



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación estructural de pavimentos flexibles empleando
geotextiles, Carretera Cajamarca – Chachapoyas, tramo
Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR

Lopez Grandez, Jhon Domingo

ASESOR

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2018 - I

Página del Jurado

 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)
JHON DOMINGO, LOPEZ GRANDEZ

cuyo título es:

Evaluación estructural de pavimentos flexibles empleando geotextiles, Carretera
Cajamarca – Chachapoyas, tramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el
estudiante, otorgándole el calificativo de: 15,8 (número) 16 (Diez y Seis)
(letras).

Lima, 09 de Julio del 2018


.....
PRESIDENTE
Mg. Medrano Sanchez, Emilio Jose


.....
SECRETARIO
Mg. Mogrovejo Gutierrez, Ruben Esau


.....
VOCAL
Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

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

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres Reynalda y Willian, que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte económica y moral para poder llegar a culminar mi formación profesional.

A mis hermanos Jorge y Katherine, ya que son mi inspiración de seguir adelante y a toda mi familia que es lo mejor y más valioso que dio me ha dado.

A mis maestros por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera.

Agradecimientos

Agradezco a las personas que contribuyeron con sus sugerencias críticas constructivas, apoyo moral e intelectual para cristalizar la presente tesis.

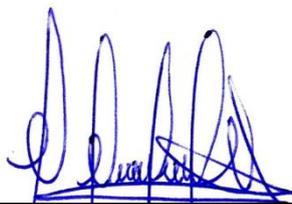
A mi asesor de tesis el Dr. Cancho Zuñiga Gerardo Enrique, por su experiencia científica y consejos, permitieron que mi Tesis se concluya de la mejor manera.

A mis padres Reynalda Grandez y Willian Lopez por demostrarme su brillante ejemplo de trabajo y superación, por su ayuda moral y económica, he logrado cumplir uno de mis objetivos.

Declaratoria de autenticidad

Yo Lopez Grandez, Jhon Domingo con DNI N° 73218564, 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 Profesional de Ingeniería Civil declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 09 de Julio de 2018



Lopez Grandez, Jhon Domingo
DNI:73218564

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad la evaluación del efecto de los geotextiles en el comportamiento mecánico de los pavimentos flexibles, es decir, busca la evaluación del efecto que tiene el uso de geotextiles en la resistencia mecánica de los pavimentos flexibles. La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, pues el estudio del pavimento se hizo mediante la medición de una serie de indicadores tales como la granulometría de la subrasante y el cálculo de su capacidad de soporte (CBR).

Además, como parte de la metodología propuesta se usó el software TENCATE, que es un paquete de computo que permite el modelamiento de los pavimentos flexibles al detalle, de tal forma que el usuario puede modelar la carpeta asfáltica, la base y la subbase granular, pudiendo predecir la resistencia de la estructura analizada, todo esto con base en el enfoque empírico-mecanicista propuesto por AASHTO, asimismo, este software de gran potencia permite el modelamiento de capas de geotextiles, las que se pueden colocar entre distintas interfaces de la estructura del pavimento, tales como, interfaz base-subbase, o interfaz subbase-subrasante.

Los resultados muestran que el uso del pavimento flexible permite el incremento de la resistencia de un pavimento flexible, así como una disminución notable de las deformaciones transversales debido a la aplicación de cargas provenientes del tráfico, finalmente, también se pudo observar que el uso de geotextiles, también permite la reducción de los espesores del pavimento flexible, permitiéndonos diseños más eficientes y económicos.

Palabras clave.

Pavimento flexible, geotextil, software tencate, base, subbase, subrasante.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to evaluate the effect of geotextiles on the mechanical behavior of flexible pavements, that is, to evaluate the effect that the use of geotextiles has on the mechanical resistance of flexible pavements. The present investigation had a quantitative approach, since the study of the pavement was made by measuring a series of indicators such as the granulometry of the subgrade and the calculation of its support capacity (CBR).

In addition, as part of the proposed methodology the TENCATE software was used, which is a computer package that allows the modeling of flexible pavements in detail, so that the user can model the asphalt folder, the base and the granular subbase, being able to predict the strength of the structure analyzed, all this based on the empirical-mechanistic approach proposed by AASHTO, likewise, this powerful software allows the modeling of capable geotextiles, which can be placed between different interfaces of the structure of the pavement, such as base-subbase interface, or subbase-subgrade interface.

The results show that the use of flexible pavement allows the increase of the resistance of a flexible pavement, as well as a notable decrease of the transversal deformations due to the application of loads coming from the traffic, finally, it was also observed that the use of geotextiles, also allows the reduction of flexible pavement thicknesses, allowing us more efficient and economic designs.

Keywords.

Flexible pavement, geotextile, tencate software, base, subbase, subgrade

INDICE

1. INTRODUCCION	- 1 -
1.1 Realidad problemática	- 2 -
1.2 Trabajos previos	- 4 -
1.2.1 Antecedentes internacionales	- 4 -
1.2.2 Antecedentes Nacionales	- 6 -
1.3 Teorías relacionadas al tema	- 8 -
1.3.1 Evaluación estructural del pavimento	- 8 -
1.3.2 Esfuerzos	- 9 -
1.3.3 Deformaciones	- 11 -
1.3.4 El ensayo de módulo resiliente (MR).....	- 11 -
1.3.5 Deformación radial	- 12 -
1.3.6 Deformación elástica	- 12 -
1.3.7 Deformación plástica	- 13 -
1.3.8 Deflexiones.....	- 13 -
1.3.9 Deflexión estática	- 14 -
1.3.10 Deflexión vibratoria.....	- 14 -
1.3.11 Deflexión por impacto.....	- 15 -
1.3.12 Naturaleza cíclica de las cargas en el pavimento.....	- 16 -
1.3.13 Uso del Geotextil como refuerzo	- 17 -
1.3.14 Propiedades Mecánicas	- 18 -
1.3.15 Propiedades Hidráulicas.....	- 20 -
1.3.16 Propiedades Físicas	- 21 -
1.4 Formulación del problema	- 23 -
1.4.1 Problema general	- 23 -
1.4.2 Problemas específicos	- 23 -

1.5	Justificación del estudio.....	- 23 -
1.5.1	Justificación metodológica.....	- 23 -
1.5.2	Justificación práctica	- 23 -
1.5.3	Justificación económica.....	- 24 -
1.6	Hipótesis.....	- 24 -
1.6.1	Hipótesis general.....	- 24 -
1.6.2	Hipótesis específicas.....	- 24 -
1.7	Objetivos.....	- 25 -
1.7.1	Objetivo general	- 25 -
1.7.2	Objetivos específicos.....	- 25 -
2.	MÉTODO	- 26 -
2.1.	Diseño de investigación.....	- 27 -
2.1.1.	Método.....	- 27 -
2.1.2.	Tipo de investigación	- 27 -
2.3.1.	Nivel de investigación.....	- 27 -
2.1.3.	Diseño	- 28 -
2.2.	Variables, Operacionalización	- 28 -
2.4.	Población y muestra	- 30 -
2.4.1.	Población.....	- 30 -
2.4.2.	Muestra	- 30 -
2.4.3.	Muestreo	- 31 -
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez	- 31 -
	y confiabilidad.....	- 31 -
2.5.1.	Técnicas de recolección de datos	- 31 -
2.5.2.	Instrumento de recolección de datos.....	- 32 -
2.5.3.	Validez.....	- 32 -
2.5.4.	Confiabilidad.....	- 33 -

2.6.	Métodos de análisis de datos	- 33 -
2.7.	Aspectos éticos	- 34 -
3.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	- 35 -
3.1	Descripción de la zona de estudio	- 36 -
3.1.1	Situación de la carretera y entorno.....	- 36 -
3.2	Recopilación de información.....	- 37 -
3.2.1	Trabajo de campo.....	- 37 -
3.2.2	Levantamiento de la infraestructura vial	- 37 -
3.3	Ensayos de laboratorio	40
3.3.1	Ensayo de acuerdo a la norma ASTM.....	40
3.3.2	Calicata N°01	40
3.4	Procesado de información recopilada.....	50
3.4.1	Evaluación de la condición física del estado de la estructura vial existente	50
3.5	Relación entre el número estructural y otros parámetros	55
3.6	Efecto de los geosintéticos en el pavimento	56
3.7	Colocación de los geotextiles	65
3.8	Estudio paramétrico.....	66
3.9	Resumen de resultados	71
4.	DISCUSIÓN	73
5.	CONCLUSIONES	76
6.	RECOMENDACIONES	78
7.	REFERENCIAS.....	80
8.	ANEXOS	83
	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	84
	MATRIZ DE CONSISTENCIA	85
	FICHA DE RECOPIACION DE DATOS EXPERTO 1	86

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS EXPERTO 2	87
FICHA DE RECOPIACION DE DATOS EXPERTO 3	88
ENSAYOS DE LABORATORIO	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: <i>Vista inicio de subtramo Calla Calla - Leyembamba</i>	- 3 -
Figura 1-2: <i>Vista final de subtramo Calla Calla – Leyembamba</i>	- 4 -
Figura 1-3: Posibles resultados de una evaluación estructural. Fuente: Casia Juan, 2015	- 8-
Figura 1-4: Distribución de Esfuerzos .Fuente: Garcia, 2016.....	- 9 -
Figura 1-5: Ensayo módulo resiliente. Fuente: Reyes Ortiz, 2009	- 12 -
Figura 1-6: Deflectómetro de Impacto (FWD). Fuente: RAMCODES 2015.....	- 16 -
Figura 1-7: Ciclos de esfuerzos inducidos en un pavimento flexible.	- 16 -
Figura 1-8: Geotextil de refuerzo. Fuente: Especialista en vestido y textiles S.C 2014.	- 17-
Figura 1-9: <i>Geotextil de filtración y drenaje</i> . Fuente: Especialista en vestido y textiles S.C 2014	- 21 -
Figura 3-1:Geo-referenciación del tramo de estudio. Fuente: Elaboración propia en Google Earth	- 36 -
Figura 3-2:Sección típica del tramo Calla Calla–leyembamba. Fuente: Elaboración propia	38
Figura 3-3:Presencia de baches parcialmente rellenos. Fuente: Propia.....	39
Figura 3-4: Cunetas colmadas por presencia de vegetación. Fuente: Propia	39
Figura 3-5: Acumulación de material debido a derrumbe. Fuente: Propia.....	40
Figura 3-6: Curva granulométrica de la muestra de suelo a 0.20m de la calicata 01.Fuente: Propia.....	41
Figura 3-7: Curva granulométrica de la muestra de suelo a 1.50m de la calicata 01.Fuente: Propia.....	42

Figura 3-8: Perfil estratigráfico de la muestra a nivel de profundidad máx: 1.50m de la calicata 01.Fuente: Propia	43
Figura 3-9: Grafico de relación entre contenido de humedad vs densidad seca de la calicata 01.Fuente: Propia	44
Figura 3-10: Grafico de relación entre CBR vs Densidad seca de la calicata 01.Fuente: Elaboración Propia	45
Figura 3-11: Curva granulométrica de la muestra de suelo a 0.20m de la calicata 02.Fuente: Propia	46
Figura 3-12: Curva granulométrica de la muestra de suelo a 1.50m de la calicata 02.Fuente: Propia	47
Figura 3-13: Perfil estratigráfico de la muestra a nivel de profundidad máx: 1.50m de la calicata 02.Fuente: Propia	48
Figura 3-14: Grafico de relación entre contenido de humedad vs densidad seca de la calicata 02.Fuente: Propia	49
Figura 3-15: Gráfico de relación entre CBR vs Densidad seca de la calicata 02.Fuente: Elaboración propia	49
Figura 3-16: Evaluación en progresiva 212+950 con ficha de recolección de datos. Fuente: Propia	50
Figura 3-17: Evaluación en progresiva 221+005 con ficha de recolección de datos.Fuente: Propia	51
Figura 3-18: Evaluación en progresiva 221+500 con ficha de recolección de datos. Fuente: Propia	51
Figura 3-19: Evaluación en progresiva 226+055 con ficha de recolección de datos. Fuente: Propia	52

Figura 3-20: Evaluación en progresiva 235+900 con ficha de recolección de datos. Fuente: Propia.....	52
Figura 3-21: Evaluación en progresiva 236+660 con ficha de recolección de datos. Fuente: Propia.....	53
Figura 3-22: Evaluación en progresiva 239+190 con ficha de recolección de datos. Fuente: Propia.....	53
Figura 3-23: Evaluación en progresiva 241+115 con ficha de recolección de datos. Fuente: Propia.....	54
Figura 3-24: Evaluación en progresiva 241+500 con ficha de recolección de datos. Fuente: Propia.....	54
Figura 3-25: Relación entre el coeficiente estructural de la base granular y otros parámetros mecánicos de este. Fuente: Propia	55
Figura 3-26: Relación entre el coeficiente estructural de la sub-base granular y los parámetros mecánicos del suelo. Fuente: Propia	55
Figura 3-27: Uso del software de diseño de pavimentos flexibles TenCATE Fuente: Elaboración propia.	56
Figura 3-28: Parámetros requeridos para el pavimento flexible. Fuente: Elaboración propia.	56
Figura 3-29: Uso del software de diseño de pavimentos flexibles TenCATE Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 3-30: Definición de la estructura de un pavimento flexible, carpeta asfáltica, base y sub-base granular. Fuente: Elaboración propia	57
Figura 3-31: Determinación de la cantidad de ejes equivalentes ESALS, en función de la estructura del pavimento reforzado y sin reforzar: Elaboración propia.	58

