



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“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

**AUTOR:**

Aguado Bravo, Brian Alexis (ORCID: 0000-0003-0732-7586)

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

La presente tesis está dedicada a Dios por guiarme, por la salud a mí y mis seres queridos en esta pandemia y por haberme permitido culminar satisfactoriamente la universidad.

A mis padres Victor y Rocio por ser los pilares en mi vida, que siempre me han apoyado a lograr todas mis metas a pesar de las adversidades por la que hemos pasado.

A mi novia Tanit por su apoyo incondicional en este proceso que no fue fácil pero con sus palabras aliento pude lograrlo.

## **Agradecimiento**

Agradezco al Dr. Gerardo Cancho por sus críticas constructivas, asesoría y seguimiento constante en la elaboración de mi tesis.

A los docentes de la Universidad César Vallejo por los conocimientos inculcados en el transcurso de mi vida universitaria. A mis jefes inmediatos de la empresa Arlima Constructora SAC, por los permisos en el trabajo para la elaboración de mi tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2 Variables y operacionalización .....	12
3.3 Población, muestra y muestreo .....	13
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5 Procedimientos .....	13
3.6 Método de análisis de datos.....	14
3.7 Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN .....	23
VI. CONCLUSIONES.....	25
VII. RECOMENDACIONES .....	26
REFERENCIAS.....	27
ANEXOS.....	31

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de sub rasantes según su Cbr .....	6
Tabla 2. Cbr de diseño .....	16
Tabla 3. Cálculo de IMDA 2024 .....	17
Tabla 4. Cálculo de ejes equivalentes .....	18
Tabla 5. Datos para el cálculo del Esal .....	19
Tabla 6. Espesores de un pavimento flexible tradicional .....	22
Tabla 7. Espesores de un pavimento flexible reforzado con una geomalla triaxial .....	22
Tabla 8. Diseño AASHTO 93 VS Diseño con el refuerzo de una geomalla Triaxial .....	22
Tabla 9. Análisis comparativos de precio de pavimento flexible con y sin geomalla .....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sección Transversal de un pavimento flexible .....	5
Figura 2. Geomalla Uniaxial Tensar .....	8
Figura 3. Geomalla Biaxial Tensar .....	8
Figura 4. Geomalla Triaxial Tensar .....	9
Figura 5. Confinamiento lateral - Manual de sistema de mejoramiento de carreteras .....	9
Figura 6. Mejoramiento de la capacidad portante-Manual de sistema de mejoramiento de carreteras .....	10
Figura 7. Efecto zapato de nieve - Manual de sistema de mejoramiento de carreteras .....	10
Figura 8. Efecto de membrana tensionada - Manual de sistema de mejoramiento de carreteras .....	11
Figura 9. Proceso cuantitativo – Metodología de la investigación .....	12
Figura 10. Diseño experimental – Metodología de la investigación .....	12
Figura 11. Interfaz del software Spectrapave .....	20
Figura 12. Análisis de diseño de optimización de pavimento del software Spectrapave .....	21
Figura 13. Sección de pavimento flexible con y sin geomalla.....	21

## RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se planteó analizar el comportamiento de un pavimento flexible utilizando una geomalla triaxial en suelos arenosos para reducir su espesor, incrementar su periodo de vida y optimizar costos en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla, se realizó un estudio de tráfico y dos calicatas para analizar su estratificación del suelo y clasificarlo, luego tomamos como referencia otros proyectos de investigación para determinar el CBR de la subrasante que tuvo un valor de 3,35%. Se escogieron parámetros de diseño según el tipo de tráfico que resulto un Tp5 para ser procesados en el software SpectraPave de la empresa Tensar que nos dio el resultado de dos secciones transversales de las cuales se concluyó que los espesores del pavimento flexible se reducen al ser reforzado con una geomalla triaxial Tx7, la base se reduce en 30,00 % y la sub base en 33,33 %. A pesar de reducir los espesores en las capas granulares, esta sección reforzada puede resistir un Esal de mayor dimensión, por consecuencia el periodo de vida también incrementa. En cuanto al costo por m<sup>2</sup> del pavimento se produce un ahorro de S/. 5,18 que representa un 6,37 % con respecto al pavimento tradicional.

**Palabras clave:** geomalla, pavimento, arenosos, durabilidad.

## ABSTRACT

In the present research project it was proposed to analyze the behavior of a flexible pavement using a triaxial geogrid in sandy soils to reduce its thickness, increase its life span and optimize costs in the AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla, a study of traffic and two test pits to analyze its soil stratification and classify it, then we took other research projects as a reference to determine the CBR of the subgrade that had a value of 3.35%. Design parameters were chosen according to the type of traffic that resulted in a Tp5 to be processed in the SpectraPave software from the company Tensor that gave us the result of two cross sections from which it was concluded that the thickness of the flexible pavement is reduced by being reinforced. With a Tx7 triaxial geogrid, the base is reduced by 30.00% and the subbase by 33.33%. Despite reducing the thicknesses in the granular layers, this reinforced section can resist a larger Esal, consequently the life span also increases. Regarding the cost per m<sup>2</sup> of the pavement, there is a saving of S / . 5.18, which represents 6.37% compared to traditional pavement.

**Keywords:** geogrid, pavement, sandy, durability



## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú tenemos un sistema de redes viales las cuales se dividen en tres redes: Red Vial Nacional, Departamental y Vecinal o Rural, que son importantes porque aportan en el desarrollo socio – económico de la población, por lo tanto se debe tener mayor cuidado en la etapa del diseño, construcción y mantenimiento, ya que mucha de estas redes viales se encuentran en un estado deficiente dificultando brindar un buen servicio. Los pavimentos flexibles están conformados por tres capas (sub base, base y carpeta de rodadura) que están sometidas a constantes cargas dinámicas y estáticas debido al tráfico vehicular, cada capa está diseñada para absorber los esfuerzos que se transmitirá a la sub rasante. El desempeño del pavimento y su estructura está relacionado con el tipo de suelo del terreno de fundación, por esta razón es fundamental reforzarlo para aumentar su capacidad portante cuando se esté sobre suelos blandos o de muy mala calidad. Existen diferentes métodos de reforzar o estabilizar el terreno de fundación entre los cuales tenemos la estabilización química, la excavación y reemplazo de material por uno de préstamo de mejor calidad entre otros métodos tradicionales, cuya aplicación genera efectos no deseados en el medio ambiente y costos muy elevados. En cambio reforzarlos con geomallas trae muchos beneficios gracias a su comportamiento mecánico el cual ayuda a redistribuir mejor los esfuerzos hacia la sub-rasante trayendo consigo un menor impacto ambiental. En el Perú actualmente no se cuenta con una norma o con un método de diseño para pavimentos flexibles con geomallas por esta razón es tema de investigación establecer o recomendar un diseño para este tipo de pavimentos. Por lo anteriormente mencionado se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación fue ¿Cuál será el comportamiento de un pavimento flexible utilizando geomallas en un suelo arenoso para reducir su espesor, incrementar su periodo de vida y optimizar costos en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla?

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿En cuánto se reducirá el espesor de la estructura de un pavimento

flexible reforzado con una geomalla triaxial en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla?

- **PE2:** ¿En cuánto incrementara el periodo de vida de un pavimento flexible reforzado con una geomalla triaxial en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla?
- **PE3:** ¿En cuánto se reducirá el precio por m<sup>2</sup> de un pavimento flexible reforzado con una geomalla triaxial en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla?

El presente proyecto de investigación se justifica debido que permitirá realizar un diseño con geomallas para mejorar la calidad del suelo, en la actualidad existen diferentes métodos para mejorarlo como reforzarlo o utilizar un material de préstamo lo cual eleva el presupuesto. **En el aspecto técnico:** Las geomallas tienen propiedades mecánicas que al aplicarlo en suelos blandos lo refuerza ya que redistribuyen las cargas en una mayor área disminuyendo así los esfuerzos que debería soportar trayendo como consecuencia la reducción considerablemente los espesores de las capas del pavimento. **En el aspecto socio-económico:** Las carreteras están conformadas por diferentes tipos de suelos, los problemas surgen cuando estos son de mala calidad ya que generan capas con mayores espesores además que el material debe ser cambiado por su baja capacidad portante, con el uso de geomallas se evitaría la excesiva explotación de canteras evitando así un mayor impacto ambiental, además su instalación genera el uso de mano de obra no calificada ( el tendido de la geomalla lo podría hacer cualquier persona). En cuanto lo económico se evitara usar mayor hora máquina, menor tiempo de ejecución, menos corte y relleno. El objetivo general fue Evaluar el comportamiento de un pavimento flexible utilizando una geomalla triaxial en suelos arenosos para reducir su espesor, incrementar su periodo de vida y optimizar costos en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla.

. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Determinar en cuanto se reduce el espesor de la estructura de un pavimento flexible reforzado con una geomalla triaxial en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla.

- **OE2:** Determinar si incrementa el periodo de vida de un pavimento flexible reforzado con una geomalla triaxial en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla.
- **OE3:** Determinar en cuanto disminuye el precio del pavimento flexible por m2 con la aplicación de una geomalla triaxial en el AAHH Virgen de las Mercedes -Ventanilla

Finalmente, la hipótesis general que se planteó fue que el uso de geomallas modifica el comportamiento del pavimento flexible en suelos arenosos. Las hipótesis específicas fueron las siguientes:

- **HE1:** La aplicación de una geomalla triaxial reduce el espesor de la estructura de un pavimento flexible en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla.
- **HE2:** La aplicación de una geomalla triaxial incrementa el periodo de vida de un pavimento flexible en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla.
- **HE3:** La aplicación de una geomalla triaxial reduce el precio del m2 de un pavimento flexible en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla.

## II. MARCO TEÓRICO

Novoa (2017), en la tesis de grado titulada “*Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabaylo – 2017*”. Se propuso como objetivo de su investigación Determinar como la aplicación de la geomalla triaxial mejorará la estabilización del suelo blando. Aplicando una investigación cuasi experimental, para el presente proyecto de investigación se escogió como población la Av. Trapiche Chillón y la muestra está constituida por 1,8 km de la Av. Trapiche Chillón. Finalmente se concluyó que la geomalla triaxial incrementa la capacidad portante del suelo y reduce los espesores de relleno.

Núñez (2016), en la tesis de grado titulada “*Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geo-sintéticos*”. Se propuso como objetivo de su investigación analizar los espesores de las capas granulares de una carretera con la aplicación de geo sintéticos, optimizar el costo y el tiempo de construcción.

La presente investigación es tipo aplicativo experimental y se tomó como población la carretera Arapa – Chupa (PU114) - Dv. Huancané, tramo I. Los principales resultados que obtuvo el autor es que al analizar la estructura del pavimento flexible cuando se refuerza con la geomalla biaxial la capa de la subbase disminuye su espesor en 15 cm. Finalmente el autor llega a la siguiente conclusión que reforzando la estructura de un pavimento con geomalla se puede reducir el impacto ambiental, gracias a que habrá una menor explotación de canteras.

Silva (2016), en la tesis de grado titulada “*Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo tx140 y tx160, aplicado a un tramo de la calle Alemania – La Molina - Cajamarca 2016*”. Se propuso como objetivo de su investigación Evaluar el mejoramiento de la subrasante con geomalla triaxial de tipo TX140 y TX160. Desarrollando una investigación aplicada, para el presente estudio se tomó como población la calle Alemania – La molina – Cajamarca y la muestra está constituida por 80 metros de la calle. El principal resultado que obtuvo el autor es que se ahorra 29 cm y 39 cm en el espesor usando los refuerzos de geomalla Tx140 y Tx160. Finalmente se concluyó que el espesor se reduce en 54% y 72% al usar geomalla Tx140 y Tx160 con respecto a la sección no reforzada.

Arévalo (2016), en la tesis de grado titulada “*Utilización de la geomalla biaxial en diseño de pavimento flexible de la carretera Pedro Carbo – La Estacada*”. Se propuso como objetivo de su investigación es analizar la utilización de la geomalla biaxial, para el presente estudio se tomó como población la carretera Pedro Carbo – La Estacada. El principal resultado que obtuvo el autor es que la estructura de pavimento se reduce en la capa de base en 5 cm y en la capa de sub-base se reduce en 15 cm, dando un total de 20 cm de reducción total de capas granulares. Finalmente se concluyó que el costo del pavimento tradicional es similar al pavimento reforzado con geomalla, ya que disminuye los espesores de las capas granulares con la diferencia que incrementa sus propiedades mecánicas, q funcionalidad y vida útil de la vía.

