



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Análisis económico del pavimento flexible con y sin geomallas en la estructura de la subrasante, vía auxiliar izquierda pk 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla”

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

**AUTOR:**

Ahumada Villegas Leeny Jofrey

**ASESOR:**

MSc. Emilio Medrano Sánchez


**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2018

# PÁGINA DEL JURADO

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 2
--	---------------------------------------	---

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

Leeny Jofrey Ahumada Villegas

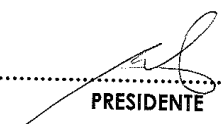
cuyo título es:

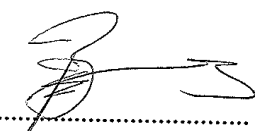
"Análisis económico del pavimento flexible con y sin geomallas en la estructura de la subrasante, vía auxiliar izquierda pk 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla"

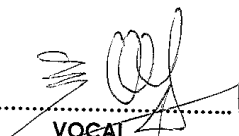
Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

12 (número) ..... Dice ..... (letras).

Lugar y fecha 03-12-2018

  
.....  
**PRESIDENTE**  
Mg. Jose Benitos  
Grado y nombre

  
.....  
**SECRETARIO**  
Msc. Bendoro Romero L.  
Grado y nombre

  
.....  
**VOCAL**  
Msc. Emilio Medeiros  
Grado y nombre

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

## ACTA DE REVISIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN POR EL JURADO

El **Jurado** encargado de evaluar el Trabajo de Investigación, **PRESENTADO EN LA MODALIDAD DE: INFORME DE TESIS**

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

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Rosario, a mis hijos Michael, Renzo y Gael, por su incondicional muestras de amor, a mi madre Luz, por su apoyo y esfuerzo a mis abuelos Juan y Aurora, por sus grandes enseñanzas y buenas costumbres, la cual aplico en mi vida cotidiana.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por sobre todas las cosas, a mi familia que es mi fortaleza y apoyo constante a lo largo de mi vida.

A mi gran amigo el Ingeniero Mg. Carlos Ventura, por su profesionalismo, apoyo y enseñanzas brindadas en este trabajo y hacia mi vida personal.

# **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Leeny Jofrey Ahumada Villegas con DNI N°16782994, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se muestra en la presente tesis son auténticos y veraces.

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

**Lima, 03 diciembre de 2018**



**Leeny Jofrey Ahumada Villegas**

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado.

En cumplimiento con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Análisis económico del pavimento flexible con y sin geomallas en la estructura de la subrasante, vía auxiliar izquierdo pk 2+000 hasta pk 2+300, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniería.

Leeny Jofrey Ahumada Villegas

# ÍNDICE

<b>PÁGINA DEL JURADO.....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....</b>	<b>v</b>
<b>PRESENTACIÓN .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Realidad Problemática .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Trabajos Previos.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3 Teoriarelacionadas.....</b>	<b>21</b>
1.3.1 Estructura del pavimento flexible, capas y sus características .....	21
1.3.2 Sub Rasante .....	21
1.3.3 Sub Base .....	22
1.3.4 Base .....	22
1.3.5 Carpeta de Rodadura .....	22
1.3.6 Geosintéticos .....	22
1.3.7 Metodología de Diseño AASHTO (Diseño Convencional) .....	26
1.3.8 AASHTO R-50 (Diseño Geosintético).....	33
<b>1.4 Formulación del problema .....</b>	<b>35</b>
1.4.1 Problema general .....	35
1.4.2 Problemas Específicos .....	35
<b>1.5 Justificación del Estudio .....</b>	<b>35</b>
1.5.1 Justificación Teórica.....	35
1.5.2 Justificación Metodológica.....	36
1.5.3 Justificación Tecnológica .....	36
1.5.4 Justificación Económica.....	36
<b>1.6 Hipótesis .....</b>	<b>37</b>
1.6.1 Hipótesis general .....	37
1.6.2 Hipótesis Específicas .....	37

<b>1.7 Objetivos .....</b>	<b>37</b>
1.7.1 Objetivos Generales.....	37
1.7.2 Objetivos Específicos .....	37
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>39</b>
2.1 Diseño de la Investigación .....	40
2.2 Tipo De Investigación .....	40
2.3 Nivel De Investigación.....	41
<b>2.4 Población Y Muestreo.....</b>	<b>43</b>
2.4.1 Población .....	43
2.4.2 Muestra .....	43
2.4.3 Técnicas e Instrumentos de recolección De Datos, Validez Y Confiabilidad.....	43
2.4.3.1 Técnicas .....	43
2.4.3.2 Recolección de Datos.....	44
2.4.4 Matriz de Operacionalización.....	47
2.4.3 Operacionalización de las Variables.....	49
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
3.1 Descripción del proyecto de aplicación.....	51
3.2 Diseño del Paquete Estructural del Pavimento.....	52
3.1.1 Determinar el espesor de reemplazo en función al terreno natural. ....	52
3.1.2 Verificación del espesor del mejoramiento de suelo mediante cálculo de deflexiones.....	58
3.3 Análisis de Costo .....	60
3.4 Análisis de los resultados .....	65
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>67</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>VI RECOMENDACIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>77</b>
Anexo N°1 Presupuesto mejoramiento con material seleccionado.....	78
Anexo N° 2 Presupuesto mejoramiento con geomalla .....	82
Anexo N° 3 Exploraciones Geotécnicas.....	86
Anexo N° 4 Planos.....	87
Anexo N° 5 Especificaciones Técnicas de la Geomalla .....	94



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mecanismo de Confinamiento Lateral .....	24
Figura 2 Distribución de las zonas de confinamiento.....	24
Figura 3 Mecanismo de Mejoramiento de Capacidad de Soporte.....	25
Figura 4 Efecto de zapato de nieve.....	25
Figura 5 Efecto de Membrana Tensionada.....	26
Figura 6 Nomograma para la obtención del SN. ....	29
Figura 7 Obtención de coeficiente.....	30
Figura 8 Obtención de coeficiente a2 .....	31
Figura 9 Obtención de coeficiente a3 .....	32
Figura 10 Ubicación del Proyecto.....	51
Figura 11 Espesor del paquete estructural.....	59
Figura 12 Tres capas de geomallas, extremos triaxiales (1 y 3) y medio biaxial (2) .....	59
Figura 13 Factores de deflexión superficial para sistemas de dos capas (BURMISTER) ..	60
Figura 14 Perfil Paso Inferior Morales Duárez.....	60
Figura 15 Extraído del anexo 03, para caso 1 (Fuente: Elaboración propia, usando el programa S10) .....	62
Figura 16 Extraído del anexo 03, para caso 2 (Fuente: Elaboración propia, usando el programa S10) .....	63
Figura 17 Comparación técnica caso 1 y caso 2.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de confiabilidad (AASHTO, 1993) .....	27
Tabla 2 Diferencias en la calidad del drenaje de la estructura (AASHTO, 1993) .....	33
Tabla 3 Diferencias en la calidad del drenaje de la estructura (AASHTO, 1993) .....	33
Tabla 4 Matriz de operacionalización de variables .....	42
Tabla 5 Descripción de técnicas e instrumentos.....	44
Tabla 6 Número de calicatas para exploración de suelos.....	45
Tabla 7 Resumen de Calicatas.....	46
Tabla 8 Matriz de Consistencia .....	47
Tabla 9 Operacionalización de variables.....	49
Tabla 10 Calculo de Mr en función al CBR .....	53
Tabla 11 Índice de Serviciabilidad inicial (Pi). De acuerdo al Rango de Trafico .....	53
Tabla 12 Índice de Serviciabilidad final (Pt). De acuerdo al Rango de Trafico.....	54
Tabla 13 Valores de confiabilidad de acuerdo al Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Adecuados de la guía AASHTO 93 .....	55
Tabla 14 Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ).....	56
Tabla 15 Datos empleados en el proyecto. ....	57
Tabla 16 Datos.....	57
Tabla 17 Calculo para especificar el espesor de material de reemplazo. ....	58
Tabla 18 Datos para el caso N°1 .....	61
Tabla 19 Presupuesto para caso 1.....	62
Tabla 20 Datos para el caso N°2 .....	62
Tabla 21 Presupuesto para caso 2.....	63
Tabla 22 Comparación económica caso 1 y caso 2 .....	64
Tabla 23 Comparación de características caso 1 y caso 2 .....	65
Tabla 24 Ventajas y similitudes en caso 1 y caso 2.....	65

## RESUMEN

En esta investigación brindamos un alcance comparativo económico, en el cual se analiza el costo del mejoramiento de la sub rasante de un pavimento flexible, mediante el uso de geomallas y el método convencional, ubicado en la vía auxiliar izquierda, entre las intersecciones Avenida Universitaria y Avenida Morales Duárez, lado Callao del Proyecto Línea Amarilla. Debido a la intervención del investigador, esta investigación es No Experimental; del tipo Comparativo, porque utiliza propuestas distintas para la demostración de resultados; de nivel Descriptivo, dada la forma de dar a conocer los resultados realizados. Para mejorar las transferencias de las cargas vehiculares, se empleará geomallas, las mismas que al formar una trabazón con los materiales pétreos seleccionados, logran redistribuir las cargas horizontalmente, dentro del paquete estructural de la subrasante. En este estudio presentamos dos casos, los cuales, servirá para poder comparar ambas situaciones. Para ambos casos; las vías donde se pretende construir presentan un suelo blando, con relleno no controlado. En la primera propuesta se realizaría un masivo movimiento de tierras, para mejorar el terreno de fundación; para la segunda propuesta, se incluyen las geomallas, que en conjunto con los materiales pétreos logran generar una diferencia entre los espesores, además el número de capas es menor, con relación al del método tradicional. Por lo que podemos concluir que ambas propuestas son técnicamente validas, ya que solucionan el problema de los suelos blandos; pero el empleo de geomallas es más económico; debido a sus altas propiedades mecánicas, logrando reducir los espesores de reemplazo de suelos de rellenos no controlados; además, reducen el tiempo de ejecución del Proyecto, generando optimizar los costos.

**Palabras clave:** Sub rasante, rasante, geomallas

## **ABSTRACT**

In this research we provide a comparative economic scope, in which the cost of improving the subgrade of a flexible pavement is analyzed, by using geogrids and the conventional method, located on the left auxiliary road, between the intersections of University Avenue and Avenida Morales Duárez, Callao side of the Yellow Line Project. Due to the intervention of the researcher, this research is Non-Experimental; of the Comparative type, because it uses different proposals for the demonstration of results; Descriptive level, given the way to publicize the results. To improve the transfers of the vehicular loads, geogrids will be used, the same ones that when forming a link with the selected stone materials, manage to redistribute the loads horizontally, within the structural package of the subgrade. In this study we present two cases, which will serve to compare both situations. For both cases; the roads where it is intended to build present a soft soil, with uncontrolled filling. In the first proposal, a massive movement of lands would be carried out, to improve the foundation land; for the second proposal, the geogrids are included, which together with the stone materials manage to generate a difference between the thicknesses, in addition the number of capable is smaller, in relation to that of the traditional method. So we can conclude that both proposals are technically valid, since they solve the problem of soft soils; but the use of geogrids is more economical; due to its high mechanical properties, managing to reduce the replacement thicknesses of uncontrolled filling floors; In addition, they reduce the execution time of the Project, generating cost optimization.

Keywords: Subgrade, slope, geogrids

## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Realidad Problemática

Dentro del Proyecto Línea Amarilla, se encuentra el tramo a evaluar, localizado entre las progresivas 2+000 hasta la progresiva 2+300. Este gran Proyecto de Lima, une 9 distritos en su recorrido, desde San Juan de Lurigancho hasta el Callao, en tiempo promedio de 20 minutos, agilizando enormemente el tráfico vehicular. El Proyecto Línea Amarilla, está compuesta por 12 Viaductos, ubicados estratégicamente para cruzar el Rio Rímac e ingresar a la Vía Expresa, lo que varía su altura y longitud; además de un túnel de 1620 metros ubicado debajo del Rio Rímac entre los puentes Ricardo Palma y el puente Rayitos de Sol aproximadamente

Los inconvenientes que se presentan muy a menudo para el diseño de una vía es la diversidad de suelo de fundación que soportara el pavimento, esto según la región por donde atraviesa; por lo que dada las condiciones que exige cada carretera según las cargas a las que será sometida, es necesario ser rediseñadas. Par ello, tenemos tres alternativas típicas disponibles: Sustitución de material inapropiado, también el uso de estabilizadores o el empleo de geomallas, sobre el uso de este último material se referirá la presente tesis. El problema principal del Diseño Geométrico del Proyecto Línea Amarilla, que se encuentra al margen derecho del rio Rímac en sentido de Norte a Sur, el cual cambia antes de ingresar al túnel de 1600m aproximadamente y retoma su posición al margen derecho antes de ingresar a la vía de evitamiento, no solo se debió a la expropiación de terrenos y casas; sino básicamente al tipo de suelos, debido a su baja capacidad portante, por lo que el suelo de fundación por donde recorrería la vía expresa y sus vías auxiliares debía ser sustituida o mejorada para un óptimo aporte estructural.

Siendo el área de estudio ubicado en la vía auxiliar lado izquierdo de la entrada del Paso Inferior Morales Duárez (Viaducto 1), correspondiente a las progresivas 2+000 hasta las progresivas 2+300.

La Vía Auxiliar del Paso Inferior Morales Duárez, presenta relleno no controlado a lo largo de su recorrido, sobre esta zona expropiada se construyó la vía expresa, para la cual se tuvo que realizar un mejoramiento de terreno. El presente estudio de investigación tiene como finalidad realizar un análisis económico del uso de geo malla como mejoramiento de la sub rasante a una solución de movimiento de tierras masivas de relleno no controlado.

Para el mejoramiento de la subrasantes con geomallas triaxial y biaxial en la “Vía Auxiliar Paso Inferior Morales Duárez-PIMD del Proyecto Línea Amarilla”, se ha realizado un estudio de suelos mediante el método de calicatas in situ, para evaluar las características de la subrasantes y poder procesar toda esta información recopilada.

Los trabajos de exploración de campo obtenidos se basaron en calicatas, realizados cada 100 metros aproximadamente, el muestreo aleatorio fue enviado a un laboratorio para su análisis respectivo, el cual adjuntaremos sus resultados para conocimiento general.

Para (Tapia Diez, Barona Fajardo, & Inga Morán, 2005), en su tesis “Diseño de un pavimento utilizando geomallas en tramo de la carretera bajada de chanduy - aguas verdes - pocito ( absc 2+900 hasta absc 3+600), nos da a conocer mediante un diseño de pavimento flexible, metodologías empleadas usando las geomallas, las mismas que por poseer altas bondades de resistencia al estrujamiento, logran optimizar y economizar los recursos a emplear, en referencia al método tradicional de la AASHTO. Donde concluye que; el empleo de geomallas en la subrasante aumenta la resistencia del pavimento flexible. También nos da a conocer, que un pavimento flexible compuesto por geomallas optimizan el horro en materiales, disminuyendo los espesores en las capas sin afectar la estructura del pavimento; los costos, también se puede apreciar tanto en la mano de obra como en equipos durante la exploración. Finalmente recomienda utilizar tanto geomallas con geotextiles, para que este último actúe como aislante del terreno de fundación; también debe considerarse que, para el uso de estos Geosintéticos, el valor del CBR en el suelo natural debe ser menor al 3% en las subrasantes con CBR menores al 3%..

Por otro lado (Orrego Cabanillas, 2014), en su tesis “Análisis técnico económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles”, sostiene que los diámetros en los tramos sin refuerzo, varían en referencia a los diámetros logrados con refuerzo. Donde concluye, que los espesores de suelos reforzados, según la geomalla que puede ser biaxial o triaxial, suelen variar entre 21% o 50%, según el caso, pero para los dos casos prevalece el espesor mínimo de 15 cm de recubrimiento. Finalmente nos da a conocer que, “de colocarse algún refuerzo, podríamos aumentar la vida útil de la vía (doble, si es biaxial y al triple de ser triaxial); lo que en el análisis de costo realizado vemos que hay una gran diferencia, en relación al método convencional”.

## 1.2 Trabajos Previos

### 1.2.1 Antecedentes Nacionales

(Sarmiento y Arias, 2015), en su tesis denominada “Análisis y diseño vial de la avenida Mártir Olaya ubicada en el distrito de Lurín del departamento de Lima”

para obtener el título de ingeniero civil, nos da a conocer sus conclusiones:

Mediante su trabajo de tesis puede ayudar como referencia a ser tomado como guía para otros proyectos viales. Dada la situación actual, la presente propuesta aplicaría para esta vía, descartando el recapeo o reparaciones superficiales. Debido al incremento del tránsito pesado, se estima la ampliación de carriles, ya que el derecho así permite (sección 3.1 y 4.1).

Por la escasa información, el diseño de Marshall sería de gran confiabilidad; ya que, otros diseños como de Mezcla Superpave y MPEDG requieren de una mayor recolección de datos para su investigación. También, nos indica que, tanto el Método AASHTO como el Superpave se realizan diferentes tipos de ensayos al pavimento flexible, según las condiciones y características de lugar. Para contribuir con el funcionamiento y durabilidad de la vía propone realizar gestiones de pavimentos de manera que minimice costos en su mantenimiento.

Finalmente, manifiesta que la AASHTO 2008 es un método más completo y riguroso, haciéndolo más confiable para el diseño de pavimentos. Además, al poder analizar y diseñar, facilita la predicción de fallas, debido a los datos técnicos investigados obtenidos durante el diseño según la zona o región.

(Gómez, V 2014), en su tesis denominada “Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial de ovalo Grau – Trujillo- La Libertad” para obtener el título de ingeniero civil, nos da a conocer sus conclusiones:

Para la presente investigación, se tomó como referencia la peculiaridad del tránsito, tomándose este parámetro como una variable en su diseño, además del terreno natural y el factor climático, debido a este último se consideraron drenajes para los flujos de manera que no afecte los niveles de serviciabilidad y confiabilidad.

Según la AASHTO – 93, se debe tomar las variables que relacionan el valor de los ejes equivalentes tipo 80 Kn o 18Kips o ESALs y el MR de la subrasante, dentro del diseño de los espesores del paquete estructural.

El método para adquirir el número estructural SN, es iterativo; ya que, mediante el cual obtenemos el paquete estructural, conformado por capas. Los resultados adquiridos mediante este método tradicional suelen dar espesores mayores, estos valores afectan directamente los costos del paquete estructural.



(Gutiérrez, L 2007), en su tesis denominada “Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con fines de Análisis y Diseño en el Perú” para obtener el Grado de Magister en Ciencias con Mención en Ingeniería Geotécnica, llega a las siguientes conclusiones:

Mediante la presente investigación se pueda adquirir parámetros que sirva de ayuda a los diferentes diseños de pavimento según la realidad y características de cada zonificación. El periodo de estudio de tráfico proyectado, con el periodo de ejecución de la obra deben ejecutarse en tiempo real, a fin de generar indecisiones. El nivel de confianza ( $Z_r$ ) empleado y el cual se sugiere en los diseños, será el correspondiente al 95% para el cual se obtendrá un valor de nivel de confianza igual a -1.645; el error a ocurrir por defecto de contemplar su tráfico ( $S_o$ ) de baja probabilidad de ocurrencia, admite un valor de probabilidad igual a 0.35 a 0.45. Los índices de serviciabilidad (PSI) al inicio y al final del servicio están sugeridos por el MTC mediante sus términos de referencia. Un valor tendrá al momento de culminada la obra ( $P_o$ ) y otro luego del tiempo de servicio y de diseño ( $P_t$ ). La resultante participara en la formula AASHTO. En otros países se considera el PSI al inicio ( $P_o$ ), para ofertar en licitaciones, donde el ganador es el que ofrece el mayor PSI; además, en caso que el contratista mejore su oferta, completara su ganancia como premio y estímulo. El valor del CBR adquirido de los materiales a emplear, genera cierta incertidumbre en relación a su equivalencia en el módulo resiliente ( $M_r$ ), por lo que se cree necesario sectorizar en tramos dicha vía según su homogeneidad estructural y otras características coherentes para lograr el diseño en GEOPAV, en segundo lugar, emplear el Método de la Línea 70, sugiere un criterio, 2 la integración de los materiales representativos bajo esta línea.

El método diseño AASHTO, aún mantiene vigencia para aceptar algunos cambios a factores influencias, pero quien determina la responsabilidad es finalmente el profesional responsable encargado, esto debido a la escasa normatividad y factores climatológicos según cada región.

También nos señala, que, de acuerdo a su experiencia, en relación a la recopilación de datos, los resultados obtenidos, no necesariamente suelen ser coherentes con la finalidad del diseñador. Algunos motivos podrían darse por causas ambientales, mal estudio de tráfico y otros.