Figura 3-32: Ingreso de las características del pavimento flexible con y sin geotextiles: Elaboración propia	58
Figura 3-33: Determinación de la cantidad de ejes equivalentes ESALS, en función de la estructura del pavimento con el geo-sintético colocado entre la base y la sub-base granular: Elaboración propia.....	59
Figura 3-34: Reducción del espesor de un pavimento usando geotextiles. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 3-35: Ingreso de los datos de la estructura del pavimento con el geosintetico entre la sub-base y la sub-rasante: Elaboración propia.....	60
Figura 3-36: Determinación de la cantidad de ejes equivalentes ESALS, en función de la estructura del pavimento: Elaboración propia.....	60
Figura 3-37: Estructura del pavimento con el geotextil colocado entre la base y la sub-base granular: Elaboración propia.....	61
Figura 3-38: Determinación de la cantidad de ejes equivalentes ESALS, en función de la estructura del pavimento. Elaboración propia.....	61
Figura 3-39: Comparación de la estructura de pavimentos flexibles con y sin refuerzo de geotextiles: Elaboración propia	62
Figura 3-40: Reducción del espesor del pavimento usando geotextiles. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 3-41: Determinación de la cantidad de ejes equivalentes ESALS, en función de la estructura del pavimento: Elaboración propia.....	63
Figura 3-42: Estructura del pavimento flexible cuando el geotextil se coloca entre la base y la subbase granular. Elaboración propia.....	63
Figura 3-43: Determinación de la cantidad de ejes equivalentes ESALS, en función de la estructura del pavimento: Elaboración propia.....	64

Figura 3-44: Ejemplo típico de la colocación del geotextil como parte de la estructura del pavimento flexible. Elaboración propia.	65
Figura 3-45: Geotextil típico usado en el refuerzo de pavimentos flexibles: Elaboración propia.	65
Figura 3-46: Pavimento con y sin refuerzo de 15 in de espesor. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 3-47: Resistencia del pavimento con y sin geotextil expresado en ESALS. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 3-48: Estructura de pavimento con y sin geotextil. Fuente: Elaboración propia.	67
Figura 3-49: Resistencia del pavimento flexible de 17 in, expresado en función del número de ESALS. Fuente: Elaboración propia.	67
Figura 3-50: Estructura de pavimento flexible de 19 in. Fuente: Elaboración propia.	68
Figura 3-51: Resistencia de pavimento flexible de 19 in, en función del número de ejes equivalentes o ESALS: Elaboración propia.	68
Figura 3-52: Estructura de pavimento flexible de 21 in. Fuente: Elaboración propia.	68
Figura 3-53: Resistencia de pavimento flexible de 21 in, expresado en ejes equivalentes o ESALS: Elaboración propia.	69
Figura 3-54: Estructura de pavimento flexible de 23 in. Elaboración propia.	69
Figura 3-55: Resistencia de pavimento de 23 in expresada en ejes equivalentes o ESALS: Elaboración propia.	70
Figura 3-56: Efecto del geotextil en la resistencia de los pavimentos flexibles. Fuente: Elaboración propia.	71

Figura 3-57: Efecto del geotextil en las deflexiones transversales de los pavimentos flexibles. Fuente: Elaboración propia.72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Operacionalización de las variables de la investigación.....	- 29 -
Tabla 2-2 Rangos de validez de instrumentos de investigación.....	- 33 -

1. INTRODUCCION

1.1 Realidad problemática

En la actualidad padecemos de muchos problemas en las vías de tránsito, existe un enorme déficit en cuanto las infraestructuras pavimentadas, que no cuentan con los parámetros y diseños apropiados peor aún las autoridades no se preocupan en establecer nuevas técnicas que promuevan soluciones ante este tipo de causas que vivimos en el día a día, muchas de las vías nacionales ubicadas en provincia se encuentran en mal estado en cuanto su infraestructura vial, esto es debido a que no llevan un control de manera adecuada, nosotros sabemos muy bien que al transcurrir del tiempo el pavimento sufre muchos desgastes por parte de los fenómenos climáticos (lluvias) y las cargas dinámicas sometidas de la circulación de vehículos, esto ocasiona la aparición de grietas, ahuellamientos, baches entre otras fallas provocando así el deterioro de la estructura del pavimento.

En ese orden de ideas, la estructura del pavimento como parte de la infraestructura vial juega un papel muy importante, ya que su objetivo principal es ofrecer a los usuarios un rodaje cómodo, seguro y económico. Por ello, la evaluación estructural del pavimento consiste esencialmente en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento-subrasante, en cualquier momento de su vida de servicio, para poder establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación.

En países como EE.UU, aplican nuevos métodos y diseños para sus pavimentos llevando así a cabo cada sus controles de manera adecuada, tiene una gran tecnología en cuanto sus equipos y herramientas que utilizan, es un país con alto potencial de crecimiento y que la mayoría de ciudades opta por emplear sus proyectos que realizan de manera sencilla y trabajable en todas su obras viales.

Durante los últimos años en el Perú, ha aumentado la congestión del alto tránsito vehicular esto es debido a que no contamos con muchas vías auxiliares, ni vías complementarias en caso de emergencias; por ello se viene ocasionando muchos problemas en las redes viales ya sea por los vehículos pesados, medianos y livianos. Sin embargo una de las mejores alternativas es darle su mantenimiento y rehabilitación necesaria a los pavimentos de todos los sectores del país.

Prueba de ello, es que en la carretera Dv. Chachapoyas – Chachapoyas, tramo Calla Calla – Leyembamba de la red vial nacional, se evidencian una gran cantidad

de problemas presentados en las vías que la componen, entre ellas están los baches, fisuras, piel de cocodrilo, etc, que son ocasionados por la alta circulación de vehículos, por lo tanto es necesario plantear una solución práctica para poder construir vías más estables y resistentes, ampliando así, la vida útil sin exceder en los costos y procesos constructivos.

Como una alternativa, en cuanto el diseño de la infraestructura vial se encuentran los geotextiles, utilizados actualmente en proyectos de ingeniería como refuerzo de la estructura del pavimento, prolongando así la vida útil y consiguiendo tener un pavimento más eficiente y estable.



Figura 1-1: *Vista inicio de subtramo Calla Calla - Leyembamba*



Figura 1-2: Vista final de subtramo Calla Calla – Leyembamba.

12 Trabajos previos

1.2.1 Antecedentes internacionales

(Ibagué, 2016) en la tesis **titulada**: “Caso de estudio de una evaluación estructural de un pavimento flexible ubicado en la ciudad de Bogotá, localidad de puente Aranda entre Av Calle 13 y 15, utilizando técnicas no destructivas y análisis de los resultados obtenidos”. Esta investigación presenta de manera clara y sencilla la gran importancia del uso de los equipos de auscultación no destructivo, tales como el deflectómetro de impacto cuyo **objetivo** es evaluar y planear el comportamiento de la estructura del pavimento mediante deflexiones y deformaciones, la cual pretende comparar **metodologías** de análisis como el ROHDE, Por lo tanto es necesario implementar programas de auscultación y monitoreo que permitan conocer de manera rápida y sencilla magnitudes cuantificables, dando como **resultados** lógicos y aceptables que permiten establecer los lineamientos de un procedimiento de diseño racional.

(Huetto y Montoya, 2016) en la tesis **titulada:** *Adición de geotextil tejido T-2400 a la estructura intrínseca de diferentes tipos de materiales para rellenos*. El **objetivo** de esta investigación, es utilizar la correcta aplicación del geotextil tejido T2400 para poder analizar el comportamiento mecánico de diferentes tipos de materiales para relleno, para poder mejorar sus propiedades mecánicas en los diferentes tipos de materiales como arena y la arcilla, por la cual la **metodología** empleada resultara muy beneficiosa para el área de ingeniería ya que buscara nuevas tendencias constructivas que garanticen la optimización de las obras civiles, serán beneficiosas para la población y lo más importante que el resultado es más duradero, **concluyó** que al realizar la correcta aplicación de los geotextiles ayuda a la disminución de los costos para las diferentes obras de ingeniería.

(Beltrán, 2012) en la tesis **titulada:** *“Evaluación estructural de pavimentos flexibles con métodos de inteligencia artificial y auscultación no destructiva”*. Esta investigación desea orientar un sistema no convencional, para realizar tareas de evaluación estructural y toma de decisiones para la conservación, con el único **objetivo** de garantizar condiciones de operación satisfactorias durante el servicio, la cual permite determinar la condición de las carreteras en diferentes periodos, en función de ello se puede determinar la vida remanente de la infraestructura, las alternativas de rehabilitación, el impacto y beneficio obtenido en su aplicación. Por lo tanto, la **metodología** de esta investigación combina recursos intelectuales de, los expertos, la información técnica disponible y las herramientas de computo, para poder identificar los problemas y dar posibles **resultados** para la conservación de pavimentos con buenos niveles de confianza.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

(Nuñez, 2016) en la tesis **titulada**: *Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geosintéticos*. Tesis para optar el título de ingeniero civil, la mencionada investigación se basa fundamentalmente en la aplicación de geosintético en vías de pavimento flexible, cuyo **objetivo** es aplicar el diseño estructural de AASHTO 93 y la nueva **metodología** del geotextil, ya que este procedimiento ha sido normalizado y tecnificado en diferentes países, en condiciones climáticas y suelos tan difíciles, pero todavía no en el Perú. Los geosintéticos en especial el geotextil cumplen funciones importantes como el de separación y refuerzo en las estructuras viales. Por lo tanto, se **concluyó** que el uso de los geosintéticos como el geotextil no tejido biaxial es una alternativa adecuada para los pavimentos flexibles, ya que son de mucha importancia en proyectos de ingeniería pero sobre todo en infraestructura vial, dando como **resultados** la reducción de espesores de la capas, prolongando la vida útil y mejorando que el pavimento sea más eficiente, para así incentivar a la comunidad de ingenieros que el uso de geosintéticos son muy esenciales para el desarrollo socio económico del país.

(Casia, 2015) en la tesis **titulada**: *Evaluación estructural de pavimentos flexibles usando el deflectómetro de impacto en la carretera Tarma- La Merced*. Tesis para optar el título de ingeniero civil, la mencionada investigación tiene como **objetivo** la evaluación estructural del pavimento, la cual consiste en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento subrasante en una infraestructura vial ya existente, para poder analizar su vida de servicio o, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación, por ello la **metodología** que se emplea es un ensayo no destructivo por el deflectómetro de impacto, que permite calcular módulos elásticos de los componentes de la estructura de un pavimento. Por ello, la presente investigación está enfocada a la evaluación estructural de la carretera Tarma – La Merced con el objetivo de describir y plantear los **resultados** que se puedan alcanzar en campo para poder tomar decisiones de rehabilitación o mejoramiento de las vías, por lo tanto se **concluyó** que el uso del deflectómetro de impacto es un instrumento muy importante para medir las deformaciones y deflexiones en la estructura del pavimento, obteniendo información muy importante como la deflexión máxima, el módulo resiliente de la plataforma de fundación y el

numero estructural del pavimento la cual es muy importante para verificar la capacidad portante del pavimento.

(Flores, 2012) en la tesis **titulada**: *Evaluación estructural de pavimentos flexibles de carreteras de bajo volumen de tránsito*. Tesis para optar el título de ingeniero civil, la mencionada investigación se basa fundamentalmente en el cálculo inverso o retro calculo, el proceso comienza con la recolección de datos en el campo, con la ayuda del ensayo no destructivo como es la viga Benkelman cuyo **objetivo** es efectuar las mediciones deflecométricas, las cuales se obtienen en el campo para poder calcular el módulo de elasticidad del pavimento, en la presente investigación se propone una **metodología** de diagnóstico del estado estructural del pavimento de una vía de bajo volumen de tránsito vehicular a través de ensayos no destructivos, las cuales resultan de una combinación de mediciones de parámetros del pavimento tomados en campo. Por lo tanto, se **concluyó** que los parámetros del pavimento considerados son los esfuerzos, deformaciones y deflexiones producidas por las cargas externas del peso de los vehículos, la cuales serán analizadas de manera minuciosa cada uno de estos, para poder dar **resultados** a futuro de reparación o mantenimiento a carreteras de bajo volumen de tránsito vehicular.

13 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Evaluación estructural del pavimento

Respecto a la definición de la evaluación estructural del pavimento, según (Navarro, 2014 págs. 13,15) sostiene al respecto:

“La auscultación estructural de carreteras es una técnica que proporciona un conocimiento detallado del estado de los pavimentos, lo que permite efectuar e monitoreo de su comportamiento a través del tiempo y programar el mantenimiento de un modo racional y más económico”.

El enfoque del autor trata de definir que la metodología de auscultación estructural ha ido variando con el transcurrir del tiempo, ya que los avances de la tecnología requiere que los nuevos equipos de medición permitan evaluar de manera sistemática los parámetros característicos del pavimento, por la cual la función estructural depende de la capacidad resistente (materiales y espesores), así como del estado de envejecimiento del pavimento, por la que debe incluir inspección visual y mediciones de deflexiones, deformaciones y esfuerzos.