Tingal (2013), en la tesis de grado titulada “*Comparación entre el diseño de pavimento tradicional (AASHTO) y el diseño con geomalla en la pavimentación de la av. Salomon Vilchez murga de la ciudad de Cutervo*”. Se propuso como objetivo de su investigación comparar el diseño de pavimento tradicional y el diseño con refuerzo de geomalla. Aplicando una metodología descriptiva, para el presente

estudio se tomó como población las calles de la ciudad de Cutervo y como muestra Juan Z. Montenegro. Los principales resultados que obtuvo el autor es que con la aplicación de la geomalla en el pavimento flexible obtuvo una disminución en los espesores de las capas de base y sub base en un 28,41% y 38,05% respectivamente. Finalmente se concluyó que al diseñar con geomalla se reduce en los espesores de las capas granulares trayendo consigo el ahorro en corte en terreno, un aumento en la productividad y viabilidad del proyecto.

Para mayor conocimiento se consideró brindar algunos conceptos básicos:

Pavimento flexible, es una estructura que está conformada por capas de material seleccionado la cuales se encuentra asentado sobre un terreno de fundación denominado sub rasante.<sup>18</sup> Esta estructura está sometida directamente a cargas dinámicas y estáticas debido al tráfico vehicular que se transmiten a las capas inferiores con un menor impacto. Está conformada por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento que trasmite los esfuerzos a la capa adyacente llamada base y está ultima a la sub- base debiendo cumplir con ciertos parámetros para lo cual se realiza ensayos y se estudia sus propiedades mecánicas del material.<sup>20</sup>



*Figura 1.* Sección Transversal de un pavimento flexible

Sub rasante, es la capa del terreno de natural que sirve como cimiento al pavimento ya que soporta toda la estructura además está formada solo por la superficie natural del terreno o sino de la parte superior de un material de préstamo debidamente compactado.<sup>24</sup> La capacidad portante de la sub rasante influye considerablemente en el espesor de las demás capas del pavimento.<sup>18</sup> Características de la sub rasante, si lo comparamos con una edificación esta capa representaría el cimiento del pavimento ya que resiste, transmite y distribuye con uniformidad las cargas vehiculares provenientes de las capas superiores. Por lo tanto se deberá construir sobre suelos de buena calidad con CBR igual o mayor a 6% esto ayudara reducir

el espesor de las capas del pavimento. Pero si nos encontráramos con una sub rasante insuficiente o inadecuada se deberá buscar una alternativa de solución que sea técnica y económica ya sea reemplazando el terreno de fundición o estabilizándolo con diferentes métodos (estabilización con productos químicos, con cemento, con cal, sales o geomallas entre otros).<sup>7</sup>

Se podría clasificar a la sub rasante de acuerdo a su capacidad portante ya que esta propiedad mecánica es fundamental para el diseño del pavimento.<sup>18</sup>

**Tabla 1. Clasificación de sub rasantes según su CBR**

<b>Categorías de Sub rasante</b>	<b>CBR</b>
So : Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
S1 : Sub rasante insuficiente	CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2 : Sub rasante regular	CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3 : Sub rasante buena	CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4 : Sub rasante muy buena	CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5 : Sub rasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: "MANUAL DE CARRETERAS" SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS – MTC

Sub base, es una capa granular del pavimento que soporta y trasmite las cargas del tráfico vehicular a la sub rasante, este material debe ser adecuado y tener mayor capacidad portante a esta última pero menor que la base ya que se encuentra en un estrato inferior y está sometida a menores esfuerzos que se van disipando de tal manera que la sub rasante que pueda resistir. Características de sub base, es la capa que se coloca encima de la sub rasante que debe tener mejores propiedades. Además sirve como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar del agua protegiendo al pavimento, el material empleado debe ser granular con un CBR no menor a un 40 %.<sup>24</sup>

Base, es la capa del pavimento que esta entre la sub base y la capa de rodamiento es muy estable y densa ya que su función es resistir, reducir y distribuir adecuadamente los esfuerzos originados por la carga vehicular hacia la sub base<sup>28</sup> y por medio de esta a la sub-rasante para que esta última pueda resistir los esfuerzos sin que falle ya que es un material que tiene una baja capacidad portante. Su principal característica es que un elemento que aporta una alta resistencia y

absorbe los esfuerzos del tránsito vehicular generando menos deformaciones al pavimento, generalmente se constituye por capa granular de muy buena calidad que podría ser piedra triturada mezclada con un material de relleno o grava con arena y suelo en estado natural, la estabilidad de la base dependerá de la granulometría de sus partículas, su forma, densidad entre otras propiedades mecánicas de agregado fino y grueso.

Carpeta asfáltica, es la capa superior del pavimento que se encuentra en contacto directo con el tráfico vehicular que está conformado por un material pétreo y bituminoso ya que se trata de un pavimento flexible.<sup>20</sup> Esta capa protege al pavimento impermeabilizándolo de filtraciones de agua proveniente de lluvias que podría saturar a las capas inferiores haciendo fallar al pavimento además que tiene la capacidad de resistir el desgaste del tráfico vehicular, además que debe ser uniforme y sin imperfecciones para brindar un servicio confortable al usuario.

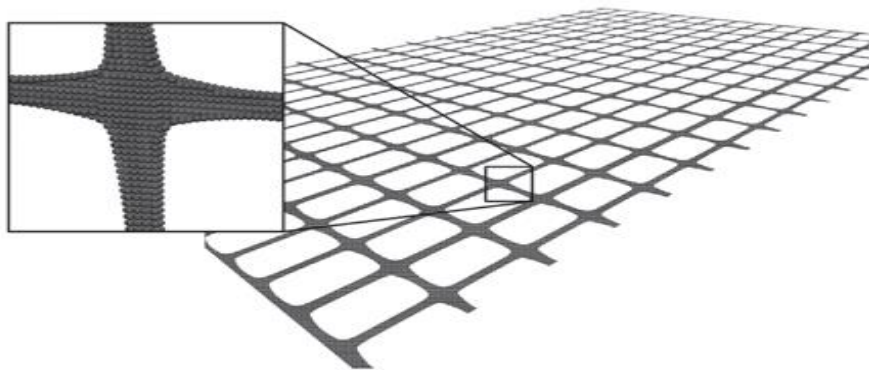
Geomallas, es una estructura geo sintética que tiene una forma de red plana regular con todos sus elementos conectados en forma integral conformados por un conjunto de costillas conectadas y con aberturas de un tamaño adecuado que permiten la trabazón del suelo. Las geomallas se pueden clasificar según su fabricación en diferentes tipos: Geomalla extruida, tejida, soldada y compuesta.<sup>18</sup> Según el MTC en su manual de carreteras menciona que la experiencia internacional con este material, las geomallas extruida tienen un mejor comportamiento cuando se aplica como refuerzo de pavimentos o la estabilización del suelo. Se pueden clasificar según su sentido de refuerzo:

Geomalla Uniaxiales, las geomallas uniaxiales o mono-orientadas son estructuras que resisten cargas de tensión aplicadas en una dirección y son producidas de polietileno de alta densidad con una abertura elíptica con un mayor coeficiente de interacción,<sup>5</sup> en su fabricación se utiliza un proceso de extrusión seguido de un estiramiento mono-direccional. Se aplica generalmente en muros de contención, taludes inclinados, terraplenes entre otros.



*Figura 2. Geomalla Uniaxial Tensar*

Geomalla biaxiales, son estructuras que resisten cargas de tensión aplicadas en dos direcciones que son perpendiculares entre sí que son de fabricadas de una lámina de polipropileno [...] que se le aplica un proceso de extrusión y estirada uniformemente que está compuesto costillas y nudos rígidos que forman una abertura rectangular que aseguran la trabazón y confinamiento de partículas. [18] Se aplica generalmente en estabilización de sub rasante.



*Figura 3. Geomalla Biaxial Tensar*

Las geomallas multiaxiales o triaxiales, son estructuras que resisten cargas de tensión de manera radial ya que trabaja en todas las direcciones,<sup>27</sup> son de fabricadas de una lámina de polipropileno que se le aplica un proceso de extrusión que está compuesto costillas con mayor peralte que las biaxiales y nudos rígidos que forman una abertura triángulos equiláteros que lo hace más estable, que ayudan a soportar altas deformaciones, brindando muchos beneficios como reducir el espesor, incrementar la vida útil, capacidad portante entre otros beneficios.





Figura 4. Geomalla Triaxial Tensar

Las estructuras reforzadas con geomalla ya sea biaxial o multiaxial, según el MTC en su manual de carreteras menciona estos elementos presentan tres mecanismos de refuerzo que son: Confinamiento lateral, mejoramiento de la capacidad portante y el efecto de la membrana tensionada.

Confinamiento lateral, se da gracias a la trabazón de las partículas granulares con las aberturas de la geomalla por esta razón debemos poner importancia a la forma, tipo de abertura y granulometría del material, mediante este fenómeno se crea una capa de material más rígida aumentando el módulo de la capa reforzada al confinar las partículas. La trabazón mecánica previene el movimiento horizontal y vertical de las partículas de relleno a través del confinamiento lateral de partículas.

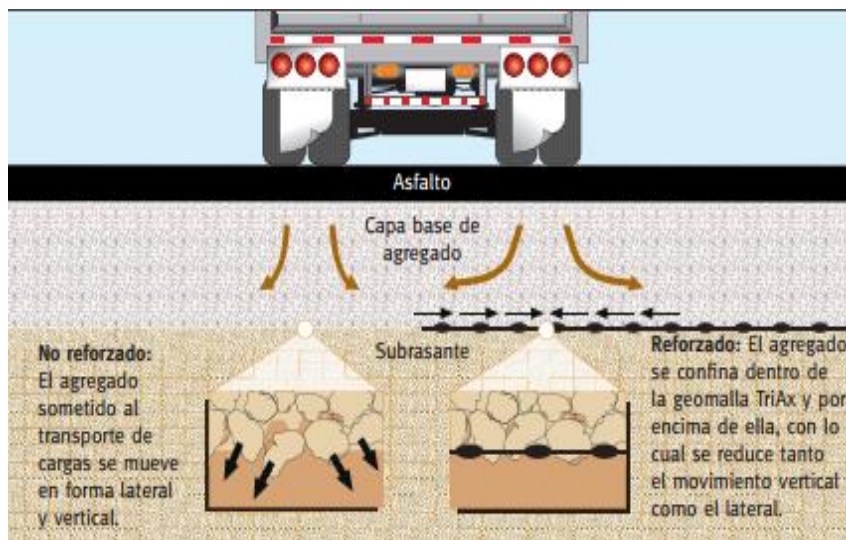


Figura 5. Confinamiento lateral - Manual de sistema de mejoramiento de carreteras

Mejoramiento de la capacidad portante, debido a su rigidez, estructura y comportamiento mecánico tiene la capacidad de redistribución de las cargas vehiculares aplicada en la capa de rodadura en una mayor área, mejorando la capacidad portante del terreno natural ya que tiene como consecuencia la disipación de los esfuerzos con la finalidad que la sub rasante pueda soportarlo.

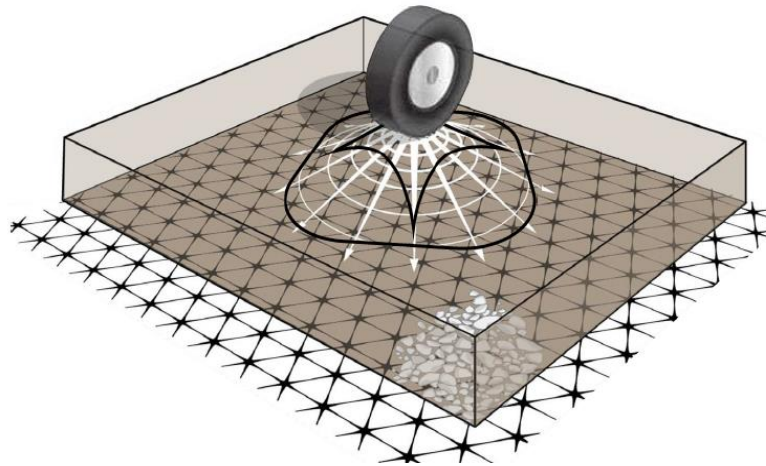


Figura 6. Mejoramiento de la capacidad portante - Manual de sistema de mejoramiento de carreteras

Este mecanismo es relacionado con un zapato de nieve debido a su similitud ya que la geomalla como mencione distribuye las cargas vehiculares sobre la sub rasante que por lo general es el área de falla por ser de baja capacidad portante y este objeto soporta el peso de la persona y permite poder caminar sobre este material blando que es la nieve.



