físico – mecánicas del material de la subbase son buenas, para posteriormente incorporar la geomalla biaxial en los ensayos d CBR, colocando la geomalla a ciertas alturas, comenzando

a una altura 0cm o prácticamente sin el refuerzo, luego se analizó aumentando las alturas de 2.5cm, 5cm, 7.5 y 10cm.

A continuación, veremos el resumen de los ensayos realizados.

Figura 36: Profundidades del ensayo de CBR con aplicación de la geomalla biaxial.



Fuente: Autoridad propia.

Tabla 29: Resumen de ensayos de CBR con aplicación de geomallas biaxiales.

RESUMEN DEL ENSAYO DE CBR CON APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL						
ALTURA	DENSIDAD	CBR%	RESULTADO DE CBR			RESULTADO CBR AL 100%
0 cm	2.17	63.4	Penetración:	1"	M.D.S (kg/cm3)	
	1.989	33.2	100% MDS	63.44%	2.17	63.4%
2.5cm	1.843	12.5	95% MDS	44.0%	1.989	
	2.167	72.9	Penetración:	1"	M.D.S (kg/cm3)	
5cm	1.982	37.9	100%	72.9%	2.167	72.9%
	1.815	12.5	95%	51.0%	1.982	
7.5cm	2.174	49.5	Penetración:	1"	M.D.S(kg/cm3)	
	1.918	33.5	100%	49.5%	2.174	49.5%
10cm	1.759	22.8	95%	43.0%	1.918	
	2.174	92.6	Penetración:	1"	M.D.S(kg/cm3)	
	1.958	59.2	100%	92.6%	2.174	92.6%
	1.790	30.0	95%	59.2%	1.958	
	2.173	115.9	Penetración:	1"	M.D.S(kg/cm3)	
	1.973	79.5	100%	115.9%	2.173	115.9%
	1.788	45.3	95%	79.5%	1.973	

Fuente: Autoridad propia.

Los resultados que se obtuvieron a la hora de realizar el ensayo de CBR en diferentes capas como se muestra en la tabla 47, no da la información que a medida que se va subiendo el nivel de altura para la colocación de la geomalla, la capa va teniendo un %CBR mayor. La penetración del pistón a una altura de una pulgada registra un CBR al 100% a una MDS (máxima densidad seca). Por ejemplo, a una altura de 2.5 cm el CBR es 72.9% y en una altura de 10cm el CBR es de 115.9%, este último resultado se genera debido a la geomalla está cerca de la superficie y al estar ahí son los primeros en trabajar (absorben y disminuyen la fuerza aplicada).

Trabajo de Campo.

Ensayos de laboratorio:

Se comienza con la granulometría de los materiales, para poder determinar la masa detenida en cada tamiz para poder expresarlos en porcentaje, el material que queda retenido en la malla # 4 viene a ser una grava.



Figura 37: Tamizado de material.

Fuente: Autoridad propia.

Se pesa el porcentaje que pasa por cada tamiz y se anota en el formato elaborado para la granulometría, el material que pasa la malla # 4 serán arena, siempre y cuando la partícula sea mayor al diámetro de 0.075



Figura 38: Peso en porcentaje que pasa en cada tamiz.

Fuente: Autoridad propia.

Se verifica que el material que pasa por la malla #200 vienen a ser los finos



Figura 39: Material que pasa la malla # 200.

Fuente: Autoridad propia.

Posterior al pesado del material fino, se lleva al lavado del material de la malla # 200



Figura 40: Lavado de los finos.

Fuente: Autoridad propia.

Luego que se realiza el lavo del material fino, se escurre el agua acumulada para poder pasar al secado, que se deja unas 24 horas



Figura 41: Secado del material fino.

Fuente: Autoridad propia.

Para los límites de consistencia, se realiza con el material que pasa la malla #40 para llevarlo a un recipiente y se mezcla con agua gradualmente para llevarlo a la copa de casa grande.



Figura 42: Límites de consistencia.

Fuente: Autoridad propia

Para el ensayo de CBR se pesa el molde con el material para luego compactarlo por capas



Figura 43: Ensayo de CBR.

Fuente: Autoridad propia.

Se realiza la compactación por capas para con y sin la geomalla biaxial MAC GRID40, para luego llevarlo al curado.



Figura 44: Compactación por capas para el ensayo CBR.

Fuente: Autoridad propia.

Por último, se lleva al ensayo de CBR, donde se calculará por tiempo el número de vueltas donde el pistón hará presión.



Figura 45: Ensayo de CBR.

Fuente: Autoridad propia.

Materiales usados en laboratorio

- Herramientas manuales , moldes para ensayos
- Balanza , saco de carga
- Tamices , máquina para ensayo CBR
- Copa de casa grande

V. DISCUSIÓN

El pavimento flexible en su composición se encuentran la carpeta asfáltica, base y subbase, cuyas funciones son la de resistir cargas y dar comodidad a los usuarios. Además de garantizar una vida útil que abarca entre 10 a 20 años, teniendo un menor costo a diferencia del pavimento rígido. Lo cual se asemeja a Corona (2017) nos indica teniendo una estructura de varias capas donde la función principal es la de distribuir y resistir cargas provenientes de los vehículos como también la de aumentar su utilidad en seguridad para los transeúntes.

El uso de la geomalla ha resultado de manera óptima su utilización en las estructuras del pavimento flexible con los ensayos realizados a escala real y en laboratorios, de manera que brinda una resistencia en los suelos para poder soportar cargas como también poder reducir los espesores de base y subbase. A lo cual es semejante a lo que nos dice koerner (2017) que las geomallas desempeñan en su función principal la de refuerzo, la cual tiene como objetivos: el de tener mejor rendimiento y ser más económico que el uso de materiales tradicionales, ya sea este por su coste inicial o por la durabilidad que pueda brindar a la estructura de pavimento.

Así mismo Novoa (2017) en su tesis aplicación de la geomalla triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo – 207 concluyo que la utilización del material geosintéticos le trajo ventajas a la hora de realizar su proyección reduciendo costos a un 13% y espesores a un 45%, a la vez mejorando la estabilización del suelo.

Se toma en cuenta que los trabajos topográficos y de conteo vehicular para el diseño es importante comenzar por ese punto, porque nos permite tener el flujo vehicular mediante IMD (índice de medio diario). De acuerdo con Ccasani y Ferro (2017) nos indica que para el diseño de una estructura de pavimento se debe de calcular el número de repeticiones de los vehículos durante su vida de diseño. No menciona también que la lectura de tráfico por ser controlado mediante estaciones de conteo, mediciones de campo o vías que presente tráfico similar.

VI. CONCLUSIONES

Se demuestra que la aplicación de la geomalla contribuye en el pavimento flexible para su diseño en la avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, mediante ensayos en laboratorio y aplicación de la metodología para su diseño, la teoría estudiada sobre las geomallas hace que optemos por una calidad de geomalla biaxial MacGrid EGB 40 debido a sus funciones y propiedades físico – mecanísticas ideales para mejorar las funciones estructurales de las capas de la estructura de pavimento. Se demostró que la utilización de este material nos llevó a tener un aumento de la capacidad portante o CBR mediante ensayos en laboratorio, a una altura de 2.5 cm donde coloca la geomalla tenemos un $CBR=72.9\%$ y a una altura de 10 cm $CBR=115.9\%$, consiguiendo así una capa de subbase con calidad y funcionalidad mejorada estructuralmente.

Se realizó el estudio de mecánica de suelos donde es importante para tener las características físico – mecánicas de los agregados que se utilizarán para el diseño de pavimentos con aplicación de la geomalla biaxial en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, cumpliendo con los parámetros establecidos por la norma técnica dando un 63.4% de CBR cumpliendo el mínimo establecido de 40% , un 1% de índice plástico cumpliendo con el máximo establecido de 5% .

Se visualizó que la ubicación de la geomalla biaxial dentro de la capa de subbase, no trajo solo beneficios para esta capa reduciendo en un 46.67% , sino que también redujo en un 16.67% la capa de la base. Donde inicialmente se tenía un espesor de capa Base de 30 cm y se redujo a 25 cm, de igual manera en la capa de la subbase donde se ubicó la geomalla se obtuvo una mayor reducción de 37.5 cm se redujo a 20 cm.

Consecutivamente se pudo demostrar que los ensayos de CBR a la capa de subbase con la ubicación de la geomalla en alturas diferentes (0cm, 2.5cm, 5cm, 7.5cm, 10cm) a 5 cm $CBR = 49.5\%$ mientras que a 7.5 cm $CBR = 92.6\%$, fueron positivas debido a que mientras aumentaba la altura también el CBR, y esto es debido a que mientras la geomalla está más cerca de la superficie y es donde son los primeros en trabajar.

Se demostró que el estudio de tráfico (ESAL) para la vía de diseño fue positiva y fundamental, donde se calculó el índice medio diario de 9,286 vehículo que

transitan diariamente, a su vez se realizó el cálculo de índice medio diario semanal dando 65,002 vehículos que transitan por la avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho.

Consecutivamente se inició a calcular el ESAL con el método AASHTO utilizando los parámetros y datos desarrollados, se obtuvo un ESAL de diseño de 22,652,230. Para un periodo de 20 años.

VII. RECOMENDACIONES

Investigar las características y funcionalidades que se pueden dar al ubicar las geomallas dentro de otra capa o carpeta de rodadura.

Investigar de manera adecuada en pavimentos flexibles la utilización o reforzamiento con geomallas biaxiales debido a que debemos tener en cuenta que no podemos reducir los espesores recomendados por la norma técnica, es muy importante tomar criterio a la hora de diseñar.

En nuestro país aún no se cuenta con una normativa vigente con el uso de geomallas, en nuestra actualidad existes diversos estudios sobre el tema, pero se recomienda que se realice un estudio en nuestra zona o país debido a los diferentes tipos de suelo que se tienen.

Emplear un diseño de pavimento flexible con refuerzos de geomalla trae muchos beneficios como aumentar su capacidad de soporte a altos flujos de tránsito o retardar el deterioro del pavimento tanto superficial como estructural, aplicando los parámetros de diseño del método AASHTO 93 en la avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho.

Finalmente investigar nuevos métodos de reforzamiento para obtener nuevos y mejores resultados para diseñar pavimentos con larga duración y menos deterioro, de igual manera optar por buscar sugerencias y opiniones de profesionales capacitados en el tema de estudio.

REFERENCIAS

Beltrán, C., (2013). Ventajas de la utilización de geosintéticos para el refuerzo de pavimento en la carretera 7 estación Transmilenio museo nacional. (Tesis de pregrado). Universidad Militar nueva Granda, Colombia.

Bustamante, A., & Bojorque, J., (2016). Evaluación en el nivel de resistencia de una subrasante con el uso combinado de una geomalla y un geotextil. (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador.

Jordan, C., & Suarez, J., (2017). Diseño de pavimentos flexibles con el uso de geosintéticos como refuerzo aplicado en las vías de acceso a la ciudad la Milina del Cantón Salinas. (Tesis para optar el título de ingeniero civil). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.

Mera, J., (2017). Evaluación técnica – económico del uso de geomallas multiaxiales como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa Cruz – Bellavista, distrito Bellavista, Jaén, Cajamarca. (Tesis para optar el título de ingeniero civil). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). Manual de carreteras “Diseño de pavimento”. Lima, Perú.

Miranda, F., & Sánchez, E., (2015). Evaluación del Módulo Resiliente y deformación permanente de una base granular mecánicamente estabilizada con geomalla. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.

Novoa, F., (2017). Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo – 2017. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú.

Núñez, A., (2015). Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geo-sintéticos. (Tesis pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.

Caballeros, E., (2016). Utilización de la geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible. (Tesis para optar el título de ingeniero civil). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Aguado, B., (2020). Diseño de un pavimento flexible utilizando geomallas en suelos arenosos en el AA.HH. Virgen de las Mercedes – Ventanilla 2020. (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Cesar Vallejo, Perú.

Dávila, M., & Gómez, J., (2018). Aplicación de geotextiles en pavimentos flexibles para su diseño, carretera Oxapampa – San Jorge: km 14+000 – km 15+000, Pasco, 2018. (Tesis pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú.