(Orrego, D 2014), en su tesis denominada “Utilización de la Geomalla como refuerzo de la estructura del Pavimento Flexible” para obtener el título de ingeniero civil, nos da a conocer sus conclusiones:

De acuerdo a las investigaciones realizadas en el presente proyecto, podemos apreciar que los diámetros de los espesores en zonas donde no lleva ningún tipo de refuerzo son mayores; sin embargo, si estos son mejoramos mediante Geomallas biaxiales se obtiene variaciones de un 35% menos en relación a espesores de dichas capas, en otros casos como en las geomallas

multiaxiales podemos adquirir menores espesores en la estructura del pavimento hasta 45% .En ambos casos el porcentaje mínimo adquirido puede ser 21%, debido a que los espesores de recubrimiento mínimo de las geomallas son de 15cm e incluso se puede aumentar la vida útil, del paquete estructural si usamos aditivos o refuerzos similares en los materiales pétreos. Para lograr estos parámetros óptimos, es importante la correcta instalación de dichas geomallas; ya que, los resultados a obtener depende de sus propiedades mecánicas y al trabazón.

También, podemos indicar que si el CBR del material pétreo es mayor, podremos adquirir una mejor redistribución de esfuerzos al terreno de fundación, que recibirá la estructura del pavimento.

Encontramos una gran diferencia en costos, al momento de realizar comparaciones entre las secciones no reforzadas en relación a las que cuentan con refuerzo en los materiales. Estos costos favorables se debe a que los espesores son significativamente menores. En consecuencia los materiales pétreos afectan directamente económicamente en los proyectos por sus espesores y por la disponibilidad del mismo.

Finalmente, estos análisis deben realizarse en todo tipo de proyecto, determinado los tipos de zonas, canteras entre otros para considerar si es económicamente viable; ya que, a consecuencia de los resultados obtenidos en el empleo de refuerzos en los agregados pétreos disminuye los tiempos en instalación, costos durante su ejecución, siendo recomendable esta alternativa.

## **1.2.2 Antecedentes Internacionales**

(Caballeros, T 2006), en su tesis denominada “Utilización de la geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible” para obtener el título de ingeniero civil, nos da a conocer sus conclusiones:

Debido a sus propiedades mecánicas a las cuales fue diseñada la geomalla uniaxial, esta no debería ser empleados en un diseño de pavimento flexible como refuerzo; ya que, por sus características mecánicas, solo trabaja en un solo sentido o dirección..

Existe en el mercado un material llamado geomalla de fibra de vidrio, la cual por sus características es la que mejor se adecua como alternativa para dar solución para minimizar espesores en una carpeta de rodadura, facilitando su impregnación con el material bituminoso asegurando su adherencia con el asfalto, generando dentro de la carpeta asfáltica uniformidad con el pavimento flexible.

El empleo de geomallas biaxiales BX 1100 y la geomalla BX1200, según el programa usado, se pudo apreciar una disminución dentro de los espesores que conforman la estructura del pavimento flexible de 2% y 8% respectivamente, reduciendo los costos del proyecto.

Finalmente, podemos discernir, que los estudiantes egresados de las carreras de Ingeniería Civil de la Facultad de la Universidad San Carlos de Guatemala, por no incluir temas dentro su

curricula, relacionado al empleo de geomallas y sus aplicaciones, no poseen los conocimientos necesarios relacionados con la geomalla y sus aplicaciones.

(Arévalo S, 2016) en su tesis para obtener el título de ingeniero civil, nos da a conocer sus conclusiones:

Se revisó los datos obtenidos del diseño del pavimento flexible en la carretera Pedro Carbo. - “La estacada”, se comprobó el número estructural original y se extrajo los coeficientes de capa y de drenaje, para introducirlo en el presente trabajo.

Se determinó los espesores con estructura reforzada de base y sub base, se interactuó con la ecuación de dos incógnitas y convenientemente se redujo el espesor de base y con ello se obtuvo una reducción de espesor de sub-base.

Al comparar los resultados obtenidos, se evidenció que prácticamente el costo del pavimento es el mismo que si se usara o no geomalla, debido a que al aplicar esta, se disminuye los espesores de las capas de pavimentos con el valor agregado del incremento de las propiedades mecánicas, que redundan en la funcionalidad y durabilidad de la vía.

Dentro de sus recomendaciones, nos indica que es importante revisar y mejorar los diseños viales de zonas rurales que contengan en su estructura de pavimentos, subrasantes con CBR en el rango del 1% al 3%, con el objeto de incluir geomalla biaxial para aumentar resistencia y con ello disminuir espesores de capas granulares; puesto que en regiones apartadas no existen canteras cercanas al sitio de trabajo, encareciendo el material granular.

La inclusión del geotextil en el proceso constructivo con inserción de geomalla biaxial en estructura de pavimento flexible, es beneficioso, para evitar la contaminación ente capas granulares y migración de material fino, preponiendo a mejorar la resistencia y funcionalidad, aumentando la vida útil de la vía. Además, de instar a profesionales de la construcción civil y de manera particular a los ingenieros viales para que previo al análisis consideren la implementación de geomalla y geotextil en las carreteras, ya que, la inclusión de estos Geosintéticos no encarece el valor de la estructura del pavimento al disminuir los espesores de capas, teniendo como beneficio el aumento de la eficiencia mecánica en la estructura del pavimento.

(Tapia D, Barona F & Inga M, 2006), en la presente tesina de seminario de graduación, nos da a conocer sus conclusiones:

La utilización de subrasantes mejoradas con geomallas ocasiona un aumento en la resistencia del pavimento flexible, puesto que aumenta el Número Estructural (SN)

En un pavimento donde se emplea la geomalla, garantiza ahorro en el material ya que los espesores de las capas del mismo se reducen debido al aporte estructural adicional que provee dicha geomalla.

La disminución del costo del pavimento se refleja no solo en el material sino también en la mano de obra y equipo al existir menor uso de maquinaria en la excavación, transporte e instalación de la geomalla y del material.

El costo-beneficio queda maximizado con esta técnica; ya que, al menor movimiento de tierra significa una reducción del tiempo de transporte, tendido y compactado del material de las capas del pavimento flexible; esto reduce un periodo de construcción de pavimento más corto.

Dentro de sus recomendaciones principales es la de utilizar geomallas mas geotextiles sobre la subrasante para evitar contaminación entre los materiales de la base con los del terraplén; ya que, por la granulometría utilizada en la base se puede lograr dicho material embone perfectamente en la geomalla y el geotextil hace de separador entre la base y el terraplén. Además, el método utilizando geomallas tiene óptimos resultados para mejorar subrasantes con CBR menores al 3% ya que con CBR mayores el costo-beneficio ya no es significativo y puede ser ineficiente el empleo de geomalla.

(Armendáriz S, 2017), en este documento preliminar de tesis denominado “Diseño de pavimentos flexibles con refuerzo de geomalla triaxial utilizando la metodología Giroud-Han: Caso de aplicación en Honduras” para obtener el título de ingeniero civil, nos da a conocer sus conclusiones:

El método Giroud-Han es un método centrado en la deformaciones llamadas también ahuellamiento que sufre el pavimento flexible; donde el interlocking es el encargado de disminuir las deformaciones a las que es expuesta el pavimento flexible, la cual tiene la peculiaridad basada del confinamiento del material con las geomallas, empleadas en la elaboración del diseño de pavimentos flexibles

La presente investigación preliminar pretende ser una metodología que pueda aportar en el diseño de pavimentos flexibles, de manera que pueda ser dar gran utilidad tanto en el ámbito nacional, así también pueda contribuir como guía a países de Centro América, para el mejoramiento de suelos, Por lo tanto esta metodología debe estandarizarse.

El comportamiento estructural del acero dentro de un concreto es diferente en relación al trabajo de una geomalla como refuerzo dentro de los espesores granulares; debido a que cada geomalla tiene características mecánicas diferente, interactuando según el tipo de material pétreo empleado en cada capa.

En la presente investigación se pudo demostrar una reducción de más de 60% de material granular en los espesores de la estructura del pavimento, empleando el método Giroud-Han en una vía con geomalla triaxial. Con estos resultados obtenidos aminoramos los costos

elocuentemente, ya que, la movilización y adquisición de material será menor, más aun si el terreno de fundación posee CBR bajos.

Las características y propiedades de cada geomalla como es el caso de la triaxial, varían según el fabricante, por lo que cada producto debe tener sus validaciones técnicas según los rigurosos ensayos realizados en laboratorio, además de estandarizarlos.

### **1.3 Teorías relacionadas con el tema**

#### **1.3.1 Estructura del pavimento flexible, capas y sus características**

Se denomina pavimento, al grupo de materiales estratos debidamente seleccionados por capas, que toman las cargas vehiculares en forma directa provocadas por el tránsito las mismas que son transmitidas a las capas en formas distribuidas, suministrando una superficie de rodadura, la que funcionará eficazmente, además debe ser confortable a los usuarios. La instalación por capas que se realiza en el pavimento flexible, difiere directamente de los cálculos para el cual fue diseñado; contribuyendo económicamente en el espesor de las capas; el propósito es proporcionar espesores mínimos que disminuyan los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. Sin embargo, la vida útil del paquete estructural del pavimento flexible no sólo dependerá de los materiales que las componen, sino también de los procedimientos constructivos, además de la compactación y grado de humedad.

Todo pavimento es diseñado para un periodo de vida útil, pero tiene la particularidad necesaria para su conservación la de realizarle mantenimiento, para evitar su deterioro en el mismo y alcance la vida útil al cual fue diseñado. Este paquete estructural de pavimento comprende principalmente, de la sub rasante, la sub base, la base, y la carpeta asfáltica o carpeta de rodamiento (Caballero T, 2006, p. 41)

#### **1.3.2 Sub Rasante**

El parámetro de evaluación empleado a esta capa, es la *resistencia a las deformaciones* a las cargas de tránsito. Por lo que debe tenerse en cuenta la docibilidad a los suelos húmedos (Tapia D, Barona F & Inga M, 2006, p. 15)

### **1.3.3 Sub Base**

Esta capa es construida sobre la subrasantes y está *conformada por materiales seleccionados y compactados*, en la cual ira la base. Según el MOP-001- F-2002. TOMO I, las Subbases son de 3 clases (Tapia D, Barona F & Inga M, 2006, p.40).

### **1.3.4 Base**

El objetivo de esta capa es de *asimilar los esfuerzos emitidos* por las cargas vehiculares, distribuyendo equitativamente toda resistencia a la sub base. Según el MOP- 001-F-2002 TOMO I hay 4 tipos de granulometrías para bases (Tapia D, Barona F & Inga M, 2006, p.42).

### **1.3.5 Carpeta de Rodadura**

La finalidad de la carpeta asfáltica es impermeabilizar, protegiendo así todo el paquete estructural (Tapia D, Barona F & Inga M, 2006, p.43).

### **1.3.6 Geosintéticos**

#### **1.3.6.1 Aspectos Generales**

Estos Geosintéticos son productos de componentes polímeros sintéticos, y se encuentran en formas de filtros, mantos, láminas o estructuras tridimensionales; que son diseñadas para que interactúen con los materiales seleccionados. (Orrego, 2014, p. 4)

#### **1.3.6.2 Clasificación de los Geosintéticos**

##### **a) Geotextiles**

Material similar a una tela, altamente permeable, su flexibilidad generosa se debe a los materiales que lo componen (Orrego, 2014, p. 4)

**b) Geomallas**

Son estructuras tridimensionales, pero con características de que son fabricadas en polietileno de alta densidad y procedas a la extrusión (Orrego, 2014, p. 5)

**c) Geocompuestos**

Diseñado de la unión de un geotextil no tejido y una geomalla, permitiendo gran cohesión e interacción con un material mejorado (Orrego, 2014, p. 5)

**d) Geomembranas**

Láminas poliméricas ideales para impermeabilizar zonas húmedas, además de evitar erosiones, fabricados en cloruro de polivinilo (PVC) (Tapia, Barona & Inga, 2006, p.31)

**e) Geoceldas**

Material tridimensional de confinamiento celular; que, por su diseño, Trabajabilidad y resistencia adquiere buena cohesión con un material seleccionado (Tapia, Barona & Inga M 2006, p.32)

**1.3.6.3 Mecanismos de Refuerzo de las Geomallas**

Dentro de estos de sistemas de refuerzo más importantes (Giroud y Noiray, 1981; USACOE, 2003) tenemos:

**Confinamiento lateral**

Este confinamiento lateral es obtenido mediante la trabazón producida entre un material pétreo y una geomalla (Figura 14). Este mecanismo es proporcional, ya que, al mejorar dicho confinamiento lateral, también mejora la capa granular sobre la geomalla, disminuyendo los bacheos en la rodadura. Está comprobado que este método contribuye eficientemente a este sistema con geomallas (Giroud y Noiray, 1981; USACOE, 2003, p40)





### Mejoramiento de la capacidad portante

Este sistema consigue reemplazar el área de falla, por una de mayor resistencia, siendo ésta la capa granular. Por su consistencia la geomalla, es posible la redistribución de las cargas, lo que disminuye los esfuerzos de un material de suelo blando.

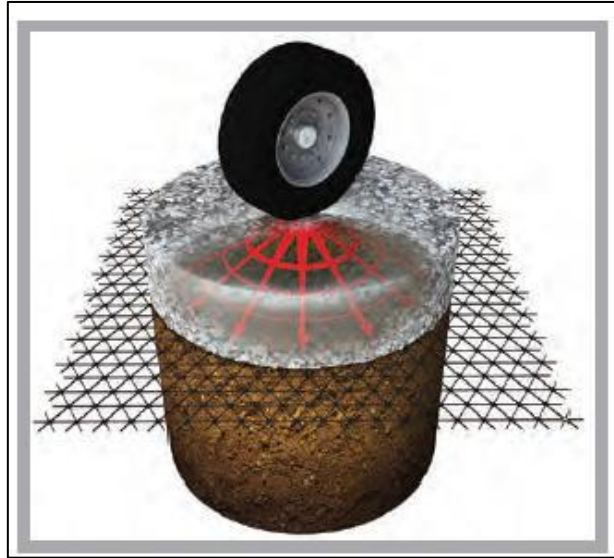


Figura 3 Mecanismo de Mejoramiento de Capacidad de Soporte

Fuente: (TENSAR, 2013)

Este es un sistema utilizado cuando se ha determinado que la capacidad portante de los suelos en las vías, son bajas. Es conocida como efecto “zapato de nieve” debido al parecido a este elemento usado en lugares para poder desplazarse en estos tipos de suelos.



Figura 4 Efecto de zapato de nieve.

Fuente: (TENSAR, 2013)

### Membrana tensionada

Estas deformaciones suelen presentarse en terrenos naturales, debido al alto tránsito vehicular sobre estas vías; en este caso los esfuerzos son absorbidos por las membranas

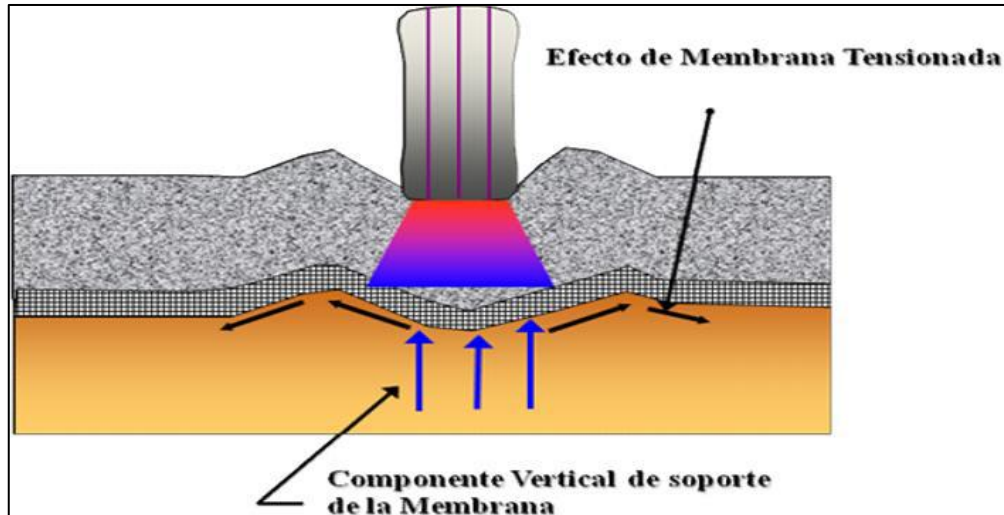


Figura 5 Efecto de Membrana Tensionada

Fuente: (USACOE, 2003)

### 1.3.7 Metodología de Diseño AASHTO (Diseño Convencional)

Se ha tomado las ecuaciones de los valores originales de la AASHTO, como base para este diseño de pavimento que datan desde 1961. Para este caso se ha usado la versión que fue publicada en 1993, para poder registrar las conclusiones presentadas. Se han producido incorporaciones según experiencias adquiridas por esta institución. Referente al diseño de los pavimentos, en este sistema se busca determinar el “número estructural” o SN que asuma el nivel de capacidad portante al cual será proyectada la estructura. Para poder ejecutar esta operación, se ha considerado los parámetros siguientes:

### 1.3.7.1 Tránsito

$$W_{18} = TPD \times A \times B \times 365 \times \frac{\left[ (1+r)^n - 1 \right] \times F.C.}{Ln(1+r)}$$

W18 : Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas

TPD : Tránsito promedio diario inicial

A : Porcentaje estimado de vehículos pesados.

B : Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño.

R : Tasa de crecimiento anual de tránsito.

n : Periodo de diseño.

F.C. : Factor camión.

Número de ejes equivalentes sencillos de 18,000lb (8.2ton), obtenidos mediante la etapa de diseño del pavimento.

### 1.3.7.2 Confiabilidad

Con estos parámetros se busca asegurar ciertas certezas, de que los resultados adquiridos sean igual o mayor al periodo de diseño. Se estiman algunas modificaciones a dicha sección. Los valores de “R” según la AASHTO oscilan de entre 50 hasta 99.99, según la importancia de la vía tal como se visualiza en la tabla 1.

Tabla 1 Niveles de confiabilidad (AASHTO, 1993)

NIVELES DE CONFIABILIDAD “R”	
CLASIFICACION FUNCIONAL	NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS
Carretera Interestatal o Autopista	80-99.9
Red Principal o Federal	75-95
Red Secundaria o Estatal	75-95
Red rural o local	80

Fuente: MTC

### 1.3.7.3 Variabilidad:

También denominada “So”, vinculada con los parámetros antes mencionados los cuales pueden sufrir variaciones en los datos. La guía AASHTO sugiere se emplee valores que oscilen entre 0.40 – 0.50 para pavimentos flexibles; mientras que, para pavimentos rígidos, se tome valores dentro del rango 0.30 – 0.40.

### 1.3.7.4 Módulo de resiliencia efectivo:

El módulo de resiliencia efectivo o “Mr” es quien define cada uno de los materiales, este se obtiene de las pruebas realizadas en laboratorio. El módulo de resiliencia es una medida realizada a las características elásticas del terreno mediante ensayos de laboratorio. Sin embargo; existen otros métodos algoritmos que facilitan conseguir el Mr a partir de calcular de otros dominios; para esta ocasión se usaron datos del CBR adquiridos de la fórmula siguiente:

$$M_r = 2555 \times CBR^{0.64}$$

Mr: Módulo de resiliencia

CBR: California Bearing Ratio (Sub rasante)

### 1.3.7.5 Serviciabilidad:

Las vías deben ser construidas según su función y diseño estructural, de manera que sea segura y amigable para los usuarios. La pérdida de calidad en el servicio de la vía se determina según la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde precisamos que el “po” es la evaluación realizada por el usuario después de la puesta en servicio. Mientras que “pt” es el registro de trabajo terminal, se estima que el valor varía entre 2.5 y 3.0 para vías principales.