Figura 7. Efecto zapato de nieve - Manual de sistema de mejoramiento de carreteras

Efecto de membrana tensionada, la geomalla presenta este efecto cuando tiene un ahuellamiento o deformación considerable en el terreno natural debido a las fuerzas que soporta del tráfico vehicular que generan esfuerzos verticales que son soportados por la resistencia de la membrana de refuerzo tensionada ya que desarrolla una resistencia vertical y un confinamiento hacia abajo aumentando la resistencia al corte del terreno natural.

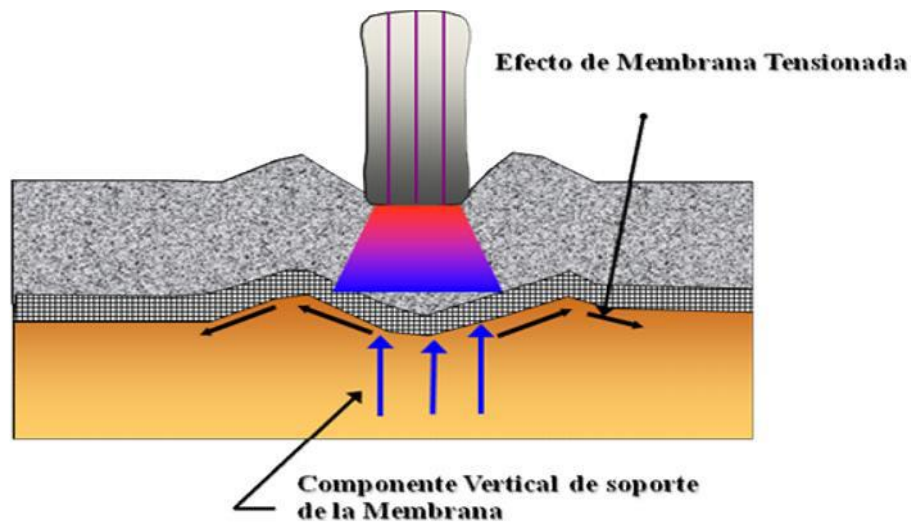


Figura 8. Efecto de membrana tensionada - Manual de sistema de mejoramiento de carreteras

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** Se considera esta investigación de tipo aplicada, ya que tiene como objetivo principal resolver determinados problemas específicos.

“La investigación aplicada identifica el problema y busca las posibles soluciones, aquella que pueda ser la más adecuada para el contexto específico” [30]

**De acuerdo al Enfoque:** La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo “El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase” [9]

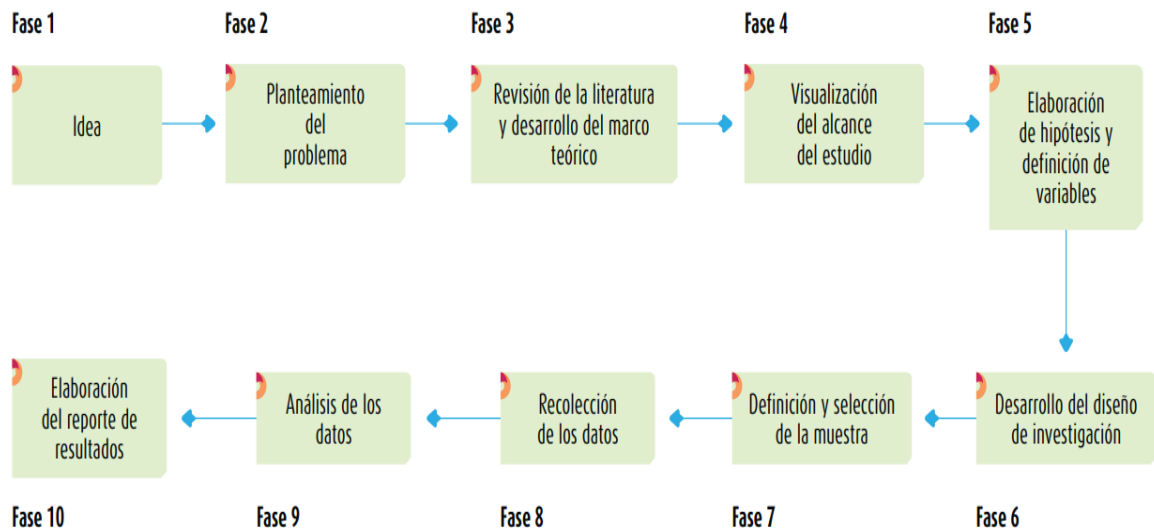


Figura 9. Proceso cuantitativo – Metodología de la investigación

**El diseño de la investigación:** La presente investigación tiene un diseño experimental ya que analizaremos los efectos que ocasionan las variables independientes sobre la variable dependiente. “Los experimentos manipulan a las variables independientes para observar sus efectos sobre las variables dependientes”. [11]

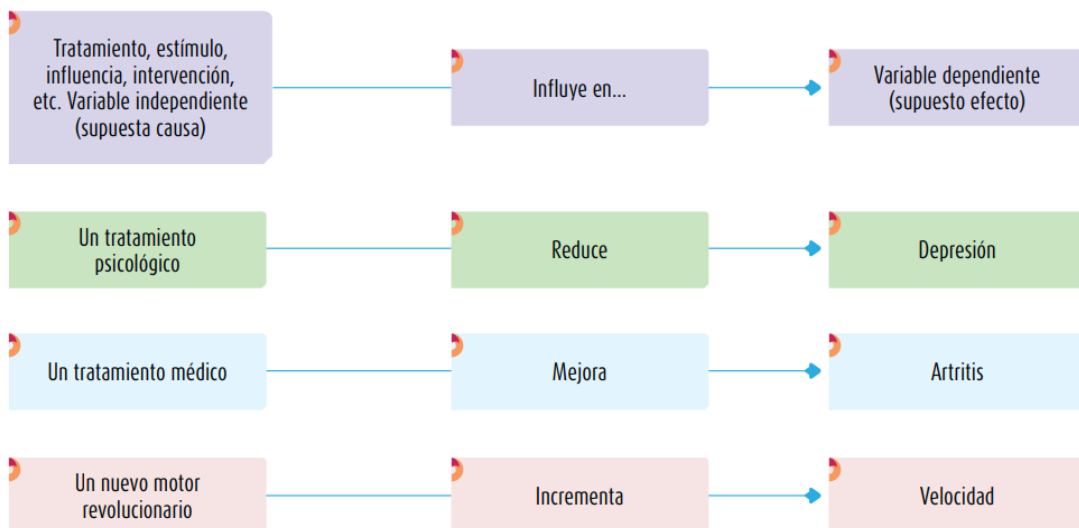


Figura 10. Diseño experimental – Metodología de la investigación

En esta investigación la geomalla (variable independiente) refuerza la capacidad portante del pavimento flexible (variable dependiente).

### 3.2 Variables y operacionalización

- **Variable dependiente:** Diseño de un pavimento flexible
- **Variable independiente:** Refuerzo con geomalla

### 3.3 Población, muestra y muestreo

**Población:** “La población es el conjunto de sujetos o cosas que tienen una o más propiedades en común, se encuentran en un espacio o territorio y varían en el transcurso del tiempo”. [31]

La población estaría conformada por las calles del AA.HH. Virgen de las Mercedes en el distrito de Ventanilla que tienen las características de ser suelos arenosos.

**Muestra:** “Es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectaran datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión”. [12]

La muestra que se tomara para el presente estudio será la calle Ucayali ubicada en AA.HH Virgen de las Mercedes en Ventanilla.

En la presente investigación se usó muestras no probabilísticas se define “Subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación”. [10]

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación utilizamos dos métodos de **técnicas de recolección de datos**, la primera será mediante observación ya que obtendremos información mediante el resultado de ensayos, y la evaluación de comportamientos de los materiales el segundo método será mediante documentos ya que tomaremos valores referencial de algunas normativas y además que emplearemos fichas de recolección de datos que en este caso será un documento que nos permitirá contabilizar el tránsito en Av. Ucayali en el AA. HH Virgen de las Mercedes.

**El instrumento de recolección de datos:** “Se utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente”. [13] La presente tesis tendrá como instrumento los ensayos realizados en los laboratorios de mecánica de suelos que están detallado en la etapa de procedimiento y analizado en el capítulo de Resultados.

### 3.5 Procedimientos

Se tomaron muestras del suelo por medio de calicatas en la calle Ucayali del AA.HH Virgen de las Mercedes en Ventanilla las cuales se llevaron a laboratorio y se

procedió a ensayarlas con lo que se pudo determinar las propiedades físicas del material que conforma la sub rasante.

- Clasificación de suelos según el método AASHTO y SUCS (ASTM D 422)
- Ensayo de los límites de Atterberg (Limite líquido, limite Plástico e Índice Plasticidad) (ASTM D 4318)
- Proctor modificado (ASTM D 1557)
- California Bearing Ratio “CBR” (ASTM D 1833)

Después de haber obtenidos los resultados del laboratorio de mecánica de suelos de las muestras tomadas se escogió el resultado más desfavorable, luego se hizo Cálculo del EAL para este siguiente paso se necesitó una ficha de recolección de datos para el conteo de tráfico en la calle Ucayali del AA.HH Virgen de las Mercedes en Ventanilla. Teniendo todos los datos y con la ayuda del software spectrapave de la empresa tensor se inició con dos diseños de pavimento flexible, uno de estructura tradicional y un segundo diseño reforzado con una geomalla biaxial, obteniendo estos resultados se procedió a compararlos y analizar cuál es el más óptimo.

### **3.6 Método de análisis de datos**

El método de análisis de datos que se utilizó en esta investigación fueron los ensayos de suelos de las muestras obtenidas de las calicatas en la calle Ucayali y que serán procesados para el diseño de un pavimento flexible tradicional y uno con geomalla para ser comparado y posteriormente hacer la comprobación de las hipótesis.

### **3.7 Aspectos éticos**

La presente investigación se elaboró bajo estrictos principios éticos además todos los datos mostrados y procesados son verídicos, y servirán de ayuda para futuras investigaciones, tomando en consideración el autor de cada tesis y artículo tomado para el desarrollo de la presente, de manera que no se admite ningún tipo de plagio ni ninguna información fue tomada como propia, asimismo según los códigos de

ética tenemos conocimiento que el plagio o copia de algún artículo de referencia será penado.

#### **IV. RESULTADOS**

En este capítulo presentamos los resultados de las muestras que se tomaron en la calle Ucayali del AA.HH Virgen de las Mercedes en Ventanilla, se observó que es un terreno con una sub rasante arenosa, los ensayos que se realizaron los encontraremos en los Anexos 09.

Describiremos los perfiles estratigráficos de las dos calicatas que realizamos que podemos observar en los Anexos 08.

##### **Calicata C-01**

Se encontró un primer estrato conformado por un relleno contaminado de un espesor de 0.30 m, continuando con la excavación se encontró un segundo estrato conformado por una arena limosa con grava y se clasifico según SUCS (SM), teniendo una humedad de 7.60 %, límite liquido (LL) de 18%, límite plástico (LP) no presenta e índice de plasticidad (IP) no presenta. Su tamaño máximo es de 1" y granulometría está conformada por grava con 19.9 %, arena con 57.1 % y material que pasa la malla N° 200 con 23% hasta una profundidad de 1.30 m.

Continuando con la excavación se encontró un tercer estrato conformado por una arena limosa con grava y arena pobremente graduada clasificado según SUCS (SP-SM), teniendo una humedad de 9.10 %, un límite liquido (LL) de 16%, límite plástico (LP) no presenta e índice de plasticidad (IP) no presenta. Su tamaño máximo es de 1" y granulometría está conformada por grava con 25.6 %, arena con 64.2 % y material que pasa la malla N° 200 con 10.2% hasta una profundidad de 2.50 m.