Sincha, G., (2018). Diseño con geosintéticos para la función de separación, filtración y refuerzo en pavimentos flexibles. (Tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

Ecomex. (2013). ECOMEX, Soluciones Ecológicas. Recuperado a partir de <http://www.ecomex.com.mx/>

Tensor. (2016). Geogrid Designs and Systems for Areas with Traffic by Tensor Corp | Tensor International. Recuperado el 24 de abril de 2021, a partir de <http://www.tensorcorp.com/Sytems-and-Products/Tensar-geogrids/Tensar-Triax-geogrid>

American Society for Testing and Materials. (2017). Standard Terminology for Geosynthetics (Designation núm. 4439-00).

https://kupdf.net/download/astm-d-4439-00-standard-terminology-for-geosynthetics_59d2096d08bbc52b516870fe_pdf

Robert, K. (2012). Designing with Geosynthetic. Recuperado el 27 de abril de 2021, de

<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=qZtSAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=robert+m+koerner+geosynthetics&ots=XBGuWYF3Wt&sig=FyTkczorCf2kgai8UuGRSCO1Gyg#v=onepage&q&f=false>

Jiménez, V.J. (2017). La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46752305006>

Geosynthetic Design & Construction Guidelines NHI Course No. 132013-Reference-Manual-Final-August-2008 [PDF Document]. (2008). Vdocuments. Mx.

<https://vdocuments.mx/reader/full/geosynthetic-design-construction-guidelines-nhi-course-no-132013-reference-manual-final-august-2008>

Wilebaldo, B. H. (Lunes de Enero de 2017). *VDOKUMENTS*. Recuperado el viernes de Noviembre de 2021, de *VDOKUMENTS*: <https://vdocuments.mx/documents/t1g2bahw03.html?page=1>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia.

APLICACIÓN DE LA GEOMALLA EN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA SU DISEÑO EN AVENIDA SANTA ROSA, SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2021								
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA		
<p>PROBLEMA GENERAL ¿De qué manera la aplicación de la geomalla contribuye en el pavimento flexible para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿De qué manera contribuye el estudio de mecánica de suelos en la aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021?</p> <p>¿De qué manera influye el estudio de tráfico en la aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021?</p> <p>¿De qué manera influye el CBR en la aplicación de la geomalla en su aplicación en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar de qué manera la aplicación de la geomalla contribuye en el pavimento flexible para su diseño en la avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS Determinar cómo contribuye el estudio de mecánica de suelos con aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.</p> <p>Identificar de qué manera el estudio de tráfico influye en la aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.</p> <p>Evaluar cómo influye el CBR en la aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL La aplicación de la geomalla contribuye en el pavimento flexible para su diseño en la avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS El estudio de mecánica de suelos contribuye en la aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.</p> <p>El estudio de tráfico influye en la aplicación de geomalla en pavimento flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.</p> <p>El CBR influye en la aplicación de geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Variable independiente:</u></p> <p>La geomalla biaxial</p>		Resistencia longitudinal a la tracción.	Resistencia a la tracción (ASTM D6637)	<p>Diseño de Investigación</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Corte: Transversal</p> <p>Nivel: Descriptivo</p> <p>Tipo: aplicada</p>	
					Resistencia longitudinal de deformación	ASTM D 6637		
					Eficiencia de las juntas	GRI GG2		
					Rigidez flexura	ASTM D 1388		
				<p style="text-align: center;"><u>Variable dependiente:</u></p> <p>Diseño de pavimento flexible</p>	<p>Estudio de mecánica de suelos</p>		Granulometría (ASTM D422, MTC E 107)	<p>Método de investigación:</p> <p>Instrumento: Ensayo de laboratorio y fichas técnicas</p>
						Límite líquido (ASTM D-4318, MTC E 110)		
						Límite plástico (ASTM D-4318, MTC E 111)		
						Contenido de humedad (ASTM D-2216, MTC E 108)		
						CBR (ASTM D-1883, MTC E 132)		
						Método MARSHALL (MTC E 504)		
	<p>Estudio de tráfico</p>		Cantidad vehicular					
		Ejes equivalentes						
	Levantamiento topográfico		Plano de ubicación					
			Curvas de nivel					

Fuente: *Autoridad propia.*

ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE					
APLICACIÓN DE LA GEOMALLA	Según Miranda y Sánchez (2015), " las geomallas triaxiales que ha tenido un crecimiento tecnológico en los últimos años, siendo un tipo dentro de los geosintéticos y utilizando polímeros para su fabricación, adopta soluciones a problemas como material de refuerzo y mejoramiento de suelos".	Las geomallas biaxiales para la aplicación en el pavimento flexible, se midió a través de sus dimensiones y también se registrarán estas a través de sus indicadores de la siguiente manera: Distribución de carga: - Rigidez radial a baja deformación - Transferencia de carga Durabilidad: - Resistencia a la pérdida de capacidad - Resistencia a los rayos ultravioleta	Resistencia longitudinal a la tracción	ASTM D 6637	kN/m
			Resistencia longitudinal de deformación.	ASTM D 6637	kN/m
			Eficiencia de las juntas	GRI GG2	%
			Rigidez flexura.	ASTM D 1388	mg-cm
DEPENDIENTE					
DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	Según Caballeros (2016), el pavimento es el conjunto de capas de material seleccionado, y de varios centímetros de espesor, que de forma directa recibe las cargas de tránsito vehicular, y que se transmiten de forma disipada hacia las capas inferiores. El diseño que se hace del pavimento se verá reflejada en la división de capas y el cual se determinaran el espesor de cada una de esas capas.	El diseño de pavimento flexible debe cumplir con ciertos requerimientos para para lograr un diseño optimo, y esto se registra mediante ensayos y fichas de control a través de sus dimensiones e indicadores: - Estudio de mecánica de suelos - Estudio de tráfico - Levantamiento topográfico	Estudio de mecánica de suelos	Granulometría	Tamices
				Contenido de humedad	Copa de casa grande
				Límites de consistencia	Copa de casa grande
				Densidad máxima	Proctor
			Estudio de tráfico	CBR	Moldes cilíndricos de acero
				Cantidad de vehículos	Ficha de conteo vehicular
			Levantamiento topográfico	Ejes equivalentes	Manual de carreteras
				Plano de ubicación	Estación total
Curvas de nivel	Altimetría Planimetría				

Fuente: *Autoridad propia.*

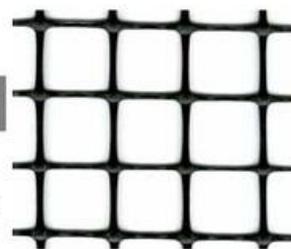
Anexo 3: Especificación técnica de la geomalla.

MacGrid® EGB 30

Geomalla Biaxial Extruida

Características técnicas

MacGrid® EGB 30 es una geomalla biaxial extruida de polipropileno, indicada para refuerzo y estabilización de suelos.



Propiedades Físicas	Unidades	Ensayo	EGB 30
Abertura nominal de la malla longitudinal (MD) ⁽¹⁾	mm		36
Abertura nominal de la malla transversal (TD) ⁽¹⁾	mm		38
Polímero			Polipropileno
Color			negro

Propiedades Mecánicas	Unidades	Ensayo	EGB 30
Resistencia longitudinal a la tracción (MD)	kN/m	ASTM D 6637	30.0
Resistencia transversal a la tracción (TD)	kN/m	ASTM D 6637	30.0
Resistencia longitudinal al 2% de deformación (MD)	kN/m	ASTM D 6637	10.5
Resistencia transversal al 2% de deformación (TD)	kN/m	ASTM D 6637	10.5
Resistencia longitudinal al 5% de deformación (MD)	kN/m	ASTM D 6637	21.0
Resistencia transversal al 5% de deformación (TD)	kN/m	ASTM D 6637	21.0
Eficiencia de las juntas	%	GRI GG2	93
Rigidez Flexural	mg-cm	ASTM D 1388	3,500,000
Espesor mínimo de la costilla Longitudinal (MD)	mm	ASTM D 1777	2.00
Espesor mínimo de la costilla Transversal (TD)	mm	ASTM D 1777	1.50
Estabilidad de las Aperturas	m-N/deg	COE Method	1.40

Presentación del Rollo	Unidades	Ensayo	EGB 30
Ancho del rollo	m		3.95
Largo del rollo	m		50

(1) La tolerancia de las dimensiones de la abertura es de ± 2 mm.

Los datos técnicos e informaciones indicadas en la presente hoja técnica están basados en la más reciente información disponible y pueden estar sujetas a variaciones, debido a modificaciones de los procesos productivos y de la política comercial.

MACCAFERRI
AMÉRICA LATINA

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

www.maccaferri.com.pe

Sistema de Gestión de Calidad ISO
Certificado de Conformidad con la
Norma ISO 9001:2000

9001

ENERO 2016

Anexo 4: Laboratorio de Suelo y Pavimento.



LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2021 - M&V/JMI

SOLICITANTE : Melo Sanchez, Luigi Magno MUESTRA : Sub Rasante
 PROYECTO DE TESIS : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021." CANTIDAD : 50.0 Kg
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho PRESENTACIÓN : Saco.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 08.11.2021 FECHA ENSAYO : 28.09.2020

MALLAS		DENOMINACIÓN	Sub Rasante						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)					
3"	76.200	MTC E-104 (2000)							
2 1/2"	63.500								
2"	50.800								
1 1/2"	38.100				100				
1"	25.400			6	94				
3/4"	19.050			7	87				
1/2"	12.700			5	82				
3/8"	9.525			6	76				
1/4"	6.350			8	68				
N° 4	4.760			6	62				
N° 6	3.360			5	57				
N° 8	2.380			4	53				
N° 10	2.000			3	50				
N° 16	1.190			4	46				
N° 20	0.840			3	43				
N° 30	0.590			4	39				
N° 40	0.426			5	34				
N° 50	0.297			5	29				
N° 80	0.177			13	16				
N° 100	0.149			3	13				
N° 200	0.074		4	9					
- N° 200	-		9	-					
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		NTP 339.127 (1.999)	2.5						
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)		NTP 339.129 (1.999)	24						
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		NTP 339.129 (1.999)	20						
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		NTP 339.129 (1.999)	4						
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)		NTP 339.134 (1.999)	SC - SM						
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO)		NTP 339.135 (99)	A-1-b (0)						

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 08.11.2021
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 63285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.

Lima, 22 de Noviembre del 2021

M&V (1/23)
 mhr/jms/kra
 O.S. N° 156

Coop. San Miguel Mz. D.Lt. 8/ Int. 1 - Urb. Campoy - S.J.L. / Mz. A Lt. 6 Urb. Los Girasoles 1ª. Etapa - Callao.
 Telfax: (511) 661-9143 Celular RPC (511) 94778-9986 (WhatsApp) / ENTEL 93073-5810 (WhatsApp)
 LIMA - PERU

mw_ingsac@hotmail.com
cotizaciones@mvingenieros.com
www.ingenieros.com

Anexo 5: Resultado de ensayos de laboratorio.



SOLICITANTE : Melo Sanchez, Luigi Magno
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICCIÓN : suelo Natural
 FECHA : 8/11/2021

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D1883-9 C

Calicata : Sub rasante
 Muestra : SUMERGIDO
 Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C)-91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.043
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 5.7

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.043	1.892	1.730
Contenido de Humedad	5.7	5.7	5.7

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración* (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C:B.R. (%)
I	0.1	268	1000	26.8
II	0.1	154	1000	15.4
III	0.1	41	1000	4.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 26.8 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 19.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.