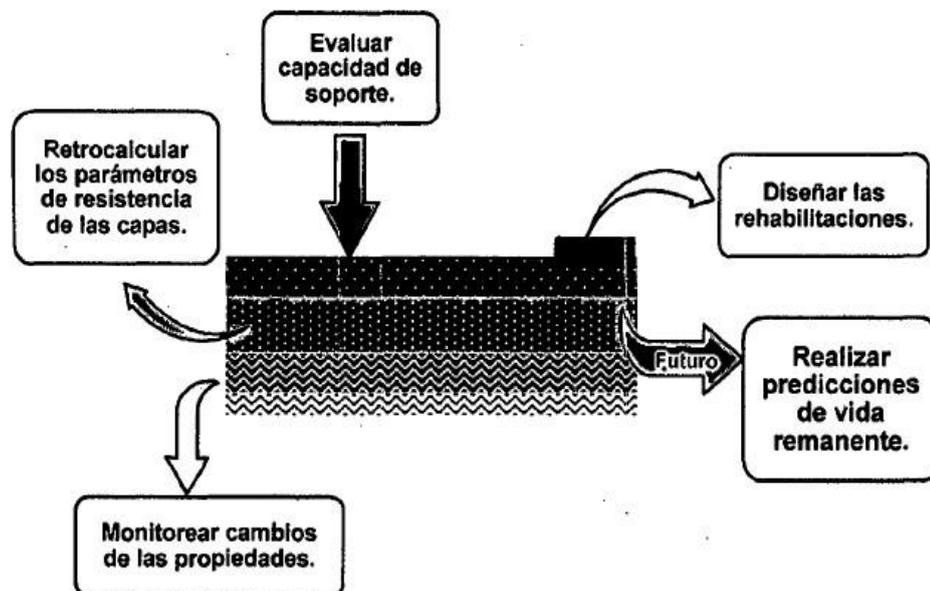


Figura 1-3: Posibles resultados de una evaluación estructural. Fuente: Casia Juan, 2015

1.3.2 Esfuerzos

El análisis de esfuerzo determina la intensidad de las fuerzas componentes internas distribuidas, es decir la relación entre la fuerza aplicada y la superficie en la cual se aplica.

Según (Ramírez, 2014 pág. 6) sostiene al respecto:

“En un pavimento flexible, la capa base (carpeta base y sub base) con espesor determinado tiene la capacidad de disipar el esfuerzo de compresión sobre la subrasante en una intensidad menor a la admisible, así mismo limita la deflexión a un valor poco significativo. El diseño de un pavimento flexible, se debe satisfacer la resistencia al corte y la resistencia a la flexión de la capa rígida”.

De la cita expuesta se puede apreciar, que los esfuerzos intervienen significativamente en el comportamiento del pavimento, la cual permitirá conocer si los espesores de las diferentes capas del pavimento están en buenas condiciones.

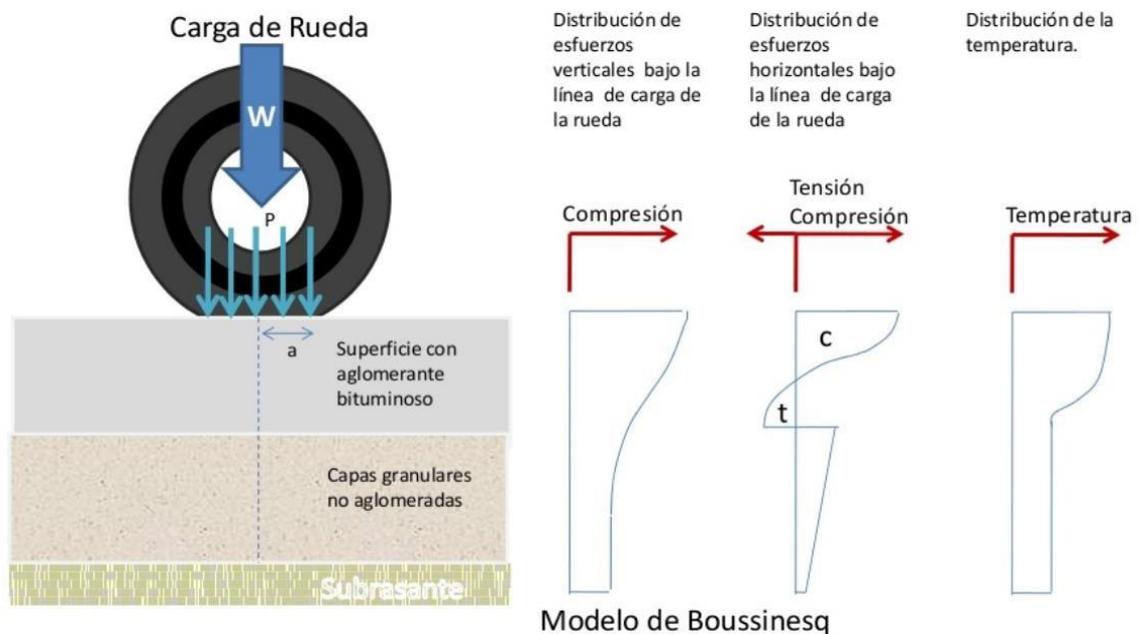


Figura 1-4: Distribución de Esfuerzos .Fuente: Garcia, 2016

1.3.2.1 Esfuerzo vertical

Según (Higuera Carlos, 2013 pág. 7) sostiene al respecto:

“La disipación del esfuerzo vertical se basa principalmente en función de sus espesores y módulos de elasticidad de la estructura del pavimento, por ello mientras mejor sea la calidad de los materiales de las diferentes capas, el esfuerzo vertical que llega a la subrasante es mucho menor y es muy importante este parámetro para el diseño y controlar la deformación o el ahuellamiento de las estructuras del pavimento”.

De lo expuesto por autor se puede concluir que al realizar una estructura de pavimentos o en cualquier otro proyecto se debe de utilizar materiales de calidad, que brindaran un mayor control en deformaciones o ahuellamientos, además de la duración ante cualquier efecto climático, En el Perú es tan necesario usar materiales adecuados y de calidad ya que somos un país en subdesarrollo y con gran avance en conexiones viales por el crecimiento comercial.

1.3.2.2 Esfuerzo Tangencial

Según (Higuera Carlos, 2012 pág. 3) sostiene que:

“El esfuerzo tangencial es muy importante porque presenta un comportamiento aleatorio, la cual pasa a un punto de estudio y profundidad de análisis, de tensión a comprensión o viceversa”.

De acuerdo con la cita expuesta, podemos mencionar que las deflexiones vibratorias tiene un gran relación con precarga estática y vibración sinusoidal, por ello utilizan equipos dinámicos para generar cargas de corta duración. Por lo tanto, el máximo estudio tangencia se presenta el eje de simetría y se va reduciendo a medida que el punto de análisis se aleja del centro de simetría del sistema.

1.3.2.3 Esfuerzo Radial

Según (Higuera Carlos, 2012 pág. 3) señala que:

“El análisis del esfuerzo radial se presenta en el eje de simetría del sistema, ya que en la superficie de la estructura del pavimento el esfuerzo es de comprensión y

después pasa a ser de tensión, mientras se incrementa la profundidad en la capa de la subrasante el esfuerzo radial es de compresión por ello tiende a ser muy pequeño”.

De la cita expuesta podemos concluir que el esfuerzo influye enormemente en la evaluación estructural del pavimento es por ello que es necesario, analizar y estudiar cada una de las partes de la estructura del pavimento para poder dar solución a las tensiones del esfuerzo radial.

1.3.3 Deformaciones

El análisis de deformación determina los cambios en las dimensiones de la estructura del pavimento cuando está sometida a cargas externas.

Según (Lymaymanta Mendoza, 2003 pág. 30) sostiene al respecto:

“El método de diseño de pavimentos flexibles propuesta por método AASHTO, relaciona mucho el módulo de resiliencia como parámetro importante para presentar la capacidad de soporte de los materiales de fundación del pavimento, mediante fórmulas empíricas relacionados con los ensayos de capacidad de soporte CBR”.

1.3.4 El ensayo de módulo resiliente (MR)

Es una medida de la propiedad elástica de los suelos, que relaciona mucho las tensiones aplicadas y la deformaciones recuperables (AASHTO, 1993). El paso continuo de los vehículos sobre la superficie del pavimento somete a un gran número de cargas dinámicas, la cual influye a un estado de esfuerzos y deformaciones variables, en función de la magnitud de la carga que actúa sobre ella y el tiempo de duración de la misma. Por lo tanto, durante el ciclo de materiales no se recuperan en su totalidad de la deformación a la que fueron sometidos, por ello su deformación original estará dividida en dos partes: deformación elástica o resiliente o deformación plástica o permanente (Apolinario Morales, 2017, págs. 23-24).



Figura 1-5: Ensayo módulo resiliente. Fuente: Reyes Ortiz, 2009

1.3.5 Deformación radial

Según (Higuera Carlos, 2013 pág. 2) señala que:

“El análisis de las deformaciones radiales se presenta en la base de la capa asfáltica de la estructura del pavimento flexible debido a las condiciones de cargas impuestas por el tránsito. Por lo general como criterio de diseño se considera que la magnitud de la deformación radial de tracción en la capa asfáltica, con el fin de asegurar un buen comportamiento funcional y estructural del pavimento”.

De lo expuesto por el autor se debe de considerar la magnitud de la deformación radial de tracción para que de esta manera se pueda controlar el comportamiento del pavimento, ya que estos sufren constantes cargas vehiculares, es por ello que se debe de analizar y controlar las deformaciones radiales.

1.3.6 Deformación elástica

Según (Castro Pero, 2000 pág. 4) sostiene que:

“La deformación elástica es la deformación mientras no se rompa o se deforma el material, por la cual la resiliencia se mide siempre dentro de la deformación elástica del material, cuando un material es sometido a una fuerza produce en ella una deformación, ya que si al cesar la fuerza vuelve a sus dimensiones iniciales podremos decir que ha experimentado una deformación elástica”.

De la cita expuesta hace referencia a que la estructura pavimentaría, puede recibir constantes cargas de vehículales lo que produce que estas se deformen y se estiren, pero no logran romperse y a pesar de la presión vuelven a su normalidad.

1.3.7 Deformación plástica

Según (Castro Pedro, 2000 pág. 3) sostiene al respecto:

“Las corrugaciones son deterioros del pavimento, que se manifiesta como depresiones en la capa de rodadura causadas por la deformación plástica de cualquiera de las que consolidan la estructura del pavimento, uno de los elementos para el diseño para las estructuras del pavimento es la resistencia a la deformación plástica, la cual el dimensionamiento de los espesores de la capa dependerá de la vida útil para la resistencia a la deformación plástica”.

De la cita expuesta es el daño de la capa principal por la circulación de la carga dinámica de los vehículos lo que produce que se dañe o corruga la capa indicada, por ende es importan que capa plástica sea resistente para la duración del pavimento.

1.3.8 Deflexiones

Respecto a la definición sobre el análisis de deflexiones, según (Escobar y otros, 2007 págs. 33-34) sostiene al respecto:

“La deflexión, es muy importante para medir los parámetros de deformación elástica la que experimenta el pavimento, al paso de una carga en función al tipo y estado del pavimento. Por la cual es definido como el conjunto de deflexiones que

se producen entre el punto de aplicación de la carga en el pavimento y sus alrededores”.

De la cita expuesta se puede apreciar, que las deflexiones son muy importantes para evaluar el comportamiento estructural del pavimento flexible, por la cual serán registradas por una serie de sensores desplazados radialmente al centro de la carga.

1.3.9 Deflexión estática

El sistema de medida de la deflexión bajo la carga estática será mediante el ensayo de la viga Benkelman.

La metodología de la viga Benkelman, es una medida que consiste básicamente en comparar curvas de deflexiones teóricas con las medidas, por la cual el desarrollo metodológico se relaciona con otros conceptos de la teoría de capas elásticas y con observaciones experimentales para analizar ciertas propiedades de ingeniería, las cuales pueden usarse para establecer las necesidades de refuerzo, la base matemática de la viga Benkelman lo constituye el modelo Hogg, donde este modelo representa el pavimento como una placa a flexión delgada con cierta rigidez y horizontalmente infinita. Por lo general las mediciones se realizan colocando la punta de la viga entre las dos ruedas la cual permitirá medir la deflexión cuando el vehículo se retira (Escobar, García y Guzmán, 2007 pág. 58).

1.3.10 Deflexión vibratoria

Según (Pérez Alfonso y otros, 2004 pág. 17) resalta que:

“La deflexión bajo la carga vibratoria se basa en la aplicación de una precarga estática y vibración sinusoidal al firme dando al uso de la fuerza dinámica, con la cual se pretende asegurar que no exista separación de las zonas sobre el pavimento, por la cual la fuerza variable entre el mínimo y el máximo no pueden ser superiores al doble de la carga estática”.

De acuerdo con la cita expuesta, podemos mencionar que las deflexiones vibratorias tiene un gran relación con precarga estática y vibración sinusoidal, por ello utilizan equipos dinámicos para generar cargas de corta duración.

1.3.11 Deflexión por impacto

Según (Escobar, García y Guzmán, 2007 pág. 41) sostiene al respecto:

“El sistema de evaluación del deflectómetro de impacto, aplican impulsos de cargas de corta duración para poder simular el paso de las ruedas de alta velocidad. Por la cual es un equipo de alta tecnología que mide la deflexión instantánea que experimenta el pavimento en un punto”.

De la cita expuesta podemos concluir que el deflectómetro es un instrumento necesario e importante ya que su tecnología avanzada permite analizar sus deflexiones máximas del pavimento, además estudia el rango de la toma decisiones para poder realizar una rehabilitación o mantenimiento del pavimento.