##### **Calicata C-02**

Se encontró un primer estrato conformado por un relleno contaminado de un espesor de 0.30 m, continuando con la excavación se encontró un segundo estrato conformado por una arena pobremente graduada está clasificado según SUCS (SM), teniendo una humedad de 5.70 %, un límite liquido (LL) no presenta, límite plástico (LP) no presenta e índice de plasticidad (IP) no presenta. Su tamaño

máximo es de 0.59 mm la cual corresponde a la malla N° 30 y granulometría está conformada por grava con 0 %, arena con 92.3 % y material que pasa la malla N° 200 con 7,7% hasta una profundidad de 2.50 m.

### Cbr de la sub rasante

Para el cálculo del Cbr de diseño analizamos los resultados referenciales de otros autores teniendo en cuenta la granulometría y tipo de suelo que tenemos en el AAHH Virgen de las Mercedes.

Tabla 2. Cbr de diseño

CALICATA	TIPO DE SUELO	Autores referencial	
		Estación CBR	Silva CBR
C-01	SM	3.90	4.20
C-02	SM	2.50	3.25
C-03	SM	3.80	2.60
	<b>CBR PROM</b>	3.40	3.35

Fuente: Silva Arce, Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo tx140 y tx160, aplicado a un tramo de la calle Alemania – La Molina - Cajamarca 2016 y Javier Estación, Mejoramiento de subrasante con aplicación de geomallas - viaducto 8 zona Cantagallo - proyecto Línea Amarilla - Lima

Tomamos el Cbr promedio de las calicatas de la autora Silva Arce, Mayra por ser el más desfavorable para nuestro estudio con un Cbr de la sub rasante de 3.35 %.

### Estudio de tránsito

Se hizo un conteo de tráfico por una semana, luego se promedió para poder hallar índice medio diario semanal (IMDS) que corresponde a la semana del lunes 08 al domingo 14 de junio.

$$IMDS = \frac{\sum Vi}{7}$$

Vi: Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días.

Para el presente proyecto se obtuvo un IMDS de 446,86 que podremos visualizar en la tabla 3.

Para poder hallar el IMDA (Índice Medio Diario Anual) se obtiene de la multiplicación del IMDS y el Factor de Corrección Estacional (FC) que para la presente usaremos un FC de 13%.

$$IMDS = IMDS \times FC$$



En nuestro caso trabajaremos con un IMDA 2024 considerando que si se realiza el proyecto se deberá hacer la licitación y construcción.

$$\text{IMDA 2024} = \text{IMDA2020} * (1 + r)^{(n-1)}$$

r = Tasa de crecimiento vehicular = 3%

n = Periodo = 4 años

Tabla 3. Cálculo de IMDA 2024

CÁLCULO DE IMDA 2024											
TIPO DE VEHÍCULOS		Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	IMDS	IMDA 2020	IMDA 2024
LIGERO	Autos Camionetas Y Combis	419	378	396	387	401	312	258	364	412	450
BUS	B2	17	16	14	15	14	8	7	13	14,7	16
	B3	6	5	4	4	5	3	1	4	4,52	5
CAMIÓN	C2	24	23	24	21	23	18	20	21,9	24,7	27
	C3	19	17	18	16	17	16	10	16,1	18,2	20
	C4	6	5	5	5	6	4	3	4,86	5,49	6
SEMI TRAYLER	T2S1	8	5	6	5	7	5	4	5,71	6,46	7
	T2S2	7	5	6	6	7	6	3	5,71	6,46	7
	3S1	7	5	5	6	6	3	2	4,86	5,49	6
	3S2	4	4	3	4	3	2	2	3,14	3,55	4
TRAYLER	2T2	2	1	3	0	2	3	0	1,57	1,78	2
	2T3	3	1	3	2	0	2	0	1,57	1,78	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Cálculo de ejes equivalentes

CÁLCULO DE EJE EQUIVALENTES					
TIPO DE VEHÍCULOS		IMDA 2024	CARGA DE VEHÍCULO POR EJE	EJE EQUIVALENTE (EE 8,2 T)	F. IMDA
LIGERO	AUTOS, CAMIONETAS Y COMBIS	450	1	0,000527017	0,24
		450	1	0,000527017	0,24
BUS	B2	16	7	1,265366749	20,25
		16	10	2,211793566	35,39
	B3	5	7	1,265366749	6,33
		5	16	1,260585019	6,30
CAMIÓN	C2	27	7	1,265366749	34,16
		27	10	2,211793566	59,72
	C3	20	7	1,265366749	25,31
		20	16	1,260585019	25,21
	C4	6	7	1,265366749	7,59
		6	21	1,057720453	6,35
SEMI TRAYLER	T2S1	7	7	1,265366749	8,86
		7	10	2,211793566	15,48
		7	10	2,211793566	15,48
	T2S2	5	7	1,265366749	6,33
		5	10	2,211793566	11,06
		5	16	1,260585019	6,30
	3S1	6	7	1,265366749	7,59
		6	16	1,260585019	7,56
		6	10	2,211793566	13,27
	3S2	4	7	1,265366749	5,06
		4	16	1,260585019	5,04
		4	16	1,260585019	5,04
TRAYLER	2T2	2	7	1,265366749	2,53
		2	10	2,211793566	4,42
		2	10	2,211793566	4,42
		2	10	2,211793566	4,42
	2T3	2	7	1,265366749	2,53
		2	10	2,211793566	4,42
		2	10	2,211793566	4,42
		2	16	1,260585019	2,52
				<b>Σ f.IMDA</b>	<b>363,86</b>

Fuente: Elaboración propia

## Cálculo de Esal de diseño

Una vez realizado el estudio de tránsito y obtenido el IMDA 2024, se realiza la estimación del ESAL de diseño.

$$\text{Esal} = (\Sigma f. \text{IMDA}) * Fd * Fc * 365 * \left( \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right)$$

Para el presente estudio consideraremos los siguientes parámetros

**Tabla 5. Datos para el cálculo del Esal**

<b>% de crecimiento (r %)</b>	0,03
<b>Periodo de diseño (nº años)</b>	20
<b>Días del año</b>	365
<b>Factor direccional (FD)</b>	0,50
<b>Factor de carril (FC)</b>	0,80

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Esal} = 1.427.466$$

## Parámetros de diseño de pavimento flexible según AASHTO 93

- **Condiciones de probabilidad.**

Confiabilidad R%	=	85%	Anexo 07 Tabla 10
Desviación Normal estándar	=	- 1,036	Anexo 07 Tabla 11
Desviación Normal (S)	=	0.45	Recomendación del MTC

- **Condiciones de serviciabilidad.**

Serviciabilidad de inicial (Po)	=	4,0	Anexo 07 Tabla 12
Serviciabilidad de final (Pf)	=	2,5	Anexo 07 Tabla 13
Índice de servicio ( $\Delta$ PSI)	=	1,5	

- **Condiciones de la sub-rasante.**

CBR de sub-rasante (%)	=	3,35%	Tabla 02
Módulo de resiliencia (psi)	=	1500 CBR = 5025 psi	

- **Características de los materiales para el diseño**

El módulo de resiliencia y el coeficiente estructural se hallan con los ábacos del AASHTO que se encuentran en la figura 14 y 15 del Anexo 07

Base:

CBR de base (%) = 100%

Módulo de resiliencia (psi) = 30000 psi

Coeficiente estructural (a2) = 0,14

Sub-base:

CBR de Sub base (%) = 40%

Módulo de resiliencia (psi) = 17000 psi

Coeficiente estructural (a2) = 0,12

## Diseño de pavimento flexible con la aplicación del software SpectraPave de la empresa Tensar



Figura 11. Interfaz del software Spectrapave

Escogemos la opción “Pavement Optimization” y usamos los parámetros de diseño de pavimento flexible según AASHTO 93, para realizar la comparación de un pavimento flexible tradicional y otro pavimento reforzado con la geomalla triaxial Tx7.

Select Material Layers Used in Unstabilized Pavement Section				
Layer Name	Material Description	Thickness (in)	Layer Coeff.	Drainage Factor
ACC1	Asphalt Wearing Course	3.00	0.420	
None				
None				
ABC	Aggregate Base Course	10.00	0.140	1.0
SBC	Subbase Course	12.00	0.120	1.0

MSL Particle Size, D50<=22mm

Select Material Layers Used in Stabilized Pavement Section					
Layer Name	Material Description	Thickness (in)	Layer Coeff.	Drainage Factor	TriAx Geogrid
ACC1	Asphalt Wearing Course	3.00	0.420		
None					
None					
MSL	Mechanically Stabilized Base Course	7.00	0.140	1.0	TX7
SBC	Subbase Course	8.00	0.120	1.0	

MSL Particle Size, D50<=22mm

Recommended Geogrid Overlap for Base Course (ft)

Target Traffic (ESALs)	1427466
Reliability (%)	85
Standard Normal Deviate	-1.036
Standard Deviation	0.45
Subgrade Resilient Modulus (psi)	5025
Serviceability	Initial: 4.0 Terminal: 2.5

Soft Subgrade Stabilization Analysis...

With Subgrade Stabilization     Without Subgrade Stabilization

Figura 12. Análisis de diseño de optimización de pavimento del software Spectrapave

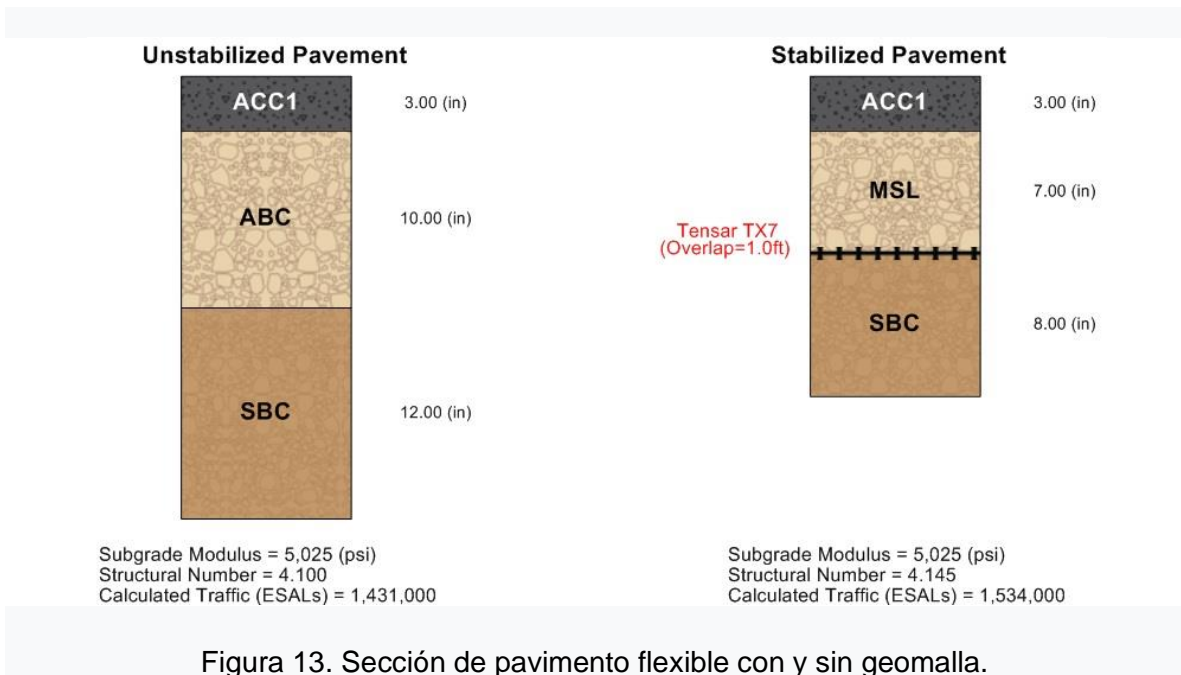


Figura 13. Sección de pavimento flexible con y sin geomalla.

Podemos observar que a pesar de la reducción del pavimento en sus capas granulares, la sección reforzada con geomalla triaxial Tx7 soporta un Esal mayor que la estructura del pavimento tradicional.

En la siguiente tabla observamos los espesores del pavimento flexible con el método tradicional AASHTO 93, cumpliendo el Esal de diseño de la calle Ucayali en el AA.HH Virgen de las Mercedes.