LSP (2/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

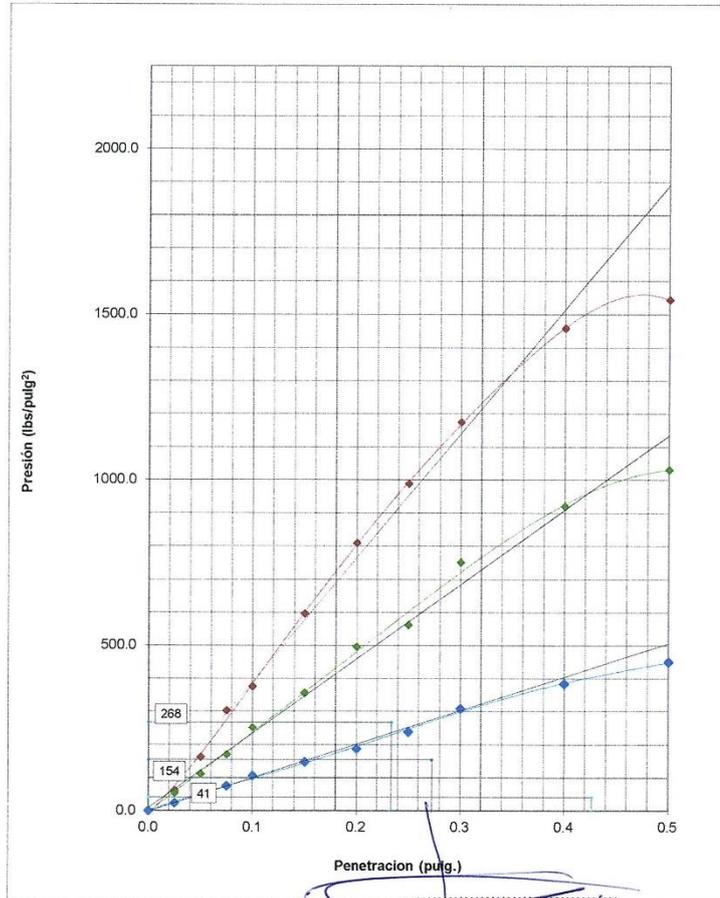
ING. JORGE ISAAC CASTANEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C

Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : Melo Sanchez, Luigi Magno
PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."
UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
IDENTIFICCIÓN : suelo Natural
FECHA : 8/11/2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (C) - 91

Calicata : Sub rasante
Muestra : SUMERGIDO
Prof.(m) : CURADO 3 DIAS



ING. JORGE ISAAC CASTANEDA CENTURICH
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.

LSP (3/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

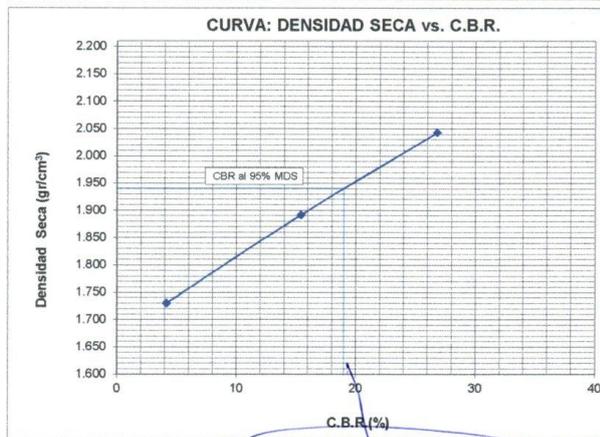
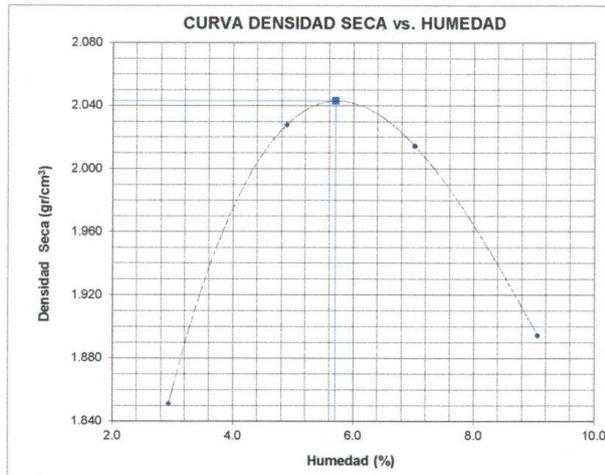
Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : **Melo Sanchez, Luigi Magno**
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICCIÓN : suelo Natural
 FECHA : 8/11/2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (C) - 91

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 2.043
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 5.7
 CBR al 100% de la MDS (%) : 26.8
 CBR al 95% de la MDS (%) : 19.0

Calicata : *Sub rasante*
 Muestra : *SUMERGIDO*
 Prof.(m) : *CURADO 3 DIAS*



LSP (4/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

ING. JORGE ISMAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.

Lima, 22 de Noviembre del 2021



LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2021 - M&V/JMI

SOLICITANTE : Melo Sanchez, Luigi Magno MUESTRA : Cantera Dorita - Santa Clara para Base y Sub Base
 PROYECTO DE TESIS : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021." CANTIDAD : 50.0 Kg
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho PRESENTACIÓN : Saco.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 08.11.2021 FECHA ENSAYO : 22.11.2021

MALLAS		DENOMINACIÓN	Cantera Dorita - Santa Clara						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)					
3"	76.200	MTC E-104 (2000)							
2 1/2"	63.500								
2"	50.800			100					
1 1/2"	38.100			7	93				
1"	25.400			7	86				
3/4"	19.050			6	80				
1/2"	12.700			5	75				
3/8"	9.525			4	71				
1/4"	6.350			6	65				
N° 4	4.760			5	60				
N° 6	3.360			3	57				
N° 8	2.380			4	53				
N° 10	2.000			3	50				
N° 16	1.190			4	46				
N° 20	0.840			3	43				
N° 30	0.590			4	39				
N° 40	0.426			5	34				
N° 50	0.297			4	30				
N° 80	0.177			11	19				
N° 100	0.149			3	16				
N° 200	0.074		4	12					
- N° 200	-		12	-					
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		NTP 339.127 (1.999)	3.1						
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)		NTP 339.129 (1.999)	22						
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		NTP 339.129 (1.999)	21						
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		NTP 339.129 (1.999)	1						
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)		NTP 339.134 (1.999)	SP - SM						
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO)		NTP 339.135 (99)	A-1-b (0)						

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 08.11.2021
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. JORGE ISAAC CASTANEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.

Lima, 22 de Noviembre del 2021

M&V (5/23)
 mhr/jms/kra
 O.S. N° 156

Coop. San Miguel Mz D.Lt. 8/Int. 1 - Urb. Campoy - S.J.L. / Mz. A Lt. 6 Urb. Los Girasoles 1ª Etapa - Callao.
 Telfax: (511) 661-9143 Celular RPC (511) 94778-9986 (WhatsApp) / ENTEL 93073-5810 (WhatsApp)
 LIMA - PERU

mvm_ingsac@hotmail.com
cotizaciones@mvingenieros.com
www.ingenieros.com

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2021 - M&V/JMI

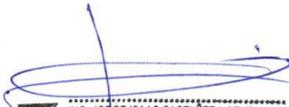
SOLICITANTE	: Melo Sanchez, Luigi Magno	MUESTRA	: Cantera Dorita - Santa Clara para Base y Sub Base
PROYECTO	: "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."	CANTIDAD	: 85.6 Kg
REFERENCIA	: San Juan de Lurigancho	PRESENTACIÓN	: Saco.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 08.11.2021	FECHA DE ENSAYO	: 22.11.2021

MTC E- 207 (2000) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (%)
Cantera Dorita - Santa Clara	Tamaño Máximo Nominal: 1 "	23
	Gradación: "A"	
	Número de Esferas: 12	

Observaciones:

- (*) ASTM C-131 (2006). "Standard method to degradation of small-large size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine"
- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 08.11.2021
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
REG. CIP 83285
GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C

Lima, 22 de Noviembre del 2021

M&V (6/23)
sgc/jms
O.S. N° 156

Coop. San Miguel Mz. D.Lt. 8/ Int. 1 - Urb. Campoy - S.J.L. / Mz. A Lt. 6 Urb. Los Girasoles 1ª. Etapa - Callao.
Telfax: (511) 661-9143 Celular RPC (511) 94778-9986 (WhatsApp) / ENTEL 93073-5810 (WhatsApp)
LIMA-PERU

my_ingsac@hotmail.com
cotizaciones@myingenieros.com
www.ingenieros.com



LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2021 - M&V/JMI

SOLICITANTE : Melo Sanchez, Luigi Magno **MUESTRA** : Cantera Dorita - Santa Clara para Base y Sub Base

PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021." **CANTIDAD** : 65 Kg

REFERENCIA : San Juan de Lurigancho **PRESENTACIÓN** : Saco.

FECHA DE RECEPCIÓN : 08.11.2021 **FECHA DE ENSAYO** : 08.11 al 22.11.2021

NTP 400.040 (1999) AGREGADOS. PARTÍCULAS CHATAS O ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO (*)

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Cantera Dorita - Santa Clara	Partículas chatas y alargadas (relación 1 a 3)	7

Observaciones:

- (*) Referencia. ASTM D 4791 (2005). "Aggregates. Flat or elongated particles in coarse aggregate"
- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 08.11.2021
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



Lima, 22 de Noviembre del 2021

M&V (7/23)
sgc/jms
O.S. N° 156

Coop. San Miguel Mz D Lt. 8/ Int. 1 - Urb. Campoy - S.J.L. / Mz. A Lt. 6 Urb. Los Girasoles 1ª Etapa - Callao.
Telfax: (511) 661-9143 Celular RPC (511) 94778-9986 (WhatsApp) / ENTEL 93073-5810 (WhatsApp)
LIMA - PERU

mw_ingsac@hotmail.com
cotizaciones@myingenieros.com
www.ingenieros.com

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2021 - M&V/JMI

SOLICITANTE	: Melo Sanchez, Luigi Magno	MUESTRA	: Cantera Dorita - Santa Clara para Base y Sub Base
PROYECTO	: "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."	CANTIDAD	: 65 Kg
REFERENCIA	: San Juan de Lurigancho	PRESENTACIÓN	: Saco.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 08.11.2021	FECHA DE ENSAYO	: 08.11 al 22.11.2021

MTC E-210 (2 000) PORCENTAJE DE CARAS DE FRACTURA EN EL AGREGADO GRUESO

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Cantera Dorita - Santa Clara	Partículas con una ó más caras de fractura	85
	Partículas con dos ó más caras de fractura	67

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 08.11.2021
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
REG. CIP 83285
GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.

Lima, 22 de Noviembre del 2021

M&V (8/23)
sgc/jms
O.S. N° 156

Coop. San Miguel Mz D Lt 8/ Int. 1 - Urb. Campoy - S.J.L. / Mz A Lt 6 Urb. Los Girasoles 1ª Etapa - Callao.
Telfax: (511) 661-9143 Celular RPC (511) 94778-9986 (WhatsApp) / ENTEL 93073-5810 (WhatsApp)
LIMA-FERU

mvv_ingsac@hotmail.com
cotizaciones@myvingenieros.com
www.ingenieros.com

SOLICITANTE : Melo Sanchez, Luigi Magno
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa,
 San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICCIÓN : Afirmado natural (Base y Sub Base)
 FECHA : 8/11/2021

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D1883-9 C

Calicata : Cantera Dorita - Santa Clara
 Muestra : SUMERGIDO
 Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C)-91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.170
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 6.0

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.170	1.989	1.843
Contenido de Humedad	6.0	6.0	6.0

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	634	1000	63.4
II	0.1	332	1000	33.2
III	0.1	125	1000	12.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 63.4 %
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 44.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante



LSP (9/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

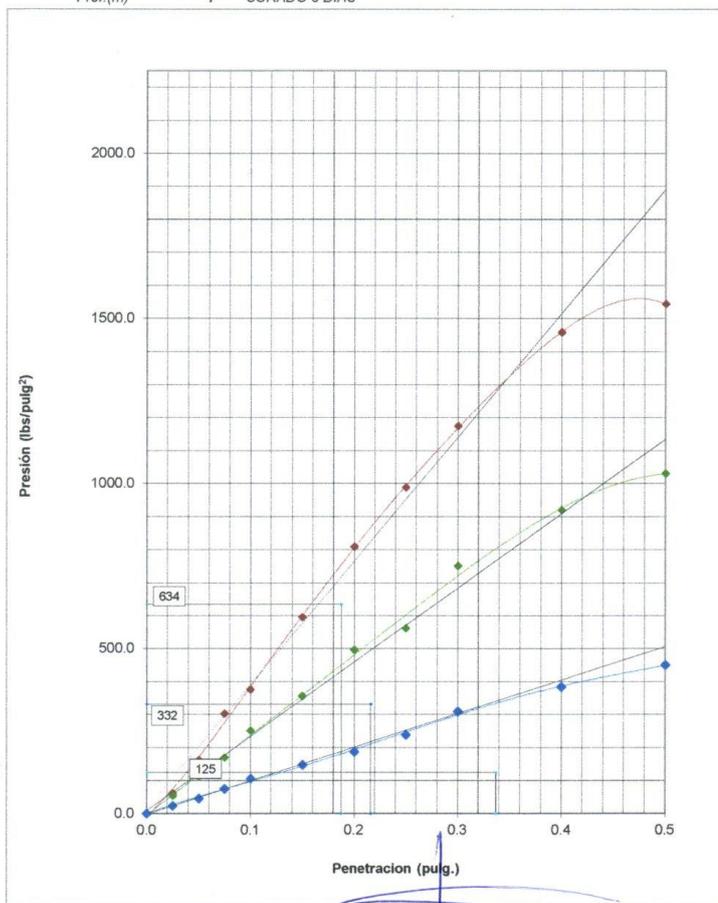

 ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURIÓN
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C

Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : **Melo Sanchez, Luigi Magno**
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICCIÓN : Afirmado natural (Base y Sub Base)
 FECHA : 8/11/2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (C) - 91

Calicata : *Cantera Dorita - Santa Clara*
 Muestra : *SUMERGIDO*
 Prof.(m) : *CURADO 3 DIAS*



LSP (10/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 63285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.