La metodología del deflectómetro de impacto, es una medición no destructiva, que permite analizar las transferencias de cargas en las grietas y juntas del pavimento, también evalúa los módulos elásticos de los componentes de la estructura del pavimento y el valor de soporte de la subrasante, también es ideal para evaluar sistemas mecanísticos y analíticos de diseño, la cual permitirá definir la condición del pavimento y determinar aéreas que requieren tratamientos o rehabilitación (Casia, 2015 pág. 27).



Figura 1-6: Deflectómetro de Impacto (FWD). Fuente: RAMCODES 2015.

1.3.12 Naturaleza cíclica de las cargas en el pavimento

Los esfuerzos en los pavimentos son consecuencia directa de la aplicación de las cargas provenientes de los vehículos. En este punto resulta importante entender que estas cargas son, por lo general, de magnitudes variables, por lo que terminan induciendo esfuerzos en el pavimento que cambian con el tiempo. Por lo que se puede afirmar que los esfuerzos en los pavimentos son cíclicos, tanto en dirección como en magnitud, como se observa en la Figura 1-7.

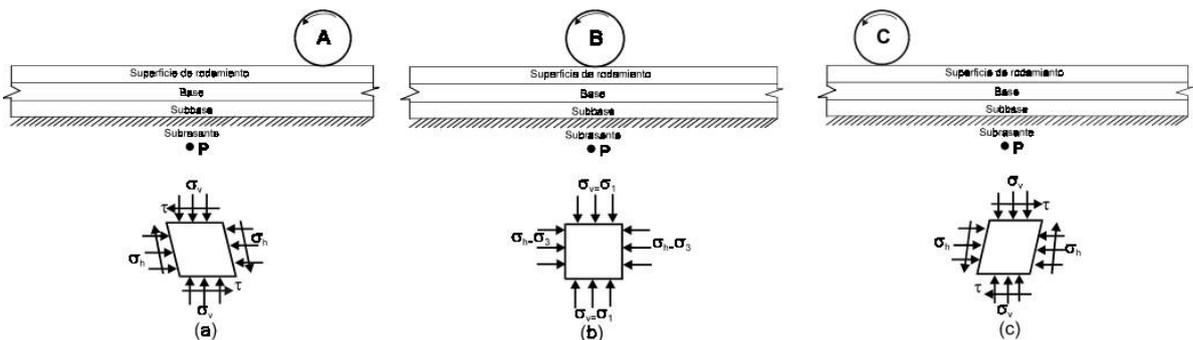


Figura 1-7: Ciclos de esfuerzos inducidos en un pavimento flexible.

1.3.13 Uso del Geotextil como refuerzo

Respecto a la definición del uso de geotextiles, según (Luis Adolfo, 2005 págs. 22-23) sostiene al respecto:

“Los materiales sintéticos, tienen un principal beneficio de aportar propiedades y funciones que no poseen los materiales naturales, para el diseño y la construcción para todos tipos de obras de ingeniería. Por la cual, existen muchos geosintéticos en el mercado nacional, pero el Geotextil tiene ciertas características que la hacen más duraderas en la evaluación estructural del pavimento”.

Los materiales geosintéticos son fabricados con muchos polímeros derivados del petróleo y que son usados para mejorar y hacer posible la ejecución

de ciertos proyectos de construcción de obras viales (Geotexan 2012, pág. 5), por la cual deben cumplir requisitos mínimos establecidos en las normas técnicas peruanas INDECOPI. Las cuales deberán estar de acuerdo con las Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras del MTC (vigente).



Figura 1-8: Geotextil de refuerzo. Fuente: Especialista en vestido y textiles S.C 2014.

1.3.13.1 Geotextiles no tejidos

Los Geotextiles no tejidos, por su estructura y su alta porosidad son ideales para la pavimentación y repavimentación de obras viales, conforman una membrana viscoelastoplastica, cuya principal función es de barrera impermeabilizadora y membrana amortiguadora de esfuerzos. El geotextil se dispone entre la superficie de estructura del pavimento antiguo y la nueva capa de rodadura, prueba aplicación de un ligante asfáltico (Geosistemas Pavco, 2009 pág.9).

Las ventajas que presentan, son las siguientes:

- Retardan la aparición de fisuras.
- Actúan como barrera impermeable.
- Impiden el ingreso del agua a la subestructura.
- Mejora las condiciones de estabilidad del pavimento y la subrasante.

1.3.14 Propiedades Mecánicas

1.3.14.1 Refuerzo

El refuerzo es muy importante, porque garantiza saber si el geotextil, está en óptimas condiciones de soportar y absorber los esfuerzos de un elemento bajo cualquier circunstancia.

Según (Bijani Barboza, 2006 pág.27):

“El geotextil debe tener la resistencia al punzonamiento y alargamiento, también la resistencia a la tracción cuya función deben cumplir que no exista ningún tipo de daño en su instalación. Por ello el tamaño de poro característico del geotextil debe retener las suficientes partículas de finos”.

De la cita expuesta se puede apreciar, que lo geotextiles pueden tener las propiedades de transmitir y conducir flujos, sin causar ningún daño antes de su instalación o colocación del material, la cual permitirá garantizar la resistencia del elemento ante cualquier tipo de evento.

1.3.14.2 Durabilidad

(Márquez cuervo, 2006 pág.29) Señala que:

“Los tejidos sintéticos son realmente resistentes para el deterioro de las estructuras del pavimento, ya sea ocasionado por agentes físicos, químicos y biológicos. Estas propiedades son directamente relacionadas con los tipos de materiales empleado en la manufactura de la fibra, los geotextiles tienen una alta durabilidad porque están compuesto de polímeros, por ello no se descomponen biológicamente y son indigeribles”.

Los geotextiles son perjudicados por los rayos ultravioletas, por ello debe protegerse de los rayos solares en el tiempo de su almacenamiento y duración de la construcción. La mejor alternativa será presentar una solución cubierta de betún asfáltico o concreto la cual será expuesta a la intemperie. Por lo tanto todas estas relaciones que se hacen con los geotextiles, nos darán un producto altamente confiable y durable.

1.3.14.3 Separación

(Bijani Barboza, 2006 pág. 30) Resalta que:

“El geotextil representa un verdadero obstáculo cuando es colocado entre dos suelos disímiles, porque no permite la migración de granos finos y gruesos evitando el entremezclado, garantizando con ello, una buena homogeneidad y una excelente capacidad de soporte de los elementos constituyentes. Por lo general el geotextil crea una barrera permeable entre los suelos de distintas composiciones y texturas, la cual queda separados y conservan inalterablemente sus propiedades hidráulicas y mecánicas”.

De la cita expuesta por el autor los geotextiles en su colocación son difíciles pero garantiza una excelente capacidad de soporte, además que son una herramienta necesaria para crear una barrera permeable, también siguen conservando sus propiedades.

1.3.15 Propiedades Hidráulicas

1.3.15.1 Permeabilidad

Respecto a la definición sobre el análisis Permeabilidad, según (Subramanian, 2009 págs. 34-35) sostiene al respecto:

“La permeabilidad, es la capacidad que posee el material las cuales son atravesados por los fluidos, aire o luz, sin disminuir la forma de su estructura interna, por ello si tenemos un material permeable nos menciona que es una estructura poros y que contiene algún porcentaje de vacíos que serán interconectados la cual le permitirá la absorción de otros elementos”.

En general podemos mencionar, que algunos geotextiles son capaces de conducir agua en su plano y transmitir todas sus propiedades, sino están laminados o impregnados permitían el flujo de agua a través de ellos (Márquez, 2009 pág. 12). La permeabilidad posee una gran cantidad de fluidos, obteniendo un excelente medio filtrante, la cual permite su fácil impregnación al asfalto convirtiéndola en una membrana impermeable.

1.3.15.2 Filtración

Según (Bijani Barboza, 2006 pág.32):

“La permeabilidad ortogonal al plano de tela, es una de las características mas importantes de los geotextiles, esto permite el paso de los líquidos, por ello se coloca entre el suelo y el material drenante siempre que cumpla con ciertos requisito de retención de partículas y de permeabilidad. Por lo tanto, permite el paso de los líquidos mas no del material fino, siendo de gran utilidad en los sistemas de drenaje”.

De lo expuesto podemos concluir que los geotextiles son una herramienta múltiple, que tienen diferentes características y una de ellas es la filtración de esta manera se permite el paso líquidos, siendo de gran ayuda en el Perú ya que es un país de constantes cambios climáticos, como lluvias intensas.

1.3.15.3 Drenaje

(Tiniacos Peña, 2003 pág. 28) Describe:

“Los geotextiles tienen altas propiedades de filtración y permeabilización, qe debido sus características muy especiales de fabricación que lo confiere la propiedad de drenar el agua por capilaridad o por percolación la cual es transportada horizontalmente, por ello también consiste en la captación y conducción de fluidos y gases en el plano del geotextil, para que el drenaje sea aplicado de manera satisfactoria su espesor debe ser suficiente al aumentar la tensión normal al plano de conducción”.

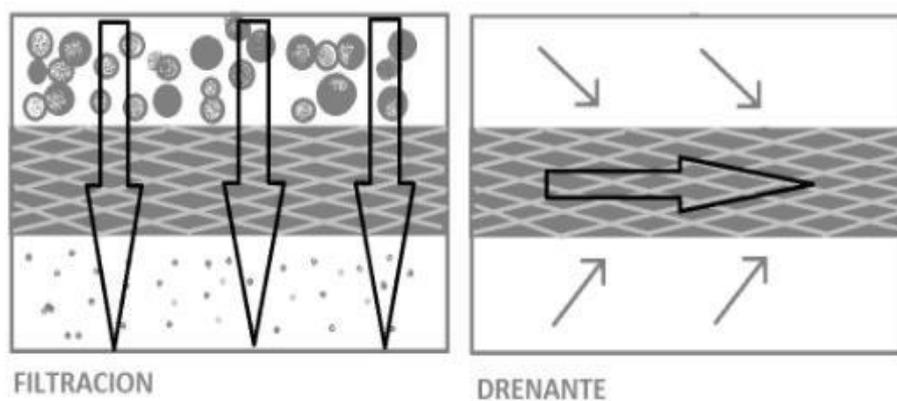


Figura 1-9: *Geotextil de filtración y drenaje*. Fuente: Especialista en vestido y textiles S.C 2014

1.3.16 Propiedades Físicas

1.3.16.1 Espesor

Según (Bijani Barboza, 2006 pág. 29) sostiene al respecto:

“El espesor de un geotextil tiene una influencia determinante sobre la resistencia y la permeabilidad del mismo, también depende de los elementos que los compongan y del proceso de fabricación. Por lo tanto, el grosor nos permite determinar el volumen de los tejidos y también nos permite saber la variación del grosor de un tejido durante su uso la cual nos permitirá conocer su desgaste ante tratamientos de abrasión, encogimiento o contracción”.

De la cita expuesta, nos da a conocer las cualidades y la gran importancia que sobre el espesor del tejido se encuentres comprendido dentro de unos límites

determinados y por lo general tiene que tener su correcta determinación la cual será imprescindible.

1.3.16.2 Tipo de fibras

Según (Bijani Barboza, 2006 pág.21-22):

“Los Monofilamentos se definen como una masa de polímeros reblandecidos con ciertos solventes o por suministro de color, la cual es presionada en forma continua con muchos finos de una máquina de hilar, dando como resultado un conjunto de fibras de un solo filamento que son enfriados y simultáneamente estirados”.

Por último tenemos a los multifilamentos, que son el resultado de a combinación organizada de fibras de un solo filamento conformado un especie de hilo, la cual tiene como origen a la estopa sintética, que son conjunto de miles de filamentos enredados y empaquetados, y a los hilos de hebra la cual se realiza por un proceso más complejo.

1.3.16.3 Peso

(Geotexan, 2012 pág. 1) Señala que:

“El peso del geotextil es una de las características físicas, que tiene mucha importancia a la hora de especificar un geotextil, ya que sus características mecánicas e hidráulicas la que permitirán cumplir las funcione de barrera impermeabilizadora, de refuerzo, separación, drenaje entre otros, por lo tanto el geotextil no tejido es un material textil plano, permeable, de apreciada deformabilidad, formado por fibras poliméricas termoplásticas”.

De la cita expuesta podemos concluir que el peso, es muy importante a la hora de especificar el geotextil, por la cual será medido y analizado de manera minuciosa para poder tener un mejor comportamiento en la estructura del pavimento.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

¿Cómo influye el uso del geotextil en el comportamiento estructural del pavimento presente en la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018?

1.4.2 Problemas específicos

1. ¿Cómo incide el uso del geotextil en la resistencia del pavimento de la carretera Cajamarca–Chachapoyas, subtramo Calla Calla–Leymebamba, Amazonas - 2018?
2. ¿De qué manera actúa el geotextil en las deformaciones del pavimento de la carretera Cajamarca–Chachapoyas, subtramo Calla Calla– Leymebamba, Amazonas - 2018?
3. ¿En qué medida el uso del geotextil permite la reducción del espesor del pavimento de la carretera Cajamarca–Chachapoyas, subtramo Calla Calla–Leymebamba, Amazonas - 2018?

1.5 Justificación del estudio

1.5.1 Justificación metodológica

La metodología que se utiliza es una simulación del geotextil aplicada en la Subrasante de la estructura del pavimento, la cual será estudiada de manera minuciosa el comportamiento que presente, mediante la evaluación de los esfuerzos y deformaciones de la estructura vial objeto de estudio.