**Tabla 6.** *Espesores de un pavimento flexible tradicional*

Diseño AASHTO 93		
Estructura del pavimento	Pulgadas	Centímetros
Carpeta asfáltica	3	7,5
Base	10	25
Sub-base	12	30

Fuente: Elaboración propia

La estructura del pavimento flexible con el refuerzo de la geomalla Triaxial Tx7, incrementa la vida útil y reduce los espesores del pavimento en la calle Ucayali en el AA.HH Virgen de las Mercedes.

**Tabla 7.** *Espesores de un pavimento flexible reforzado con una geomalla triaxial*

Diseño con geomalla		
Estructura del pavimento	Pulgadas	Centímetros
Carpeta asfáltica	3	7,5
Base	7	17,50
Sub-base	8	20

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de las tablas 4 y 5 observamos que el espesor del pavimento reforzado con geomalla triaxial Tx7 se reduce, en el siguiente cuadro comparativo se visualiza en el ahorro en las capas granulares.

**Tabla 8.** *Diseño AASHTO 93 VS Diseño con el refuerzo de una geomalla Triaxial*

Diseño AASHTO 93 Vs Diseño con geomalla			
Estructura del pavimento	Espesor del pavimento		Ahorro (cm)
	Diseño AASHTO 93 (cm)	Diseño con geomalla (cm)	
Carpeta asfáltica	7,5	7,5	0
Base	25	17,5	7,5
Sub-base	30	20	10

Fuente: Elaboración propia

### **Comparación económica de pavimento flexible tradicional vs pavimento flexible reforzado con una geomalla triaxial Tx7.**

Si bien es cierto que el espesor del pavimento flexible se reduce en las capas base y sub-base esto produce un ahorro en cuanto material granular, horas máquinas y

un menor impacto ambiental (explotación de canteras), pero al ser reforzado con una geomalla triaxial genera nuevas partidas como el tendido e instalación de la geomalla.

**Tabla 9. Análisis comparativos de precio de pavimento flexible con y sin geomalla**

Estructura de pavimento flexible	Pavimento flexible tradicional según AASHTO93		Pavimento flexible reforzado con una geomalla triaxial Tx7	
	espesor (cm)	Precio (S/. / m <sup>2</sup> )	espesor (cm)	Precio (S/. / m <sup>2</sup> )
Carpeta Asfáltica	7,5	S/. 41,70	7,5	S/. 41,70
Base	25	S/. 19,33	17,5	S/. 13,43
Sub-base	30	S/. 20,27	20	S/. 13,49
Geomalla Triaxial Tx7	-	S/. 0,00	1 capa	S/. 7,50
<b>Total</b>	62,5 cm	S/. 81,30	45 cm	S/. 76,12

Fuente: Revista Costos – Construcción, arquitectura e ingeniería

En la tabla 7 observamos que a pesar de generar una nueva partida con la geomalla, el precio por m<sup>2</sup> del pavimento reforzado disminuye en S/. 5,18 con respecto al pavimento tradicional.

## V. DISCUSIÓN

En este presente capítulo se discutió con una tesis internacional (Ecuador – Guayaquil) del autor Arévalo Suquitana, Fredy Jacinto con su tesis titulada “**Utilización de la geomalla biaxial en diseño de pavimento flexible de la carretera Pedro Carbo – La Estacada**”

### Discusión Nº 1

El autor se planteó como uno de sus objetivos específicos **determinar los espesores de pavimento flexible con la aplicación de una geomalla biaxial y los parámetros de diseño originales** donde tuvo como resultado la reducción de la estructura de pavimento en la capa de base y sub-base en 5 cm y 15 cm respectivamente, dando un total de 20 cm de ahorro en sus capas granulares y en la presente investigación se planteó **determinar en cuanto se reduce el espesor de la estructura de un pavimento flexible reforzado con una geomalla triaxial en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla** donde obtuvimos una reducción

de la estructura de pavimento en la capa de base y sub-base en 7,5 cm y 10 cm respectivamente, dando un total de 17,5 cm de ahorro en sus capas granulares, quedando de acuerdo con la investigación de Arévalo ya que el uso de las geomallas reducen las capas granulares del pavimento flexible ya sean biaxiales o triaxiales.

## **Discusión N° 2**

Arévalo propone hacer el diseño del pavimento flexible con los parámetros originales y con el refuerzo de la geomalla biaxial para reducir sus espesores, obteniendo como resultado la reducción del espesor con los parámetros de iniciales como es el Esal de diseño (Cantidad de repeticiones del eje de carga equivalente para un periodo determinado) y en la presente investigación se planteó **determinar si se incrementa el periodo de vida de un pavimento flexible reforzado con una geomalla triaxial en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla** donde se propuso una sección de pavimento flexible con geomalla triaxial la cual soporta un Esal mayor al de diseño, si este aumenta, por consecuencia también aumenta el periodo de vida, por lo que concordamos con Arévalo cuando menciona que el refuerzo con geomalla incrementa la durabilidad de la vía solo si se diseñara una sección de pavimento que tenga un Esal mayor que el del diseño, ya que menciona que incrementa mas no lo demuestra.

## **Discusión N° 3**

Arévalo realizó un análisis comparativo entre el costo de la estructura de un pavimento flexible con y sin geomalla, obteniendo como resultado que el costo era similar, solo generaba un ahorro del 0,09 % y en la presente investigación se planteó **determinar en cuanto disminuye el precio del pavimento flexible por m<sup>2</sup> con la aplicación de una geomalla triaxial en el AAHH Virgen de las Mercedes - Ventanilla** donde obtuvimos un ahorro por m<sup>2</sup> de S/. 5,18 que representa un 6,37 % con respecto al pavimento tradicional, en este sentido el presente proyecto tiene una ventaja sobre la investigación de Arévalo ya que analizando el ahorro que obtuvimos podemos considerar que en un proyecto de gran envergadura se podría obtener mayor optimización de costos.



## **VI. CONCLUSIONES**

### **Conclusión N° 1**

#### **Objetivo General**

**Evaluar el comportamiento de un pavimento flexible utilizando una geomalla triaxial en suelos arenosos para reducir su espesor, incrementar su periodo de vida y optimizar costos en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla, si aumentamos el Esal y reducimos el espesor como proponemos en la figura 13, podremos reducir los costos como se muestra en la tabla 9 y se puede llegar a la conclusión que se aumenta la vida útil, reduce el espesor y costo de la vía.**

### **Conclusión N°2**

#### **Objetivo Específico 1**

**Determinar en cuanto se reduce el espesor de la estructura de un pavimento flexible reforzado con una geomalla triaxial en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla, concluimos en que efectivamente los espesores del pavimento flexible disminuyen al ser reforzado con una geomalla triaxial, la base se reduce en 7,5 cm que representa un 30,00 % y la sub base se reduce en 10 cm que representa un 33,33 %.**

### **Conclusión N°3**

#### **Objetivo Específico 2**

**Determinar si incrementa el periodo de vida de un pavimento flexible reforzado con una geomalla triaxial en el AAHH Virgen de las Mercedes-Ventanilla, concluimos en que el pavimento flexible reforzado con geomalla triaxial Tx7, aumenta el Esal en 103000 con respecto al diseño tradicional, si este aumenta el periodo de vida también ya que es directamente proporcional.**

## **Conclusión N°4**

### **Objetivo Específico 3**

**Determinar en cuanto disminuye el precio del pavimento flexible por m2 con la aplicación de una geomalla triaxial en el AAHH Virgen de las Mercedes - Ventanilla.** El pavimento flexible reforzado se reduce en 17,50 cm en sus capas granulares, pero genera una nueva partida que es la de instalación de la geomalla, pero al analizar la tabla 9 concluimos que el precio por m2 del pavimento reforzado disminuye en S/. 5,18 que representa un 6,37 % con respecto al pavimento tradicional.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1.- Debido a que el refuerzo con geomalla optimiza el pavimento flexible en cuanto a reducción de espesores, costos e incremento de vida útil, se recomienda el uso de las geomallas triaxiales para los futuros proyectos para que estos sean más viables y durables.

2.- Se pudo demostrar que el refuerzo con geomalla triaxial Tx7 reduce el espesor del pavimento en sus bases granulares, se recomienda el uso de las geomallas triaxiales para evitar la sobreexplotación de las canteras y minimizar el impacto ambiental.

3.- Uno de los fines de esta investigación es que la carretera tenga una vida útil prolongada, se recomienda como alternativa viable el refuerzo de esta con una geomalla triaxial ya que al colocarla se puede aumentar el Esal (Cantidad de repeticiones del eje de carga equivalente para un periodo determinado), sin dejar de darle el debido mantenimiento a la vía.

4.- Se recomienda que para un diseño de pavimento flexible en suelos arenosos de características iguales o similares al de la presente investigación se utilice el refuerzo de la geomalla triaxial ya que su uso disminuye el costo en la construcción de la misma como se demostró en la presente investigación.

## REFERENCIAS

AASHTO (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures.

ARÉVALO SUQUITANA, F (2016). *Utilización de la geomalla biaxial en diseño de pavimento flexible de la carretera Pedro Carbo – La Estacada*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

BUSTAMANTE NOBOA, A (2016). *Evaluación en el Nivel de Resistencia de una Subrasante, con el Uso Combinado de una Geomalla y un Geotextil, (2016)*. Tesis Doctoral. Universidad de Cuenca, Ecuador.

CABALLEROS TORRES, E (2006). *Utilización De La Geomalla Como Refuerzo De La Estructura Del Pavimento Flexible*. Universidad De San Carlos De Guatemala- Facultad De Ingeniería.

CRUZ VARGAS, E (2013). *Influencia de geomallas en los parámetros mecánicos de materiales para vías terrestres*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México.

DIAZ GONZÁLEZ, J; ESCOBAR VELÁSQUEZ, O y OLIVO MARTÍNEZ, E (2014). *Aplicación de los Geosintéticos en la Estructura de los Pavimentos y en Obras de Drenaje para Carreteras*. Tesis de pregrado: Universidad de El Salvador

FIORINI GARCIA, A (2014). *Aplicación de geosintéticos en la construcción de carreteras*. Tesis de pregrado: Universidad de San Carlos de Guatemala.

GUEVARA MOLINA, E (2016). *Diseño Del Pavimento Flexible De La Carretera Pedro Carbo-La Estacada*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil.

HERNÁNDEZ, R et al. *Metodología de la investigación*. México DF: McGraw-Hill Interamericana, 2014, pp. 04.

HERNÁNDEZ, R et al. Metodología de la investigación. México DF: McGraw-Hill Interamericana, 2014, pp. 17.

HERNÁNDEZ, R et al. *Metodología de la investigación*. México DF: McGraw-Hill Interamericana, 2014, pp. 129.

HERNÁNDEZ, R et al. *Metodología de la investigación*. México DF: McGraw-Hill Interamericana, 2014, pp. 175.

HERNÁNDEZ, R et al. *Metodología de la investigación*. México DF: McGraw-Hill Interamericana, 2014, pp. 199.

Índice medio diario anual – MTC [en línea] [fecha de consulta: 26 junio 2020]. Disponible en: <http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/>

JAVIER ESTACIÓN, D (2018). *Mejoramiento de subrasante con aplicación de geomallas–viaducto 8 zona “cantagallo”–proyecto línea amarilla–Lima*. Tesis de pregrado: Universidad Cesar Vallejo.

MERA HEREDIA, M (2017). *Evaluación técnico-económica del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa Cruz-Bellavista, distrito Bellavista-Jaén-Cajamarca*. Tesis de pregrado: Universidad Nacional de Cajamarca

MORALES ALMANZA, K; OROZCO PERALTA, E y CAMPOS MOREIRA, S (2012). *Determinación de los Factores Equivalentes de Carga y Cálculo de los Ejes Equivalentes de Carga (EsaI's) de la Carretera León–Poneloya*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Ingeniería.

MTC, M. d (2013). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*.

NOVOA FERNÁNDEZ, LI (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.

NUÑEZ CONDORI, A (2016). *Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de Geo-Sintéticos*. Tesis de pregrado: Universidad Nacional del Altiplano.

ORREGO CABANILLAS, D (2014). *Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles*. Tesis pregrado: Universidad Católica del Perú.

Plantilla cálculo de ejes equivalentes [en línea]. En ALT INGENIEROS SAC, 20-10-18 [Fecha de consulta 02 Mayo 2020]. Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=aXklgAeyvJU&t=662s>

Plantilla Excel de estudio de tráfico vial - diseño de pavimento [en línea]. En ALT INGENIEROS SAC, 08-12-17 [Fecha de consulta 27 Abril 2020]. Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=CQsQSLu5EXg&t=1157s>

RNE, R. N. " Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos. 2010.