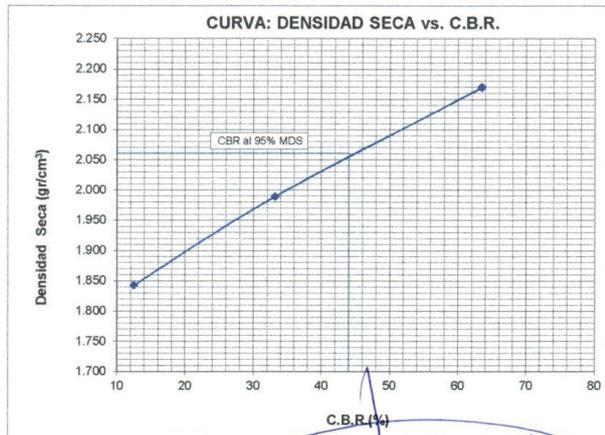
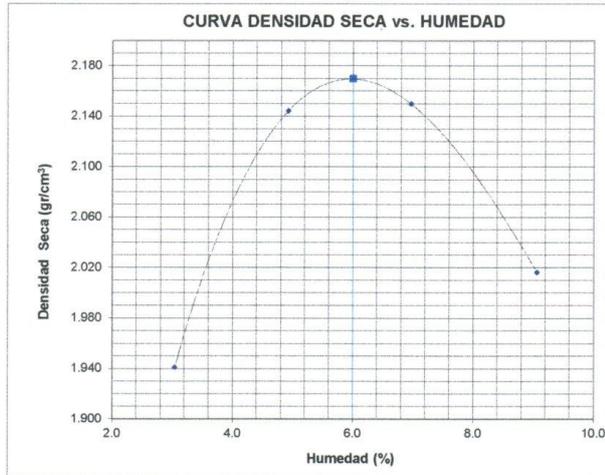
Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : Melo Sanchez, Luigi Magno
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICACIÓN : Afirmado natural (Base y Sub Base)
 FECHA : 8/11/2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (C) - 91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.170
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.0
 CBR al 100% de la MDS (%) : 63.4
 CBR al 95% de la MDS (%) : 44.0

Calicata : Cantera Dorita - Santa Clara
 Muestra : SUMERGIDO
 Prof.(m) : CURADO 3 DIAS



LSP(11/23)
 cafo/vrc
 O.S. N°156

ING. JORGE IBAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.

Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : **Melo Sanchez, Luigi Magno**
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa,
 San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICCIÓN : Geomalla a 2.5 cm de altura del afirmado (SUB BASE)
 FECHA : 8/11/2021

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D1883-9 C

Cantera : Cantera Dorita - Santa Clara
 Muestra : SUMERGIDO
 Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C)-91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.167
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.0

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.167	1.982	1.815
Contenido de Humedad	6.0	6.0	6.0

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	729	1000	72.9
II	0.1	379	1000	37.9
III	0.1	125	1000	12.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 72.9 %

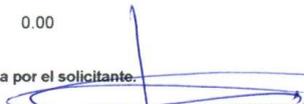
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 51.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.



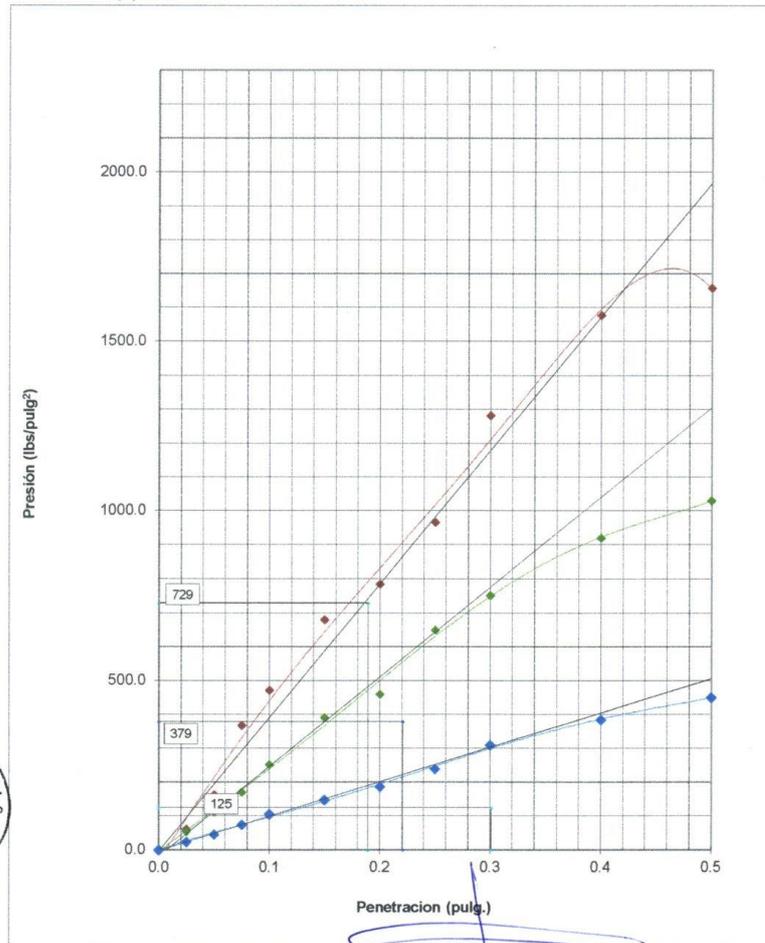
LSP (12/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156


 ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C
 Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : **Melo Sanchez, Luigi Magno**
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICACIÓN : Geomalla a 2.5 cm de altura del afirmado (SUB BASE)
 FECHA : 8/11/2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (C) - 91

Cantera : *Cantera Dorita - Santa Clara*
 Muestra : *SUMERGIDO*
 Prof.(m) : *CURADO 3 DIAS*



LSP (13/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.

Lima, 22 de Noviembre del 2021

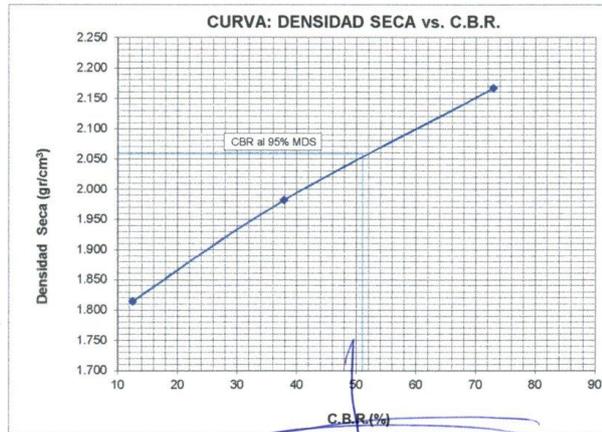
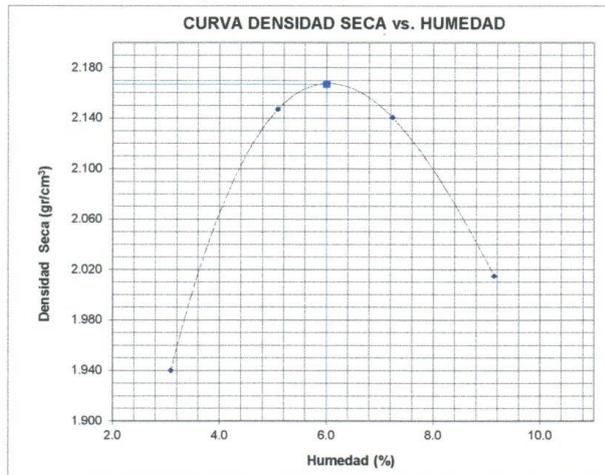
SOLICITANTE : Melo Sanchez, Luigi Magno
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."

UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICACIÓN : Geomalla a 2.5 cm de altura del afirmado (SUB BASE)
 FECHA : 8/11/2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (C) - 91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.167
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.0
 CBR al 100% de la MDS (%) : 72.9
 CBR al 95% de la MDS (%) : 51.0

Cantera : Cantera Dorita - Santa Clara
 Muestra : SUMERGIDO
 Prof.(m) : CURADO 3 DIAS



LSP (14/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 63285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.

Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : Melo Sanchez, Luigi Magno
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa,
 San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICCIÓN : Geomalla a 5.0 cm de altura del afirmado (SUB BASE)
 FECHA : 8/11/2021

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D1883-9 C

Calicata : Cantera Dorita - Santa Clara
 Muestra : SUMERGIDO
 Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C)-91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.174
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.1

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.174	1.918	1.759
Contenido de Humedad	6.1	6.3	6.1

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	495	1000	49.5
II	0.1	335	1000	33.5
III	0.1	228	1000	22.8

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 49.5 %
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 43.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.



LSP (15/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

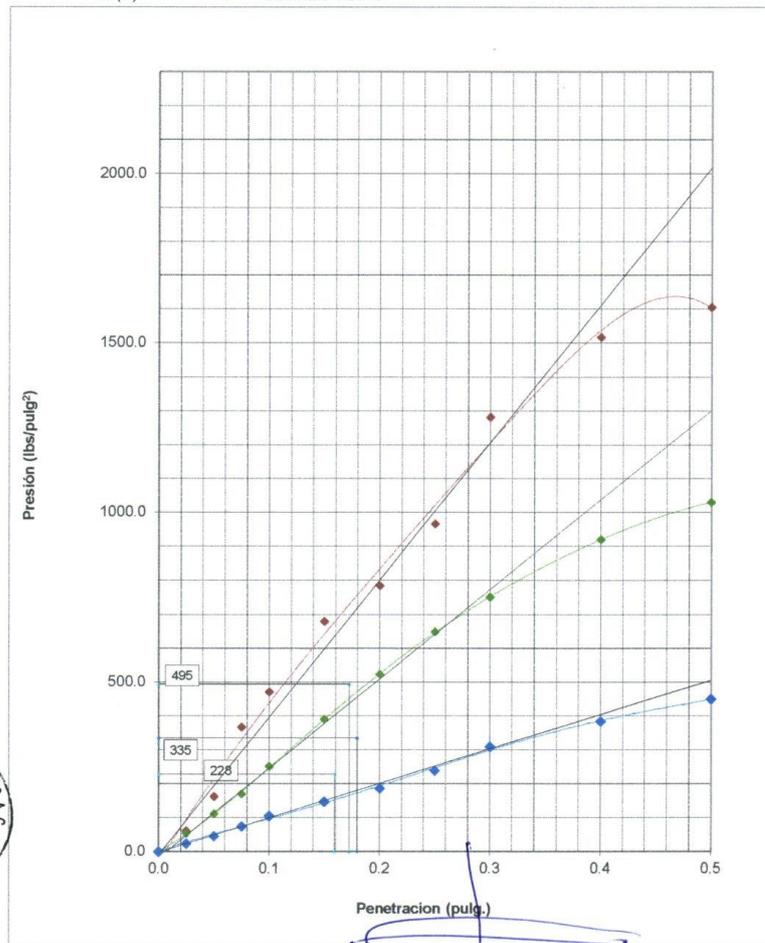
ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.

Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : **Melo Sanchez, Luigi Magno**
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICCIÓN : Geomalla a 5.0 cm de altura del afirmado (SUB BASE)
 FECHA : 8/11/2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (C) - 91

Calicata : *Cantera Dorita - Santa Clara*
 Muestra : *SUMERGIDO*
 Prof.(m) : *CURADO 3 DIAS*



LSP (16/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.

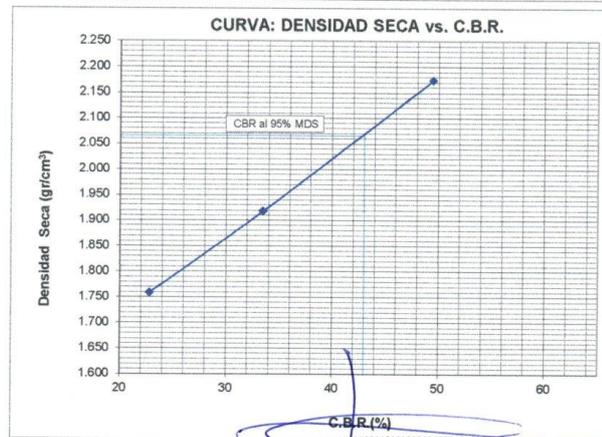
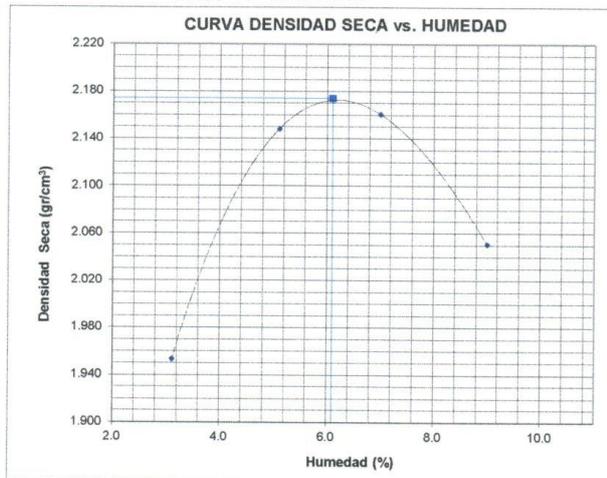
Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : **Melo Sanchez, Luigi Magno**
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICACIÓN : Geomalla a 5.0 cm de altura del afirmado (SUB BASE)
 FECHA : 8/11/2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (C) - 91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.174
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.1
 CBR al 100% de la MDS (%) : 49.5
 CBR al 95% de la MDS (%) : 43.0

Calicata : *Cantera Dorita - Santa Clara*
 Muestra : *SUMERGIDO*
 Prof.(m) : *CURADO 3 DIAS*



LSP (17/23)
 cafc/nrc
 O.S. N°156

ING. JORGE ISAAC CASTANEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C

Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : Melo Sanchez, Luigi Magno
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa,
 San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICCIÓN : Geomalla a 7.5 cm de altura del afirmado (SUB BASE)
 FECHA : 8/11/2021

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D1883-9 c

Calicata : Cantera Dorita - Santa Clara
 Muestra : SUMERGIDO
 Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C)-91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.174
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.0

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.174	1.958	1.790
Contenido de Humedad	6.0	6.0	6.0

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	926	1000	92.6
II	0.1	592	1000	59.2
III	0.1	300	1000	30.0

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 92.6 %
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 75.5 %

d).- Expansión(%) : 0.00

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante



LSP (18/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

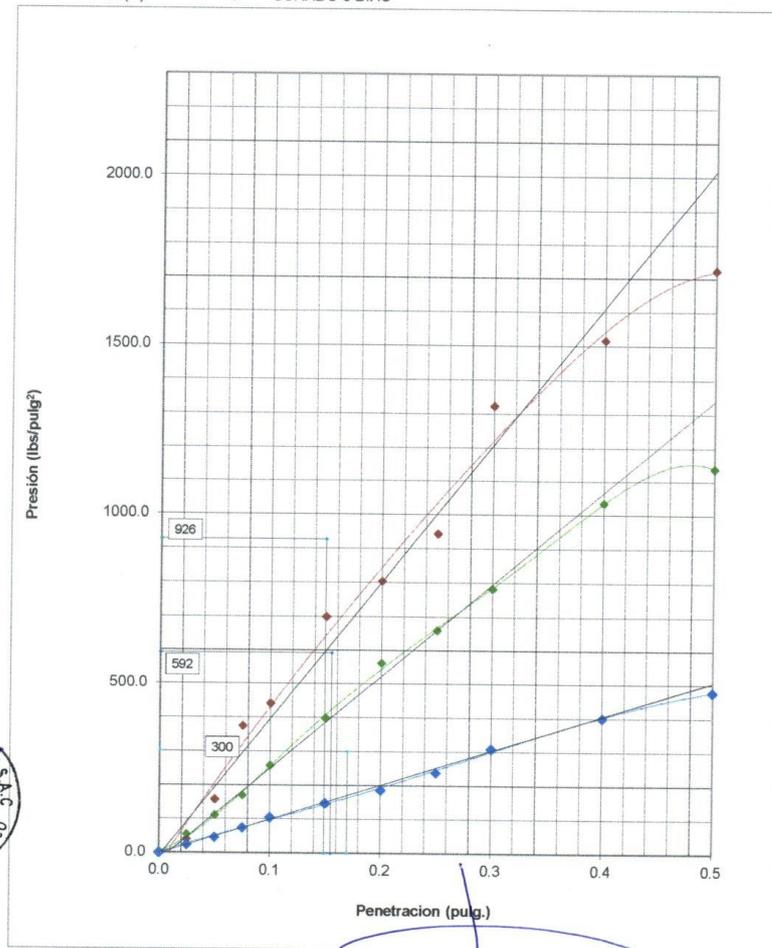

 ING. JORGE SAAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C.

Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : Melo Sanchez, Luigi Magno
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICCIÓN : Geomalla a 7.5 cm de altura del afirmado (SUB BASE)
 FECHA : 8/11/2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (C) - 91

Calicata : Cantera Dorita - Santa Clara
 Muestra : SUMERGIDO
 Prof.(m) : CURADO 3 DIAS



LSP (19/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

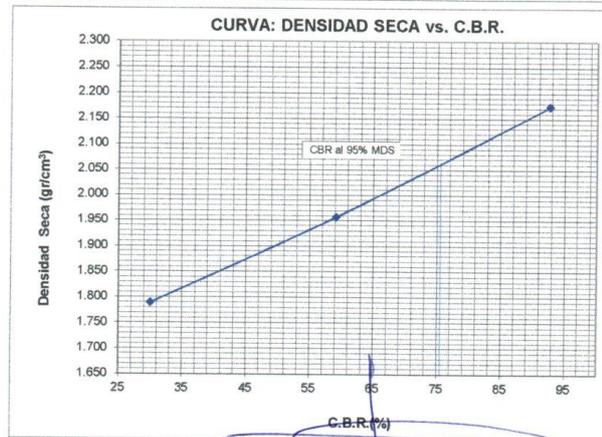
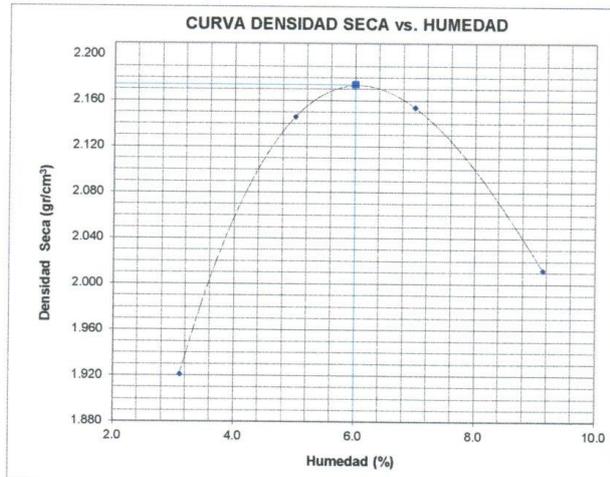
ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C
 Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : **Melo Sanchez, Luigi Magno**
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICCIÓN : Geomalla a 7,5 cm de altura del afirmado (SUB BASE)
 FECHA : 8/11/2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (C) - 91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.174
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.0
 CBR al 100% de la MDS (%) : 92.6
 CBR al 95% de la MDS (%) : 75.5

Calicata : *Cantera Dorita - Santa Clara*
 Muestra : *SUMERGIDO*
 Prof.(m) : *CURADO 3 DIAS*



LSP (20/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M & V INGENIEROS S.A.C

Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : **Melo Sanchez, Luigi Magno**
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICCIÓN : Geomalla a 10.0 cm de altura del afirmado (SUB BASE)
 FECHA : 8/11/2021

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D1883-9 C

Cantera : Cantera Dorita - Santa Clara
 Muestra : SUMERGIDO
 Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C)-91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.173
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.1

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.173	1.973	1.788
Contenido de Humedad	6.1	6.1	6.1

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	1159	1000	115.9
II	0.1	795	1000	79.5
III	0.1	453	1000	45.3

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 115.9 %
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 96.5 %

d).- Expansión(%) : 0.00

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.



(Signature)
 ING. JORGE ISMAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C

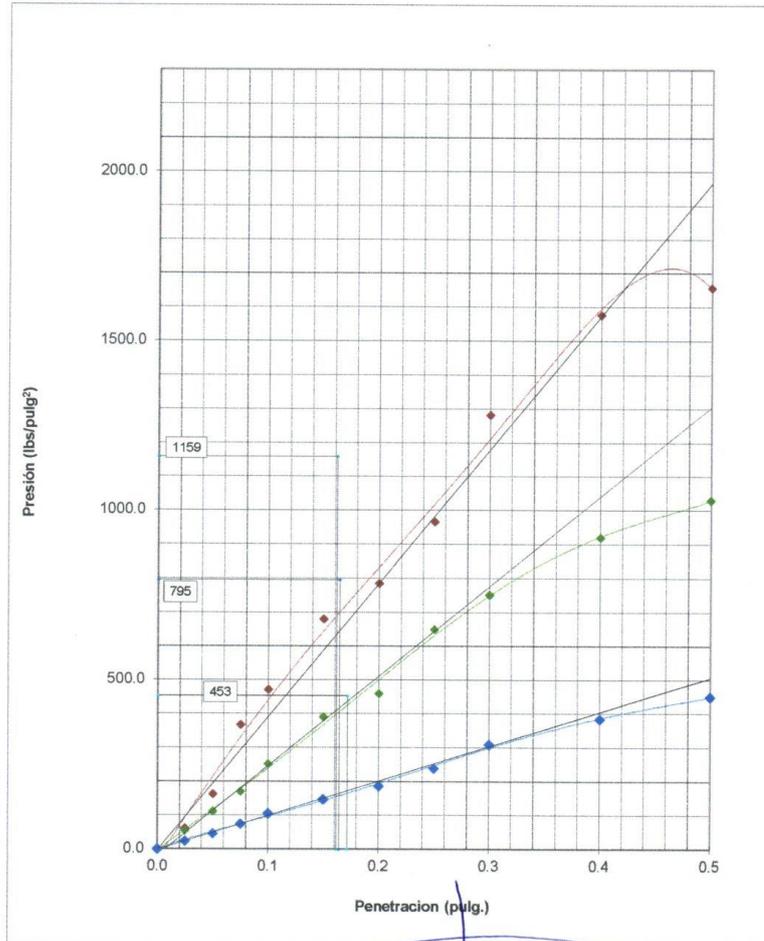
LSP (21/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

Lima, 22 de Noviembre del 2021

SOLICITANTE : **Melo Sanchez, Luigi Magno**
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."
 UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICCIÓN : Geomalla a 10.0 cm de altura del afirmado (SUB BASE)
 FECHA : 8/11/2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (C) - 91

Cantera : *Cantera Dorita - Santa Clara*
 Muestra : *SUMERGIDO*
 Prof.(m) : *CURADO 3 DIAS*



LSP (22/23)
 cffc/vrc
 O.S. N°156

ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C.