Con los datos obtenidos anteriormente, se realiza el cálculo del número estructural según capas del pavimento. Este se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{42 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

**W18** : Numero de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas.

**ZR** : Confiabilidad

**So** : Variabilidad

**SN** : Numero estructural de la sección.

**ΔPSI** : Serviciabilidad

**Mr** : Modulo de resiliencia del material de subrasante

También se puede hacer uso de la Figura 6 *Nomograma para la obtención del SN.*

Fuente para poder obtener el SN a utilizar

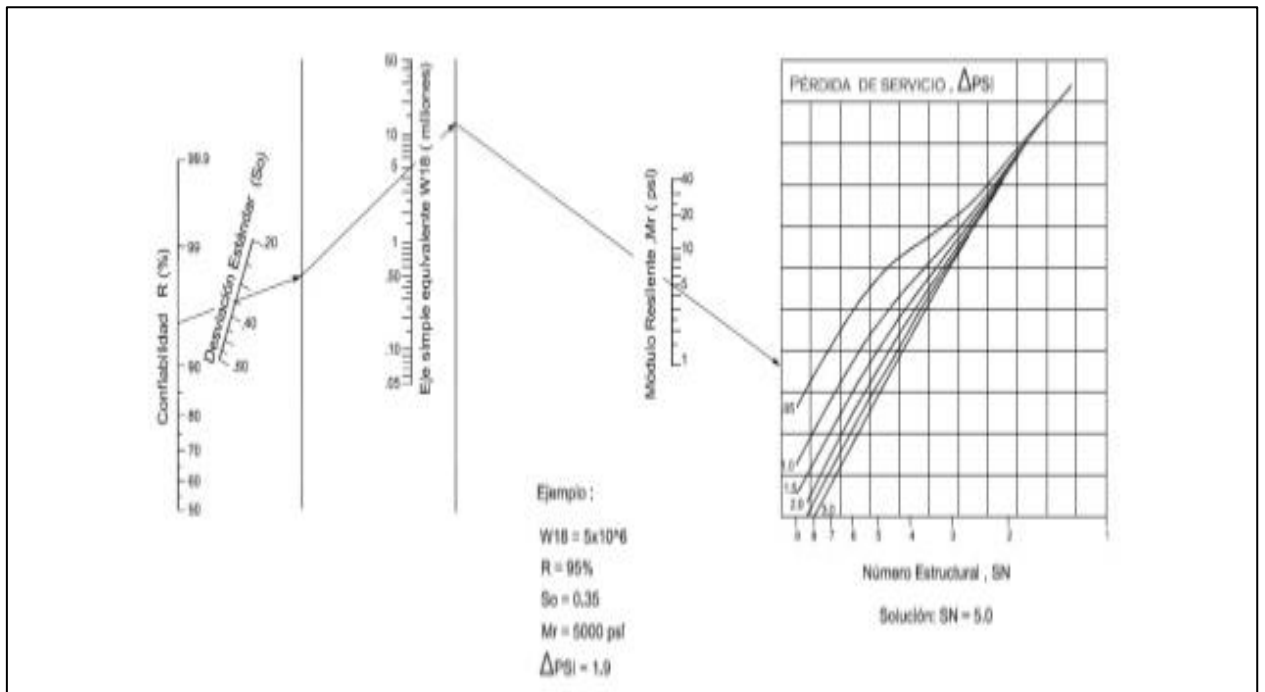


Figura 6 Nomograma para la obtención del SN.

Fuente: (AASHTO, 1993)

Una vez obtenido este resultado, se vinculan los espesores de cada una de las capas mediante la siguiente ecuación:

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

Dónde:

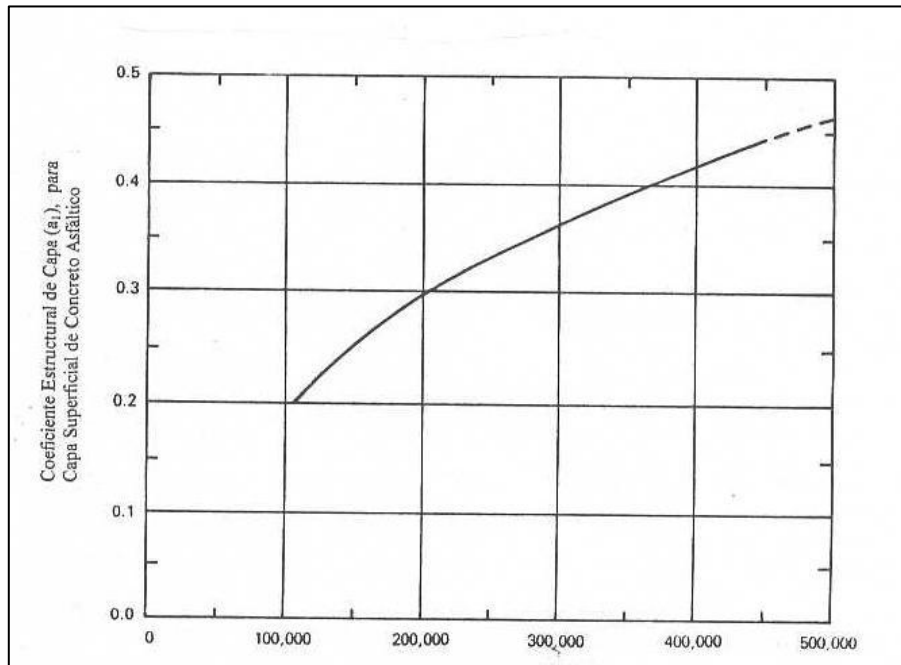
$a_1, a_2, a_3$ : Coeficientes estructurales de cada una de las capas

$m_2, m_3$ : Coeficientes de drenaje de cada una de las capas

$D_1, D_2, D_3$ : Espesor de cada una de las capas

Para este caso, se usa el coeficiente  $a_1$ , representando el aporte de la carpeta rodadura, el valor del coeficiente  $a_2$  pertenece a los agregados pétreos-base (Fig. 8) y para la sub base-agregado pétreo se usa el coeficiente  $a_3$ .

Los datos a utilizarse suelen adquirirse de las tablas mostradas en este documento. Cabe indicar que son diferentes correlaciones con distintos ensayos y propiedades del terreno a emplearse, como el módulo elástico y el valor de CBR del agregado.



Modulo Elástico  $E_c$  (psi) del Concreto Asfáltico (20°C)

Figura 7 Obtención de coeficiente  
Fuente: (AASHTO 1993)

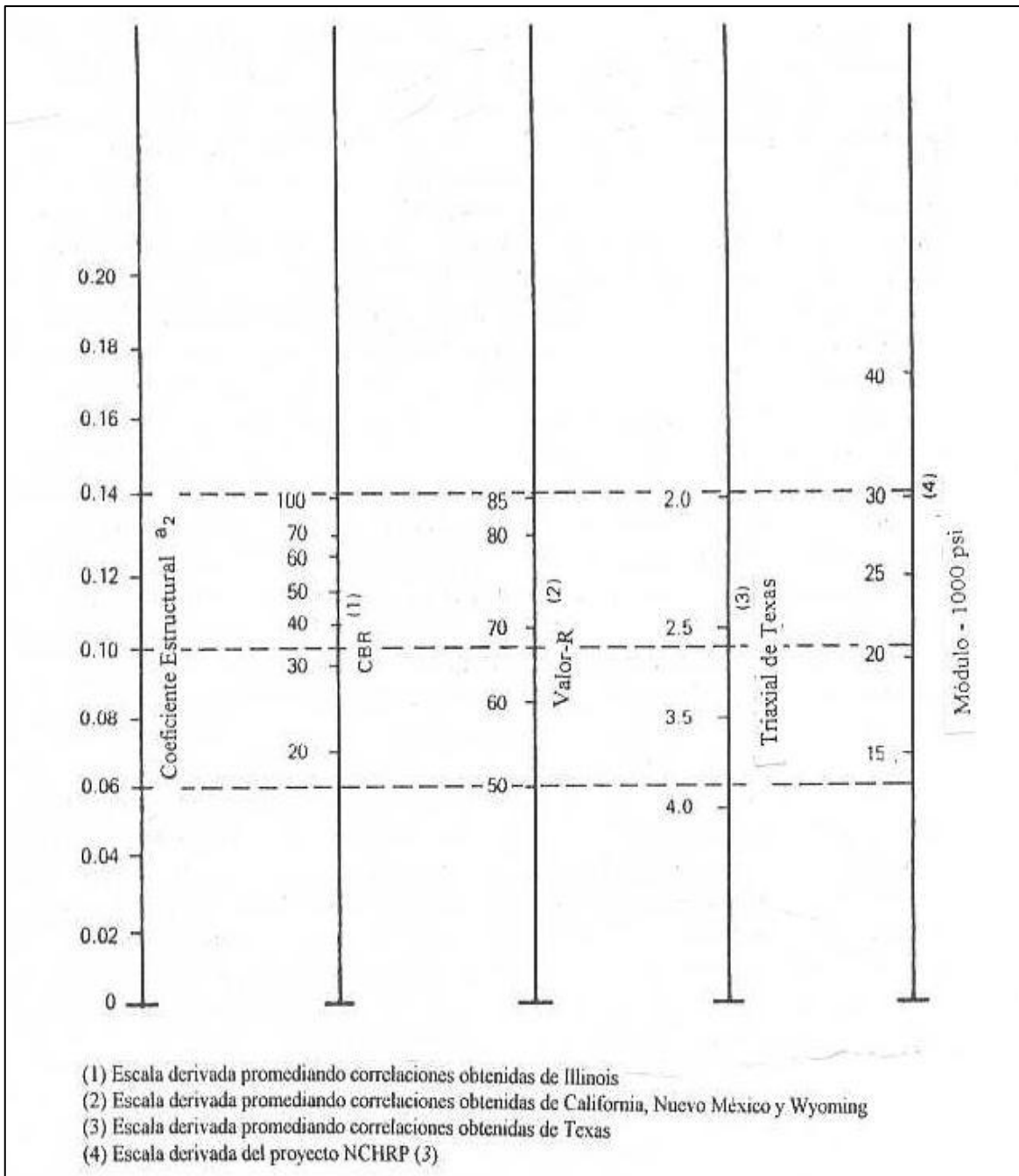


Figura 8 Obtención de coeficiente a2

Fuente: AASHTO, 1993

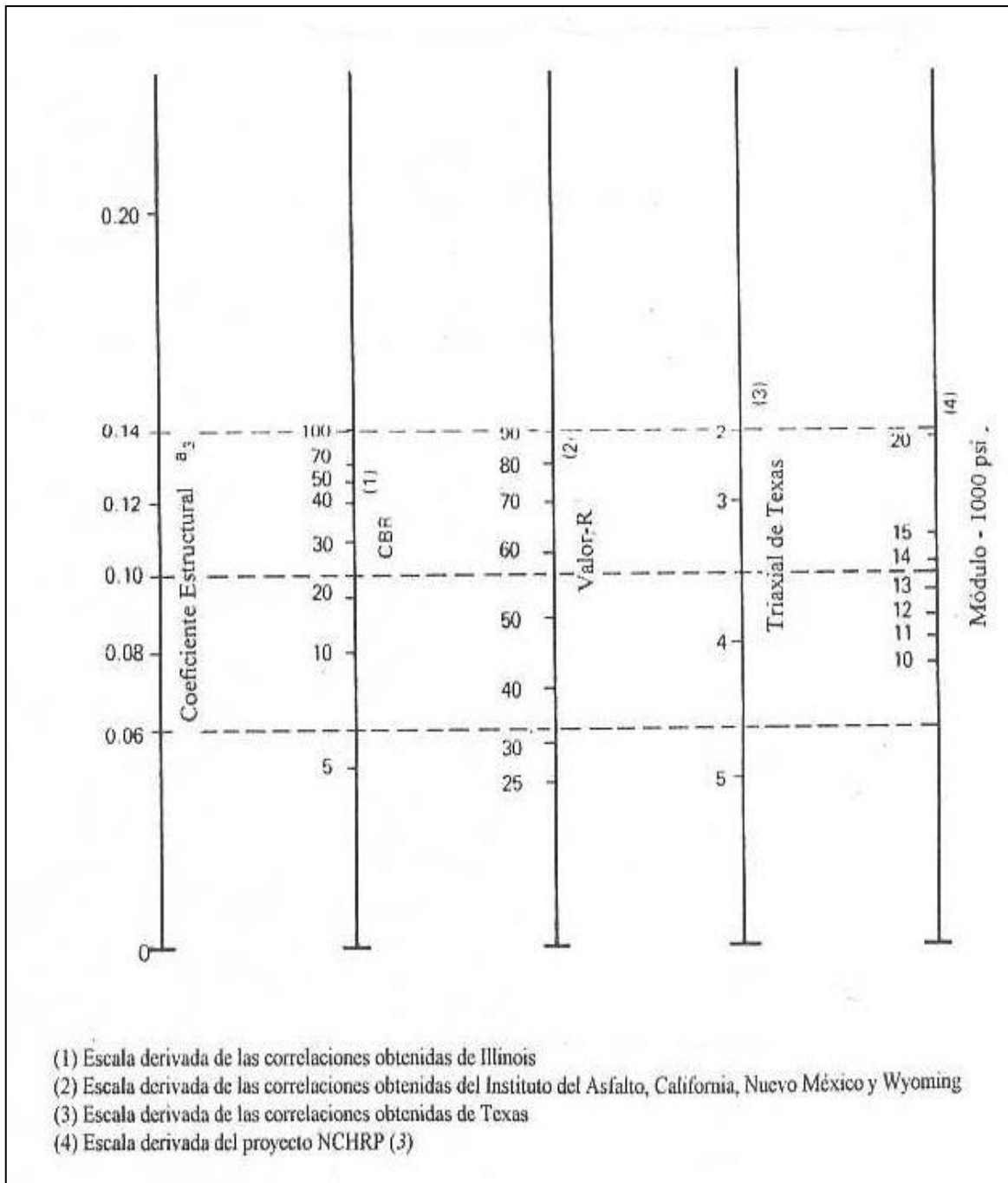


Figura 9 Obtención de coeficiente  $a_3$

Fuente: AASHTO, 1993

Sin embargo; para obtener, los índices del dren  $m_2$  y  $m_3$  de los recubrimientos de base y sub base, se define por la cantidad para eliminar la humedad interna del pavimento de acuerdo a algunas consideraciones.



A partir de estas aclaraciones, podemos adquirir los coeficientes sugeridos por AASHTO (Tabla 2) en relación de la clase del drenaje y el tiempo, referido porcentaje anual en la cual se verá comprometida la estructura a niveles de saturación.

Tabla 2 Diferencias en la calidad del drenaje de la estructura (AASHTO, 1993)

<b>Calidad de drenaje</b>	<b>Tiempo necesario para remover el agua dentro de la capa de pavimento</b>
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	No hay drenaje de agua

Fuente: AASHTO, 1993

La Tabla 3 está definida como un porcentaje anual, en la cual se verá comprometida la estructura a niveles de saturación.

Tabla 3 Diferencias en la calidad del drenaje de la estructura (AASHTO, 1993)

<b>Calidad del drenaje</b>	<b>P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación</b>			
	<b>&lt; 1%</b>	<b>1% - 5%</b>	<b>5% - 25%</b>	<b>&gt; 25%</b>
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

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1993

### **1.3.8 AASHTO R-50 (Diseño Geosintético)**

La AASHTO ha realizado dos documentos para ser utilizados como guías en relación al manejo de los Geosintéticos como refuerzos de las bases granulares de las estructuras de pavimentos flexibles: La AASHTO PP 46 fue publicado en 2001, la AASHTO R-50 publicada en el 2009, esta última es la versión actualizada. El objetivo de estas guías es proporcionar la ayuda necesaria, para cuando se requiera reforzar una estructura de pavimento.

En cuanto a la falta de testimonios, referida a las bondades y beneficios generados por los Geosintéticos se debió a la escasa información técnica del material:

- a) Altos beneficios estructuralmente cuantificables encontrados en bases y subbases reforzadas.
- b) Deformaciones superiores alcanzadas dentro de los mecanismos de refuerzo (membrana tensionada).
- c) Mayores beneficios económicos logrados con los nuevos materiales.
- d) Mayores beneficios a las propiedades mecánicas durante su desempeño.
- e) Escasa comprensión de la influencia al tamaño del material a utilizar y la interacción producida con el Geosintéticos.
- f) Influencia a la alteración por creep y saturación de esfuerzos de este material.
- g) En consecuencia, para la elaboración de estos documentos, se referenciaron publicaciones de organización (MTC, Manual de carreteras, 2018), es como la Asociación de Materiales Geosintéticos (GMA), el Instituto Nacional de Carreteras (NHI):
- h) WHITE PAPER I: “Geosynthetics in Paviment Systems Applications” (1999)
- i) WHITE PAPER II: “Geosynthetics Reinforcement of the Aggregate Base Course of Flexible Paviment Structures” (2000)
- j) “Geosynthetic Design and Construction Guidelines” (1999)

Dada, las bondades del uso de Geosintéticos, aún no han podido ser validados sus métodos; actualmente encontramos investigaciones de modelos ya probados a escala real.

Por lo mencionado, los resultados adquiridos de algún tipo de Geosintéticos, no deben relacionarse con otros materiales, sin determinar antes el aporte estructural y aporte económico. Esto quiere decir que no debe tomarse los datos desarrollados por un determinado fabricante en especial, esperando que los resultados sean “similar”. Esto quiere decir, que las características de los Geosintéticos están en función a sus propiedades y del material pétreo utilizado.

Siendo importante saber definir el material a trabajar en el diseño final. Por lo tanto, todos los proveedores justificaran sus valores mostrados en sus especificaciones técnicas mediante ensayos validados y respaldados por organizaciones reconocidas.

Por lo tanto, las guías son documentos resumidos y con el afán de proporcionar un poco más de datos informativos nos remitiremos al documento WHITE PAPER II de la GMA.

## **1.4 Formulación del problema**

### **1.4.1 Problema general**

¿Cuál será el resultado de la comparación económica del pavimento flexible convencional y el pavimento flexible empleando geomalla en la estructura de la sub rasante, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla?

### **1.4.2 Problemas Específicos**

¿Cuál es el espesor del mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomalla?

¿Cuál será el costo de construcción del diseño del pavimento flexible convencional (AASHTO 93) conservando los precios unitarios de obra a ejecutar en la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla?

¿Cuál es el espesor del mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomalla (biaxial y triaxial)?

¿Cuál será el costo de construcción del diseño del pavimento flexible empleando geomallas (biaxial y triaxial) en la estructura de la subrasante manteniendo los precios unitarios de obra a ejecutar en la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla?

## **1.5 Justificación del Estudio**

Según (Ñaupas, Mejía, y Villagómez 2014, pág. 164). “Justificar implica fundamentar las causas por las cuales se realizan las investigaciones, es decir explicar porque se realizan dichas investigaciones.”

### **1.5.1 Justificación Teórica**

La presente investigación se lleva a cabo con el propósito de obtener un alcance real al diseño de pavimentos flexibles empleando método AASHTO 93 adquirido del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2014; se ha usado los valores de diseño del CBR (California Bering Ratio) de la subrasante del Proyecto Línea Amarilla y el uso de Geomallas (Biaxial y Triaxial), logrando una óptima eficacia constructiva

considerando que el proyecto presenta una gran demanda vehicular permitiendo lograr un tráfico amigable, seguro, confortable para los usuarios, a velocidades operacionales adecuadas ante condición climáticas variables, disminuyendo así, los costos optimizando la eficiencia del presupuesto de obra; de manera que contribuye al empleo de materiales para reforzar con geomallas la subrasantes, con CBR entre 6% y 30%.

### **1.5.2 Justificación Metodológica**

Además, (Ñaupas, Mejía, y Villagómez, 2014, pág. 164). Indica que la justificación metodológica se hace evidente “cuando se menciona que el uso de determinadas técnicas e instrumentos de investigación pueden servir para otras investigaciones similares”.

Esta investigación justifica metodológicamente, proponiendo una evaluación en procesos constructivos y de diseño que podrían servir como referencia para otros estudios similares de diseño comparativo.

### **1.5.3 Justificación Tecnológica**

Teniendo en cuenta que el proyecto presenta una gran demanda vehicular el cual además permite un tráfico amigable, seguro, confortable para los usuarios, a velocidades operacionales adecuadas ante condición climáticas variables, se ha considerado no solo señalizaciones, sistemas inteligentes dentro del recorrido de la vía, viaductos y túnel sino que se ha logrado optimizar la eficiencia en tramos de relleno no controlado; empleando geomallas, de manera que aporta a los refuerzos de la subrasante mejorando el CBR entre 6% y 30%.

### **1.5.4 Justificación Económica**

En cuanto al tema económico referido al comparativo entre mejoramiento de sub rasante con geomallas y sin geomallas en un tramo de la vía auxiliar del proyecto en mención, con el desarrollo de la presente investigación se pretende aportar que el uso de geomallas es más económico, pero que puede variar según el tipo de suelo, en relación al método convencional de reemplazo de material no controlado

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

El costo del pavimento flexible empleando geomalla en la estructura de la sub rasante es menor que el costo del pavimento flexible convencional en la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.

### **1.6.2 Hipótesis Específicas**

Es mayor el espesor en el mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.

Son mayores los costos de construcción del mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomallas, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.

Es menor el espesor en el mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.

Son menores los costos de construcción del mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomallas, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivos Generales**

Desarrollar una comparación económica entre el mejoramiento de la estructura de la subrasante con y sin geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el espesor en el mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.
- Determinar los costos de construcción del mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomallas, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.

- Determinar el espesor en el mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.
- Determinar los costos de construcción del mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.

## **II. MÉTODO**

## **2.1 Diseño de la Investigación**

El presente estudio posee un enfoque de investigación tipo no experimental:

Según (Carrasco, 2002, p.71) los diseños no experimentales: “Son aquellos cuyas variables independientes carecen de manipulación intencional [...] analizan y estudian los hechos y fenómenos en la realidad después de su ocurrencia”.

La intervención del investigador es NO EXPERIMENTAL, porque se realiza una investigación del análisis económico del mejoramiento de la estructura de la subrasante de la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla, las cuales contamos con una variable dependiente (Propiedad mecánica del material (CBR), precio unitario de obra) y variable independiente (Mejoramiento de la estructura de la subrasante de la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla).

Borja (2012. P.8) “nos indica que el método de investigación es un procedimiento que se sigue para responder las incógnitas que se dan sobre los problemas que se presentan en la naturaleza”.