1.5.2 Justificación práctica

La carretera Cajamarca – Chachapoyas, tramo Calla Calla – Leyembamba de la provincia de Amazonas, en la actualidad el crecimiento y la demanda de alto tránsito vehicular, está aumentando de manera rápida por lo fallas que presentan

las estructuras viales, por lo tanto esto lleva al uso de los geosintéticos como refuerzo del pavimento, la aplicación de los geotextiles es un recurso muy importante para la evaluación estructural del pavimento ya que da una mayor transitabilidad y servilciavilidad para el flujo de vehículos.

1.5.3 Justificación económica

Para realizar proyectos con geosintéticos la utilización del geotextil en vías de alto tránsito vehicular, es una alternativa con gran beneficio en la economía y la transitabilidad para la circulación de vehículos, ya que disminuye la probabilidad de falla del pavimento y aumenta el soporte de la estructura.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

El uso del geotextil mejora significativamente el comportamiento estructural del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018?

1.6.2 Hipótesis específicas

1. El uso del geotextil incrementa la resistencia del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018.
2. El uso del geotextil reduce significativamente las deformaciones del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018.
3. El uso del geotextil permite la reducción del espesor del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Determinar la influencia del geotextil como refuerzo estructural del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018

1.7.2 Objetivos específicos

1. Explicar la incidencia del geotextil en la resistencia del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla–Leymebamba, Amazonas - 2018.
2. Determinar el efecto del geotextil en las deformaciones del pavimento pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018.
3. Explicar el efecto que tiene el uso de geotextiles en la reducción del espesor del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018.

2. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

2.1.1. Método

(Ruiz, 2007 pag.4) Nos indica que: El método científico es camino hacia el conocimiento, es posibilidad de actuación de practica científica para hallar las leyes que rigen los diversos objetos de investigación, dando como esencia la forma práctica y teórica de la actuación del hombre frente a la naturaleza y la sociedad, con destino a su transformación y dominio.

Entonces decimos que el **método científico** nos permite organizar nuestra capacidad de pensamiento, descubrir la verdad, las leyes que permitan probarlas y demostrarlas, con el objetivo de transformar por medio de la práctica científica la realidad.

2.1.2. Tipo de investigación

(Valderrama, 2013, pág. 165) Señala que: La investigación aplicada está enfocada en solucionar problemas más que formular teorías respecto a los temas, la cual el uso del conocimiento da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.

El tipo de **investigación aplicada** también llamada investigación practica o empírica, busca aplicar el conocimiento de manera sistemática y organizada dando solución a diferentes tipos de problemas que se presentan hoy en día en la actualidad.

Es por este motivo el tipo de investigación es aplicada en el presente proyecto.

2.3.1. Nivel de investigación

(Hernández, Fernández y Baptista, 2003, pág.58) Postula que: Los estudios explicativos su principal característica es explicar por qué ocurre un fenómeno y en que situaciones se encuentra, también porque dos o más variables se relacionan entre sí.

El **nivel explicativo** trata de describir los hechos en base a las relaciones causa-efecto, la cual brindara buenos resultados para un nivel más profundo de conocimientos. Por estas razones es que tome la decisión de utilizar que el tipo de investigación es aplicada en mi presente proyecto.

2.1.3. Diseño

(Hernández, Fernández y Baptista, 2003, pág.270) Nos indica que: Los estudios cuasiexperimentales manipulan al menos una variable independiente para ver su relación y efecto con una o más variables dependientes.

En el estudio **cuasiexperimental** son una derivación de los estudios experimentales, es útil para estudiar problemas en las que no se pueden tener un control absoluto de las situaciones, pero se pretende tener el mayor control posible. Por lo tanto, una característica que poseen los cuasiexperimentos es de incluir grupos intactos, es decir grupos ya constituidos.

2.2. Variables, Operacionalización

V1: Evaluación estructural

V2: Uso del geotextil como refuerzo

Tabla 2-1: Operacionalización de las variables de la investigación.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA/ ITIEMS
EVALUACION ESTRUCTURAL	(Navarro, E., 2014, pag.15) "La auscultación estructural de carreteras es una técnica que proporciona un conocimiento detallado del estado de los pavimentos, lo que permite efectuar e monitoreo de su comportamiento a través del tiempo y programar el mantenimiento de un modo racional y más económico".	La evaluación estructural puede ser medida por los equipos de alta tecnología como el deflectómetro de impacto, la cual permitirá obtener resultados para determinar los esfuerzos, deformaciones y deflexiones máximas que nos ayudan a mejorar la eficiencia del proceso de análisis y diseño de la estructura.	Esfuerzos	Esfuerzo vertical Esfuerzo tangencial Esfuerzo radial	Ordinal
			Deformaciones	Deformación radial Deformación elástica Deformación plástica	
			Deflexiones	Deflexión estática Deflexión vibratoria Deflexión por impacto	
USO DEL GEOTEXTIL COMO REFUERZO	Chicas (2005, pag.8)Sostiene que "El uso de los geotextiles tiene mucha importancia para el diseño y la construcción de todo tipo de obras en ingeniería, cuya principal función es de separación y esfuerzo en la estructura del pavimento"	Esta variable es de tipo cuantitativa, porque permite expresar cantidades por medio de unidades de medidas específicas, la cual se prepara o se elabora para tomar cada una de sus propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas.	Propiedades mecánicas	Refuerzo Durabilidad Separación	Ordinal
			Propiedades Hidráulicas	Permeabilidad Filtración Drenaje	
			Propiedades Físicas	Espesor Tipo de fibras Peso	

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

Respecto al método, (Hernández, Fernández y Baptista, 2003, pág.262) sostiene al respecto:

“La población es el conjunto de todos los casos que se relacionan con una serie de especificaciones, la cual definida la unidad de análisis se procede a delimitar la población que será estudiada de manera minuciosa y detallada, sobre el cual se pretenderá generalizar lo resultados entorno a sus característica de contenido, lugar y tiempo”.

De acuerdo al autor la población es un grupo de elementos o unidades que tienen como característica de contenido, lugar y tiempo. En este proyecto de investigación la población lo conforma el tramo Calla Calla – Leyembamba que se enmarca entre las progresivas 215+000 y 244+000 de la ruta nacional PE-08B, en la región de Amazonas, provincia de Chachapoyas.

2.4.2. Muestra

“La muestra suele ser definida como un subgrupo de la población, cuya principal función es delimitar la características de la población, la cual será un reflejo fiel de la población para que las muestras sean muy representativas” (Hernández, Fernández y Baptista, 2003, pág.263).

Como menciona el autor con referido a la muestra, es subconjunto de la población, de modo que la muestra en la presente investigación lo conforma la zona afectada principalmente por deterioros o fallas en la superficie de rodadura del tramo Calla Calla - Leyembamba, enmarcada entre las progresivas Km 216+220 y Km 216+340, la cual se hará un estudio de manera preliminar sobre la evaluación estructural del pavimento flexibles empleando geotextiles como refuerzo cuya recorrido será de 100 metros en todo el proceso constructivo con el geosintético.

2.4.3. Muestreo

Tipo: En el muestreo existen diferentes tipos de la cual en esta investigación se escogió el muestreo *no probabilístico*

“Las muestras no probabilísticas no se rige por las reglas matemáticas de probabilidad, se da en el procedimiento de selección en el que se tiene todos los elementos de la población a integrar la muestra” (Hernandez, 2003, pág. 54). En el Sub tramo Calla Calla - Leymebamba se encuentran fallas técnicas en las superficies de rodadura la cual debe ser estudiada de manera minuciosa.

Intencional: “Denominado también muestreo de juicio, ocurre cuando el investigador selecciona sus elementos que a su criterio son representativos, por lo que el investigador debe conocer a la población que se estudia” (Hernandez, 2003, pág. 55). En este estudio se considera el muestreo intencional.

Para tomar este tipo de muestra intencional para análisis de evaluación de de la estructura del pavimento debe ser un estudio de análisis de suelos y estructura del pavimento.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y

confiabilidad

2.5.1. Técnicas de recolección de datos

“Las técnicas de recolección de datos son los procesos de obtención de información empírica que permita medir las variables en las unidades de análisis, con el único objetivo de obtener los datos necesarios para el estudio del problema o realidad social en la investigación” (Chávez, 2008 pág. 6).

Existen diferentes tipos de métodos que nos permitirán recolectar datos, para así poder analizarlos de manera detallada, por la que se necesita obtener datos para los estudios de los problemas o realidades sociales de la investigación.

- Clasificación de técnica

Observación directa:

“La observación directa es una técnica de recolección de datos que permite sistematizar y acumular información sobre un hecho o fenómeno social, la cual contempla con el problema que motiva la investigación”. (Chavez, 2008, pág. 7).

Se realizaron las inspecciones en campo del estado actual del pavimento del Sub tramo Calla Calla - Leymebamba, cuya finalidad es identificar los problemas en la superficie de rodadura para poder analizar y dar una solución.

2.5.2. Instrumento de recolección de datos

“Los medios materiales que se emplea para recoger y almacenar información” (Arias, 1997 pág. 34). Por lo tanto, por medios de estos instrumentos el investigador obtiene información sintetizada que podrá ser utilizada e interpretada en el proyecto de investigación como entrevistas, grabaciones, cuaderno de notas, fichas, formatos de cuestionario entre otros.

- Tipo de instrumento

Ficha de recolección de datos: Según (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, pág.196) “Implica elaborar un plan detallado de procedimientos que no conduzcan a reunir datos con propósito específico, de acuerdo a nuestro problema de estudio e hipótesis, se procesara a la recopilación de datos sobre los conceptos, cualidades o variables que deben ser medibles.”

Por eta razón la presente tesis se basa en la técnica de ficha de recolección de datos.

2.5.3. Validez

Según (Tamayo y Siesquen, 2014, p. 10) menciona, que “Se refiere a la exactitud del instrumento que se propone medir, es decir la eficacia de una prueba para presentar, describir o pronosticar el atributo que le interés al examinador”.

Tabla 2-2 Rangos de validez de instrumentos de investigación.

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: Herrera 1998

Basando a la tabla de validez el instrumento de recopilación de datos tiene 0.94 con una Excelente validez de acuerdo a los profesionales que validaron mediante un puntaje el instrumento, por lo que se procede a continuar la investigación.

2.5.4. Confiabilidad

Según (Zapata, 2011, p. 9) sostiene, que “Es la probabilidad de que un componente o sistema pueda cumplir su función en las condiciones operativas especificadas durante un intervalo de tiempo dado”.

El instrumento que se empleopara el proyecto de investigación fue sometido a juicio de expertos, donde serán evaluados por tres Ingenieros Civiles.

2.6. Métodos de análisis de datos

En la presente investigación el método de análisis de datos cuantitativo, de modo que es de estadística inferencial y prospectiva. Por ende, se busca lograr un nivel de validez adecuado a la característica de la investigación para que la confiabilidad no sea vulnerada en los parámetros de estudio.

2.7. Aspectos éticos

Todo el recojo de datos se determinaron de forma veraz y siguiendo las especificaciones detalladas en el MTC, con el objetivo de realizar la presente investigación de manera eficaz, es decir con respeto y honestidad.

Además, las fuentes asignadas en esta investigación fueron debidamente referenciadas según es sistema ISO, por consiguiente, los datos obtenidos serán descritos y citados según corresponda.

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1 Descripción de la zona de estudio

3.1.1 Situación de la carretera y entorno

La carretera denominada CAJAMARCA – CHACHAPOYAS, se encuentra ubicada en la región de Amazonas, provincia de Chachapoyas, mientras que el tramo Calla Calla – Leyembamba, se enmarca en una longitud de 29.00 Km, esta inicia en la progresiva 215+000 y termina en la progresiva 244+000 de la ruta Nacional PE – 08B, este tramo se encuentra a nivel de Pavimento Básico, en su zona de influencia se ubican los poblados de Ipaña, Pomacochas, Ishpingo.

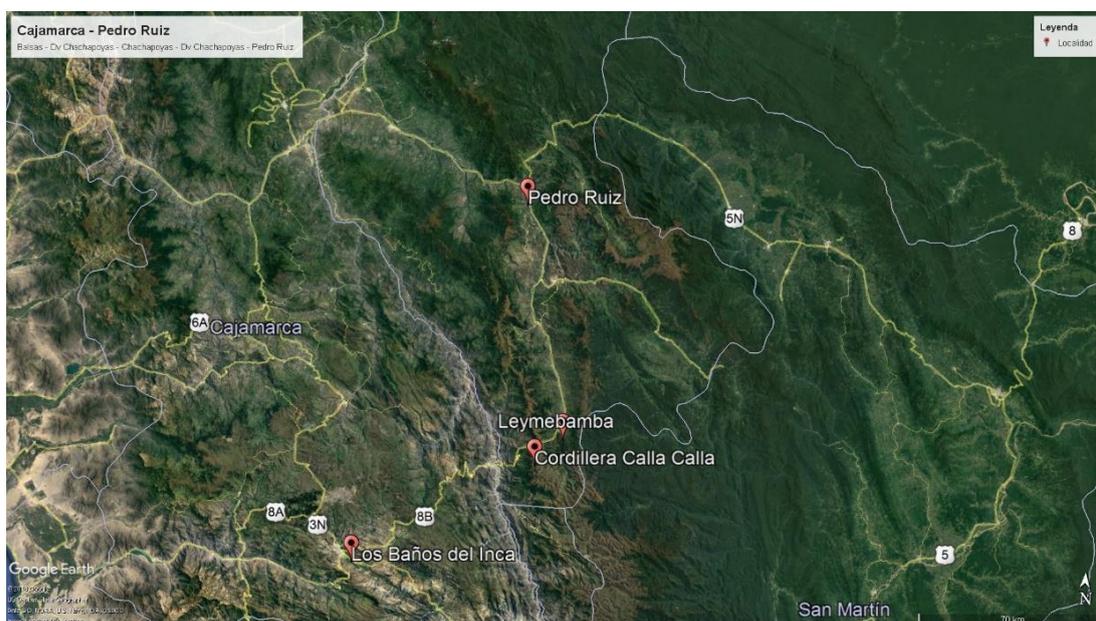


Figura 3-1:Geo-referenciación del tramo de estudio. Fuente: Elaboración propia en Google Earth

Su ubicación geográfica específica es:

Región: Amazonas

Departamento: Amazonas

Provincia: Chachapoyas

Distrito: Chachapoyas

Ruta Nacional: PE - 08B

Tramo: Km 215+000 – Km 244+000

3.2 Recopilación de información

3.2.1 Trabajo de campo

La información recopilada se llevó a cabo mediante las fichas de recopilación de información, de tal manera que estando en la ubicación del tramo (Km 215+000 – 244+000) y mediante la observación, se recolectó y corroboró la información requerida del tramo que será evaluado.