Lima, 22 de Noviembre del 2021

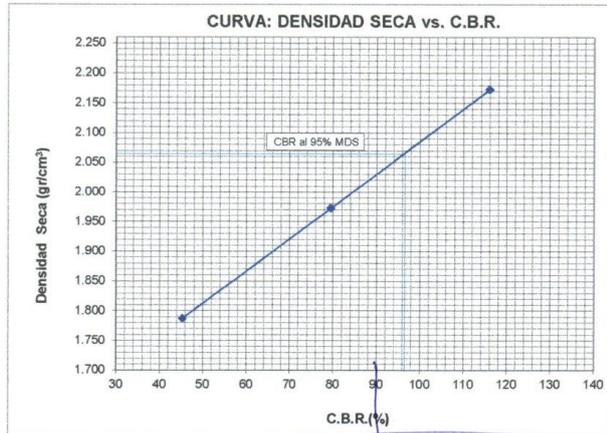
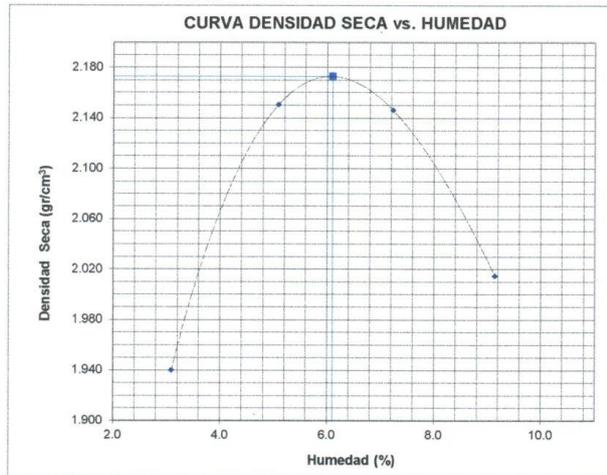
SOLICITANTE : **Melo Sanchez, Luigi Magno**
 PROYECTO : "Aplicación de la geomalla en pavimentos flexibles para su diseño en avenida Santa Rosa, San Juan de Lurigancho, 2021."

UBICACIÓN : San Juan de Lurigancho
 IDENTIFICACIÓN : Geomalla a 10.0 cm de altura del afirmado (SUB BASE)
 FECHA : 8/11/2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (C) - 91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.173
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.1
 CBR al 100% de la MDS (%) : 115.9
 CBR al 95% de la MDS (%) : 96.5

Cantera : *Cantera Dorita - Santa Clara*
 Muestra : *SUMERGIDO*
 Prof.(m) : *CURADO 3 DIAS*



LSP (23/23)
 cafc/vrc
 O.S. N°156

ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION
 REG. CIP 83285
 GRUPO M&V INGENIEROS S.A.C

Lima, 22 de Noviembre del 2021

Anexo 6: Certificados de Calibración – molde cilíndrico para ensayos CBR.



Certificado de Calibración

LDA21-8475

ORDEN DE TRABAJO : OT21-3159

CLIENTE : VASQUEZ BENAVIDES PEDRO

DIRECCION : AV. D MZ. B LOTE. 06A 1er PISO APV-
MONTERRICO CAMPOY - S.J.L. - LIMA.

LUGAR DE CALIBRACION : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO
Y ASFALTO

INSTRUMENTO DE MEDICION : MOLDE CILÍNDRICOS PARA ENSAYO CBR

MARCA : P.V.B.

MODELO : NO INDICA

NUMERO DE SERIE : PVB6

IDENTIFICACION : VBP-CBR-05

FECHA DE CALIBRACION : 2021-09-30

FECHA DE EMISION : 2021-09-30

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello	Fecha	Responsable Técnico
	2021-09-30	 Dante Abelino Pérez

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf. : 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Anexo 7: Certificado de calibración – Tamiz de Ensayo (SIEVE TEST)



Edición 00 - Febrero 2018
Pag 1 de 2

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

Certificado de Calibración LDA21-1903

ORDEN DE TRABAJO : OT21-3159
CLIENTE : PEDRO VASQUEZ BENAVIDES
DIRECCION : Av. D Mz. B Lt. 06A 1er Piso APV
Monterrico Campoy, San Juan de
Lurigancho - Lima - LIMA
LUGAR DE CALIBRACION : LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETOS Y
ASFALTO
EQUIPO : TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)
MARCA : ELE INTERNATIONAL
MODELO : N° 4 (4,75 mm)
NUMERO DE SERIE : 140711418
IDENTIFICACION : NO INDICA
FECHA DE CALIBRACION : 2021-09-24
FECHA DE EMISION : 2021-09-24

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello Fecha Responsable Técnico



2021-09-24

Dante Abelino Pérez

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Anexo 8: Certificado de calibración – Máquina de ensayo uniaxial.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 143 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 100-2021
Fecha de emisión : 2021-03-22

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : G&L LABORATORIO
Modelo de Prensa : STYE-2000
Serie de Prensa : 170251
Capacidad de Prensa : 2000 kN
Código de Identificación : SPE-007

Marca de indicador : MC
Modelo de Indicador : LM-02
Serie de Indicador : NO INDICA

Bomba Hidraulica : ELÉCTRICA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
19 - MARZO - 2021

4. Método de Calibración
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	KELI	INF-LE 255-2019	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	HIWEIGH		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	29,3	29,3
Humedad %	42	42

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 143 - 2021

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	100.939	100.840	-0,94	-0,84	100,9	-0,88	0,10
200	200.536	199.516	-0,27	0,24	200,0	-0,01	0,51
300	299.485	300.269	0,17	-0,09	299,9	0,04	-0,26
400	400.091	399.415	-0,02	0,15	399,8	0,06	0,17
500	500.580	500.050	-0,12	-0,01	500,3	-0,06	0,11
600	602.961	601.450	-0,49	-0,24	602,2	-0,37	0,25
700	704.882	703.692	-0,70	-0,53	704,3	-0,61	0,17

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100$$

$$Rp = Error(2) - Error(1)$$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- Coefficiente Correlación : $R^2 = 1$

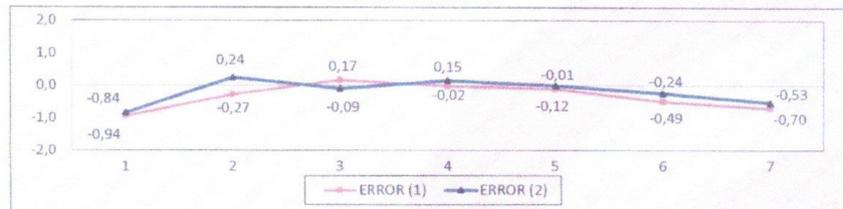
Ecuación de ajuste : $y = 0,9946x + 1,097$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kN)

GRÁFICO N° 1



GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Anexo 9: Certificado de calibración – Balanza.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-038



DOG-42 / Ed.00 - Sep 2019
Pág. 1 de 3

Certificado de Calibración
LMB21-0434

ORDEN DE TRABAJO : OT21-0354
 CLIENTE : VASQUEZ BENAVIDES PEDRO
 DIRECCIÓN : AV. D MZ B LOTE 06A 1er PISO APV
 MONTEERRICO CAMPOY - S.J.L
 LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS PVB
 INSTRUMENTO CALIBRADO : BALANZA
 CLASIFICACIÓN : NO AUTOMÁTICA
 TIPO : ELECTRÓNICA
 MARCA / FABRICANTE : OHAUS
 MODELO : CS 200
 NÚMERO DE SERIE : 2568
 PROCEDENCIA : CHINA
 IDENTIFICACIÓN : SPEEDY - 2012 - 001 - A/2
 CAPACIDAD MÁXIMA : 200 g
 CAPACIDAD MÍNIMA : NO INDICA
 DIV. DE ESCALA (d) : 0,1 g
 DIV. DE VERIFICACIÓN (e) : 0,1 g
 CLASE DE EXACTITUD : NO INDICA
 ΔT LOCAL : 10 °C
 COEF. DERIVA TÉRMICA : 0,00001 °C⁻¹
 FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-06-24
 FECHA DE EMISIÓN : 2021-06-25

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI) y no debe utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Seillo



[Signature]
 Director de Laboratorio
 Dante Abelino Pérez

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.
 Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
 operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Anexo 10: Certificado de calibración – Molde Proctor 4 pulg.



Certificado de Calibración LDA21-8473

ORDEN DE TRABAJO	: OT21-3159	El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
CLIENTE	: VASQUEZ BENAVIDES PEDRO	
DIRECCION	: AV. D MZ. B LOTE. 06A 1er PISO APV- MONTERRICO CAMPOY - S.J.L. - LIMA.	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.
LUGAR DE	: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	
INSTRUMENTO DE MEDICION	: MOLDE PROCTOR 4 pulg (PROCTOR ESTÁNDAR)	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
MARCA	: FORNEY	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.
MODELO	: NO INDICA	
NUMERO DE SERIE	: NO INDICA	
IDENTIFICACION	: VBP-MPE-01	Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.
FECHA DE CALIBRACION	: 2021-09-30	
FECHA DE EMISION	: 2021-09-30	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello



Fecha

2021-09-30

Responsable Técnico

Dante Abelino Pérez

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

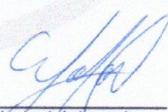
Certificado de Calibración

LDA21-1898

ORDEN DE TRABAJO	:	OT21-3159	El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI) y no debe utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.
CLIENTE	:	PEDRO VASQUEZ BENAVIDES	
DIRECCIÓN	:	Av. D Mz. B Lt. 06A 1er Piso APV Monterrico Campoy, San Juan de Lurigancho - Lima - LIMA	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.
LUGAR DE CALIBRACIÓN	:	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
INSTRUMENTO CALIBRADO	:	PIE DE REY	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.
MARCA / FABRICANTE	:	UYUSTOOLS	Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.
MODELO	:	NO INDICA	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.
NÚMERO DE SERIE	:	NO INDICA	
PROCEDENCIA	:	NO INDICA	
IDENTIFICACIÓN	:	ML-3659	
INTERVALO DE INDICACIÓN	:	0 mm a 300 mm	
DIVISIÓN MÍNIMA	:	0,01 mm	
TIPO DE INDICACIÓN	:	ANALÓGICO	
UBICACIÓN	:	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO	
FECHA DE CALIBRACIÓN	:	2021-09-24	
FECHA DE EMISIÓN	:	2021-09-24	

Sello




Director de Laboratorio
Dante Abelino Pérez

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración
LDA21-1903

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

PARAMETROS	VALOR DE PARAMETRO
APERTURA DE MALLA	4,75 mm
DIAMETRO DE ALAMBRE	1,60 mm
MATERIAL	MALLA ACERO INOXIDABLE

DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO

TRAZABILIDAD	NOMBRE DE PATRON	CERTIFICADO DEL PATRON
M.S.G.	VERNIER DIGITAL PATRON INSIZE	LDA21-0096
M.S.G.	MICROSCOPIO USB 1600X	LDA21-0258

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

SEGUN REQUISITOS DE LA NORMA ASTM E11

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura:	18,2 °C ± 0,1 °C	Humedad Relativa:	34,5 % Hr ± 1,0 % Hr
--------------	------------------	-------------------	----------------------

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

APERTURA DE MALLA

Apertura Nominal mm	Desviación Media mm	Variación Media Permitida ± mm	Máxima Individual Encontrada mm	Máxima Individual Permitida mm	Incertidumbre mm
Y	4,75	-0,009	0,150	4,785	5,16 0,03
X	4,75	0,003	0,41	4,730	

DIAMETRO DEL ALAMBRE

Diámetro Nominal mm	Valor Medido Promedio mm	Tolerancia Permitida (mm)		Incertidumbre mm
		Min	Max	
1,6	1,563	1,570	1,610	0,02



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración
LDA21-1898

Error de contacto de superficie compleja (J)

Valor patrón (mm)	Error (μ m)
10,00006	0,0

Error debido a la distancia de cruce de las superficies de medición para medición de interiores (K)

Valor patrón (mm)	Error (μ m)
4,99990	0,0

Incertidumbre de Medición: $(2,34^2 + 0,010^2 \times L^2)^{1/2} \mu\text{m}$

OSERVACIONES

- Se colocó una etiqüera verde autoadhesiva de calibración.
- La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura K=2 para un nivel de confianza aproximado del 95%.