Este método de investigación es INDUCTIVO ya que a partir del estudio de casos particulares (costos del mejoramiento de la estructura de la subrasante de la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla) se lleva a casos generales como casos donde se presente mejoramiento de la sub rasante y se puede solucionar con lo propuesto en esta investigación.

## **2.2 Tipo De Investigación**

Para (Sánchez y Reyes, 1991, p. 5), Una investigación descriptiva comparativa radica en la recopilación mínima de muestras que sirvan para determinar si una variable, podría afectar o modificar a una variable dependiente.

Por lo que, recopilar información de otros autores y poder contrastar dicha información adquirida, se considera una investigación del tipo COMPARATIVO; porque consiste en describir adecuadamente el análisis de costos del pavimento flexible empleando geomallas como refuerzo de la sub rasante.



### **2.3 Nivel De Investigación**

Según (Muñoz, 1998) “el nivel de investigación descriptivo se realiza cuando solo se estudia y analiza la frecuencia de una variable. Describe los hechos como son observados”.

Los estudios realizados en esta investigación de nivel DESCRIPTIVO, ya que, la investigación es de datos obtenidos con anterioridad.

Tabla 4 Matriz de Operacionalización de variables

Descripción de la variable	Definición de la variable	Nivel	Indicador	Instrumentos
<b>Variable dependiente</b>				
Mejoramiento de la estructura de la subrasante de la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.	Comparación económica del mejoramiento de la estructura de la subrasante con y sin geomalla <sup>2</sup> de la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla	Menor costo de construcción en función al diseño de pavimento convencional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Propiedades mecánicas de los materiales</li> <li>✓ ESAL de diseño</li> <li>✓ Confiabilidad (R%)</li> <li>✓ Desviación Estándar (Zr)</li> <li>✓ Desviación Estándar Total (So)</li> <li>✓ Nivel De Servicio Inicial (Po)</li> <li>✓ Nivel De Servicio Final (Pt)</li> <li>✓ Geomallas</li> <li>✓ Metrados</li> <li>✓ Precios Unitarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio de Ingeniería del Proyecto Línea Amarilla (Expedientes Técnicos)</li> <li>✓ Análisis de Costos en el S10 módulo de Presupuesto</li> </ul>
<b>Variable independiente</b>				
Propiedades mecánicas de los materiales (CBR).	Consiste en la recopilación y comparación de datos de los ensayos de laboratorio aprobados en el Estudio de Ingeniería del Proyecto Línea Amarilla.	Granulométrica	✓ CBR (%)	Estudio de Ingeniería del Proyecto Línea Amarilla
Precios unitarios de obras a ejecutar.	Consiste en la comparación de Precios Unitarios aprobados en el Estudio de Ingeniería del Proyecto Línea Amarilla.	Precios Unitarios Propuestos Precios Unitarios Elaborados	✓ Precios unitarios de obras a ejecutar en soles.	Estudio de Ingeniería del Proyecto Línea Amarilla

## **2.4 Población Y Muestreo**

### **2.4.1 Población**

(Hernández S, y otros, 2010, pág. 174) Sostiene que la población es “El conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”

La vía expresa está comprendida entre el Puente Huáscar hasta el límite con el Callao, adyacente al río Rímac, en la ciudad de Lima. Mi población son los 9 km de la vía expresa del Proyecto Línea Amarilla. Este tramo presenta relleno no controlado a lo largo de su recorrido.

### **2.4.2 Muestra**

(Hernández S, y otros, 2010, pág. 174) Define que “La muestra es un subgrupo (...) de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”.

Para las muestras no probabilísticas, que es el caso de esta investigación no será posible calcular el error estándar; ya que dependerá del criterio del investigador la selección de los elementos.

La muestra para la investigación son los 300 metros de los 9 km de la vía expresa del Proyecto Línea Amarilla, específicamente desde el km 2+000 – 2+300 las cuales presentan relleno no controlado a lo largo de su recorrido el cual se hace uso de geomallas como mejoramiento de la estructura de la subrasante el cual es motivo de la investigación donde se plantea.

## **2.4.3 Técnicas e Instrumentos de recolección De Datos, Validez Y Confiabilidad**

### **2.4.3.1 Técnicas**

Para este estudio se empleó la siguiente técnica.

Técnica bibliográfica: Con el propósito de poder desarrollar el tema de investigación, se emplearon libros, manuales, publicaciones. Todo ello sirvió para describir el marco teórico.

Técnica virtual: Debido que el internet es un medio más extenso de adquirir y compartir, hemos recaudado información, de bibliotecas virtuales, manuales, normas, entre otros.

#### 2.4.3.2 Recolección de Datos

(Hernández S, y otros, 2010, pág. 198) “Manifiesta que para la recolección de datos se tiene que elaborar un plan de procedimientos que tenga como propósito reunir datos específicos”.

En nuestro caso la recolección de datos es RETROSPECTIVO, porque la información se recogerá de fuentes secundarios y se recurrirá a fuentes de información existente, como el “Estudio de Mecánica de Suelos para el Diseño de Pavimentos del Proyecto Línea Amarilla”.

#### 2.4.3.3 Descripción de Técnicas e Instrumentos

Tabla 5 Descripción de técnicas e instrumentos

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Exploración Geotécnica (Calicatas)	Retroexcavadora. Wincha

Fuente: Propia

#### 2.4.3.4 Exploraciones Geotécnicas (Calicatas)

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014); el cual determina realizar investigaciones al suelo mediante exploraciones de profundidades mínimas de 1.5m. Para este caso se han realizado calicatas según el MTC.

Tabla 6 Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	

Fuente: Cuadro 4.1 Número de calicatas para exploración de suelos, según Manual del MTC (2014)

De acuerdo al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). En caso el tramo a evaluar, tiene una longitud no mayor a 500 metros, la cantidad de calicatas será la mitad, según cuadro anterior.

Para la calzada izquierda auxiliar Paso Inferior Morales Duárez, de realizará dos calicatas lado Callao y una calicata lado Lima, esto debido a la intersección con la loza del puente Bella Unión.

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), se deben realizar los siguientes ensayos de suelos:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-442, MTC E107
- Limite Líquido ASTM D-4318, MTC E110
- Limite Plástico ASTM D-4318, MTC E111
- Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E108
- Clasificación SUCCS ASTM D-2487
- Clasificación AASHTO M -145

Ensayos Especiales:

- California Bearing Ratio ASTM D-1883, MTC – E 132, o Módulo resiliente de suelos de subrasante AASHTO T 274, MTC – E 128
- Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC – E 115

Los mismos que fueron realizados para estudios, por la Empresa SOTELO & ASOCIADOS

Tabla 7 Resumen de Calicatas

<b>RESUMEN DE REGISTRO DE CALICATAS</b>					
<b>Calicata</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Muestra</b>	<b>Observaciones</b>	
C – 1	02 + 720	3.00	CP-01-T	Relleno no controlado	Ver Anexo
C - 2	02 + 900	3.00	CP-02-T	Relleno no controlado	Ver Anexo

Fuente: Empresa SOTELO & ASOCIADOS

#### **2.4.3.5 Métodos de Análisis de Datos**

Para las muestras no probabilísticas que es el caso de esta investigación no es posible calcular el error estándar, ni el nivel de confianza con el que hacemos la estimación. La elección de dichos elementos no depende de la probabilidad, sino a criterio del investigador. La muestra para la investigación son los 300 metros de los 9 km de la vía expresa del Proyecto Línea Amarilla, específicamente desde el km 2+000 – 2+300, las cuales presentan relleno no controlado a lo largo de su recorrido, por lo que se determina el empleo de geomallas como refuerzo en la sub rasante el cual es motivo de la investigación donde se plantea el análisis económica del pavimento flexible con y sin geomallas en la estructura de la subrasante, vía auxiliar izquierda Pk 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla. (Matriz de Operalización de Variables tabla n°4, Matriz de Consistencia tabal n°8).

Los resultados obtenidos en laboratorio, para hallar las características y propiedades de los suelos, mediante calicatas realizadas por la empresa SOTELO & ASOCIADOS, se adjuntan en los anexos.

empresa SOTELO & ASOCIADOS, se adjuntan en los anexos.

## 2.4.4 Matriz de Operacionalización

Tabla 8 Matriz de Consistencia

<b>Planteamiento del problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables indicadoras</b>
<b>Problemas generales</b>	<b>Objetivos generales</b>	<b>Hipótesis generales</b>	<b>Variables dependientes</b>
¿Cuál será el resultado de la comparación económica del pavimento flexible convencional y el pavimento flexible empleando geomalla en la estructura de la sub rasante, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla?	Desarrollar una comparación económica comparativa entre el mejoramiento de la estructura de la subrasante con y sin geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.	El costo del pavimento flexible empleando geomalla en la estructura de la sub rasante es menor que el costo del pavimento flexible convencional en la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.	Costo del Pavimento flexible empleando geomallas en el mejoramiento de la sub rasante.  <b>Indicadores</b> -Propiedades mecánicas de los materiales (CBR). -ESAL de diseño. -Confiabilidad (R%). -Desviación Estándar normal (Zr). -Desviación Estándar Total (So). -Nivel De Servicio Inicial
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	
¿Cuál es el espesor del mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomalla?	Determinar el espesor en el mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.	Es mayor el espesor en el mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.	

<p>¿Cuál será el costo de construcción del diseño del pavimento flexible convencional (AASHTO 93) conservando los precios unitarios de obra a ejecutar en la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla?</p>	<p>Determinar los costos de construcción del mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomallas, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.</p>	<p>Son mayores los costos de construcción del mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomallas, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.</p>	<p>(Po). -Nivel De Servicio Final (Pt). -Espesores Equivalentes De Base Reforzada Con Geomallas. -Metrados. -Precios Unitarios.</p>
<p>¿Cuál es el espesor del mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomalla?</p>	<p>Determinar el espesor en el mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.</p>	<p>Es menor el espesor en el mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.</p>	<p>Variables independientes -Propiedades mecánicas de los materiales (CBR). -Precios unitarios de obras a ejecutar.</p>
<p>¿Cuál será el costo de construcción del diseño del pavimento flexible empleando geomallas en la estructura de la subrasante manteniendo los precios unitarios de obra a ejecutar en la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla?</p>	<p>Determinar los costos de construcción del mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomallas, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.</p>	<p>Son menores los costos de construcción del mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomallas, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.</p>	<p>Indicadores -CBR (%) -Modulo Resiliente (Mr) -Precios unitarios de obras a ejecutar en soles.</p>

Fuente: Propia



### 2.4.3 Operacionalización de las Variables

Tabla 9 Operacionalización de variables

Descripción de la variable	Definición de la variable	Nivel	Indicador	Instrumentos
<b>Variable dependiente</b>				
Mejoramiento de la estructura de la subrasante de la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.	Comparación económica del mejoramiento de la estructura de la subrasante con y sin geomalla de la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla	Menor costo de construcción en función al diseño de pavimento convencional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Propiedades mecánicas de los materiales</li> <li>✓ ESAL de diseño</li> <li>✓ Confiabilidad (R%)</li> <li>✓ Desviación Estándar (Zr)</li> <li>✓ Desviación Estándar Total (So)</li> <li>✓ Nivel De Servicio Inicial (Po)</li> <li>✓ Nivel De Servicio Final (Pt)</li> <li>✓ Geomallas</li> <li>✓ Metrados</li> <li>✓ Precios Unitarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio de Ingeniería del Proyecto Línea Amarilla (Expedientes Técnicos)</li> <li>✓ Análisis de Costos en el S10 módulo de Presupuesto</li> </ul>
<b>Variable independiente</b>				
Propiedades mecánicas de los materiales (CBR).	Consiste en la recopilación de datos de los ensayos de laboratorio aprobados en el Estudio de Ingeniería del Proyecto Línea Amarilla.	Granulométrica	✓ CBR (%)	Estudio de Ingeniería del Proyecto Línea Amarilla
Precios unitarios de obras a ejecutar.	Consiste en la comparación de Precios Unitarios aprobados en el Estudio de Ingeniería del Proyecto Línea Amarilla.	Precios Unitarios Propuestos Precios Unitarios Elaborados	✓ Precios unitarios de obras a ejecutar en soles.	Estudio de Ingeniería del Proyecto Línea Amarilla

Fuente: Elaboración propia

### **III. RESULTADOS**

### 3.1 Descripción del proyecto de aplicación

#### Proyecto Línea Amarilla (Lamsac)

La función, para el cual fue diseñado este proyecto, es la de descongestionar el tráfico vehicular, ayudando a la fluidez del mismo; además de integrar los 11 distritos de Lima por donde cruza, cabe indicar que este proyecto consta de dos secciones:

Sección 1: Comprende la ampliación a un cuarto carril, en la vía de evitamiento, que va desde el trébol Javier Prado hasta inicio del puente Huascarán.

Sección 2: Comprende una vía expresa de 9.2 kilómetros, que va a la margen del río Rímac, iniciando a la altura del puente Huáscar (vía de evitamiento) hasta el distrito Callao (cruce universitario con Morales Duárez); uniendo así los distritos de Ate – Callao. Este proyecto, además comprende 13 viaductos y un moderno túnel que va por debajo del río Rímac.



Figura 10 Ubicación del Proyecto

Fuente Google maps

### 3.2 Diseño del Paquete Estructural del Pavimento

- Del resultado de las calicatas realizadas, obtenemos suelos con relleno no controlados con baja capacidad portante, junto a ello también encontramos suelos sueltos con formaciones rocosas y canto rodado.
- Del resultado de CBR realizados, se aprecia valores que varían desde 40% hasta menos de 1.42%, esto debido a que el terreno natural posee mejor capacidad portante a mayor profundidad.
- También se realizaron estudios de exploraciones geotécnicas, las mismas que arrijan resultados más cercanos a la realidad, que fueron tomadas en cuenta.

Según el Manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones; el CBR mínimo para el terreno de fundación, el cual recibirá el paquete estructural debe ser  $\geq 6\%$

#### 3.1.1 Determinar el espesor de reemplazo en función al terreno natural.

Es necesario calcular el número estructural “SN” del pavimento requerido, según consideraciones iniciales de un CBR de 8%. De acuerdo al cuadro 12.5 Modulo Resiliente obtenido por correlación con CBR del “Manual de Carreteras” Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos versión abril 2014, para un CBR de **8%**. Ver tabla 10

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

**W18** : Numero de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas.  
**ZR** : Confiabilidad  
**So** : Variabilidad  
**SN** : Numero estructural de la sección.  
**ΔPSI** : Serviciabilidad  
**Mr** : Modulo de resiliencia del material de subrasante

Entonces partimos calculando del módulo de resiliencia de acuerdo a la ecuación 30, según correlación indicada por la AASHTO (2008), empleando el CBR

$$Mr \text{ (psi)} = 2555 \times CBR^{0.64}$$

Calculo del módulo resiliente en función al CBR. (Ecuación 30)

Tabla 10 Calculo de Mr en función al CBR

CBR (%)	1.42	<b>8.00</b>
Mr (PSI)	3198	9669
Mr (kg/cm2)	225	680

Fuente: Propia

Según el estudio de tráfico del Proyecto, tenemos el número de ejes equivalentes (W18) es 4.51E+07 (45 000 000 millones). De, acuerdo al cuadro 12.10 Índice de Serviciabilidad (Pi) Inicial Según Rango de Tráfico del “Manual de Carreteras” Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos versión abril 2014. Donde, el índice de serviciabilidad inicial, es aquel que tiene el pavimento posterior a su construcción, en este caso se tomó 4.2; de acuerdo a los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, adecuados de la guía AASHTO 93. Ver tabla 11.

Tabla 11 Índice de Serviciabilidad inicial (Pi). De acuerdo al Rango de Trafico

Tipo de Camino	Tráfico	Ejes equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad inicial
<b>Caminos de bajo volumen de trafico</b>	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750,001	1,000.000	3.80
<b>Resto de caminos</b>	TP5	1,000.001	1,500.000	4.00
	TP6	1,500.001	3,000.000	4.00
	TP7	3,000.001	5,000.000	4.00
	TP8	5,000.001	7,500.000	4.00
	TP9	7,500.001	10'000.000	4.00
	TP10	10'000.001	12'500.000	4.00
	TP11	12'500.001	15'000.000	4.00
	TP12	15'000.001	20'000.000	4.20
	TP13	20'000.001	25'000.000	4.20
	TP14	25'000.001	30'000.000	4.20
	TP15		<b>≥ 30 000 000</b>	<b>4.20</b>

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos (Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2014). Adecuados de la guía AASHTO 93

Según el estudio de tráfico del Proyecto, tenemos el número de ejes equivalentes (W18) es 4.51E+07 (45 000 000 millones). De, acuerdo al cuadro 12.11 Índice de Serviabilidad (Pt) Inicial Según Rango de Tráfico del “Manual de Carreteras” Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos versión abril 2014. Entonces para el índice de serviabilidad final, que indica el nivel de servicio más bajo que se puede admitir, para este caso es de 3, de acuerdo a los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, adecuados de la guía AASHTO 93. Ver tabla 12.

Tabla 12 Índice de Serviabilidad final (Pt). De acuerdo al Rango de Trafico

Tipo de Camino	Tráfico	Ejes equivalentes Acumulados		Índice de Serviabilidad final
<b>Caminos de bajo volumen de trafico</b>	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750,001	1,000.000	2.00
<b>Resto de caminos</b>	TP5	1,000.001	1,500.000	2.50
	TP6	1,500.001	3,000.000	2.50
	TP7	3,000.001	5,000.000	2.50
	TP8	5,000.001	7,500.000	2.50
	TP9	7,500.001	10'000.000	2.50
	TP10	10'000.001	12'500.000	2.50
	TP11	12'500.001	15'000.000	2.50
	TP12	15'000.001	20'000.000	3.00
	TP13	20'000.001	25'000.000	3.00
	TP14	25'000.001	30'000.000	3.00
	TP15		<b>≥ 30 000 000</b>	<b>3.00</b>

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Sección Suelos y Pavimentos (Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2014). Adecuados de la guía AASHTO 93

Según el estudio de tráfico del Proyecto, tenemos el número de ejes equivalentes (W18) es 4.51E+07 (45 000 000 millones). De, acuerdo al cuadro 12.07 Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad para dos etapas de diseño de 10 años cada una según rango de Tráfico del “Manual de Carreteras” Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos versión abril 2014. Entonces para el índice de nivel de confiabilidad para este caso es de 95%, por tratarse de una vía auxiliar, de acuerdo a los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, adecuados de la guía AASHTO 93. Ver tabla 13.

Tabla 13 Valores de confiabilidad de acuerdo al Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Adecuados de la guía AASHTO 93

<b>Tipo de Camino</b>	<b>Tráfico</b>	<b>Ejes equivalentes Acumulados</b>		<b>Índice de Serviciabilidad inicial</b>
Caminos de bajo volumen de trafico	TP0	100 000	150 000	65%
	TP1	150 001	300 000	70%
	TP2	300 001	500 000	75%
	TP3	500 001	750 000	80%
	TP4	750 001	1 000 000	80%
Resto de caminos	TP5	1 000 001	1 500 000	85%
	TP6	1 500 001	3 000 000	85%
	TP7	3 000 001	5 000 000	85%
	TP8	5 000 001	7 500 000	90%
	TP9	7 500 001	10 000 000	90%
	TP10	10 000 001	12 500 000	90%
	TP11	12 500 001	15 000 000	90%
	TP12	15 000 001	20 000 000	95%
	TP13	20 000 001	25 000 000	95%
	TP14	25 000 001	30 000 000	95%
	TP015		<b>≥ 30 000 000</b>	<b>95%</b>

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Sección Suelos y Pavimentos (Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2014). Adecuados de la guía AASHTO 93

Según el estudio de tráfico del Proyecto, tenemos el número de ejes equivalentes (W18) es **4.51E+07** (45 000 000 millones). De, acuerdo al cuadro 12.8 Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) para una etapa de diseño de 10 a 20 años, según el nivel de Confiabilidad seleccionado y el rango de Tráfico del “Manual de Carreteras” Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos versión abril 2014.

Según la AASHTO, por tratarse de una vía auxiliar, el valor de confiabilidad a tomar será de 95%, mediante el cual se tiene un coeficiente Zr de -1.645. Ver tabla 14.

Tabla 14 Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)

Tipo de Camino	Tráfico	Ejes equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad inicial
Caminos de bajo volumen de trafico	TP0	100 000	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		<b>≥ 30 000 000</b>	<b>-1.645</b>

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Sección Suelos y Pavimentos (Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2014). Adecuados de la guía AASHTO 93.

Según el estudio de tráfico del Proyecto, tenemos el número de ejes equivalentes (W18) es **4.51E+07**. De acuerdo al “Manual de Carreteras” Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos versión abril 2014; nos indica que la Desviación Estándar Combinada (So), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada del pronóstico del tránsito y otros factores que afecten el comportamiento de pavimento, como puede ser el caso constructivo, medio ambiente, entre otros. La guía AASHTO sugiere tomar para pavimentos flexibles valores de So comprendidos entre 0.40 y 0.50, para este diseño se tomara 0.45 en pavimentos flexibles. Ver tabla 15.