SILVA ARCE, M (2016). *Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo tx140 y tx160, aplicado a un tramo de la calle Alemania, (La Molina - Cajamarca 2016)*. Tesis de pregrado: Universidad Privada del Norte - Cajamarca.

TAIPE SARMIENTO, W y TOVAR CHOCCELAHUA, E (2012). *Comportamiento del pavimento flexible con el uso de geomalla en el distrito de Ircay km 0+ 010 camino a Ocopa Departamento de Huancavelica*. Tesis de pregrado: Universidad Nacional de Huancavelica.

TENSAR INTERNATIONAL CORPORATION (2013). *Propiedades y ventajas en el desempeño de las Geomallas: Tensar Triax*.

TINGAL HUATAY, W (2013). *Comparación entre el diseño de pavimento tradicional (aashto) y el diseño con geomalla en la pavimentación de la Av. Salomón Vílchez Murga de la ciudad de Cutervo*. Tesis de pregrado: Universidad Nacional de Cajamarca.

VALDERRAMA MENDOZA, S. *Pasos para la elaboración de proyectos de investigación científica. Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. 2° ed. Perú. Editorial San Marcos E.I.R.L., pp. 495.

VARA HORNA, A. *Desde La Idea hasta la sustentación: Siete pasos para una tesis exitosa. Un método efectivo para las ciencias empresariales*. Lima: Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos, 2012, pp. 202.

VARA HORNA, A. *Desde La Idea hasta la sustentación: Siete pasos para una tesis exitosa. Un método efectivo para las ciencias empresariales*. Lima: Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos, 2012, pp. 221.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Diseño de Pavimento flexible	Según Taipe (2016) conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas vehiculares provocadas por el tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada.	Es una estructura que está conformada por capas de material seleccionado la cuales se encuentra asentado sobre un terreno de fundación denominado sub rasante. Esta estructura está sometida directamente a cargas dinámicas y estáticas debido al tráfico vehicular que se transmiten a las capas inferiores con un menor impacto.	Propiedades mecánicas de base y sub base	CBR  Límite líquido  Índice de plasticidad
			Método AASHTO	Tránsito de diseño
			Estructura del pavimento	Espesor del pavimento
Refuerzo con geomalla	Según Koerner (2014), podemos definir a las geomallas como materiales geo sintéticos que consisten en juegos de costillas paralelas conectadas con aberturas de tamaño suficiente que permitan la	Las geomallas de refuerzo son estructuras en red recubiertas con productos que les confieren protección para su utilización en construcciones, están destinadas a aplicaciones de refuerzo y estabilización de suelos	Capacidad Portante	CBR
			Confinamiento lateral	Deformaciones  Verticales

	trabazón del material con el que están en contacto.	Periodo de vida	Esal
--	-----------------------------------------------------	-----------------	------



## Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**Proyecto de investigación:** "Diseño de un pavimento flexible utilizando geomallas en suelos arenosos en el AA.HH. Virgen de las Mercedes – Ventanilla 2020".

**Investigador:** Aguado Bravo, Brian Alexis

**Ubicación:** Departamento – Callao, Provincia – Ventanilla, AA.HH. Virgen de las Mercedes - Calle Ucayali.

**Fecha:**

### CONTEO DE TRÁFICO

TIPO DE VEHÍCULOS	CONTEO DE VEHICULOS	Total
<b>LIGERO</b>		
AUTOS, CAMIONETAS Y COMBIS		
<b>OMNIBUS</b>		
B2		
B3		
<b>CAMION</b>		
C2		
C3		
C4		
<b>SEMITRAYLER</b>		
T2S1		
T2S2		
T2S3		
3S1		
3S2		
<b>TRAYLER</b>		
2T2		
2T3		

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 3: Plano de ubicación y localización

#### Plano de Ubicación



Fuente: Municipalidad de Ventanilla

## Plano de Localización



Fuente: Google Earth

## Anexo 4: Ficha técnica de Geomalla TriAx® TX7



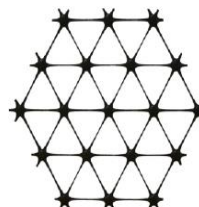
### Especificación de Producto - Geomalla TriAx® TX7

Tensor International Corporation se reserva el derecho de modificar las especificaciones del producto en cualquier momento. Es responsabilidad de quién diseña y de quién compra el asegurarse de que las especificaciones del producto son las vigentes y apropiadas para cada caso.

#### General

1. La geomalla es manufacturada utilizando una lámina de Polipropileno perforada la cual se orienta en tres direcciones sustancialmente equiláteras de manera que las costillas resultantes tengan un alto grado de orientación molecular lo cual continuará parcialmente a través de la masa del nodo integral.
2. Las características contribuyentes al desempeño de la carpeta mecánicamente estabilizada incluyen:

Tensor - Geomalla TriAx®



Propiedades índices	Longitudinal	Diagonal	Transversal	General
▪ Largo de la costilla <sup>(1)</sup> , mm (in)	40 (1.60)	40 (1.60)	-	
▪ Profundidad a media costilla <sup>(1)</sup> , mm (in)	-	2.0 (0.08)	1.6 (0.06)	
▪ Ancho a media costilla <sup>(1)</sup> , mm (in)	-	1.0 (0.04)	1.3 (0.05)	
▪ Geometría de la costilla				Rectangular
▪ Geometría de la abertura				Triangular

#### Dimensiones y entrega

La geomalla debe ser entregada en campo en rollos identificados individualmente de acuerdo a las siguientes dimensiones nominales:

- Ancho de 3.0 metros (9.8 pies) y largo desenrollado de 50 metros (164 pies).
- Ancho de 4.0 metros (13.1 pies) y largo desenrollado de 50 metros (164 pies).

#### Notas:

1. Dimensiones nominales.

**Tensor International Corporation**  
2500 Northwinds Pkwy.  
Atlanta, Georgia 30009  
Teléfono: 1 770 344 2090  
[www.tensorcorp.com/ES](http://www.tensorcorp.com/ES)

La presente especificación reemplaza cualquier especificación previa para el antes descrito producto y no es válida para productos enviados antes del 1° de febrero de 2012. Los nombres Tensor y TriAx son marcas registradas propiedad de Tensor International Corporation y/o de sus filiales en los Estados Unidos y en muchos otros países. La geomalla TriAx y su uso están protegidos por la patente U.S. No. 7,001,112. Patentes o solicitudes de patente también están vigentes en otros países. La determinación final de la idoneidad de la información contenida en este documento y de la descripción del producto para un uso o aplicación específica y su método de utilización son responsabilidades únicas del usuario. Tensor International Corporation renuncia a cualquier garantía expresa, implícita o estatutaria, incluyendo y no limitado a cualquier garantía de comerciabilidad o idoneidad para un uso particular en relación a este u otros productos, tecnologías o servicios de la empresa. La información expresada en el presente documento no debe interpretarse ni constituye consejo de ingeniería.

## Anexo 5: Parámetros de diseño de pavimento flexible según AASHTO 93

Tabla 9. Tipo de tráfico Pesado según rango de Tráfico

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
$T_{P5}$	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
$T_{P6}$	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
$T_{P7}$	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
$T_{P8}$	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
$T_{P9}$	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
$T_{P10}$	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
$T_{P11}$	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE

Fuente: Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos

**Tabla 10.** Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	<b>T<sub>P0</sub></b>	<b>100,000</b>	<b>150,000</b>	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	95%
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		95%

**Fuente:** Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos

**Tabla 11.** *Coficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ) según rango de Tráfico y para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años)*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL ( $Z_r$ )
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,001	150,000	-0.385
	TP1	150,001	300,000	-0.524
	TP2	300,001	500,000	-0.674
	TP3	500,001	750,000	-0.842
	TP4	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	TP9	7,500,001	10'000,000	-1.282
	TP10	10'000,001	12'500,000	-1.282
	TP11	12'500,001	15'000,000	-1.282
	TP12	15'000,001	20'000,000	-1.645
	TP13	20'000,001	25'000,000	-1.645
	TP14	25'000,001	30'000,000	-1.645
	TP15		>30'000,000	-1.645

**Fuente:** Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos

**Tabla 12.** Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	3.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	3.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	3.80
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	4.00
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	4.00
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	4.00
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	4.00
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	4.00
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	4.00
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	4.00
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	4.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	4.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	4.20
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		4.20

Fuente: Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos



**Tabla 13. Índice de Serviciabilidad final (Pt) Según Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	2.00
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	2.00
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	2.00
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	2.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	2.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	2.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	2.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	2.50
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	2.50
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	2.50
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	3.00
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	3.00
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	3.00
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		3.00

Fuente: Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos

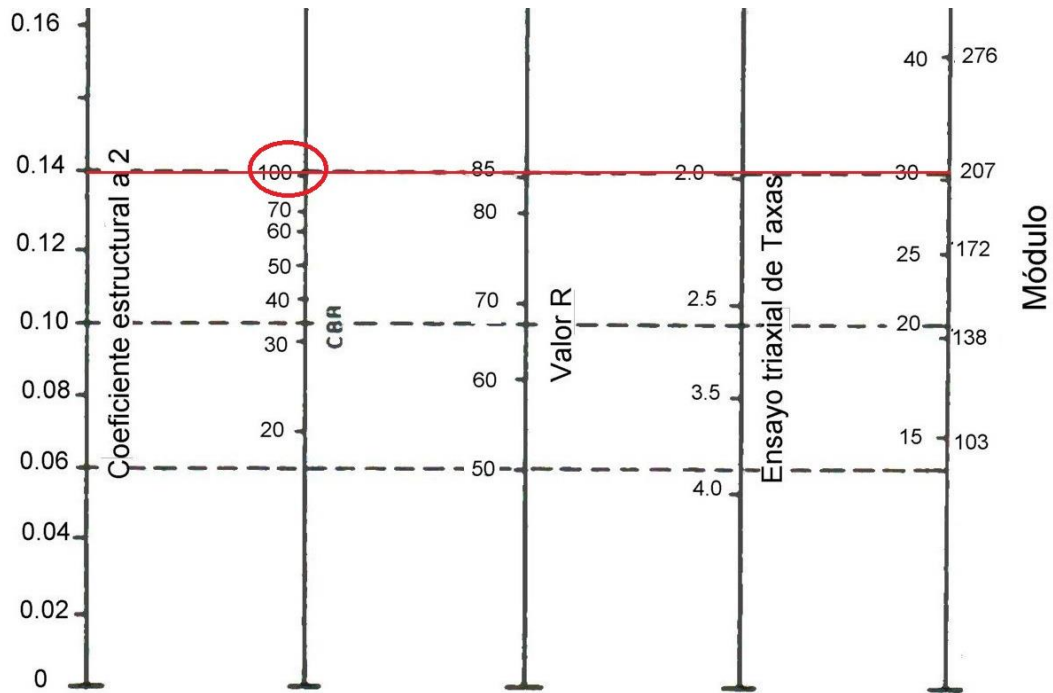


Figura 14. Abaco para estimar el número estructural de la capa de base "a<sub>2</sub>"