3.2.2 Levantamiento de la infraestructura vial

Se sintetizó datos de la ficha como, ubicación del tramo, ancho de calzada, ancho de bermas, superficie de rodadura, bombeo, cunetas, velocidad directriz.

De esta manera se identificó la sección típica:

Ancho de calzada	:	5.00 Mts.
Ancho de bermas	:	No Tiene
Superficie de rodadura	:	Pavimento Básico (Slurry Seal)
Bombeo	:	2 %
Cunetas	:	Sin Revestir De Tierra, Sección Irregular
Velocidad directriz	:	20 A 30 Km /H

Como se muestra en la **Figura 3.2** se identificó gráficamente la sección típica.

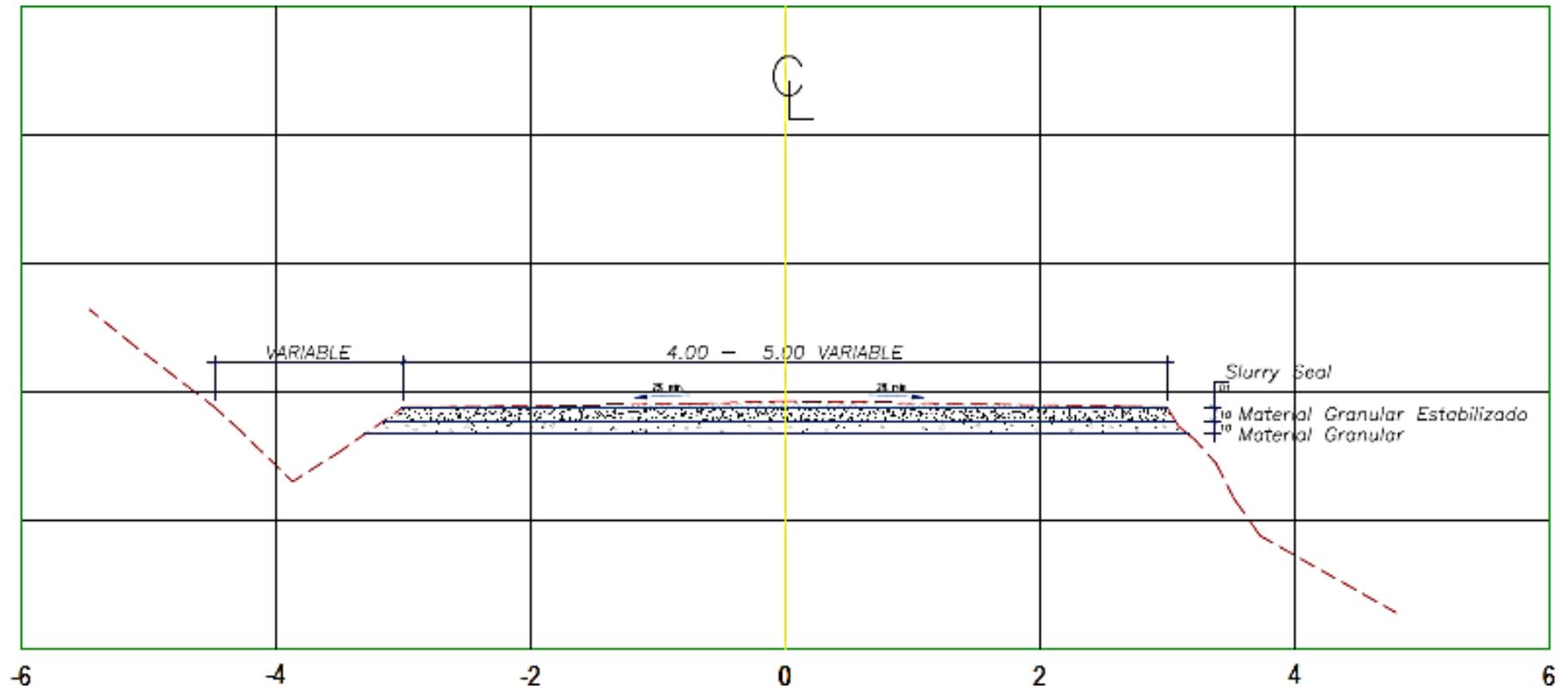


Figura 3-2:Sección típica del tramo Calla Calla–leyembamba. Fuente: Elaboración propia

3.2.2.1 Patologías encontradas en el tramo de estudio

Los tipos de problemas que se presentaron en este tramo son:

- Bacheos.
- Cunetas colmatadas.
- Caída de huaycos.
- Derrumbes.
- Daños en la plataforma.



Figura 3-3: Presencia de baches parcialmente rellenos. Fuente: Propia



Figura 3-4: Cunetas colmatadas por presencia de vegetación. Fuente: Propia



Figura 3-5: Acumulación de material debido a derrumbe. Fuente: Propia

3.3 Ensayos de laboratorio

Para la presente investigación se realizó ensayos en el laboratorio con la finalidad de obtener los datos necesarios para evaluar las características mecánicas del conjunto Geosintético y surasante, siendo estos datos que resultan relevante para diseñar y evaluar la estructura del pavimento flexible.

3.3.1 Ensayo de acuerdo a la norma ASTM

Se realizó el análisis granulométrico por tamizado ASTM D 422, Clasificación de Suelos – ASTM D 2487, límites de consistencia – ASTM D 4318, Ensayo Proctor modificado ASTM D1557 y el ensayo de CBR – ASTM D 1887. Con esta finalidad se tomó una muestra inalterada representativa del suelo del sitio para realizar los respectivos ensayos, siguiendo los lineamientos y estándares de conservación y transporte de muestras de suelos – ASTM D420.

3.3.2 Calicata N°01

Se extrajo una muestra a 0.40m y a 1.50m de profundidad en la progresiva 216+230 correspondiente al tramo Calla Calla - Leyembamba.

3.3.2.1 Análisis granulométrico – ASTM D422

Para el análisis granulométrico a 0.40m de profundidad, Se determinó las siguientes características:

- Bolonería >3" = 0.00
- Grava 3" – N°4 = 46.8
- Arena N°4 – N°200 = 37.5
- Finos < N°200 = 15.7
- Fracción = 800

Obteniendo la siguiente curva granulométrica característica:

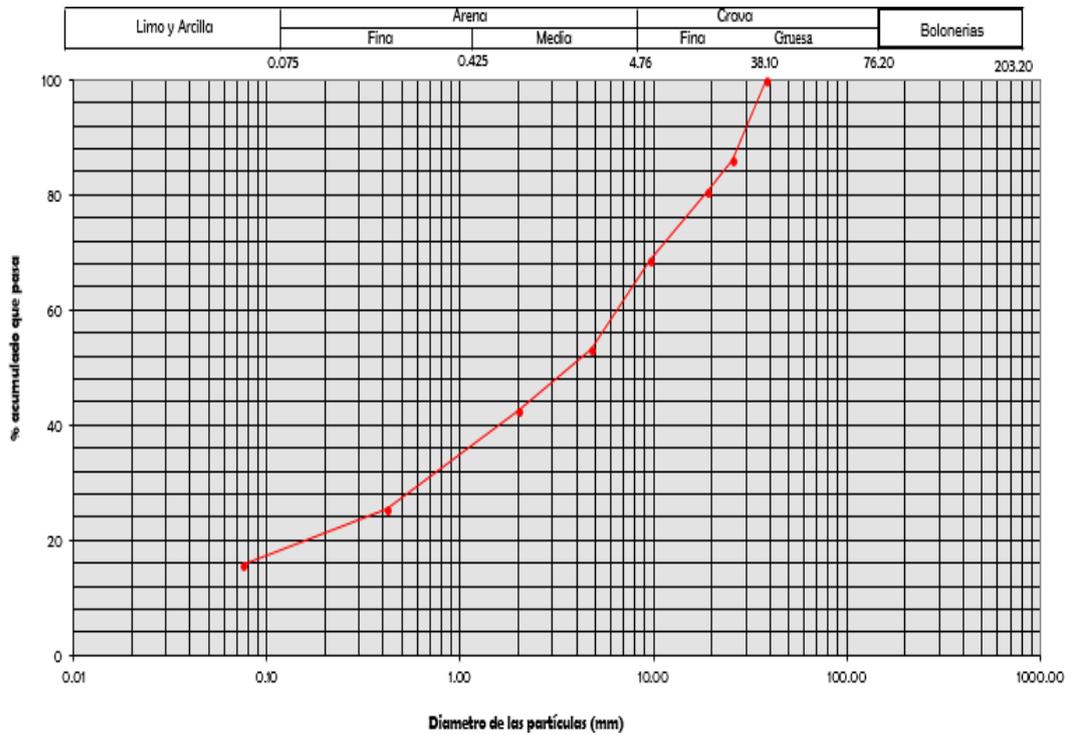


Figura 3-6: Curva granulométrica de la muestra de suelo a 0.40m de la calicata

01.Fuente: Propia

Mientras que para el análisis granulométrico a 1.50m de profundidad, Se determinó las siguientes características:

- Bolonería >3" = 0.00
- Grava 3" – N°4 = 0.00
- Arena N°4 – N°200 = 70.8
- Finos < N°200 = 29.2
- Fracción = 974.5

Obteniendo la siguiente curva granulométrica característica:

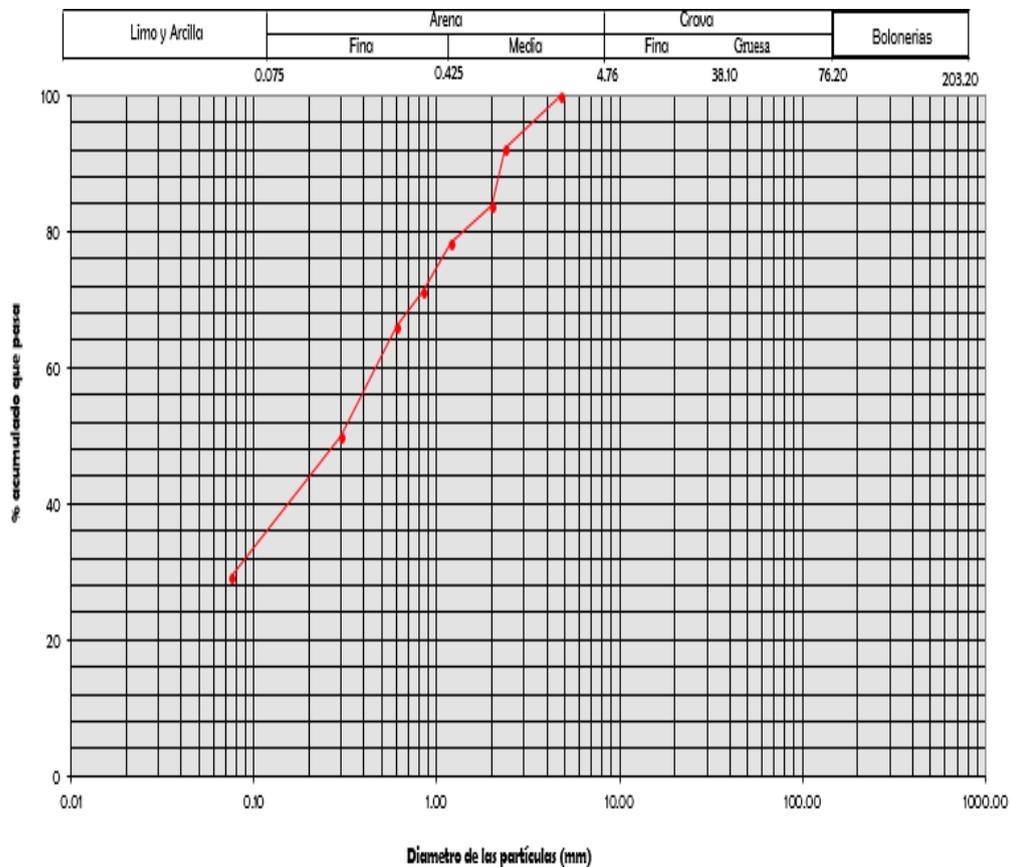


Figura 3-7: Curva granulométrica de la muestra de suelo a 1.50m de la calicata 01. Fuente: Propia

Límites de consistencia - ASTM D 4318

De acuerdo al ensayo de límites de consistencia para una profundidad de 0.40m se obtuvo lo siguiente:

- Límite Líquido = 22%
- Límite Plástico = 15%
- Índice Plástico = 7%

Mientras que para los límites de consistencia a una profundidad de 1.50m se obtuvo lo siguiente:

- Límite Líquido = 20%
- Límite Plástico = NP
- Índice Plástico = NP

Perfil estratigráfico:

El suelo ha sido clasificado de acuerdo al sistema unificado de la clasificación de suelos SUCS. Se muestra el perfil estratigráfico:

Prof. (m)		Perfil	SUCS	Descripción	AASHTO
DE	A				
0	0.09		GW-GM	Material de base estabilizada de color gris oscuro con alta capacidad portante	A-1-a
0.09	0.40 aprox		GC	Gravas arcillosas, mezcla - grava - arcillosas: Suelo granular compactado con grava subangular, de color beige, material de préstamo, proveniente de bancos de materiales (cerro).	A-2-4(0)
0.40	0.50 aprox		SM	Arenas limosas, mezcla de arena - limo: arena de color gris oscuro con humedad de 11.5%, de baja compacidad y de baja capacidad portante.	A-4(0)

Figura 3-8: Perfil estratigráfico de la muestra a nivel de profundidad máx: 1.50m de la calicata 01. Fuente: Propia

Proctor modificado - ASTM D 1557

Con la muestra de profundidad 0.40m – 1.50m, se desarrolló el ensayo de Proctor modificado se obteniendo los siguientes parámetros:

- Densidad máxima = 1.746 gr/cm³
- Humedad óptima = 12.41%

Dichos datos se corroboran con el grafico mostrado en la **Figura 3.9**, donde se muestra la relación de humedad vs densidad.