Donde el valor asumido por el Concesionario para este caso, la Desviación Estándar (So) es 0.4; de acuerdo al “Manual de Carreteras” Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos versión abril 2014. Además, de la Variación de Serviciabilidad ( $\Delta$  PSI) que es la diferencia entre la Serviciabilidad Inicial y Terminal admitida para el Proyecto según cuadro 12.12 (Pi-Pt)

$$\Delta \text{ PSI} = (\text{Pi}-\text{Pt})$$

So = Asumido por CO

Zr = Cuadro 12.8 (Manual de Carretas)

R% = Cuadro 12.7 (Manual de Carretas)

Tabla 15 Datos empleados en el proyecto.

W 18	4.51E+07
R (%)	95
Zr	-1.645
So	0.4
$\Delta$ PSI	1.2

Fuente: Propia.

Entonces, para el SN requerido se tomará un material de reemplazo cuyo CBR sea de 35%.

Determinar el coeficiente de capas por medio de la ecuación 31

Coeficiente Capa

$$\text{Coef. Capa} = 0.0032 \text{ Ln} (\text{CBR}_{\text{material de reemplazo}}) + 0.0011$$

Por lo que, los datos a tomarse en cuenta para los materiales de reemplazo. Son los siguientes datos a considerar en el material de reemplazo.

Tabla 16 Datos

CBR material de reemplazo	35
Coef. De capa	0.11
Mr material de reemplazo (PSI)	24865
Mr material de reemplazo (Kg/cm2)	1749

Fuente: Propia

Después, tomamos el SN obtenido y lo restamos con el número estructural requerido en el diseño propuesto inicial. Los resultados se muestran en la tabla anterior.

$$\Delta SN = SN \text{ requerido} - SN \text{ propuesto}$$

Ecuación 32. Diferencia de números estructurales


Tabla 17 Cálculo para especificar el espesor de material de reemplazo.

CBR %	Mr (PSI)	Mr Kg/cm <sup>2</sup>	W18	SN Requerido (1)	SN Proyecto (2)	SN Refuerzo (1)-(2)=(3)	Espesor de mat. Refuerzo (pulg.) (3/ai) = (4)	Espesor de mat. Refuerzo (m.)	Espesor de mat. Refuerzo, según AASHTO (m.)
1.42	3198	225	4.51 E+0 7	9.64	6.94	2.70	27.85	0.625	1.50

Fuente: Propia

Finalmente, de los cálculos realizados obtenemos el espesor del material de reemplazo necesario, de acuerdo al AASHTO, de 150 cm

Pavimento asfáltico
Base
Sub base
Capa de refuerzo
<b>Mejoramiento E1 v1</b>
<b>Falso relleno E2 v2</b>

**h1= 150 cm.** 

Estructura propuesta incluido el paquete de la estructura del pavimento propuesta por el contratista

### 3.1.2 Verificación del espesor del mejoramiento de suelo mediante cálculo de deflexiones.

Para la verificación del espesor del terreno mejorado, se puede realizar por medio de la teoría multicapa de Burmister.

### 6.2.2 Vías de Servicio

Las deflexiones admisibles que serán usadas durante las obras para el control de calidad de la estructura de la Vía de Servicio se presenta a continuación.

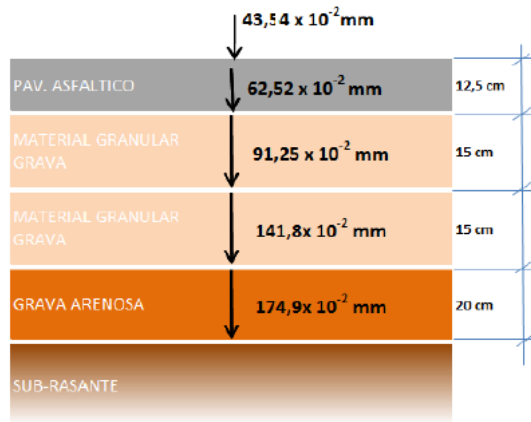


Figura: 11 Espesor paquete estructural

Fuente: Expediente Técnico del Proyecto: "Línea Amarilla – Paso Inferior Morales Duárez"

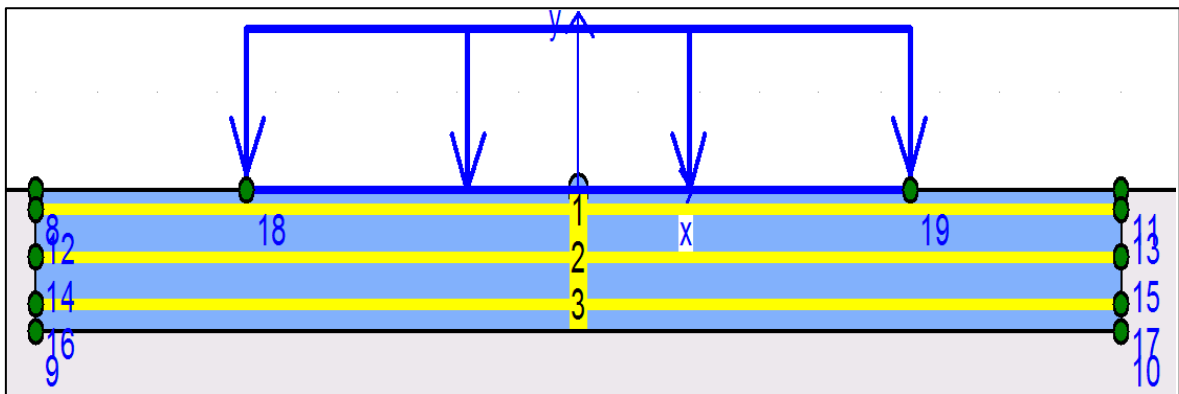


Figura 102 Tres capas de geomallas, extremos triaxiales (1 y 3) y medio biaxial (2)

Fuente: Expediente Técnico del Proyecto: "Línea Amarilla – Paso Inferior Morales Duárez"

También, se puede usar el método del Abaco de Burmister

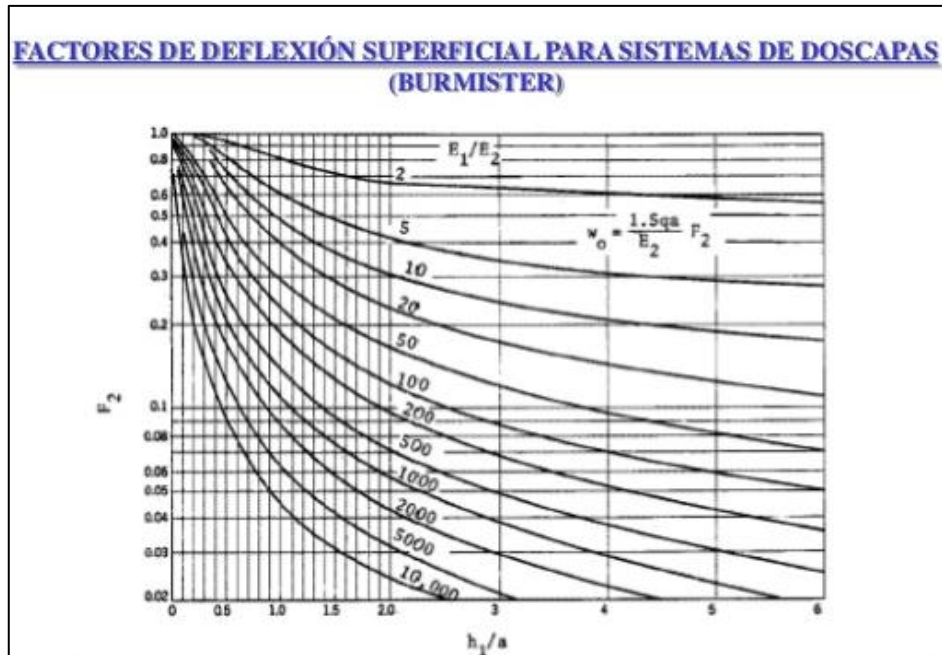


Figura 113 Factores de deflexión superficial para sistemas de dos capas (BURMISTER)

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Alineación	Rellenos no controlados	Grava superficial	Grava profunda
Lado río Rímac	De 0 a 5 m profundidad	De 5 a 6 m profundidad	> 6 m profundidad
Lado casas Av. Morales Duárez	De 0 a 3 m profundidad	De 3 a 6 m profundidad	> 6 m profundidad

Figura 14 Perfil Paso Inferior Morales Duárez

Fuente: Estudio Geotécnico. Proyecto Línea Amarilla.

### 3.3 Análisis de Costo

Para la realización de los análisis de costos de materiales, se ha empleado las unidades de medidas de metros cúbicos (m<sup>3</sup>), para el acarreo, movilización, tanto para material de eliminación excedente, como material seleccionado o mejorado, según el EG-2013; el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), para la geomalla. El valor monetario empleado es en soles.

### **Sustento técnico del presupuesto:**

En dicho presupuesto se ha considerado dos casos; para el primer caso, solo se tomó el mejoramiento de la sub rasante con material seleccionado, mientras que para el segundo caso se ha considerado el uso de geomallas en la sub rasante.

### **Sustento técnico del metrado:**

Para el metrado de dicho presupuesto se ha considerado la calzada auxiliar izquierda y la calzada auxiliar derecha del proyecto Línea Amarilla, lado Callao; esto debido a que en ambas vías auxiliares el tipo de suelos son similares, siendo la solución aplicada similares (mejoramiento del suelo de la sub rasante con material seleccionado y el empleo de geomallas).

El diseño del pavimento de las vías auxiliares, se han considerado el mismo diseño, esto debido a que el tipo de suelo es similar (relleno no controlado con boloneras).

A continuación, se desarrollará para ambos casos el cálculo según datos obtenidos del proyecto. Para el primer caso con material seleccionado sin geomallas es:

### **Caso 1: Mejoramiento con material seleccionado.**

Para este caso, se muestra los datos en la siguiente tabla. Ver anexo 4

Tabla 18 Datos para el caso N°1

Ancho de calzada (m)	7.20
Número de carriles por calzada	2
Corte o eliminación (m)	4.625
Longitud de tramo por calzada (m)	1000

Fuente: Elaboración propia

Para fines académicos se tomará en referencia el espesor del suelo a mejorar de ambas calzadas, es decir calzada izquierda y calzada derecha lado Callao, para el caso 1 (sin geomallas), para el cual se toma los 4.65 metros de relleno no controlados (incluye los cuatro metros de relleno y sesenta y cinco centímetros del paquete estructural que compone el pavimento flexible)

$$7.20 \times 4.65 \times 1000 = 33,300.00 \text{ m}^3$$

Volumen a mejorar = 33,300.00 m <sup>3</sup>
--

## Presupuesto

Presupuesto	0201001	ANÁLISIS ECONÓMICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN GEOMALLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA SUBRASANTE, VÍA AUXILIAR IZQUIERDA PK 2+000 - 2+300 DEL PROYECTO LÍNEA AMARILLA		
Subpresupuesto	001	MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON MATERIAL SELECCIONADO		
Cliente	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		Costo al	14/10/2018
Lugar	LIMA - LIMA - LIMA			

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON MATERIAL SELECCIONADO</b>				<b>3,995,667.00</b>
01.01	MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EMPLEANDO MATERIAL ADICIONADO	m3	33,300.00	31.85	1,060,605.00
01.02	MATERIAL DE CANTERA	m3	33,300.00	88.14	2,935,062.00
	<b>Costo Directo</b>				<b>3,995,667.00</b>

Figura 125 Extraído del anexo 03, para caso 1 (Fuente: Elaboración propia, usando el programa S10)  
Fuente: Propia

Tabla 19 Presupuesto para caso 1

<b>PRESUPUESTO CASO N° 1</b>	
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>3,995,667.00</b>
<b>GASTOS GENERALES 10%</b>	<b>399,566.70</b>
<b>UTILIDAD 10%</b>	<b>399,566.70</b>
<b>SUB TOTAL</b>	<b>4,794,800.40</b>
<b>IMPUESTO GENERAL VENTAS IGV</b>	<b>863,064.07</b>
<b>TOTAL, PROSUPUESTO</b>	<b>5,657,864.47</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Caso 2: Mejoramiento de suelo utilizando geomallas.

Para este caso, se muestra los datos en la siguiente tabla

Tabla 20 Datos para el caso N°2

Ancho de calzada (m)	7.20
Número de carriles por calzada	2
Corte o eliminación (m)	2.125
Longitud de tramo por calzada (m)	1000

Fuente: Elaboración propia

Para fines académicos se tomará en referencia el espesor del suelo a mejorar de ambas calzadas, es decir calzada izquierda y calzada derecha lado Callao

$$7.20 \times 2.165 \times 1000 = 15,300.00 \text{ m}^3$$

Volumen a mejorar = 15,300.00 m<sup>3</sup>

### Presupuesto

Presupuesto 0201001 ANÁLISIS ECONÓMICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN GEOMALLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA SUBRASANTE, VÍA AUXILIAR IZQUIERDA PK 2+000 - 2+300 DEL PROYECTO LÍNEA AMARILLA  
 Subpresupuesto 002 MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON GEOMALLA  
 Cliente UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO Costo al 14/10/2018  
 Lugar LIMA - LIMA - LIMA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
02	<b>MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON GEOMALLA</b>				<b>2,128,095.00</b>
02.01	MATERIAL DE CANTERA	m3	15,300.00	88.14	1,348,542.00
02.02	MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EMPLEANDO MATERIAL ADICIONADO	m3	15,300.00	31.85	487,305.00
02.03	GEOMALLA	m2	21,600.00	13.53	292,248.00
	<b>Costo Directo</b>				<b>2,128,095.00</b>

Figura 136 Extraído del anexo 03, para caso 2 (Fuente: Elaboración propia, usando el programa S10)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Presupuesto para caso 2

<b>PRESUPUESTO CASO N° 2</b>	
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>2,128,095.00</b>
<b>GASTOS GENERALES 10%</b>	<b>212,809.50</b>
<b>UTILIDAD 10%</b>	<b>212,809.50</b>
<b>SUB TOTAL</b>	<b>2,553,714.00</b>
<b>IMPUESTO GENERAL VENTAS IGV</b>	<b>459,668.52</b>
<b>TOTAL, PROSUPUESTO</b>	<b>3,013,382.52</b>

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de presupuesto según resultado de análisis de costos

Tabla 22 Comparación económica caso 1 y caso 2

COMPARACION DE RESULTADOS			
PROPUESTA	PRESUPUESTO TOTAL	DIFERENCIA EN SOLES	DIFERENCIA EN PORCENTAJE
<b>CASO 1</b>	<b>5,657,864.47</b>	<b>2,644,481.95</b>	<b>47.7%</b>
Mejoramiento subrasante mediante reemplazo de suelos			
<b>CASO 2</b>	<b>3,013,382.52</b>		
Mejoramiento subrasante mediante geomallas			

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto; la alternativa del caso 2 demuestra contundentemente ser más económica; ya que, se ha ahorrado una diferencia de S/.2,644,481.95, equivalente al 47.7%

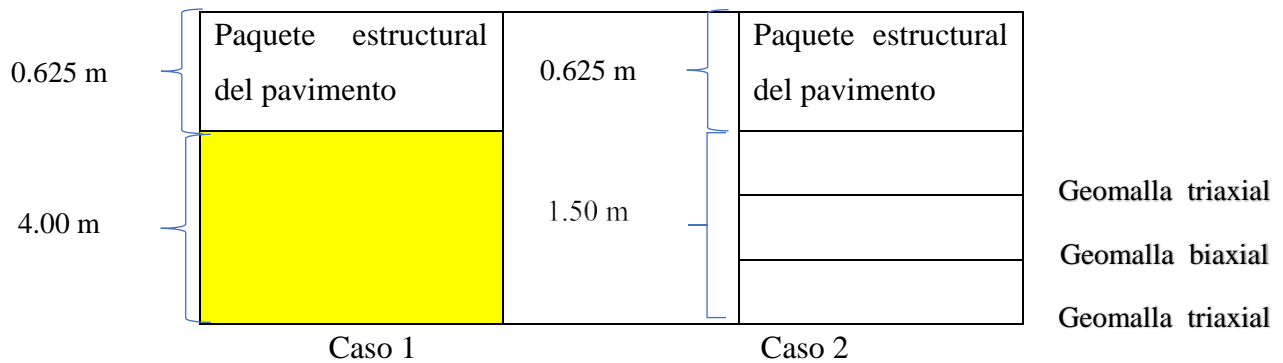


Figura 147 Comparación técnica caso 1 y caso 2  
Fuente: Elaboración propia.

Para ambos casos, desde el punto de vista técnico, ambas propuestas son alternativas viables; dado que, solucionan el problema del suelo relleno no controlado; por lo que, los espesores calculados soportaran las cargas de tráfico.



Tabla 23 Comparación de características caso 1 y caso 2

	<b>Caso 1</b>	<b>Caso 2</b>
Uso de geomalla	NO	SI
Capa protección geomalla	-	0.15m
Espesor de reemplazo	4.00 m	1.50 m
Volumen a reemplazar	33,300.00 m3	15,300.00 m3
Metrado geomalla	-	21,600.00 m2
Tramo	1000 m	1000 m
Precio geomalla	-	13.53
Costo total	<b>5,657,864.47</b>	<b>3,013,382.52</b>
Diferencia	<b>2,644,481.95</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Dado el caso, que el resultado entre ambas propuestas, existe una diferencia económica, se sugiere la opción 2, por ser la más económica (uso de geomallas), para mejoramiento de subrasantes. Cabe indicar que, es importante la adecuada instalación, con mano de obra competente para evitar daños a las mismas, para adquirir sus bondades y beneficios. En la siguiente tabla se menciona algunas ventajas.

Tabla 24 Ventajas y similitudes en caso 1 y caso 2

Caso 1	Caso 2
Mayores costos	Económicamente más rentable
Se mejoró el suelo fundación con mayores capaz	Se mejoró el suelo, con menos capaz
No es necesario mano de obra especializada	Se requiere mayor personal calificado
Ayuda a solucionar problemas de mejoramiento de suelos blandos	Soluciona problemas de mejoramiento de suelos blandos

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 Análisis de los resultados

De los estudios de exploraciones geotécnicos (calicatas, ensayos de refracción sísmica), se determinó la presencia de ladrillos, vidrios, plásticos, constituyendo un relleno no controlado, por lo tanto es un suelo de baja capacidad portante. Cabe indicar que para el cálculo comparativo para ambos casos (suelo mejorado con geomallas y suelos mejorados sin geomallas, en la subrasante), se ha utilizado el mismo paquete estructural. Donde se

logró demostrar que el empleo de geomallas, reduce el volumen de las capas en el mejoramiento de suelos seleccionados; ello gracias a sus altas propiedades mecánicas, ya que estas ayudan a mejorar la transferencia de cargas, distribuyéndolas horizontalmente; logrando disminuir significativamente el costo.

Sin embargo, la sustitución del suelo de relleno no controlado, por un tipo de suelo seleccionado, es válida, para dar solución a suelos con baja capacidad portante con presencia de rellenos no controlados; así como también el empleo de geomallas para reducir espesores en la subrasante

Finalmente, se validó la Hipótesis donde es mayor el espesor en el mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomalla, además son mayores los costos de construcción del mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomallas, también se comprobó que es menor el espesor en el mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomalla; por lo tanto son menores los costos de construcción del mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomallas, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.

## **IV DISCUSIÓN**

A partir de los hallazgos encontrados aceptamos la alternativa de hipótesis general, donde dispone que el costo del pavimento flexible empleando geomalla en la estructura de la subrasante es menor que el costo del pavimento flexible convencional en la vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.

Estos resultados guardan relación con lo sostenido por D. Orrego (2014), quien señala que en casi todos los casos existe un decrecimiento directo del valor final a favor de las áreas reforzadas. Además del insumo del material granular, puede desfavorecer económicamente; ya que, dependerá de la distancia del recorrido del transporte a la cantera más próxima y la disponibilidad del mismo. Ello es acorde con lo hallado en este estudio.

Del hallazgo encontrado en una de las hipótesis específicas, también aceptamos la alternativa donde establece es menor el espesor en el mejoramiento de la estructura de la subrasante con geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.

Estos resultados guardan relación con lo sostenido por Caballero Torres (2016), quien señala que las geomallas ayudan a disminuir los espesores de los suelos, gracias a sus características técnicas que redistribuyen los esfuerzos de las cargas a las que son sometidas. Sin embargo; técnicamente no recomienda el utilizar geomallas uniaxiales como refuerzo en las estructuras de los pavimentos flexibles, en virtud a que su capacidad de carga en un solo sentido y/o dirección. Ello es acorde con lo investigado.

Del hallazgo encontrado en una de las hipótesis específicas, no aceptamos la alternativa donde establece que son menores los costos de construcción del mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomallas, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla. es menor el espesor en el mejoramiento de la estructura de la subrasante sin geomalla, vía auxiliar izquierdo km 2+000 – 2+300 del Proyecto Línea Amarilla.