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

MSG

Certificado de Calibración LDA21-8476

DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO

TRAZABILIDAD	NOMBRE DEL PATRON	CERTIFICADO DE CALIBRACION
M.S.G.	VERNIER DIGITAL PATRÓN 300 mm	LDA21-0096
INACAL-DM	REGLA PATRÓN MITUTOYO	LLA-443-2020

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Determinación de longitudes por medición directa con vernier y regla patrón calibrados.
ASTM C 31 / C39

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura:	22,2 °C ± 0,1 °C	Humedad Relativa:	44,7 % Hr ± 1,0 % Hr
--------------	------------------	-------------------	----------------------

RESULTADOS DE CALIBRACION - MOLDE N° 01

VARIABLE A CONTROLAR	Especificación		Valor Verificado*	Resultado
	Valor Nominal	Tolerancias		
Longitud Diámetro Interno	150 mm	+/- 2 mm	152,30 mm ± 0,12 mm	CUMPLE
Longitud Altura	300 mm	+/- 3 mm	177,70 mm ± 0,15 mm	CUMPLE
Volumen	5301,45 cc	---	3237 cc ± 0,33 cc	CUMPLE




FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.
 Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
 operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración LDA21-8473

DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO

TRAZABILIDAD	NOMBRE DEL PATRON	CERTIFICADO DE CALIBRACION
M.S.G.	VERNIER DIGITAL PATRON INSIZE	LDA20-0092
INACAL-DM	REGLA PATRON MITUTOYO	LLA-443-2020

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

Determinación de longitudes por medición directa con vernier y regla patrón calibrados.
MTC E 116 - 2000 / ASTM D 558 y ASTM D 1557

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura:	22,4 °C ± 0,1 °C	Humedad Relativa:	65,3 % Hr ± 0,5 % Hr
---------------------	------------------	--------------------------	----------------------

RESULTADOS DE CALIBRACION

VARIABLE A CONTROLAR	Especificación		Valor Verificado*	Resultado
	Valor Nominal	Tolerancias		
LONGITUD DIAMETRO INTERNO	101,6 mm	+/- 0,665 mm	100,90 mm ± 0,01 mm	CUMPLE
LONGITUD ALTURA	116,4 mm	+/- 0,254 pulg	115,72 mm ± 0,01 mm	CUMPLE
VOLUMEN	944 cm ³	+/- 25,48 CC	935,30 CC ± 0,15 CC	CUMPLE

*Valores promedio obtenidos en base a 03 repeticiones por cada valor.

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION



MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.
 Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
 operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración
LD21-1898
TRAZABILIDAD

Fuente de Trazabilidad	Nombre del patrón	Certificado de Calibración N°
INACAL-DM	BLOQUE PATRÓN	LLA-005-2021
INACAL-DM	VARILLA PATRÓN	LLA-001-2021
INACAL-DM	ANILLO PATRÓN	LLA-002-2021

MÉTODO - PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa de la indicación del instrumento bajo calibración contra la longitud de Bloques Patrón, según el PC-012 - Procedimiento de Calibración de Pie de Rey - SNM - INDECOPI Edición 05 Agosto 2012

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Condiciones Ambientales registradas:

Temperatura inicial : 20,4 °C Temperatura final : 20,6 °C
 Humedad relativa inicial : 46,7 % Humedad relativa final : 54,2 %

Error de referencia inicial (I) = 0 μm

Error de indicación del pie de rey para mediciones de exteriores

Valor del patrón (mm)	Indicación promedio del pie de rey (mm)	Error de Indicación (μm)
50,00000	50,00	0,0
100,00000	100,00	0,0
150,00000	150,00	0,0
200,00000	200,00	0,0
250,00000	250,00	0,0
300,00000	300,00	0,0

Error de contacto de las superficies parcial (E)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
300,00015	0,0

Error de repetibilidad (R)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
100,000000	0,0

Error de cambio de escala de exteriores a interiores (S_{E,I})

Valor patrón (mm)	Error (μm)
4,99990	0,0

Error de cambio de escala de exteriores a profundidad (S_{E,P})

Valor patrón (mm)	Error (μm)
4,99994	0,0

Error de contacto lineal (L)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
10,00010	0,0



Certificado de Calibración

LD21-1911

ORDEN DE TRABAJO	: OT21-3159	El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
CLIENTE	: PEDRO VASQUEZ BENAVIDES	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.
DIRECCIÓN	: Av. D Mz. B Lt. 06A 1er Piso APV Monterrico Campoy, San Juan de Lurigancho - Lima - LIMA	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
LUGAR DE CALIBRACIÓN	: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTO	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.
EQUIPO	: TAMIZ DE LAVADO (SIEVE TEST) DIAMETRO 8"	Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.
MARCA	: ELE INTERNATIONAL	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.
MODELO	: N° 200 (75 μ m)	
NÚMERO DE SERIE	: 0987707	
IDENTIFICACIÓN	: NO INDICA	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2021-09-24	
FECHA DE EMISIÓN	: 2021-09-24	

Sello



Fecha

2021-09-24

Responsable Técnico



Dante Abelino Pérez

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración

LDA21-1912

ORDEN DE TRABAJO : OT21-3159

CLIENTE : PEDRO VASQUEZ BENAVIDES

DIRECCIÓN : Av. D Mz. B Lt. 06A 1er Piso APV Monterrico
Campoy, San Juan de Lurigancho - Lima - LIMA

LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETOS Y
ASFALTO

EQUIPO : TAMIZ DE LAVADO (SIEVE TEST)
DIAMETRO 8"

MARCA : ELE INTERNATIONAL

MODELO : N° 200 (75 µm)

NÚMERO DE SERIE : 11505486

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-09-24

FECHA DE EMISIÓN : 2021-09-24

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello

Fecha

Responsable Técnico



2021-09-24



Dante Abelino Pérez

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración

LDJ21-8476

ORDEN DE TRABAJO : OT21-3159

CLIENTE : VASQUEZ BENAVIDES PEDRO

DIRECCION : AV. D MZ. B LOTE. 06A 1er PISO APV-
MONTERRICO CAMPOY - S.J.L. - LIMA.

LUGAR DE CALIBRACION : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO
Y ASFALTO

INSTRUMENTO DE MEDICION : MOLDE CILÍNDRICOS PARA ENSAYO CBR

MARCA : P.V.B.

MODELO : NO INDICA

NUMERO DE SERIE : PVB9

IDENTIFICACION : VBP-CBR-06

FECHA DE CALIBRACION : 2021-09-30

FECHA DE EMISION : 2021-09-30

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello	Fecha	Responsable Técnico
	2021-09-30	 Dante Abelino Pérez

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración
L9MB21-0434

TRAZABILIDAD

Fuente de Trazabilidad	Nombre del Patrón	Certificado de Calibración
INACAL - DM	Juego de Pesas desde 1 mg hasta 500 g Clase E2	LM-C-099-2021

MÉTODO - PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido según el PC-001 - Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - INACAL-DM. Edición 01 Mayo 2019

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero	: CONFORME	Escala	: NO TIENE
Oscilación libre	: CONFORME	Cursor	: NO TIENE
Plataforma	: CONFORME	Nivelación	: NO TIENE
Sistema de traba	: NO TIENE	Función de ajuste (CAL)	: Interna: <input type="checkbox"/> Externa: <input checked="" type="checkbox"/> No tiene: <input type="checkbox"/>

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temp. Ambiente	Inicial = 21,5 °C	Humedad (%)	Inicial = 69,9 %
	Final = 21,5 °C		Final = 69,9 %

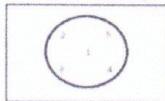
Medición N°	Carga L ₁ = 99,99991 g			Carga L ₂ = 199,99998 g			
	I g	ΔL mg	E ₁ mg	I g	ΔL mg	E ₂ mg	
1	100,0	30	20	200,0	60	-10	
2	100,0	70	-20	200,0	70	-20	
3	100,0	60	-10	200,0	70	-20	
4	100,0	60	-10	200,0	60	-10	
5	100,0	30	20	200,0	70	-20	
6	100,0	60	-10	200,0	70	-20	
7	100,0	70	-20	200,0	60	-10	
8	100,0	20	30	200,0	70	-20	
9	100,0	60	-10	200,0	70	-20	
10	100,0	20	30	200,0	80	-10	
ΔE ₁ = Max E ₁ - Min E ₁ =			50 mg	ΔE ₂ = Max E ₂ - Min E ₂ =			10 mg
EMP para L ₁ =			± 200 mg	EMP para L ₂ =			± 200 mg

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura Ambiente	Inicial = 21,5 °C	Humedad (%)	Inicial = 69,9 %
	Final = 21,5 °C		Final = 69,9 %

Posición de la carga	Determinación de E ₀				Determinación de error corregido E _c				
	Carga mínima g	I g	ΔL mg	E ₀ mg	Carga L g	I g	ΔL mg	E mg	E _c mg
1	1,00000	1,0	70	-20	65,99999	66,0	80	-30	-10
2		1,0	70	-20		66,0	80	-30	-10
3		1,0	70	-20		66,0	70	-20	0
4		1,0	80	-30		66,0	70	-20	10
8		1,0	80	-30		66,0	80	-30	0
					EMP para carga E _c en excentricidad = ± 200 mg				

Posición de las cargas



Vista Frontal

NOMENCLATURA

I : Indicación de la balanza
E₁ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₁
E₂ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₂



MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 387 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración

LDA21-8474

ORDEN DE TRABAJO : OT21-3159

CLIENTE : VASQUEZ BENAVIDES PEDRO

DIRECCION : AV. D MZ. B LOTE. 06A 1er PISO APV-
MONTERRICO CAMPOY - S.J.L. - LIMA.

LUGAR DE CALIBRACION : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO
Y ASFALTO

INSTRUMENTO DE MEDICION : MOLDE CILÍNDRICOS PARA ENSAYO CBR

MARCA : P.V.B.

MODELO : NO INDICA

NUMERO DE SERIE : NO INDICA

IDENTIFICACION : VBP-CBR-04

FECHA DE CALIBRACION : 2021-09-30

FECHA DE EMISION : 2021-09-30

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello Fecha

Responsable Técnico



2021-09-30



Dante Abelino Pérez

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG
Jr. Las Cravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración
LDA21-1911

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

PARÁMETROS	VALOR DE PARÁMETRO
APERTURA DE MALLA	75 μm
DIÁMETRO DE ALAMBRE	50 μm
MATERIAL	MALLA ACERO INOXIDABLE

DESCRIPCIÓN DEL PATRÓN UTILIZADO

TRAZABILIDAD	NOMBRE DE PATRÓN	CERTIFICADO DEL PATRÓN
M.S.G.	MICROSCOPIO USB 1600X	LDA20-0102

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN
SEGÚN REQUISITOS DE LA NORMA ASTM E11

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura:	21,5 °C \pm 0,1 °C	Humedad Relativa:	54,8 % Hr \pm 1,0 % Hr
--------------	----------------------	-------------------	--------------------------

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

APERTURA DE MALLA

Apertura Nominal μm	Desviación Media μm	Variación Media Permitida $\pm \mu\text{m}$	Máxima Individual Encontrada μm	Máxima Individual Permitida μm	Incertidumbre μm
Y	75	1,8	4,1	87,0	104
X	75	3,2	29	67,0	

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

Diámetro Nominal μm	Valor Medido Promedio μm	Tolerancia Permitida (μm)		Incertidumbre μm
		Min	Max	
50	50,3	46	53	0,9



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf. 01 682 4729 / RPC 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración LDA21-8475

DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO

TRAZABILIDAD	NOMBRE DEL PATRON	CERTIFICADO DE CALIBRACION
M.S.G.	VERNIER DIGITAL PATRÓN 300 mm	LDA21-0096
INACAL-DM	REGLA PATRÓN MITUTOYO	LLA-443-2020

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

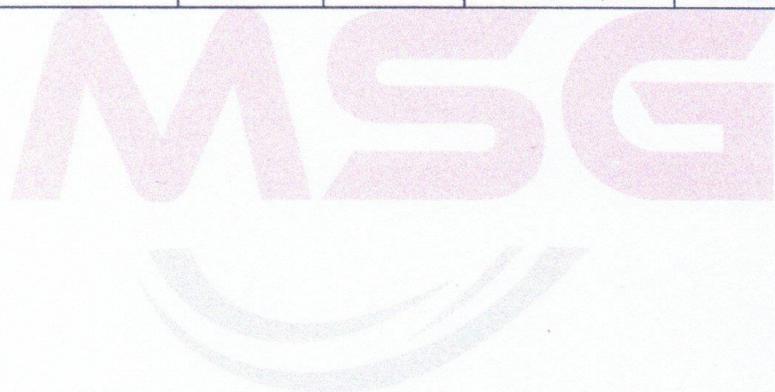
Determinación de longitudes por medición directa con vernier y regla patrón calibrados.
ASTM C 31 / C39

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura:	22,2 °C ± 0,1 °C	Humedad Relativa:	44,7 % Hr ± 1,0 % Hr
--------------	------------------	-------------------	----------------------

RESULTADOS DE CALIBRACION - MOLDE N° 01

VARIABLE A CONTROLAR	Especificación		Valor Verificado*	Resultado
	Valor Nominal	Tolerancias		
Longitud Diámetro Interno	150 mm	+/- 2 mm	152,30 mm ± 0,12 mm	CUMPLE
Longitud Altura	300 mm	+/- 3 mm	177,70 mm ± 0,15 mm	CUMPLE
Volumen	5301,45 cc	-----	3237 cc ± 0,33 cc	CUMPLE



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG
 Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf. : 01 682 4729 / RPC. 992 367 283
 operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Anexo 11: Certificado de calibración – Molde Proctor 6 pulg.