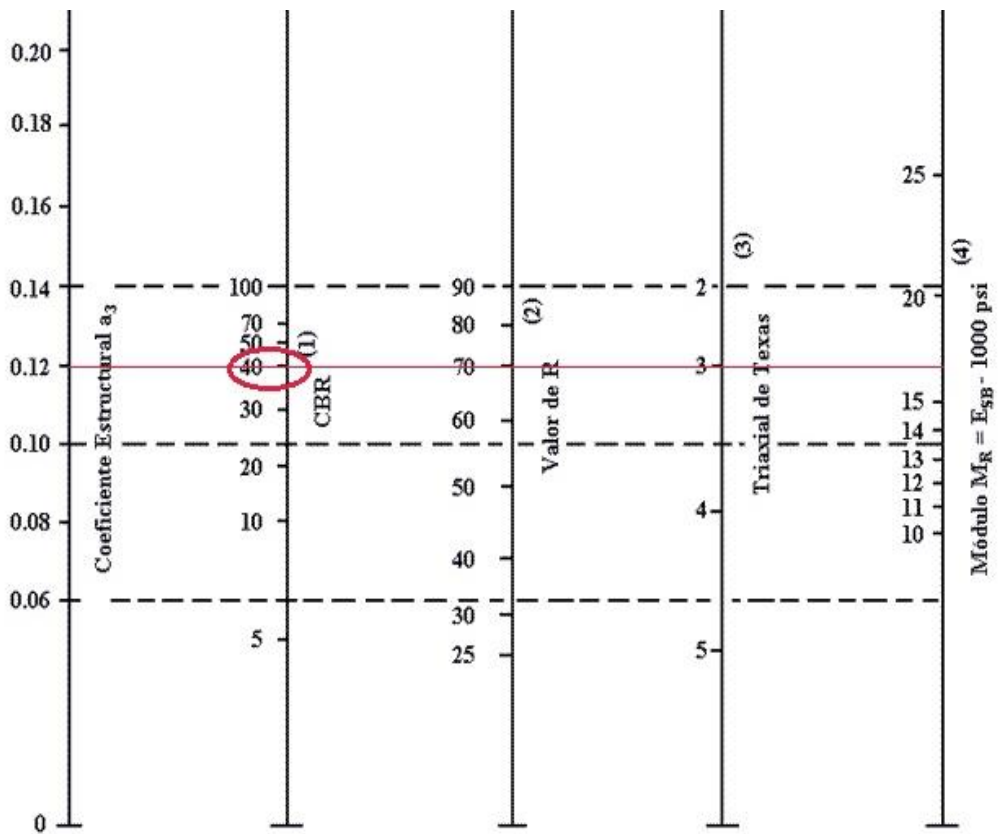






Figura 15. Abaco para estimar el número estructural de la capa de sub-base "a<sub>3</sub>"

## Anexo 6: Registro de excavación

### REGISTROS DE EXCAVACION

**PROYECTO :** AA.HH AGRUPACION DE FAMILIAS CASA HUERTA VIRGEN DE LAS MERCEDES  
**SOLICITANTE :** AA.HH AGRUPACION DE FAMILIAS CASA HUERTA VIRGEN DE LAS MERCEDES  
**UBICACION :** AV. EL BIERZO  
**FECHA :** DICIEMBRE 2017

**CALICATA : C-1**  
**Profundidad : 2.50m**  
**NF : No se encontró**

Profundidad (m)	Tipo Excavación	Muestra	DESCRIPCION		Clasificación SACS	
0.20	EXCAVACION A CIELO ABIERTO		RELLENO CONTAMINADO			
0.40			M1	ARENA LIMOSA CON GRAVA		SM
0.60						
0.80						
1.00						
1.20						
1.40						
1.60						
1.80						
2.00						
2.20		M2			ARENA LIMOSA CON GRAVA ARENA POBREMENTE GRADUADA	
2.40						
2.60						
2.80						
3.00						

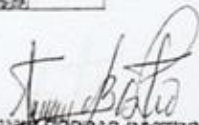
  
**FERNANDO BORRAJO CASTRO**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Rcg CIP N° 55519**

# REGISTROS DE EXCAVACION

**PROYECTO :** AA.HH AGRUPACION DE FAMILIAS CASA HUERTA VIRGEN DE LAS MERCEDES  
**SOLICITANTE :** AA.HH AGRUPACION DE FAMILIAS CASA HUERTA VIRGEN DE LAS MERCEDES  
**UBICACION :** AV. EL BIERZO  
**FECHA :** DICIEMBRE 2017

**CALICATA : C-2**  
**Profundidad : 2.50m**  
**NF : No se encontró**

Profundidad (m)	Tipo Excavación	Muestra	DESCRIPCION	Clasificación SISES			
0.20	EXCAVACION A CIELO ABIERTO		RELLENO CONTAMINADO				
0.40			M1	ARENA LIMOSA CON GRAVA	SM		
0.60							
0.80							
1.00							
1.20							
1.40							
1.60							
1.80							
2.00		M2				ARENA LIMOSA CON GRAVA ARENA POBREMENTE GRADUADA	SP-SM
2.20							
2.40							
2.60							
2.80							
3.00							

  
**PERUVIAN PORRAS CASTRO**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Reg. CIP N° 59519**

# Anexo 7: Resultado de ensayos de laboratorio mecánica de suelos

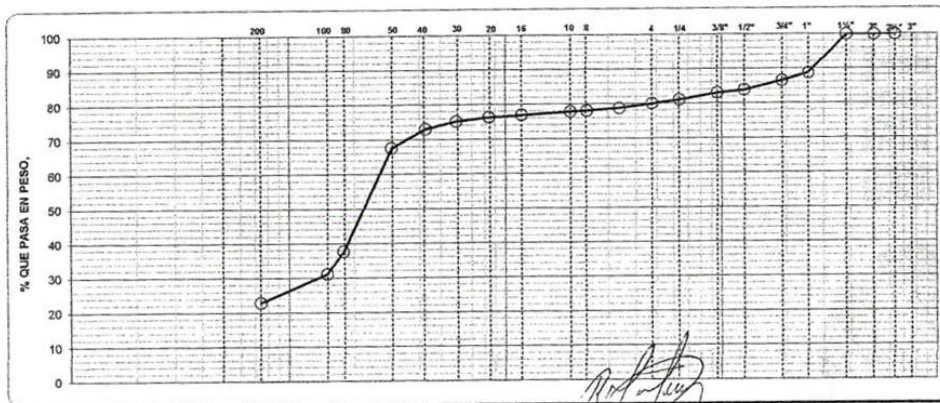
## CALICATA C-01



**BRITISH TRAINING WORK EIRL**

CONSULTORIA Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
PROYECTO :		LOTIZACION AGRUPACION POBLACIONAL AGRUPACION DE FAMILIAS CASA HUERTA "virgen de las mercedes"							
UBICACIÓN :		AV. EL BIERZO (VALLE CHILLON - VENTANILLA CALLAO)							
PROGRESIVA :		C1 - M1							
SOLICITANTE :		CASA HUERTA "VIRGEN DE LAS MERCEDES"					FECHA :		09.12.2017
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E - 107)									
MUESTRA : SUELO		PROF. 0.00 - 1.30							
Tamiz Ø	Material retenido				Especificaciones		Descripción		
	Pulgada	mm	Peso (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)			
3"	76.20								Humedad (%) 7.60
2 1/2"	63.50								Grava (%) 19.9
2"	50.80								Arena (%) 57.1
1 1/2"	38.10					100.0			
1"	25.40	104.1	11.25	11.2	88.8				Pasante N° 200 (%) 23.0
3/4"	19.05	20.1	2.17	13.4	86.6				Peso Inicial (gr) 925.5
1/2"	12.70	24.8	2.68	16.1	83.9				Porción de finos (gr) 712.7
3/8"	9.53	7.6	0.82	16.9	83.1				
1/4"	6.35	18.0	1.94	18.9	81.1				L.L (%) 18
N° 4	4.75	9.8	1.06	19.9	80.1				L.P (%) NP
N° 6	3.35	11.8	1.27	21.2	78.8				I.P (%) NP
N° 8	2.38	6.3	0.68	21.9	78.1				
N° 10	2.00	2.5	0.27	22.2	77.8				CLASIFIC. SUCS : SM
N° 16	1.19	8.1	0.88	23.0	77.0				CLASIFIC. AASHTO : A-2-4(0)
N° 20	0.84	5.5	0.59	23.6	76.4				
N° 30	0.59	10.8	1.17	24.8	75.2				
N° 40	0.43	20.0	2.16	26.9	73.1				
N° 50	0.30	50.0	5.40	32.4	67.6				
N° 80	0.18	277.0	29.93	62.3	37.7				
N° 100	0.15	60.4	6.53	68.8	31.2				
N° 200	0.074	75.9	8.20	77.0	23.0				
Bandeja		212.8	22.99	100.0					



*Robert E. Martínez Jongs*  
 Robert E. Martínez Jongs  
 CIP 76496  
 INGENIERO CIVIL

*Fernando Porras Castro*  
 FERNANDO PORRAS CASTRO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 50819



# BRITISH TRAINING WORK EIRL

CONSULTORIA Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
PROYECTO :	LOTIZACIÓN AGRUPACION POBLACIONAL, AGRUPACION DE FAMILIAS CASA HUERTA "virgen de las mercedes"
UBICACIÓN :	AV. EL BIERZO (VALLE CHILLON - VENTANILLA CALLAO)
PROGRESIVA :	C1 - M1
SOLICITANTE :	CASA HUERTA "VIRGEN DE LAS MERCEDES" <span style="float: right;">FECHA : 09.12.2017</span>

DETERMINACION DE LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL (NORMA MTC E - 110, 111,108)	
--------------------------------------------------------------------------------------------	--

MUESTRA : SUELO PROF. 0.00 - 1.30

### LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000) Método "A"

Nº RECIPIENTE	1	2	3	4
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (gr)	30.80	34.89	32.64	27.46
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)	27.44	31.21	29.27	25.33
PESO DEL AGUA (gr)	3.36	3.68	3.37	2.13
PESO DEL RECIPIENTE (gr)	10.25	11.24	10.10	12.35
PESO DEL SUELO SECO (gr)	17.19	19.97	19.17	12.98
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19.53	18.41	17.57	16.44
NUMERO DE GOLPES	18	22	26	31

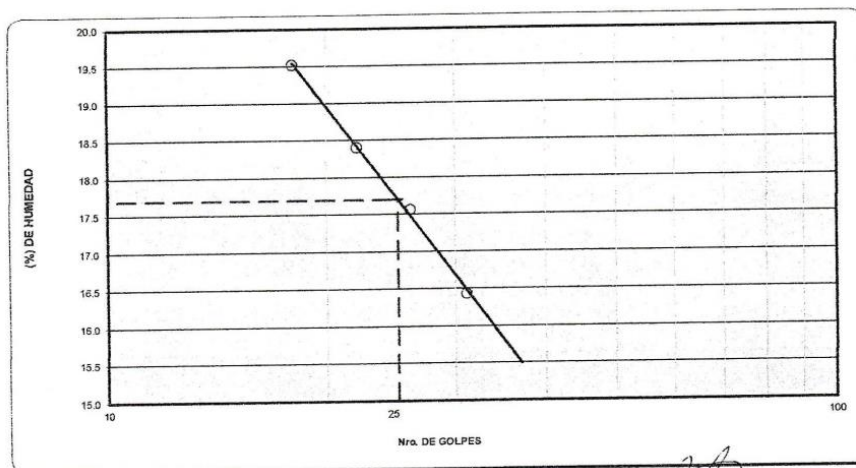
### HUMEDAD NATURAL (MTC E 108 - 2000)

7	PROMEDIO		
828.6	-	-	-
778.9	-	-	-
49.7	-	-	-
125.3	-	-	-
653.6	-	-	-
7.60	-	7.6	-
	-	-	-

### LIMITE PLASTICO (MTC E 111 - 2000)

Nº RECIPIENTE				
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (gr)				
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)		NP		
PESO DEL AGUA (gr)				
PESO DEL RECIPIENTE (gr)				
PESO DEL SUELO SECO (gr)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				

LL =	18
LP =	NP
I.P. =	NP



OBSERVACIONES

*Robert E. Martinez Ponce*  
 Robert E. Martinez Ponce  
 CIP 76496  
 INGENIERO CIVIL

*PERCIN PORRAS CASTRO*  
 PERCIN PORRAS CASTRO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 30819



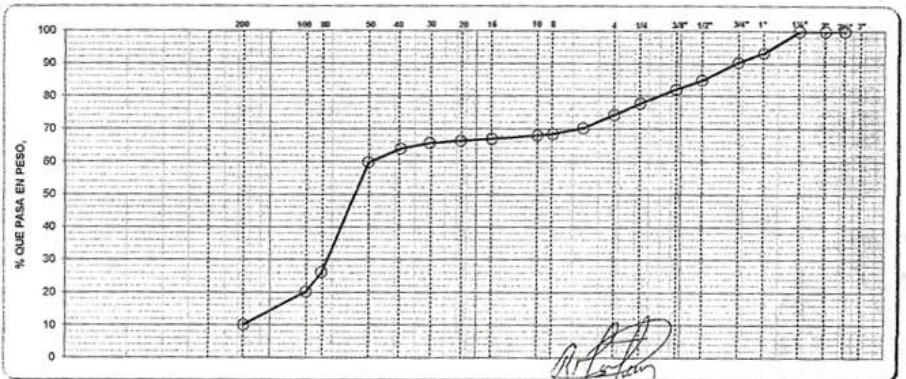
# BRITISH TRAINING WORK EIRL

CONSULTORIA Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
PROYECTO :	LOTIZACION AGRUPACION POBLACIONAL, AGRUPACION DE FAMILIAS CASA HUERTA "virgen de las mercedes"
UBICACION :	AV. EL BIERZO (VALLE CHILLON - VENTANILLA CALLAO)
PROGRESIVA :	C1 - M2
SOLICITANTE :	CASA HUERTA "VIRGEN DE LAS MERCEDES" <span style="float: right;">FECHA : 09.12.2017</span>