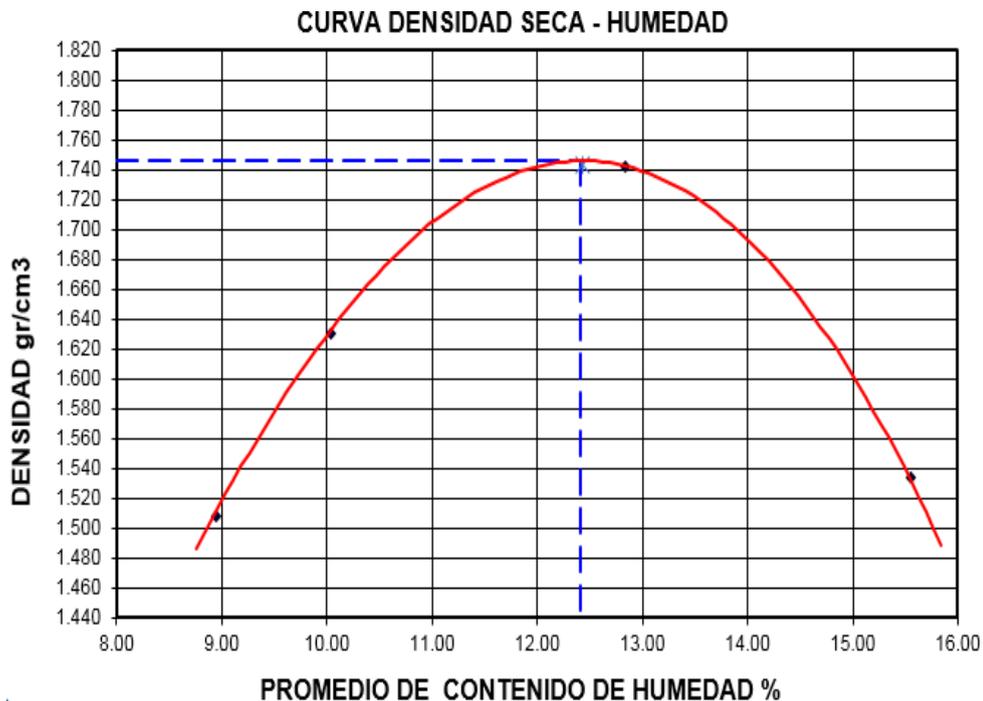


Figura 3-9: Grafico de relación entre contenido de humedad vs densidad seca de la calicata 01. Fuente: Propia

- Relación de Soporte de California (C.B.R) - ASTM D 1883

Con la muestra de profundidad 0.40m – 1.50m, los resultados indicaron que:

- El valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S = 10.70%
- El valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 9.20%

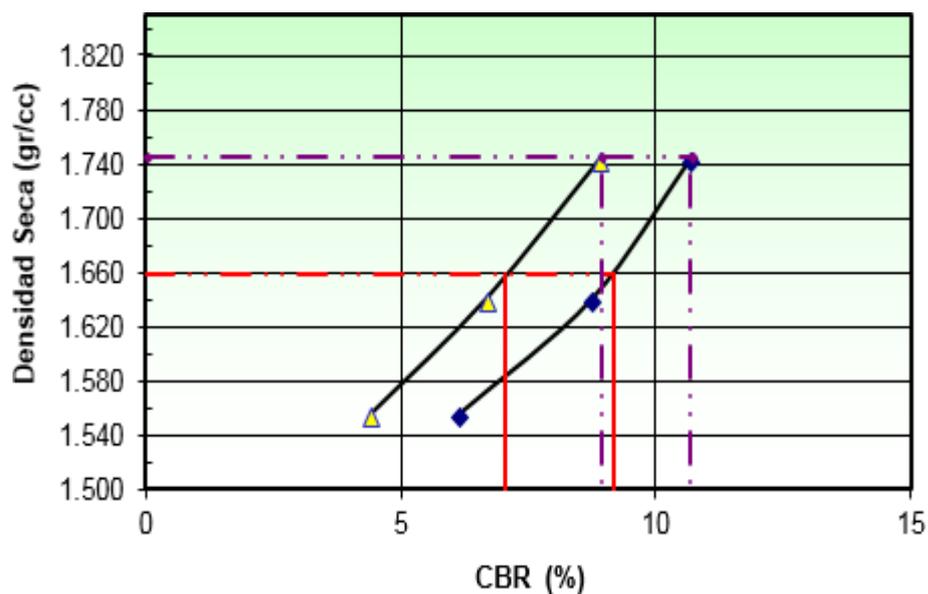


Figura 3-10: Grafico de relación entre CBR vs Densidad seca de la calicata
01.Fuente: Elaboración Propia.

b. Calicata N°02

Se extrajo una muestra a 0.40m y a 1.50m de profundidad en la progresiva 216+730 correspondiente al tramo Calla Calla - Leyembamba.

- Análisis granulométrico – ASTM D422

Para el análisis granulométrico a 0.40m de profundidad, Se determinó las siguientes características:

- Bolonería >3" = 0.00
- Grava 3" – N°4 = 55.80
- Arena N°4 – N°200 = 28.5
- Finos < N°200 = 15.7
- Fracción = 956

Obteniendo la siguiente curva granulométrica característica:

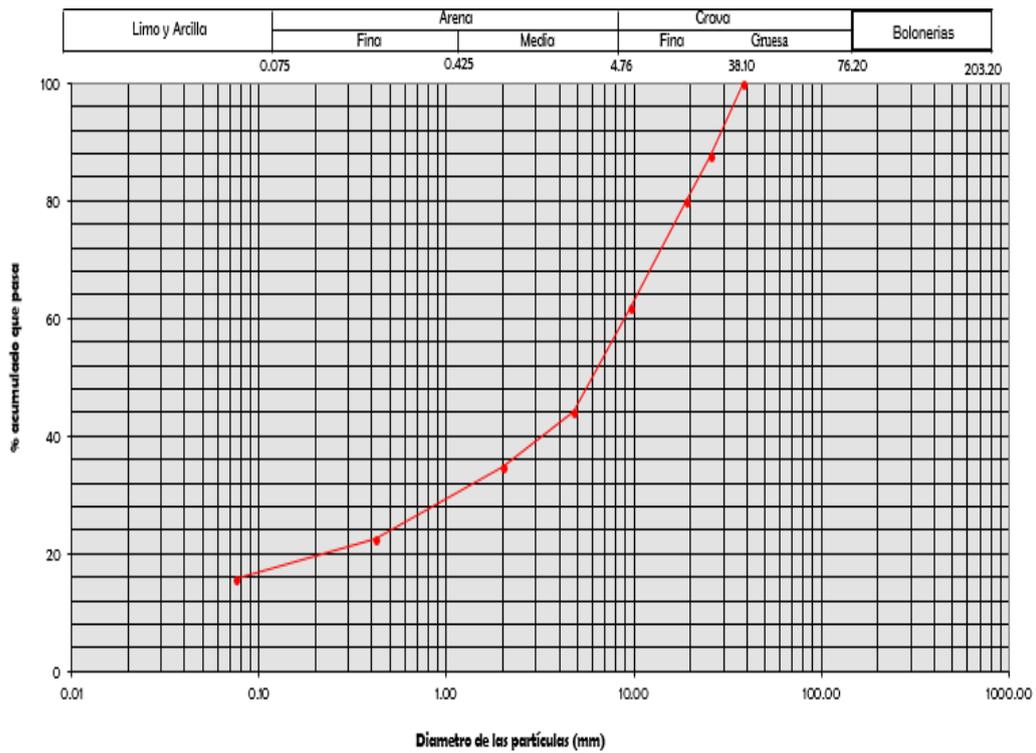


Figura 3-11: Curva granulométrica de la muestra de suelo a 0.40m de la calicata 02. Fuente: Propia

Mientras que para el análisis granulométrico a 1.50m de profundidad, Se determinó las siguientes características:

- Bolonería >3" = 0.00
- Grava 3" – N°4 = 6.8
- Arena N°4 – N°200 = 60.3
- Finos < N°200 = 32.9
- Fracción = 1231.0

Obteniendo la siguiente curva granulométrica característica:

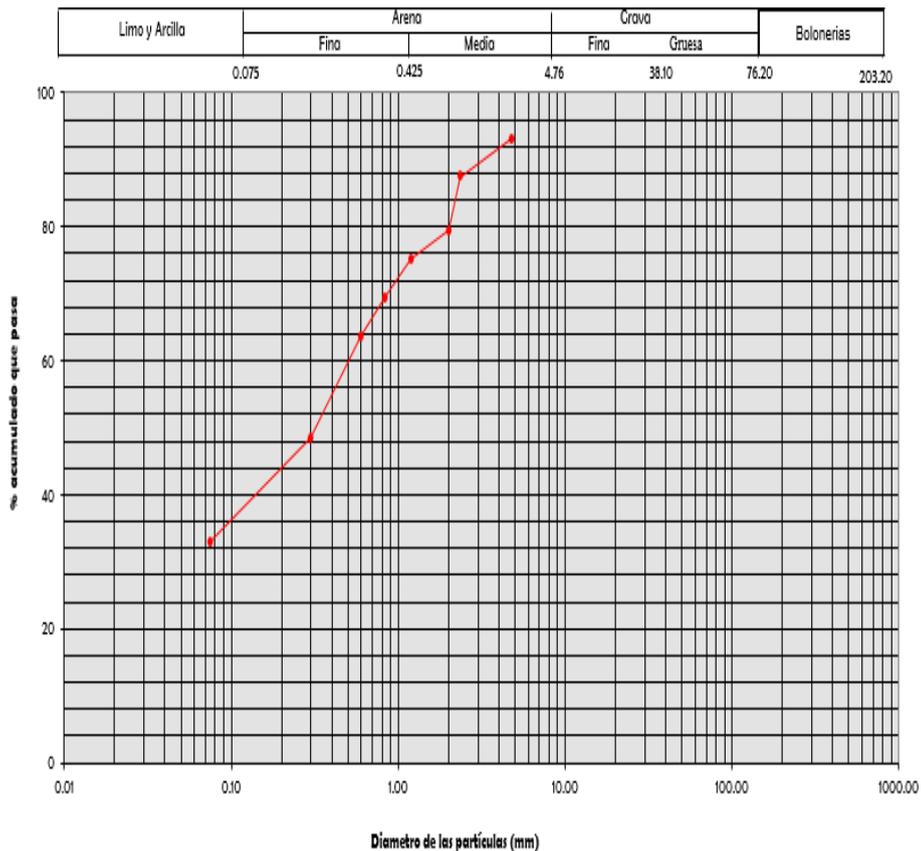


Figura 3-12: Curva granulométrica de la muestra de suelo a 1.50m de la calicata 02.Fuente: Propia

Límites de consistencia - ASTM D 4318

De acuerdo al ensayo de límites de consistencia para una profundidad de 0.4m se obtuvo lo siguiente:

- Límite Líquido = 25 %
- Límite Plástico = 16 %
- Índice Plástico = 9 %

Mientras que para los límites de consistencia a una profundidad de 1.50m se obtuvo lo siguiente:

- Límite Líquido = 20 %
- Límite Plástico = N.P %
- Índice Plástico = N.P %

Perfil estratigráfico:

El suelo ha sido clasificado de acuerdo al sistema unificado de la clasificación de suelos SUCS. Se muestra el perfil estratigráfico:

Prof. (m)		Perfil	SUCS	Descripción	AASHTO
DE	A				
0	0.06		GW-GM	Material de base estabilizada de color gris oscuro con alta capacidad portante	A-1-a
0.06	0.40 aprox.		GC	Gravas arcillosas, mezcla - grava - arcillosas: Suelo granular compactado con grava subangular, de color beige, material de préstamo, proveniente de bancos de materiales (cerro).	A-2-4(0)
0.40	1.50 aprox.		SM	Arenas limosas, mezcla de arena - limo: arena de color marron y marron claro con humedad de 13% , de baja compasidad y de baja capacidad portante.	A-2-4(0)

Figura 3-13: Perfil estratigráfico de la muestra a nivel de profundidad máx: 1.50m de la calicata 02. Fuente: Propia

Proctor modificado - ASTM D 1557

Con la muestra de profundidad 0.40m – 1.50m, se desarrolló el ensayo de Proctor modificado se obteniendo los siguientes parámetros:

- Densidad máxima = 1.648 gr/cm³
- Humedad óptima = 12.53 %

Dichos datos se corroboran con el grafico mostrado en la **Figura 3.13**, donde se muestra la relación de humedad vs densidad.