Estos resultados no guardan relación con lo sostenido por Arévalo Suquitana (2016), quien señala que, al comparar los resultados obtenidos, se evidenció que prácticamente el costo del pavimento es el mismo que si se usara o no geomalla, esto debido a que lo ahorrado en el material granular, se va a emplear en las geomallas. Sin embargo; también nos dice que esta técnica fue empleada en la base y subbases, donde los espesores son mínimos en

relación a terreno de fundación cuando se requiere mejorarlo. Ello no es acorde con lo investigado.

### **Propuesta**

De acuerdo al estudio realizado en este trabajo y a los conocimientos adquiridos durante esta investigación, creemos importante el empleo de geomallas como propuestas de refuerzos en bases granulares, siempre y cuando sea económico y técnicamente aceptables

Instalar geomallas es más rápido. Sin embargo, se debe tomar en cuenta las recomendaciones y especificaciones técnicas para una correcta instalación y conservación, antes y durante el proceso constructivo, para un trabajo óptimo; ya que, es un material que trabaja en conjunto con el agregado granular y no es un sistema independiente.

## **V CONCLUSIONES**

De acuerdo a los estudios de “análisis económica del pavimento flexible con y sin geomallas en la estructura de la subrasante, vía auxiliar izquierda pk 2+000 – 2+300 del proyecto línea amarilla” podemos concluir lo siguiente:

- Mediante cálculo, se determinó que el reemplazo de terreno natural, con material debidamente seleccionado, dentro de la estructura de la subrasante sin geomallas, los espesores del terreno de fundación son mayores. Sin embargo, esta técnica también es válida para el mejoramiento de suelos con baja capacidad portante, tal como lo estipula el Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos (Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2014). Adecuados de la guía AASHTO 93.
- Se demostró, que los espesores de suelos mejorados, en áreas no reforzadas, siempre serán mayores, comparados a los obtenidos mediante algún tipo de refuerzo; por lo tanto, la eliminación, acarreo, traslado de material excedente y el material de préstamo, influyen de manera tal que, elevan los costos, lo que pudo ocasionar impactos negativos al desarrollo del Proyecto.
- De los resultados recogidos, para determinar los espesores de suelos mejorados con material selecto, para la estructura de la subrasante usando geomallas, se determinó que, los espesores son inferiores al del método convencional. Esto debido a las geomallas que en conjunto al material seleccionado permiten una mayor resistencia redistribuyendo las cargas, (mediante una trabazón), disminuyendo los esfuerzos de un material de suelo blando. El uso de Geomallas como refuerzo de las bases granulares en las estructuras esta publicado en la última actualizada AASHTO R-50 publicada en el 2009
- Al obtener niveles de espesores de suelo mejorado menores, mediante el empleo de Geomallas dentro de la estructura de la subrasante, se demostró que es económicamente rentable. Por lo que en ambos casos propuestos (con geomallas y sin geomallas), se mostró las diferencias mediante un análisis económico comparativo.

## **VI RECOMENDACIONES**



Según los estudios de la presente tesis “análisis económica del pavimento flexible con y sin geomallas en la estructura de la subrasante, vía auxiliar izquierda pk 2+000 – 2+300 del proyecto línea amarilla” podemos recomendar lo siguiente:

Antes de entrar a la etapa de exploración y operación se deberá prever un plan de contingencia y proponer métodos de mantenimiento a fin conservar la vida útil del pavimento.

Realizar inspecciones periódicas y/o rutinarias para determinar el estado de los distintos elementos que componen la vía. Además de realizar ensayos de medición in situ, para obtener valores reales del terreno de fundación.

Garantizar y asegurar la prolongación de la vida útil del pavimento, mantener los requisitos mínimos de comodidad y seguridad ofrecidos por la vía a los usuarios en las velocidades de operación.

Es recomendable que los métodos de mantenimiento tomen en cuenta las consideraciones especificadas en el “Manual de carreteras – Conservación Vial del MTC”.

## REFERENCIAS

- AASHTO (1993). Desing of Paviment Structures. Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (2000). American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO GMA White Paper II, 279.
- AASHTO. (2009). Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate base Course of flexible Pavement Structures R50-09. American Association of State Highway and Transportation Officials, 279.
- ALMENDAREZ, Luis. Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicaci+on en Honduras. 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology. (2017).
- ALVAREZ, P. (s.f.). Diseño de estructuras de acero con LRFD. Cochabamba - Bolivia: Universidad Mayos de San Simón.
- AMARILLA, P. L. Diseño de mezcla asfáltica en caliente “Proyecto Línea Amarilla 2017. Lima.
- AMARILLA, P. L. (s.f.). Evaluacion de estabilidad de taludes que comprenden el pk 2+000 al pk 3 +700 “Proyecto Línea Amarilla” . Lima.
- AMARILLA, P. L. (s.f.). Evaluacion de estabilidad de taludes que comprenden el pk pk 3 +700 al pk 5+360 “Proyecto Línea Amarilla”. Lima.
- ASOCIADOS & SOTELO. Estabilidad de Taludes de la Línea de desagüe ubicado adyacente al Río Rímac que comprende las progresivos PK 2+120 al PK 2+600. (2016). Lima.
- CABALLEROS, T. Utilización de la geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. (2006).
- COMUNICACIONES, M. D. Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima. (18 de mayo 2012)
- COMUNICACIONES, M. D. Manual de Carreteras, Suelos, Geologia, Geotecnia y Pavimentos. Seccion suelo y pavimentos. Lima: MTC. (2013).
- GAETE, D. Guía para la ejecución de modificaciones de obra en edificaciones de galpones hasta 2.000m2 con privados. Chile: Universidad Austral de Chile. (2014).
- GIROUD, J. (1981). Geotextile Reinforced Unpaved Road Design.
- GIROUD, J. (2004). Design method for geogrid-reinforced unpaved roads.
- GLOVANON, O., & PAGOLA, M. Modelo mecanistica empírico para pavimentos flexibles. (2013).

- GÓMEZ, S. Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo grau – Trujillo - La Libertad. Trujillo - Perú: universidad privada antenor orrego. (2014).
- GÓMEZ, J. G. (s.f.). Comparación entre las recomendaciones del reglamento de la Secretaria de Comunicaciones y Transporte y la Filosofía de diseño por factores de carga y resistencia del reglamento AASTHO en el diseño de cuatro tipos de superestructuras de puentes vehiculares. Mexico, D.F.: Congreso Nacional de Ingenieria Estructural.
- GUTIÉRREZ, J. Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. (2007).
- KOERNER, R. Designing with Geosynthetics. New Jersey Prentice Hall. (2005).
- Manual de Dispositivos de control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Lima. (2016)
- MTC. Manual de carreteras Diseño Geomaétrico. Lima. (2014).
- MTC. Manual de carreteras Mantenimiento y Conservacion Vial. Lima. (2014).
- MTC. Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima. (2016).
- MTC. Manual de Ensayos de Materiales. Lima. (2016).
- MTC. Manual de carreteras. Lima. (2018)
- MTC. Manual de Seguridad Vial. Lima(2017).
- NAJARRO, A. Diseño y aplicación con geomallas en la carretera. Iquitos-Nauta Ayacucho. (2006).
- OAS. Expediente Técnico del Proyecto Linea Amarilla. Lima. (2010).
- ORREGO, D. Análisis técnico - económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. (2014)
- PATILLO, J. Diseño estructural de pavimento flexible. *Revista Ingeniería de Construcción*, N°9. (1990)
- PAVIMENTOS, D. d.. Lamsac-oas md-pa-001 Rev J. (2014)
- ROJAS, D., & QUINTERO, L. Apuntes de Estructuras de Pavimento. Universidad Nacional Autónoma de México. División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica. (2014)
- RONDÓN, H., & REYES, F. Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. (2007)
- SAC. M. Diseño de Pavimentos Basicos en el Proyecto Mejoramiento de la Carretera Emp. PE 04B-Sondor-Socchabamba-Vado Grande, Region Piura. Piura(2015).
- SARMIENTO, J., & ARIAS, T. Análisis y diseño vial de la avenida Martir Olaya ubicada en el distrito de Lurín del departamento de Lima - Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. (2015).

- TAPIA, A., BARONA, F., & INGA, L. Diseño de un pavimento utilizando geomallas en tramo de la carretera bajada de Chanduy - Aguas Verdes - Pocito. Escuela Superior Politécnica del Litoral. (2005).
- TENSAR Spectra Pave 4 PRO User's Manual. (2013).
- TUPEMESA. Tupemesa. (TUBEST) (2016).Recuperado el 2017, de <http://www.tupemesa.com.pe/>
- TUPEMESA. Tupemesa. (2017).Obtenido de <http://www.tupemesa.com.pe/>
- VALENCIA, R. Nuevas tendencias en el diseño y construcción de carreteras reforzadas con geomallas. San Jose. (2009).

## **ANEXOS**

## Anexo N°1 Presupuesto mejoramiento con material seleccionado

S10

Página

1

### Presupuesto

Presupuesto 0201001 ANÁLISIS ECONÓMICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN GEOMALLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA SUBRASANTE, VÍA AUXILIAR IZQUIERDA PK 2+000 - 2+300 DEL PROYECTO LÍNEA AMARILLA

Subpresupuesto 001 MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON MATERIAL SELECCIONADO

Cliente UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO Costo al 14/10/2018

Lugar LIMA - LIMA - LIMA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON MATERIAL SELECCIONADO</b>				<b>3,995,667.00</b>
01.01	MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EMPLEANDO MATERIAL ADICIONADO	m3	33,300.00	31.85	1,060,605.00
01.02	MATERIAL DE CANTERA	m3	33,300.00	88.14	2,935,062.00
	<b>Costo Directo</b>				<b>3,995,667.00</b>
	<b>Gastos Generales 10%</b>				<b>399,566.70</b>
	<b>Utilidad 10%</b>				<b>399,566.70</b>
	<b>Sub Total</b>				<b>4,794,800.40</b>
	<b>IGV 18%</b>				<b>863,064.07</b>
	<b>TOTAL</b>				<b>5,657,864.47</b>

SON : TRES MILLONES NOVECIENTOS NOVENTICINCO MIL SEISCIENTOS SESENTISIETE Y 00/100 NUEVOS SOLES

## Análisis De Precios Unitarios

S10

Página: 1

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201001 ANÁLISIS ECONÓMICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN GEOMALLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA SUBRASANTE, VÍA AUXILIAR IZQUIERDA PK 2+000 - 2+300 DEL PROYECTO LÍNEA AMARILLA**  
 Subpresupuesto **001 MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON MATERIAL SELECCIONADO** Fecha presupuesto **14/10/2018**

Partida **01.01 MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EMPLEANDO MATERIAL ADICIONADO**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **750.0000** EQ. **750.0000** Costo unitario directo por : m3 **31.85**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	3.0000	0.0320	26.13	0.84
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0107	14.83	0.16
<b>1.00</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.00	0.05
03011800020004	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	hm	1.0000	0.0107	268.77	2.88
03011900020003	RODILLO VIBRADOR LISO AUTOPROPULSADO 101-135 HP TN	hm	1.0000	0.0107	156.13	1.67
03012000010004	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP	hm	1.0000	0.0107	210.89	2.26
<b>6.86</b>						
<b>Subpartidas</b>						
010303010106	CORTE PARA MEJORAMIENTO	m3		0.1200	4.40	0.53
010318010102	AGUA PARA OBRA	m3		1.0000	23.46	23.46
<b>23.99</b>						

Partida **01.02 MATERIAL DE CANTERA**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **4,000.0000** EQ. **4,000.0000** Costo unitario directo por : m3 **88.14**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Subpartidas</b>						
010303030301	EXTRACCION DE MATERIAL SELECCIONADO	m3		1.0000	6.38	6.38
010303050401	ZARANDEO DE MATERIAL SELECCIONADO	m3		1.0000	8.11	8.11
010303060302	CARGUIO PARA TRANSPORTE A OBRA	m3		1.0000	1.65	1.65
010703080208	TRANSPORTE DE MATERIAL SELECTO A OBRA	m3		1.0000	72.00	72.00
<b>88.14</b>						

## Análisis De Precios De Sub Partidas

310

Página : 1

### Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto: 0201001 ANÁLISIS ECONÓMICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN GEOMALLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA SUBRASANTE, VÍA AUXILIAR IZQUIERDA PK. 2+000 - 2+300 DEL PROYECTO LÍNEA AMARILLA  
 Subpresupuesto: 001 MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON MATERIAL SELECCIONADO Fecha presupuesto: 14/10/2018

Partida	(012003010105-0201001-01) CORTE PARA MEJORAMIENTO						
Rendimiento	m3/DIA	MÓ.450.00	EQ.450.00	Costo unitario directo por : m3			4.40
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/	Parcial \$/	
<b>Mano de Obra</b>							
010101004	ORICAL	hh	0.1000	0.0018	18.50	0.03	
010101002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0018	26.13	0.05	
010101005	PEON	hh	1.0000	0.0170	14.00	0.24	
<b>0.34</b>							
<b>Equipos</b>							
000101006	HERRAMIENTAS MANUALES	Sumo		5.0000	0.04	0.03	
0001170001001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-195 HP	hm	1.0000	0.0170	257.07	4.04	
<b>4.08</b>							

Partida	(012003000001-0201001-01) EXTRACCION DE MATERIAL SELECCIONADO						
Rendimiento	m3/DIA	MÓ.500.00	EQ.500.00	Costo unitario directo por : m3			5.38
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/	Parcial \$/	
<b>Mano de Obra</b>							
010101002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0020	26.13	0.05	
010101005	PEON	hh	2.0000	0.0020	14.00	0.47	
<b>0.56</b>							
<b>Equipos</b>							
000101006	HERRAMIENTAS MANUALES	Sumo		3.0000	0.05	0.03	
0001180002001	TRACTOR DE ORUGAS DE 180-240 HP	hm	1.0000	0.0150	303.14	5.01	
<b>5.03</b>							

Partida	(012003000401-0201001-01) ZARANDEO DE MATERIAL SELECCIONADO						
Rendimiento	m3/DIA	MÓ.300.00	EQ.300.00	Costo unitario directo por : m3			8.11
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/	Parcial \$/	
<b>Mano de Obra</b>							
010101002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0020	26.13	0.14	
010101005	PEON	hh	2.0000	0.0020	14.00	0.79	
<b>0.93</b>							
<b>Materiales</b>							
020104001	PETROLEO D-2	gal		0.1700	8.50	1.45	
<b>1.45</b>							
<b>Equipos</b>							
000101006	HERRAMIENTAS MANUALES	Sumo		3.0000	0.03	0.03	
0001400004002	ZARANDA VIBRATORIA 4500*7014" M.E. 15HP	hm	1.0000	0.0257	54.01	1.45	
0001180001002	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-125 HP 2.5 yd3	hm	1.0000	0.0257	158.04	4.24	
<b>5.72</b>							

Partida	(012003000302-0201001-01) CARGUO PARA TRANSPORTE A OBRA						
Rendimiento	m3/DIA	MÓ.850.00	EQ.850.00	Costo unitario directo por : m3			1.85
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/	Parcial \$/	
<b>Mano de Obra</b>							
010101004	ORICAL	hh	1.0000	0.0094	18.50	0.18	
<b>0.18</b>							
<b>Equipos</b>							
0001180001002	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-125 HP 2.5 yd3	hm	1.0000	0.0094	158.04	1.49	
<b>1.49</b>							

Fecha : 10/10/2018 0:11:22



### Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto **0201001** **ANÁLISIS ECONÓMICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN GEOMALLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA SUBRASANTE, VÍA AUXILIAR IZQUIERDA PK 2+000 - 2+300 DEL PROYECTO LÍNEA AMARILLA**  
 Subpresupuesto **001** **MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON MATERIAL SELECCIONADO** Fecha presupuesto **14/10/2018**

Partida		(010318010102-0201001-01) AGUA PARA OBRA					
Rendimiento	m3/DIA	MO.53.00	EQ.53.00	Costo unitario directo por : m3			23.46
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
		<b>Mano de Obra</b>					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.1509	14.83	2.24	
		<b>2.24</b>					
		<b>Equipos</b>					
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1.0000	0.1509	140.59	21.22	
		<b>21.22</b>					

Partida		(010703080208-0201001-01) TRANSPORTE DE MATERIAL SELECTO A OBRA					
Rendimiento	m3/DIA	MO.25.00	EQ.25.00	Costo unitario directo por : m3			72.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
		<b>Mano de Obra</b>					
0101010004	OFICIAL	hh	0.2000	0.0640	16.50	1.06	
		<b>1.06</b>					
		<b>Equipos</b>					
03012200040002	CAMION VOLQUETE DE 10 m3	hm	1.0000	0.3200	221.70	70.94	
		<b>70.94</b>					

## Anexo N° 2 Presupuesto mejoramiento con geomalla

S10

Página

1

### Presupuesto

Presupuesto **0201001 ANÁLISIS ECONÓMICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN GEOMALLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA SUBRASANTE, VÍA AUXILIAR IZQUIERDA PK 2+000 - 2+300 DEL PROYECTO LÍNEA AMARILLA**

Subpresupuesto **002 MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON GEOMALLA**

Cliente **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO** Costo al **14/10/2018**

Lugar **LIMA - LIMA - LIMA**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
02	<b>MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON GEOMALLA</b>				<b>2,128,095.00</b>
02.01	MATERIAL DE CANTERA	m3	15,300.00	88.14	1,348,542.00
02.02	MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EMPLEANDO MATERIAL ADICIONADO	m3	15,300.00	31.85	487,305.00
02.03	GEOMALLA	m2	21,600.00	13.53	292,248.00
	<b>Costo Directo</b>				<b>2,128,095.00</b>
	<b>Gastos Generales 10%</b>				<b>212,809.50</b>
	<b>Utilidad 10%</b>				<b>212,809.50</b>
	<b>Sub Total</b>				<b>2,553,714.00</b>
	<b>IGV 18%</b>				<b>459,668.52</b>
	<b>TOTAL</b>				<b>3,013,382.52</b>

**SON : DOS MILLONES CIENTO VEINTIOCHO MIL NOVENTICINCO Y 00/100 NUEVOS SOLES**

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201001 ANÁLISIS ECONÓMICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN GEOMALLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA SUBRASANTE, VÍA AUXILIAR IZQUIERDA PK 2+000 - 2+300 DELPROYECTO LINEA AMARILLA**  
 Subpresupuesto **002 MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON GEOMALLA** Fecha presupuesto **14/10/2018**

Partida **02.01 MATERIAL DE CANTERA**

Rendimiento **m3/DIA MO. 4,000.0000 EQ. 4,000.0000** Costo unitario directo por : m3 **88.14**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Subpartidas</b>						
010303030301	EXTRACCION DE MATERIAL SELECCIONADO	m3		1.0000	6.38	6.38
010303050401	ZARANDEO DE MATERIAL SELECCIONADO	m3		1.0000	8.11	8.11
010303060302	CARGUJO PARA TRANSPORTE A OBRA	m3		1.0000	1.65	1.65
010703080208	TRANSPORTE DE MATERIAL SELECTO A OBRA	m3		1.0000	72.00	72.00
						<b>88.14</b>

Partida **02.02 MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EMPLEANDO MATERIAL ADICIONADO**

Rendimiento **m3/DIA MO. 750.0000 EQ. 750.0000** Costo unitario directo por : m3 **31.85**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	3.0000	0.0320	26.13	0.84
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0107	14.83	0.16
						<b>1.00</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.00	0.05
03011800020004	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	hm	1.0000	0.0107	268.77	2.88
03011900020003	RODILLO VIBRADOR LISO AUTOPROPULSADO 101-135 HP TN	hm	1.0000	0.0107	156.13	1.67
03012000010004	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP	hm	1.0000	0.0107	210.89	2.26
						<b>6.86</b>
<b>Subpartidas</b>						
010303010106	CORTE PARA MEJORAMIENTO	m3		0.1200	4.40	0.53
010318010102	AGUA PARA OBRA	m3		1.0000	23.46	23.46
						<b>23.99</b>

Partida **02.03 GEOMALLA**

Rendimiento **m2/DIA MO. 53.0000 EQ. 53.0000** Costo unitario directo por : m2 **13.53**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0151	26.13	0.39
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1509	20.10	3.03
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.3019	14.83	4.48
						<b>7.90</b>
<b>Materiales</b>						
0210020003	GEOMALLA	m2		1.1000	4.90	5.39
						<b>5.39</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	7.90	0.24

### Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto 0201001 ANÁLISIS ECONÓMICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN GEOMALLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA SUBRASANTE, VÍA AUXILIAR IZQUIERDA PK 2+000 - 2+300 DEL PROYECTO LÍNEA AMARILLA  
 Subpresupuesto 002 MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON GEOMALLA Fecha presupuesto 14/10/2018