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E - 107)	
MUESTRA : SUELO	PROF. 1.30 - 2.50

Tamiz	Material retenido				Especificaciones		Descripción
	Ø	Peso (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	min. (%)	
3"	76.20						
2 1/2"	63.50						Humedad (%) 9.10
2"	50.80						Grava (%) 25.6
1 1/2"	38.10				100.0		Arena (%) 64.2
1"	25.40	96.3	6.65	6.7	93.3		Pasante N° 200 (%) 10.2
3/4"	19.05	42.8	2.96	9.6	90.4		Peso Inicial (gr) 1,448.1
1/2"	12.70	78.5	5.42	15.0	85.0		Porción de finos (gr) 1,301.0
3/8"	9.53	41.0	2.83	17.9	82.1		
1/4"	6.35	62.2	4.30	22.2	77.8		L.L (%) 16
N° 4	4.76	50.4	3.48	25.6	74.4		L.P (%) NP
N° 6	3.36	59.1	4.08	29.7	70.3		I.P (%) NP
N° 8	2.38	24.9	1.72	31.4	68.6		
N° 10	2.00	6.6	0.46	31.9	68.1		CLASIFIC. SUCS : SP - SM
N° 16	1.19	16.8	1.16	33.1	66.9		CLASIFIC. AASHTO : A-3(0)
N° 20	0.84	8.6	0.59	33.6	66.4		
N° 30	0.59	9.4	0.65	34.3	65.7		
N° 40	0.43	24.5	1.69	36.0	64.0		
N° 50	0.30	60.1	4.15	40.1	59.9		
N° 80	0.18	487.0	33.63	73.8	26.2		
N° 100	0.15	85.4	5.90	79.7	20.3		
N° 200	0.074	147.4	10.18	89.8	10.2		
Bandeja		147.1	10.16	100.0	0.0		



Robert E. Martínez Domínguez  
 CIP 76496  
 INGENIERO CIVIL

*Tomás Busto*  
 PORFIRIO BUSTO CASTRO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 99519

CALLE LA LUNA N° 119 - DPTO 101 URB. SAN ROQUE - SANTIAGO DE SURCO  
 Cel. 959013346 - Email: info@britishtrainingwork.com - Web site: britishtrainingwork.com



# BRITISH TRAINING WORK EIRL

CONSULTORIA Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
PROYECTO :	LOTIZACIÓN AGRUPACION POBLACIONAL AGRUPACION DE FAMILIAS CASA HUERTA "virgen de las mercedes"
UBICACIÓN :	AV. EL BIERZO (VALLE CHILLON - VENTANILLA CALLAO.
PROGRESIVA :	C1 - M2
SOLICITANTE :	CASA HUERTA "VIRGEN DE LAS MERCEDES" <span style="float: right;">FECHA : 09.12.2017</span>

DETERMINACION DE LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL (NORMA MTC E - 110, 111, 108)	
MUESTRA : SUELO	PROF. 1.30 - 2.50

**LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000) Método "A"**

Nº RECIPIENTE	5	6	7
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (gr)	30.63	32.03	29.85
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)	28.19	29.29	27.39
PESO DEL AGUA (gr)	2.44	2.74	2.46
PESO DEL RECIPIENTE (gr)	14.29	12.85	11.80
PESO DEL SUELO SECO (gr)	13.90	16.64	15.79
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	17.52	16.45	15.81
NUMERO DE GOLPES	17	23	28

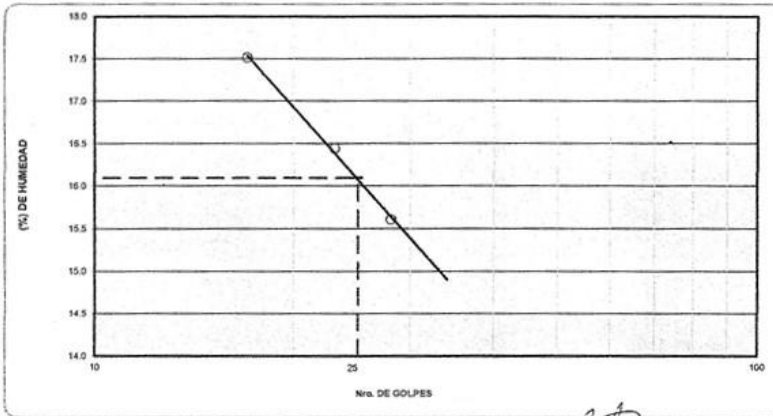
**HUMEDAD NATURAL (MTC E 108 - 2000)**

8	PROMEDIO		
875.7	-	-	-
812.4	-	-	-
63.3	-	-	-
116.6	-	-	-
885.8	-	-	-
9.10	-	9.1	-
	-	-	-

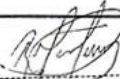
**LIMITE PLASTICO (MTC E 111 - 2000)**

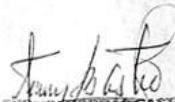
Nº RECIPIENTE			
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (gr)			
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)		NP	
PESO DEL AGUA (gr)			
PESO DEL RECIPIENTE (gr)			
PESO DEL SUELO SECO (gr)			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			

LL =	16
LP =	NP
LP =	NP



OBSERVACIONES

  
 Robert E. Martínez Jongs  
 CIP 76496  
 INGENIERO CIVIL

  
 FL. R. LINARES CASTRO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP Nº 39519



# CALICATA C-02



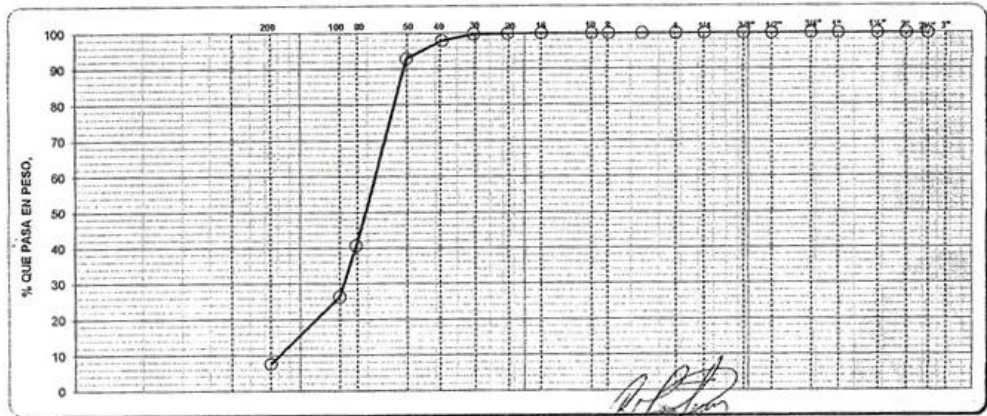
## BRITISH TRAINING WORK EIRL

CONSULTORIA Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
PROYECTO :	LOTIZACION AGRUPACION POBLACIONAL, AGRUPACION DE FAMILIAS CASA HUERTA "virgen de las mercedes"
UBICACIÓN :	AV. EL BIERZO (VALLE CHILLON - VENTANILLA CALLAO)
PROGRESIVA :	C2 - M2
SOLICITANTE :	CASA HUERTA "VIRGEN DE LAS MERCEDES" <span style="float: right;">FECHA : 09.12.2017</span>

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E - 107)	
MUESTRA : SUELO	PROF. 1.20 - 2.50

Tamiz		Material retenido				Especificaciones		Descripción
Ø		Peso (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	min. (%)	max. (%)	
Pulgada	mm							
3"	76.20							Humedad (%) 5.70
2 1/2"	63.50							Grava (%)
2"	50.80							Arena (%) 92.3
1 1/2"	38.10							
1"	25.40							Pasante N° 200 (%) 7.7
3/4"	19.05							Peso inicial (gr) 323.9
1/2"	12.70							Porción de finos (gr) 298.9
3/8"	9.53							
1/4"	6.35							L.L (%) NP
N° 4	4.76							L.P (%) NP
N° 6	3.36							I.P (%) NP
N° 8	2.38							
N° 10	2.00							CLASIFIC. SUCS : SP - SM
N° 16	1.19							CLASIFIC. AASHTO : A-3(0)
N° 20	0.84				100.0			
N° 30	0.59	0.8	0.25	0.2	99.8			
N° 40	0.43	5.8	1.79	2.0	98.0			
N° 50	0.30	16.0	4.94	7.0	93.0			
N° 60	0.25	169.5	52.33	59.3	40.7			
N° 75	0.20	46.2	14.26	73.6	26.4			
N° 100	0.15	60.6	18.71	92.3	7.7			
N° 200	0.074							
Bandeja		25.0	7.72	100.0	0.0			



*Robert E. Martínez Domínguez*  
 Robert E. Martínez Domínguez  
 CIP 76496  
 INGENIERO CIVIL



# BRITISH TRAINING WORK EIRL

CONSULTORIA Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS

## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : LOTIZACION AGRUPACION POBLACIONAL, AGRUPACION DE FAMILIAS CASA HUERTA "virgen de las mercedes"  
UBICACIÓN : AV. EL BIERZO (VALLE CHILLON - VENTANILLA CALLAO.  
PROGRESIVA : C2 - M2  
SOLICITANTE : CASA HUERTA "VIRGEN DE LAS MERCEDES" FECHA : 09.12.2017

### DETERMINACION DE LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL (NORMA MTC E - 110, 111,108)

MUESTRA : SUELO PROF. 1.20 - 2.50

#### LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000 ) Método "A"

Nº RECIPIENTE				
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (gr)				
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)				
PESO DEL AGUA (gr)		NP		
PESO DEL RECIPIENTE (gr)				
PESO DEL SUELO SECO (gr)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
NUMERO DE GOLPES				

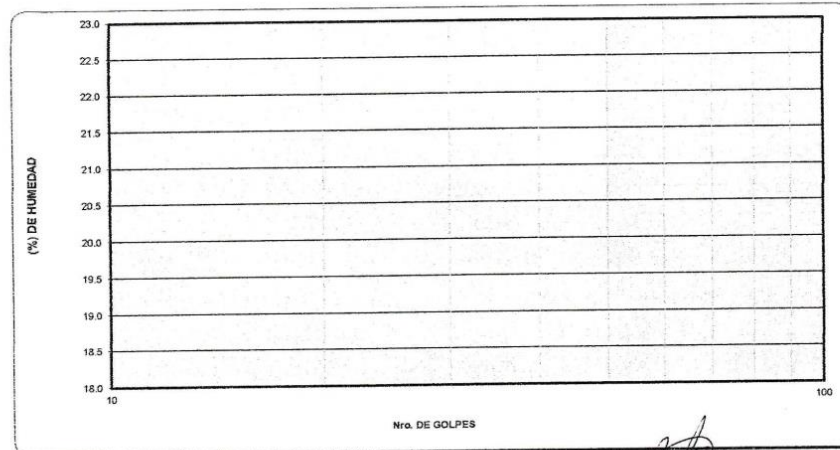
#### HUMEDAD NATURAL (MTC E 108 - 2000 )

10	PROMEDIO		
711.4	-	-	-
678.4	-	-	-
33.0	-	-	-
99.6	-	-	-
578.8	-	-	-
5.71	-	5.7	-
	-	-	-

#### LIMITE PLASTICO (MTC E 111 - 2000 )

Nº RECIPIENTE				
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (gr)				
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)				
PESO DEL AGUA (gr)		NP		
PESO DEL RECIPIENTE (gr)				
PESO DEL SUELO SECO (gr)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				

L.L. =	NP
L.P. =	NP
I.P. =	NP



OBSERVACIONES

Robert E. Martínez Dongo  
CIP 76496  
INGENIERO CIVIL

REGIN PORRAS CASTRO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 59519