Certificado de Calibración

LDA21-8472

ORDEN DE TRABAJO	: OT21-3159	El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
CLIENTE	: VASQUEZ BENAVIDES PEDRO	
DIRECCION	: AV. D MZ. B LOTE. 06A 1er PISO APV-MONTERRICO CAMPOY - S.J.L. - LIMA.	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.
LUGAR DE	: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	
INSTRUMENTO DE MEDICION	: MOLDE PROCTOR 6 pulg	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
MARCA	: FORNEY	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.
MODELO	: NO INDICA	
NUMERO DE SERIE	: NO INDICA	
IDENTIFICACION	: VBP-MPM-01	Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.
FECHA DE CALIBRACION	: 2021-09-30	
FECHA DE EMISION	: 2021-09-30	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello

Fecha

Responsable Técnico



2021-09-30

Dante Abelino Pérez

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-038



Registro N° LC - 038

DOG-42 / Ed.00 - Sep 2018
Pág. 3 de 3

Certificado de Calibración
LMB21-0434

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura Ambiente Inicial = 21,5 °C Humedad (%) Inicial = 69,9 %
Final = 21,5 °C Final = 69,9 %

Carga L g	Cargas crecientes				Cargas decrecientes				EMP ± mg
	I g	ΔL mg	E mg	E _c mg	I g	ΔL mg	E mg	E _c mg	
1,00000	1,0	70	-20						
4,99999	5,0	70	-20	0	5,0	70	-20	0	100
10,00002	10,0	80	-30	-10	10,0	80	-30	-10	100
20,00001	20,0	70	-20	0	20,0	70	-20	0	100
49,99998	50,0	70	-20	0	50,0	70	-20	0	100
99,99991	100,0	80	-30	-10	100,0	80	-30	-10	200
119,99992	120,0	70	-20	0	120,0	70	-20	0	200
139,99993	140,0	70	-20	0	140,0	70	-20	0	200
159,99991	160,0	80	-30	-10	160,0	80	-30	-10	200
179,99992	180,0	8	42	62	180,0	80	-30	-10	200
199,99998	200,0	60	-10	10	200,0	70	-20	0	200

NOMENCLATURA

L : Carga aplicada utilizando pesas patrón.
I : Indicación de la balanza.
E : Error obtenido de calcular $I + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$
ΔL : Carga incrementada
E_c : Error corregido resultante de calcular E - E₀
E₀ : Error en cero
EMP : Error Máximo Permissible

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL RESULTADO DE UNA PESADA

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 6,46E-05 R$$

$$U_R = 2 \times \sqrt{2,52E-03 + 1,29E-06 \times R^2} \text{ g}$$

NOMENCLATURA

R : Lectura obtenida de la indicación de la balanza en las unidades que se visualiza.
R_{correctada} : Lectura corregida de la balanza.
U_R : Incertidumbre expandida del resultado de una pesada.

INDICACIONES ADICIONALES

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta adhesiva que indica el estado de la calibración.
- La capacidad mínima para esta clase de balanza según la NMP-003-2009 es de 2 g
- La clase de exactitud de esta balanza según la NMP-003-2009 es **Medio III**
- El valor de división de verificación (e) se escogió de acuerdo a la consideración PC-001:Ed. 01:Acápite 10.1
- Previo al inicio de la calibración se realizó una verificación obteniéndose:

Carga aplicada g	I g	E g	EMP g
200	197,9	-2,1	0,2

Debido a los errores obtenidos en la verificación, se hizo el ajuste con la función:

CAL interna No se hizo ajuste
CAL externa Indicar pesa utilizada

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION



MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración
LDA21-8474

DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO

TRAZABILIDAD	NOMBRE DEL PATRON	CERTIFICADO DE CALIBRACION
M.S.G.	VERNIER DIGITAL PATRÓN 300 mm	LDA21-0096
INACAL-DM	REGLA PATRÓN MITUTOYO	LLA-443-2020

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Determinación de longitudes por medición directa con vernier y regla patrón calibrados.
ASTM C 31 / C39

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura:	22,2 °C ± 0,1 °C	Humedad Relativa:	44,7 % Hr ± 1,0 % Hr
---------------------	------------------	--------------------------	----------------------

RESULTADOS DE CALIBRACION - MOLDE N° 01

VARIABLE A CONTROLAR	Especificación		Valor Verificado*	Resultado
	Valor Nominal	Tolerancias		
Longitud Diámetro Interno	150 mm	+/- 2 mm	152,80 mm ± 0,12 mm	CUMPLE
Longitud Altura	300 mm	+/- 3 mm	177,00 mm ± 0,15 mm	CUMPLE
Volumen	5301,45 cc	-----	3246 cc ± 0,33 cc	CUMPLE

MSG



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf. 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración LDA21-1912

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

PARÁMETROS	VALOR DE PARÁMETRO
APERTURA DE MALLA	75 μm
DIÁMETRO DE ALAMBRE	50 μm
MATERIAL	MALLA ACERO INOXIDABLE

DESCRIPCIÓN DEL PATRÓN UTILIZADO

TRAZABILIDAD	NOMBRE DE PATRÓN	CERTIFICADO DEL PATRÓN
M.S.G.	MICROSCOPIO USB 1600X	LDA20-0102

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN SEGÚN REQUISITOS DE LA NORMA ASTM E11

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura:	21,5 °C \pm 0,1 °C	Humedad Relativa:	54,8 % Hr \pm 1,0 % Hr
--------------	----------------------	-------------------	--------------------------

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

APERTURA DE MALLA

Apertura Nominal μm	Desviación Media μm	Variación Media Permitida $\pm \mu\text{m}$	Máxima Individual Encontrada μm	Máxima Individual Permitida μm	Incertidumbre μm
Y	75	1,8	4,1	89,0	104 2,0
X	75	3,2	29	85,0	

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

Diámetro Nominal μm	Valor Medido Promedio μm	Tolerancia Permitida (μm)		Incertidumbre μm
		Min	Max	
50	50,3	46	47	0,9



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.
 Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
 operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Anexo 12: Planos de topografía.



Notas generales	
	
Nombre de Docente:	
Mg. Emilio Jose Medrano Sanchez	
Curso:	
TESIS	
Nombre de Alumno:	
Luigi Magno Melo Sanchez	
Codigo de alumno:	
Proyecto: av. Santa Rosa , S.J.L	N° de lamina L - 01
Fecha: 28/11/21	
Escala: 1/3500	



Notas generales



Nombre de Docente:

Mg. Emilio Jose Medrano Sanchez

Curso:

TESIS

Nombre de Alumno:

Luigi Magno Melo Sanchez

Codigo de alumno:

Proyecto:
av. Santa Rosa ,
S.J.L

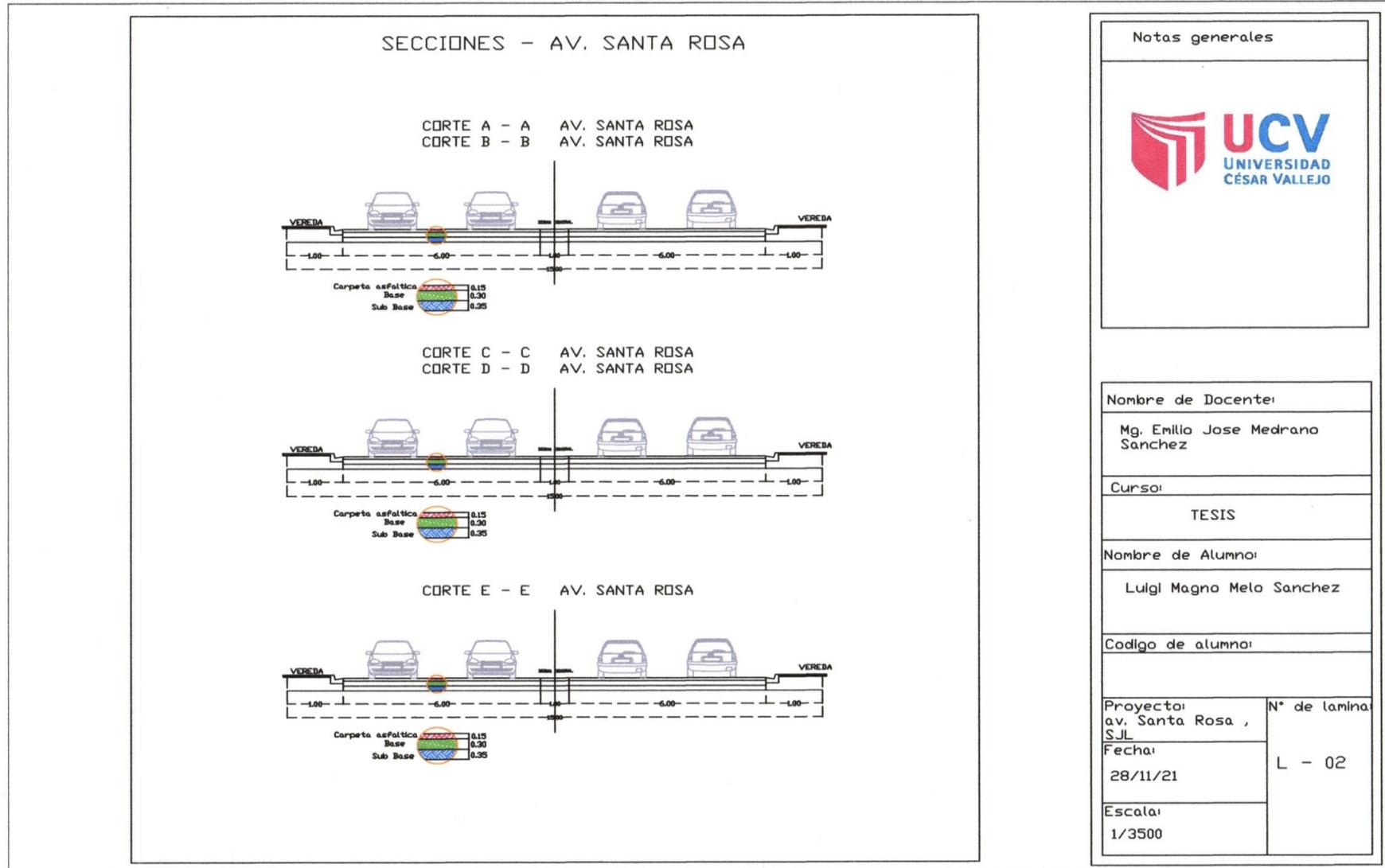
Fecha:
28/11/21

Escala:
1/3500

N° de lamina:

L - 01

Anexo 13: Plano de Secciones transversal.



Notas generales

Nombre de Docente:	
Mg. Emilio Jose Medrano Sanchez	
Curso:	
TESIS	
Nombre de Alumno:	
Luigi Magno Melo Sanchez	
Codigo de alumno:	
Proyecto: av. Santa Rosa , SJL	N° de lamina
Fecha: 28/11/21	L - 02
Escala: 1/3500	