Partida		(01020010105-02-1001-01) CORTE PARA MEJORAMIENTO					
Rendimiento	m3/DIA	MO:450.00	EQ:450.00	Costo unitario directo por : m3			4.40
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$L	Parcial \$L	
		<b>Mano de Obra</b>					
010101004	OFICIAL	hh	0.1000	0.0010	18.50	0.03	
010101002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0010	28.13	0.03	
010101003	PEON	hh	1.0000	0.0170	14.00	0.24	
		<b>Equipos</b>					
020101003	HERRAMIENTAS MANUALES	Nmo		5.0000	0.24	0.03	
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-105 HP	hm	1.0000	0.0170	237.07	4.04	
							<b>4.36</b>

Partida		(01020020001-02-1001-01) EXTRACCION DE MATERIAL SELECCIONADO					
Rendimiento	m3/DIA	MO:500.00	EQ:500.00	Costo unitario directo por : m3			6.38
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$L	Parcial \$L	
		<b>Mano de Obra</b>					
010101002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0020	28.13	0.06	
010101003	PEON	hh	2.0000	0.0320	14.00	0.47	
		<b>Equipos</b>					
020101003	HERRAMIENTAS MANUALES	Nmo		3.0000	0.25	0.03	
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0160	363.14	5.81	
							<b>5.93</b>

Partida		(01020020401-02-1001-01) ZARANDEO DE MATERIAL SELECCIONADO					
Rendimiento	m3/DIA	MO:300.00	EQ:300.00	Costo unitario directo por : m3			8.11
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$L	Parcial \$L	
		<b>Mano de Obra</b>					
010101002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0020	28.13	0.14	
010101003	PEON	hh	2.0000	0.0320	14.00	0.79	
		<b>Materiales</b>					
020104001	PETROLEO-D2	gal		0.0700	0.53	1.48	
		<b>Equipos</b>					
020101003	HERRAMIENTAS MANUALES	Nmo		3.0000	0.25	0.03	
03014000040002	ZARANDA VIBRATORIA 4700X14" M.E. 15HP	hm	1.0000	0.0267	54.01	1.48	
03011800010002	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 103-125 HP 2.5 yd3	hm	1.0000	0.0267	158.04	4.24	
							<b>5.72</b>

Partida		(01020020302-02-1001-01) CARGUO PARA TRANSPORTE A OBRA					
Rendimiento	m3/DIA	MO:850.00	EQ:850.00	Costo unitario directo por : m3			1.85
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$L	Parcial \$L	
		<b>Mano de Obra</b>					
010101004	OFICIAL	hh	1.0000	0.004	18.50	0.18	
		<b>Equipos</b>					
03011800010002	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 103-125 HP 2.5 yd3	hm	1.0000	0.004	158.04	1.40	
							<b>1.40</b>

### Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto **0201001** **ANÁLISIS ECONÓMICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN GEOMALLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA SUBRASANTE, VÍA AUXILIAR IZQUIERDA PK 2+000 - 2+300 DEL PROYECTO LÍNEA AMARILLA**  
 Subpresupuesto **002** **MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON GEOMALLA** Fecha presupuesto **14/10/2018**

Partida		(010318010102-0201001-01) AGUA PARA OBRA					
Rendimiento	m3/DIA	MO.53.00	EQ.53.00	Costo unitario directo por : m3		23.46	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		<b>Mano de Obra</b>					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.1509	14.83	2.24	
		<b>Equipos</b>					
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1.0000	0.1509	140.59	21.22	
						<b>21.22</b>	

Partida		(010703080208-0201001-01) TRANSPORTE DE MATERIAL SELECTO A OBRA					
Rendimiento	m3/DIA	MO.25.00	EQ.25.00	Costo unitario directo por : m3		72.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		<b>Mano de Obra</b>					
0101010004	OFICIAL	hh	0.2000	0.0640	16.50	1.06	
		<b>Equipos</b>					
03012200040002	CAMION VOLQUETE DE 10 m3	hm	1.0000	0.3200	221.70	70.94	
						<b>70.94</b>	

# Anexo N° 3 Exploraciones Geotécnicas

0184

## Parámetros geotécnicos estimados para los materiales Proyecto Paso Inferior Morales Dueñas

### MASW-01 & LS-01

Profundidad (m)	Vp(m/s)	Vs(m/s)	$\phi$ (°)		C <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Es(Kg/cm <sup>2</sup> )		Kh(Kg/cm <sup>3</sup> )		$\mu$	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Estrato
			mínimo	promedio			mínimo	promedio	mínimo	promedio			
0.0 - 7.0	453	302											Relleno No Controlado
	448	274											
	539	328											
	793	495											
	793	495											
7.0 - 18.0	1015	631											Grava Rígida
	1497	664	45.4	46.3	0.43	0.32	852.3	1163.5	19.6	21.7	0.4	2.3	
	1497	655											
	1859	691											
	1860	743											
18.0 - 25.0	1861	807	48.8	48.9	0.55	0.41	1702.3	1720.0	30.4	30.5	0.4	2.3	Grava Muy Rígida
	1931	813											

C<sub>1</sub>: Cuando no hay descompresión del suelo

C<sub>2</sub>: Cuando hay descompresión del suelo

### MASW-02 & LS-02

Profundidad (m)	Vp(m/s)	Vs(m/s)	$\phi$ (°)		C <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Es(Kg/cm <sup>2</sup> )		Kh(Kg/cm <sup>3</sup> )		$\mu$	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Estrato
			mínimo	promedio			mínimo	promedio	mínimo	promedio			
0.0 - 7.0	425	248											Relleno No Controlado
	425	143											
	454	222											
	502	272											
	502	272											
	959	395											
7.0 - 10.0	1333	548	43.8	43.8	0.38	0.28	758.1	758.1	15.8	15.8	0.4	2.2	Grava compacta
10.0 - 25.0	1425	586											Grava Rígida
	1455	656	44.6	46.6	0.40	0.30	907.7	1217.3	19.3	24.5	0.4	2.3	
	1455	701											
	1455	726											
	1455	721											
	1455	745											

C<sub>1</sub>: Cuando no hay descompresión del suelo

C<sub>2</sub>: Cuando hay descompresión del suelo

### MASW-03 & LS-03

Profundidad (m)	Vp(m/s)	Vs(m/s)	$\phi$ (°)		C <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Es(Kg/cm <sup>2</sup> )		Kh(Kg/cm <sup>3</sup> )		$\mu$	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Estrato
			mínimo	promedio			mínimo	promedio	mínimo	promedio			
0.0 - 7.0	449	250											Relleno No Controlado
	449	166											
	484	295											
	484	281											
	484	281											
	839	360											
7.0 - 10.0	970	486	42.7	42.7	0.34	0.25	569.1	569.1	13.0	13.0	0.4	2.2	Grava compacta
10.0 - 25.0	1419	615											Grava Rígida
	1463	646	45.1	46.3	0.42	0.32	946.8	1197.2	20.8	23.9	0.4	2.3	
	1591	678											
	1640	704											
	1640	704											
	1640	717											

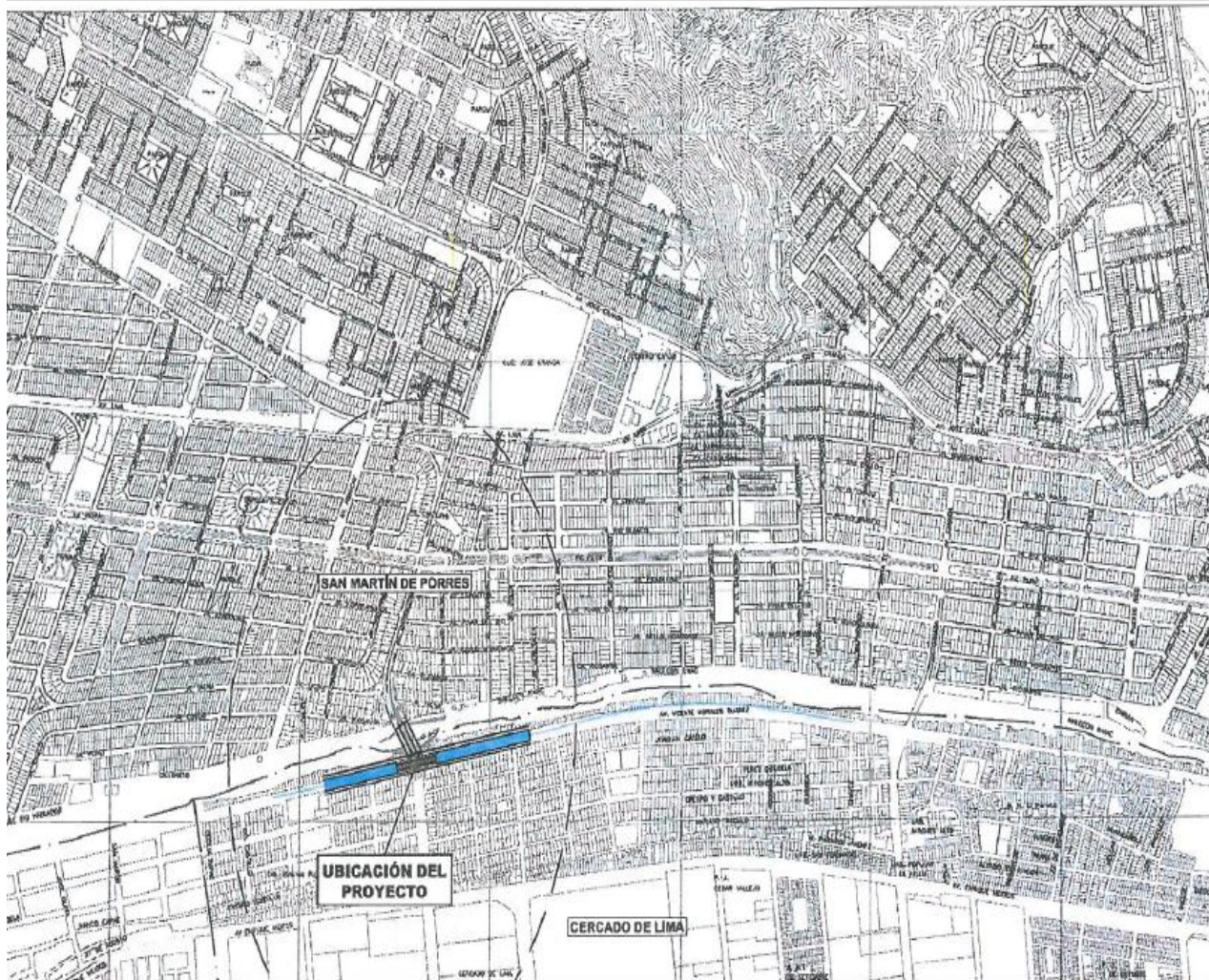
C<sub>1</sub>: Cuando no hay descompresión del suelo

C<sub>2</sub>: Cuando hay descompresión del suelo

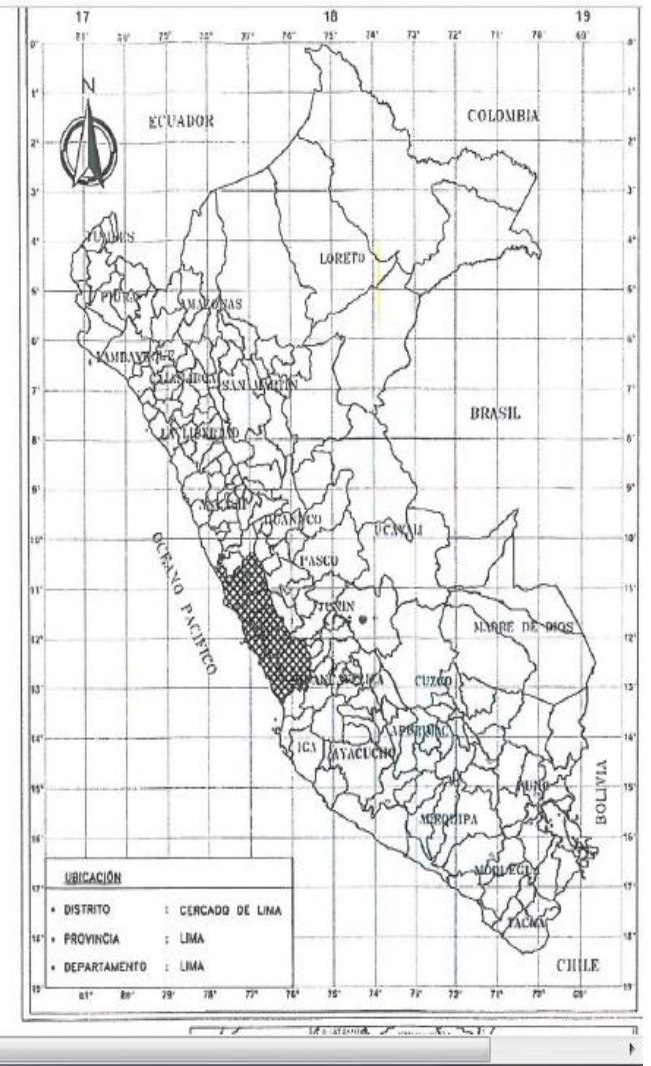
  
**HEBERT SOTELO AEDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 R.M. C.I.B.: 67636

## **Anexo N° 4 Planos**

### **Ubicación Geográfica**



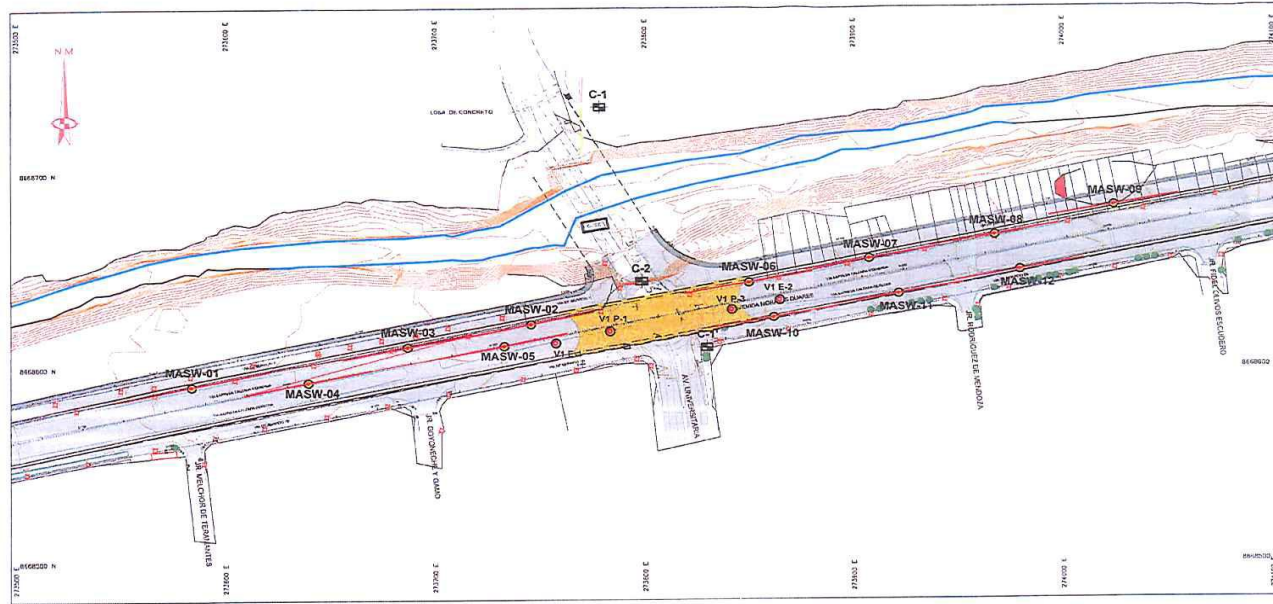
420 x 297 mm





## Ubicación del Proyecto



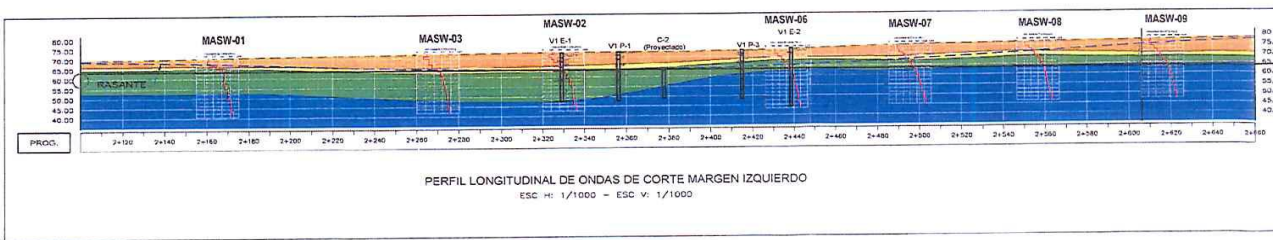


CUADRO DE COORDENADAS GEOFISICA

ESTADO	PROY.	PROY.	PROY.	PROY.	PROY.	PROY.	
15.01	271524	8468195	271510	8468620	MASW-01	271512	8468195
15.02	271731	8468217	271725	8468200	MASW-02	271724	8468217
15.03	272020	8468240	272015	8468215	MASW-03	272012	8468240
15.04	271607	8468182	271600	8468165	MASW-04	271598	8468182
15.05	271720	8468278	271712	8468260	MASW-05	271711	8468278
15.06	271811	8468308	271805	8468290	MASW-06	271802	8468308
15.07	271825	8468303	271818	8468285	MASW-07	271815	8468303
15.08	271926	8468314	271920	8468297	MASW-08	271918	8468314
15.09	271926	8468379	271920	8468362	MASW-09	271912	8468379
15.10	272182	8468419	272180	8468402	MASW-10	272178	8468419
15.11	272187	8468382	272181	8468365	MASW-11	272175	8468382
15.12	271703	8468348	271695	8468330	MASW-12	271692	8468348

CUADRO DE UBICACIÓN DE CALICATAS Y PERFORACIONES

LISTA	PROY.	PROY.
C-1	273776.97	8468735.26
C-2	273797.11	8468645.77
C-1'	273828.07	8468511.74
V1 E-1	273786.00	8468514.00
V1 E-2	273863.00	8468515.82
V1 P-1	273782.00	8468520.00
V1 P-3	273840.00	8468511.00



**LEYENDA**

**SIMBOLO DESCRIPCION**

● MASW-1 ENGAPO MESH

LS-1 LINEA SIMEXA

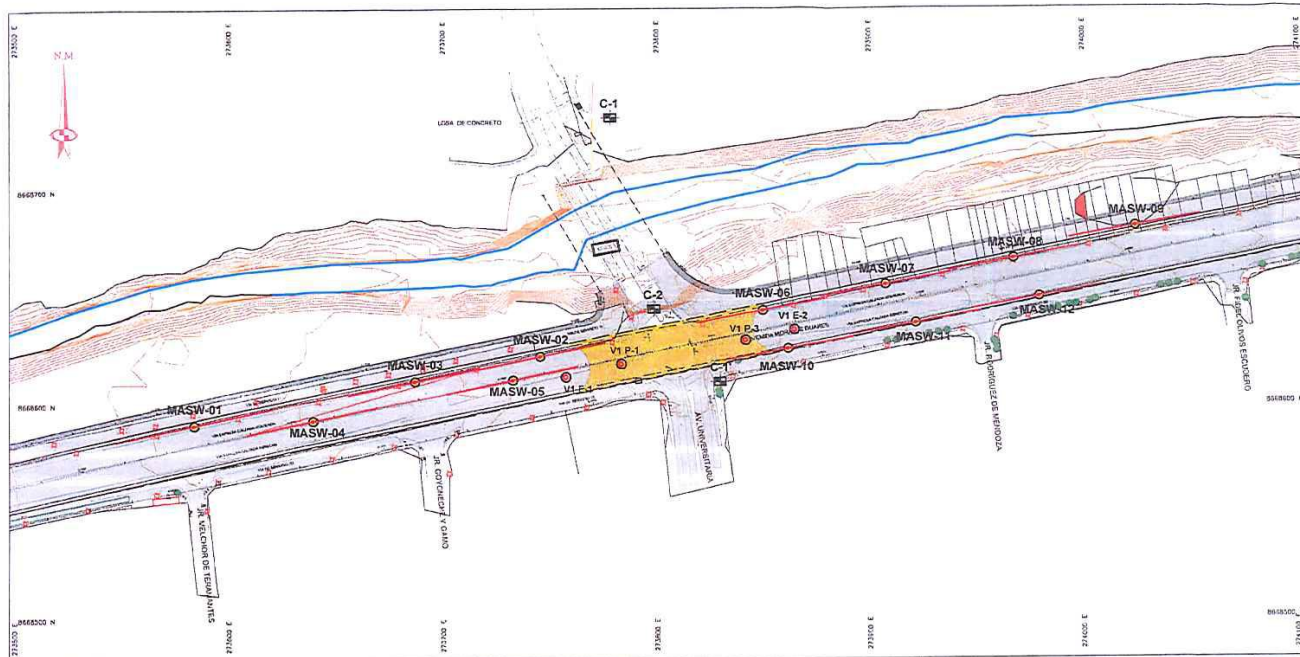
**VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE**

- 180 - 430 (m/s) MATERIA DE REllENO MEDA
- 430 - 560 (m/s) GRAVA COMPACTA
- 560 - 710 (m/s) GRAVA MEDA
- > 710 (m/s) GRAVA MUY MEDA

**HERBERT SOTELO ACEDO**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. 5764

<p>MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA</p>	<p>CONCEJALDO</p> <p><b>LAMSAC</b> LINEA AMARILLA</p>	<p>CONSTRUCTORA</p> <p><b>OAS</b></p>	<p>JEFE DEL PROYECTO</p> <p>DIS:RO</p> <p>DESARROLLO:</p>	<p>INGENIERIA OAS</p> <p>GLADYS COAGUILA</p>	<p>REVISIONES</p> <p>Nº FECHA DESCRIPCION</p> <p>01 NOV-18 GEOTECCIA DE MORALES DIAZ</p>	<p>OBRA</p> <p>VIA EXPRESA LINEA AMARILLA</p>	<p>Nº DE PLANO</p> <p>PLA-317</p>	<p>DESCRIPCION DEL PLANO</p> <p>GEOTECCIO</p> <p>PERFIL DE ONDAS SISMICAS</p> <p>PASO INFERIOR MORALES DIAZ</p>	<p>FECHA</p> <p>02-2015</p>
			<p>ESCALA</p> <p>1:1000</p>						

00374

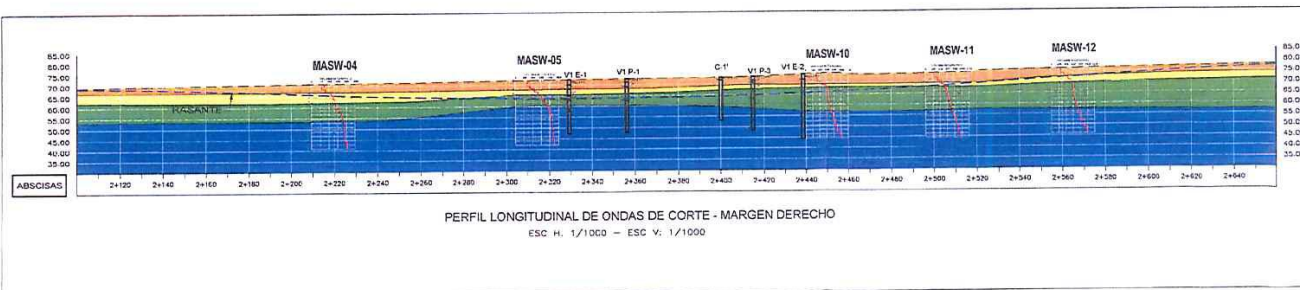


CUADRO DE COORDENADAS GEOFISICAS

SECCION	ESTACION	INICIO	FIN	PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD
LS-01	271200	8668100	271200	8668100	MASW-01	271200	8668100
LS-02	271250	8668150	271250	8668150	MASW-02	271250	8668150
LS-03	271300	8668200	271300	8668200	MASW-03	271300	8668200
LS-04	271350	8668250	271350	8668250	MASW-04	271350	8668250
LS-05	271400	8668300	271400	8668300	MASW-05	271400	8668300
LS-06	271450	8668350	271450	8668350	MASW-06	271450	8668350
LS-07	271500	8668400	271500	8668400	MASW-07	271500	8668400
LS-08	271550	8668450	271550	8668450	MASW-08	271550	8668450
LS-09	271600	8668500	271600	8668500	MASW-09	271600	8668500
LS-10	271650	8668550	271650	8668550	MASW-10	271650	8668550
LS-11	271700	8668600	271700	8668600	MASW-11	271700	8668600
LS-12	271750	8668650	271750	8668650	MASW-12	271750	8668650

CUADRO DE UBICACIÓN DE CALICATAS Y PROFUNDIDADES

SECCION	ESTACION	PROFUNDIDAD
C-1	271375.97	8668735.76
C-2	271377.11	866845.77
C-1'	271382.07	8668611.74
V1 E-1	271356.00	8668614.00
V1 E-2	271363.00	8668635.82
V1 P-1	271382.00	8668630.00
V1 P-3	271384.00	8668631.00



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
MASW-1	ENSAYO MASW
LS-1	LINEA SECCION
VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE	
180 - 420 (m/s)	MATERIAL DE DENSIDAD MEDIA
420 - 760 (m/s)	GRASA COMPACTA
760 - 1000 (m/s)	GRASA MEDIA
> 1000 (m/s)	GRASA MUY RIGIDA

HEBERT SOTEL O AEDO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P.: 57833



MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA



JEFE DE PROYECTO  
DISEÑO  
DESARROLLADO: GLADYS COAGUILA

REVISIONES	
N°	FECHA
01	NOV-18

VIA EXPRESA LINEA AMARILLA

N° DE PLANO: PLA-317  
N° DE HOJA: 12 DE 12

DESCRIPTON DEL PLANO  
GEOTECNICO  
PERFIL DE ONDAS SISMICAS  
PASO INFERIOR MORALES DUAREZ

FECHA: 010-2019  
ESCALA: 1:1000

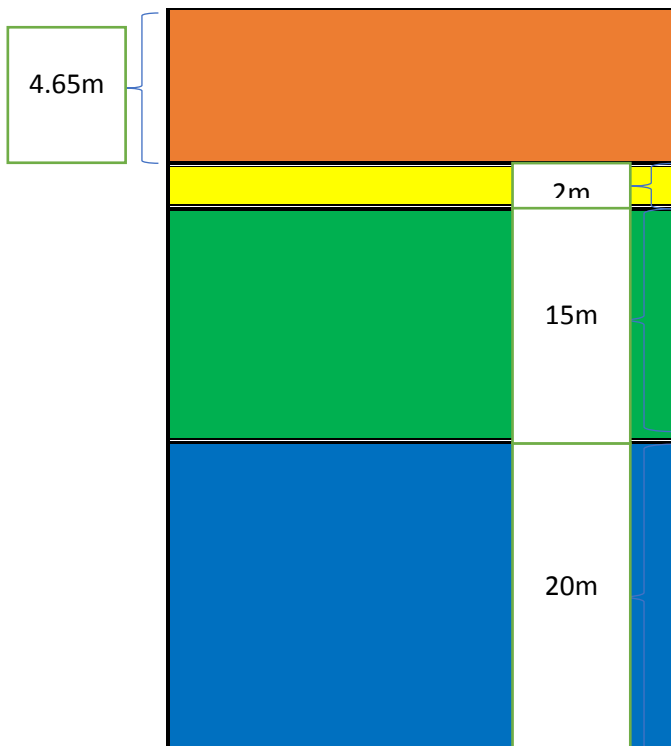
0037E

De acuerdo al perfil de ondas sísmicas esquematizamos un corte para cada caso, referenciando el tipo de suelo según su profundidad

**Corte esquemático 1**

**Para caso 1**

**Entre las pk 2+120**



Material relleno no controlado

Material Grava Compacta

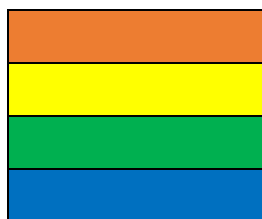
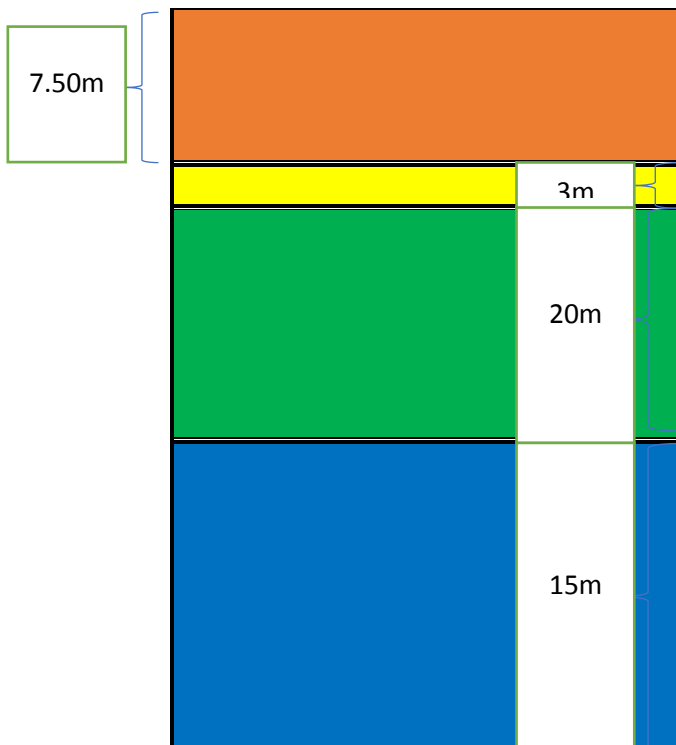
Material Grava Rigida

Material Grava Muy Rigida

## Corte esquemático 2

Para caso 2

Entre las pk 2+300



Material relleno no controlado

Material Grava Compacta

Material Grava Rigida

Material Grava Muy Rigida

## **Anexo N° 5 Especificaciones Técnicas de la Geomalla**

## Ficha Técnica de geomalla biaxial

# MACCAFERRI

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Rev. 00, Fecha: 10.12.2012

### MACGRID® EG S

GEOMALLA BIAxIAL DE POLIPROPILENO

Las geomallas MacGrid® EG son producidas a base de polipropileno mediante un proceso de extrusión para proporcionar resistencia en dos direcciones, longitudinal y transversal. Son inertes a todos los químicos existentes en los suelos naturales  $4 \leq \text{pH} \leq 9$ . Las geomallas MacGrid® EG son utilizadas principalmente para estabilización de suelos y algunos casos de refuerzo de suelos.



**MacGrid®  
EG**

MACGRID EG		15S	20S	30S	40S
<b>Propiedades Mecánicas</b>					
Resistencia a la Tensión - MD ASTM D 6637	kN/m	15.0	20.0	30.0	40.0
Resistencia a la Tensión al 2% Def. - MD ASTM D 6637	kN/m	5.0	7.0	10.5	14.0
Resistencia a la Tensión al 5% Def. - MD ASTM D 6637	kN/m	7.0	14.0	21.0	28.0
Deformación típica de Resistencia a T. - MD ASTM D 6637	%	13	13	13	13
Resistencia a la Tensión - CMD ASTM D 6637	kN/m	15.0	20.0	30.0	40.0
Resistencia a la Tensión al 2% Def. - CMD ASTM D 6637	kN/m	5.0	7.0	10.5	14.0
Resistencia a la Tensión al 5% Def. - CMD ASTM D 6637	kN/m	7.0	14.0	21.0	28.0
Deformación típica de Resistencia a T. - CMD ASTM D 6637	%	10	10	10	10
Eficiencia de Resistencia en Unión GRI GG2/GG1	%	95	95	95	95
<b>Propiedades Físicas y Químicas</b>					
Estructura de Geomalla	Extruida biaxial				
Polímero	100% Polipropileno Estabilizado con UV				
Contenido de Negro de Humo	%	≥ 2			
Color	Negro				
Apertura de Malla	mm	38x38	38x38	38x38	38x38
Dimensiones del Rollo	Ancho	m	3.95	3.95	3.95
	Largo	m	50	50	50



**Notas:** Los valores mostrados están en la dirección principal más débil. Los valores medios mínimos del rollo representan un nivel de la confianza 97,5%, calculado como el medio menos dos desviaciones de estándar. El proveedor no da más garantía, expresa o implícita, referente al producto mostrado anteriormente de que al ser entregado tendrá de la calidad y de las especificaciones indicadas adjunto. CUALQUIER GARANTÍA IMPLÍCITA DE LA APLICACIÓN PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR EXPRESA SE EXCLUYE Y, HASTA EL PUNTO DE SEA CONTRARIA A LA ORACIÓN PRECEDENTE CUALQUIER GARANTÍA IMPLÍCITA DE MERCADO SE EXCLUYE. Cualquier recomendación hecha por el proveedor referente a aplicaciones o a usos del producto es confiable, sin embargo el proveedor no da ninguna garantía de los resultados que se obtendrán. La información técnica provista para este tipo de producto está sujeta a cambio en cualquier momento sin previo aviso.

**Maccaferri de México, S.A. de C.V. - Oficina y Planta Querétaro**  
Carretera Querétaro - San Luis Potosí km. 28.5  
Av. San Pedrito 119, Parque Industrial Querétaro,  
Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, C.P. 76220  
Tel. 01 (442) 229 4300 / Fax. 240 9097, 01 (800) 672 3482.  
E-mail: info@maccaferri.com.mx - Sitio Web: www.maccaferri.com.mx

**Oficina Ciudad de México, D.F.**  
Galileo 20-401 Col. Polanco Chapultepec  
Tel. 01 (55) 5280 0846 / 01 (800) 507 4260

**Oficina Zapopan, Jalisco**  
Av. Vallarta H19, Plaza Concentro.  
Tel. 01 (33) 3110 0032

**Oficina Chiapas**  
Tuxtla Gutierrez, Chiapas  
Tel. 01 (961) 147 2359


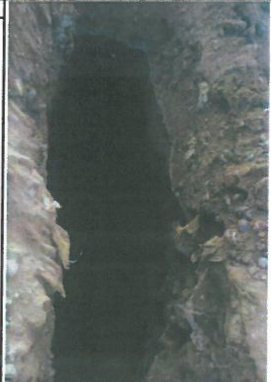


**Ciudad Oaxaca**  
Tel. 045 (951) 236 2583  
Tel. 045 (951) 157 6062

ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification



**E n g i n e e r i n g   a   B e t t e r   S o l u t i o n**

## Registro de Calicatas

	<b>REGISTRO DE CALICATA</b>	CALICATA N° <b>C - 01</b>			
Obra: <b>LÍNEA AMARILLA</b>					
CLIENTE: <b>LAMSAC</b>		PROFUNDIDA DE EXCAVACION: 0.00 M - 3.00 M			
UBICACION: VIADUCTO 1 AL VIADUCTO 2		TIPO DE CALICATA: A CIELO ABIERTO			
LADO: IZQUIERDO	HECHO POR: TEC. NESTOR PEREZ	COTA: 79.25			
FECHA: 25/11/2015		LABORATORIO: DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
<b>1.0 REGISTRO DE EXCAVACIONES</b>					
Prof.(m) DE A	MUESTRA	Clasif.	Simb.	Descripción	PANEL FOTOGRÁFICO
0.00 0.03	---	---	---	LOSA DE CONCRETO EXISTENTE	
0.03 3.00	---	---	---	<p>RELLENO NO CONTROLADO CON BOLONERIA</p> <p>Arena mal graduada con grava, de forma sub redondeado, de TMN de 8", semi compacta , con presencia de ladrillo.</p> <p>PROGRESIVA: 2+720</p>	
					
PREPARADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR SUPERVISION:			
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____			
Nombre: _____	Nombre: _____	Nombr: _____			
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____			

  
 .....  
**HEBERT SOTELO AEDO**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Reg. C.I.P.: 67630**





### REGISTRO DE CALICATA

CALICATA N°  
C - 02

Obra: **LÍNEA AMARILLA**

CLIENTE: **LAMSAC**

PROFUNDIDA DE EXCAVACION: 0.00 M - 3.00 M

TIPO DE CALICATA: A CIELO ABIERTO

UBICACION: VIADUCTO 1 AL VIADUCTO 2

HECHO POR: TEC. NESTOR PEREZ

COTA: 81.41

LADO: DERECHO

FECHA: 25/11/2015

LABORATORIO: DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

#### 1.0 REGISTRO DE EXCAVACIONES

Prof.(m)		MUESTRA	Clasif.	Simb.	Descripción	PANEL FOTOGRÁFICO
DE	A					
0.00	3.00	---	---	---	<p>RELLENO NO CONTROLADO CON BOLONERIA</p> <p>Arena mal graduada con grava, de forma sub redondeado, de TMN de 8", semi compacta , con presencia de ladrillo.</p> <p>PROGRESIVA: 2+900</p>	



PREPARADO POR:

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

APROBADO POR:

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

APROBADO POR SUPERVISION:

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

HEBERT SOTELO AEDO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P.: 57639

**Ficha validación de recolección de datos**

<b>Nombre de Proyecto:</b> LINEA AMARILLA
<b>Título de tesis:</b> “Análisis económico del pavimento flexible con y sin geomallas en la estructura de la subrasante, vía auxiliar izquierda pk 2+000 – 2+320 del Proyecto Línea Amarilla”
<b>Población:</b> Los más de 9 Km de la vía expresa del ”Proyecto Línea Amarilla”
<b>Muestra:</b> Para esta investigación se ha tomado los 300 metros. de la vía auxiliar, comprendida entre las progresivas 2+000 hasta la progresiva 2+300 del “Proyecto Línea Amarilla”

<b>Descripción Técnica e Instrumentos</b>			
<b><u>Técnica:</u></b>			
<b>Exploraciones Geotécnicas – Calicatas</b>			
<b>Calicata</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Descripción</b>
C - 1	3.00 m	2+720	Relleno no contralado
C - 2	3.00 m	2+900	Relleno no contralado
<b><u>Instrumento:</u></b>			
Wincha			
Teodolito			
Retroexcavadora			
<b><u>Mejoramiento de suelo:</u></b>			
Reemplazo total <input type="checkbox"/>	Uso de agente estabilizador <input type="checkbox"/>	Refuerzo con geomalla <input type="checkbox"/>	
<b><u>Especificación técnica:</u></b>			
Geomalla:			
Maccaferri MacGRID EG			
<b><u>Exploraciones Geotécnicas:</u></b>			
Refracción sísmica: LS – 01 Km 2+120 hasta Km 2+195			
Refracción sísmica: LS – 02 Km 2+290 hasta Km 2+350			
<b>Perfil longitudinal de ondas</b>			
MASW – 01			
MASW – 02			
MASW – 03			



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

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

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

*ARMANDA VILLEGAS LIZBETH JOFREY*

INFORME TITULADO:

*ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN  
GRANULOS EN LA ESTRUCTURA DE LA SUB BASES, VIA AUXILIAR  
1200000 PROGRESIVO 2+000 2+300, PROYECTO LINEA  
DMDRILCO*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

*Ingeniero Civil*

SUSTENTADO EN FECHA: *03/12/2008*

NOTA O MENCIÓN : *12 (DOCE)*



Firma del Encargado de Investigación de  
Ingeniería Civil


Yo, Emilio Medrano Sánchez,  
docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional de  
de la Universidad César Vallejo (precisar filial o sede),  
revisor(a) de la tesis titulada

"Análisis económica del Pavimento flexible con y sin geomallas en la construcción de las pta. resanadas, en la ciudad de Arequipa - 1<sup>er</sup> Etapa - 2 + 300 del Proyecto Sinea Arequipa"

del (de la) estudiante Lenny Lopez  
Arumada Villegas, constato que la investigación tiene un índice de  
similitud de 20 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

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

Lugar y fecha Los Olivos 03/04/2018



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:  
Emilio Medrano Sánchez  
DNI: 21815819

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

4

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1

Yo Lenny Jofrey Shumada Villegas....., identificado con DNI N° 16.78.2994.....,

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

"Analisis economico del pavimento flexible con y sin geomalla en la estructura de la subrasante, vía auxiliar, seguirde PK 21000 - PK 21500, Proyecto Línea Dmozaña"

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

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

[Firma]  
 FIRMA  
 DNI: 16.78.2994.....

FECHA: 30 de Noviembre del 2018.

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



ESTÁS VIENDO: INICIO > DPI 2018 > REVISIÓN DE DPI

Acerca de esta página

Esta es la página del portafolio del estudiante. Las entregas que este estudiante realiza a su clase se muestran al lado de los ejercicios correspondientes. En esta página, se puede hacer clic en el título de un trabajo para ver una entrega del estudiante o hacer clic en un icono de informe para ver un Reporte de Similitud

Lista de ejercicios portafolio de Leeny Ahumada Villegas

Mostrar calificaciones							
#	Ejercicio	Título	Entregado	Similitud	GradeMark	Descargar	Revisiones
1	Revisión de DPI Hda: 23-nov-2018 due: 12-dic-2018	Análisis económica del pavimen...	02-dic-2018	20%	-		0

Leeny Ahumada Villegas Análisis económica del pavimento flexible con y sin geo... -- /0 < > ?

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS ECONÓMICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON Y SIN GEOMALLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA SUBRASANTE, VÍA "XILIJAR IZQUIERDA PK 2-000 - 2-300 DEL PROYECTO LÍNEA AMARILLA"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.

**AUTOR:**

Ahumada Villegas Leeny Jofrey

**ASESOR:**

MSc. E. Medrano Sánchez

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2018



*[Handwritten signature]*

Resumen de coincidencias

20 %

- repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet 3 % >
- Entregado a Universida... Trabajo del estudiante 3 % >
- Entregado a Universida... Trabajo del estudiante 3 % >
- cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet 2 % >
- repositorioacademico... Fuente de Internet 2 % >
- www.laccei.org Fuente de Internet 1 % >
- repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet 1 % >
- docslide.us Fuente de Internet 1 % >