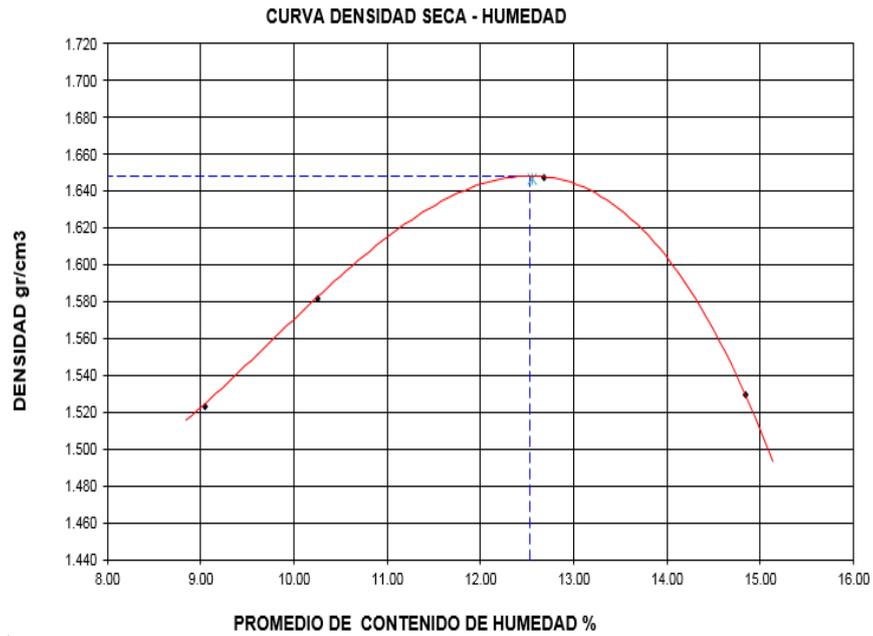


Figura 3-14: Grafico de relación entre contenido de humedad vs densidad seca de la calicata 02.Fuente: Propia

- Relación de Soporte de California (C.B.R) - ASTM D 1883

Con la muestra de profundidad 0.40m – 1.50m, los resultados indicaron que:

- El valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S = 12.6%
- El valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 11.6%

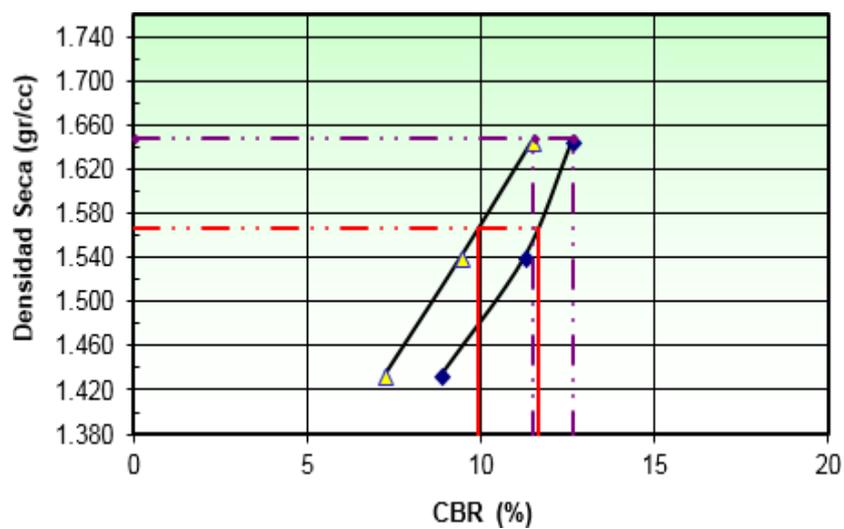


Figura 3-15: Gráfico de relación entre CBR vs Densidad seca de la calicata 02.Fuente: Elaboración propia

3.4 Procesado de información recopilada

3.4.1 Evaluación de la condición física del estado de la estructura vial existente

Para conocer el estado de condición de la infraestructura vial de estudio se realizó una inspección visual para determinar los tipos de daño más característicos del tramo Calla Calla – Leyembamba, donde se empleó la ficha de recolección de datos N°01 (Ver Anexo #).

1.00 Identificación							
Tramo:	Calla Calla - Leyembamba	Departamento:	Amazonas	Ruta Nacional:	PE - 08B		
Kilometraje:	215+000 - 244+000	Distrito:	Chachapoyas	Progresiva:	Km 212+950		
2.00 Carpeta de rodadura		3.00 Clasificación de deterioro o falla		3.01 Daño o falla estructural		3.02 Daño o falla superficial	
<input type="checkbox"/>	Pavimento flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Daño superficial	<input type="checkbox"/>	Piel de cocodrilo / PC	<input type="checkbox"/>	Peladura y desprendimiento
<input type="checkbox"/>	Pavimento semiflexible	<input type="checkbox"/>	Falla estructural	<input type="checkbox"/>	Fisura longitudinal / FL	<input type="checkbox"/>	Baches
	Pavimento rígido		Otro	<input type="checkbox"/>	Deformaciones / D		Fisura transversal
3.00 Esquema gráfico del deterioro o falla							
				<input type="checkbox"/> Ahuellamiento / A Reparación o parchado / ROP			
				4.00 Descripción de la falla			
Presencia de piel de cocodrilo en superficie de rodadura con mallas de 0.20m con leve presencia de material suelto							
5.00 Nivel de gravedad				6.00 Posibles causas			
1 Malla grande (>0.5m) sin material suelto 2 Malla mediana (entre 0.3 y 0.5m) con o sin material suelto Malla pequeña (<0.3m) con o sin 3 material suelto							
Nivel de gravedad				3			

Figura 3-16: Evaluación en progresiva 212+950 con ficha de recolección de datos.

Fuente: Propia

1.00 Identificación						
Tramo:	Calla Calla - Ley embamba	Departamento:	Amazonas	Ruta Nacional	PE - 08B	
Kilometraje:	215+000 - 244+000	Distrito:	Chachapoyas	Progresiva:	Km 221+005	
2.00 Carpeta de rodadura	3.00 Clasificación de deterioro o falla	3.01 Daño o falla estructural	3.02 Daño o falla superficial			
<input type="checkbox"/> Pavimento flexible	<input type="checkbox"/> Daño superficial	<input type="checkbox"/> Piel de cocodrilo / PC	<input checked="" type="checkbox"/> Peladura y desprendimiento			
<input type="checkbox"/> Pavimento semiflexible	<input type="checkbox"/> Falla estructural	<input type="checkbox"/> Fisura longitudinal / FL	<input type="checkbox"/> Baches			
<input type="checkbox"/> Pavimento rígido	Otro	<input type="checkbox"/> Deformaciones / D	Fisura transversal			
3.00 Esquema gráfico del deterioro o falla			<input type="checkbox"/> Ahuellamiento / A			
		Reparación o parchado / ROP				
		4.00 Descripción de la falla	Acumulación de agua en abundantes baches de 0.30m diámetro con presencia de base en superficie de rodadura			
5.00 Nivel de gravedad	6.00 Posibles causas					
1 Diámetro < 0.2m 2 Diámetro entre 0.2m y 0.5m 3 Diámetro > 0.5m Nivel de gravedad 2						

Figura 3-17: Evaluación en progresiva 221+005 con ficha de recolección de datos. Fuente: Propia

1.00 Identificación						
Tramo:	Calla Calla - Ley embamba	Departamento:	Amazonas	Ruta Nacional	PE - 08B	
Kilometraje:	215+000 - 244+000	Distrito:	Chachapoyas	Progresiva:	Km 221+500	
2.00 Carpeta de rodadura	3.00 Clasificación de deterioro o falla	3.01 Daño o falla estructural	3.02 Daño o falla superficial			
<input type="checkbox"/> Pavimento flexible	<input type="checkbox"/> Daño superficial	<input type="checkbox"/> Piel de cocodrilo / PC	<input type="checkbox"/> Peladura y desprendimiento			
<input type="checkbox"/> Pavimento semiflexible	<input type="checkbox"/> Falla estructural	<input type="checkbox"/> Fisura longitudinal / FL	<input type="checkbox"/> Baches			
<input type="checkbox"/> Pavimento rígido	Otro	<input type="checkbox"/> Deformaciones / D	Fisura transversal			
3.00 Esquema gráfico del deterioro o falla			<input type="checkbox"/> Ahuellamiento / A			
		Reparación o parchado / ROP				
		4.00 Descripción de la falla	Se aprecia un continuo desprendimiento de la carpeta asfáltica con presencia de base granular. Se evidencia presencia de reparación de bacheo por deterioro.			
5.00 Nivel de gravedad	6.00 Posibles causas					
1 Puntual, sin aparición de base granular 2 Desprendimiento de concreto asfáltico Desprendimiento continuo con 3 aparición de base granular Nivel de gravedad 3						

Figura 3-18: Evaluación en progresiva 221+500 con ficha de recolección de datos. Fuente: Propia

1.00 Identificación							
Tramo:	Calla Calla - Ley embamba	Departamento:	Amazonas	Ruta Nacional	PE - 08B		
Kilometraje:	215+000 - 244+000	Distrito:	Chachapoyas	Progresiva:	Km 226+055		
2.00	Carpeta de rodadura	3.00	Clasificación de deterioro o falla	3.01	Daño o falla estructural	3.02	Daño o falla superficial
<input checked="" type="checkbox"/>	Pavimento flexible	<input type="checkbox"/>	Daño superficial	<input type="checkbox"/>	Piel de cocodrilo / PC	<input type="checkbox"/>	Peladura y desprendimiento
<input type="checkbox"/>	Pavimento semiflexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Falla estructural	<input checked="" type="checkbox"/>	Fisura longitudinal / FL	<input type="checkbox"/>	Baches
<input type="checkbox"/>	Pavimento rígido	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>	Deformaciones / D	<input type="checkbox"/>	Fisura transversal
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Ahuellamiento / A		
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Reparación o parchado / ROP		
3.00 Esquema gráfico del deterioro o falla							
				4.00 Descripción de la falla			
				Presencia de abundantes fisuras ramificadas longitudinales de 2mm en superficie de roda			
5.00	Nivel de gravedad	6.00	Posibles causas				
	1		Fisuras finas en huellas de tránsito (Fisuras abiertas ramificadas)				
	2		(ancho > 1mm y ≤ 3mm)				
	3		Fisuras ramificadas o denominadas grietas (ancho > 3mm)				
			Nivel de gravedad 2				

Figura 3-19: Evaluación en progresiva 226+055 con ficha de recolección de datos.

Fuente: Propia

1.00 Identificación							
Tramo:	Calla Calla - Ley embamba	Departamento:	Amazonas	Ruta Nacional	PE - 08B		
Kilometraje:	215+000 - 244+000	Distrito:	Chachapoyas	Progresiva:	Km 235+900		
2.00	Carpeta de rodadura	3.00	Clasificación de deterioro o falla	3.01	Daño o falla estructural	3.02	Daño o falla superficial
<input type="checkbox"/>	Pavimento flexible	<input type="checkbox"/>	Daño superficial	<input type="checkbox"/>	Piel de cocodrilo / PC	<input checked="" type="checkbox"/>	Peladura y desprendimiento
<input type="checkbox"/>	Pavimento semiflexible	<input type="checkbox"/>	Falla estructural	<input type="checkbox"/>	Fisura longitudinal / FL	<input type="checkbox"/>	Baches
<input type="checkbox"/>	Pavimento rígido	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>	Deformaciones / D	<input type="checkbox"/>	Fisura transversal
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Ahuellamiento / A		
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Reparación o parchado / ROP		
3.00 Esquema gráfico del deterioro o falla							
				4.00 Descripción de la falla			
				Presencia de bache de 0.62m de diámetro cerca a zona central de ancho de vía			
5.00	Nivel de gravedad	6.00	Posibles causas				
	1		Diámetro < 0.2m				
	2		Diámetro entre 0.2m y 0.5m				
	3		Diámetro > 0.5m				
			Nivel de gravedad 1				

Figura 3-20: Evaluación en progresiva 235+900 con ficha de recolección de datos.

Fuente: Propia

1.00 Identificación							
Tramo:	Calla Calla - Ley embamba	Departamento:	Amazonas	Ruta Nacional	PE - 08B		
Kilometraje:	215+000 - 244+000	Distrito:	Chachapoyas	Progresiva:	Km 236+660		
2.00	Carpeta de rodadura	3.00	Clasificación de deterioro o falla	3.01	Daño o falla estructural	3.02	Daño o falla superficial
<input checked="" type="checkbox"/>	Pavimento flexible	<input checked="" type="checkbox"/>	Daño superficial	<input type="checkbox"/>	Piel de cocodrilo / PC	<input type="checkbox"/>	Peladura y desprendimiento
<input type="checkbox"/>	Pavimento semiflexible	<input type="checkbox"/>	Falla estructural	<input type="checkbox"/>	Fisura longitudinal / FL	<input checked="" type="checkbox"/>	Baches
<input type="checkbox"/>	Pavimento rígido	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>	Deformaciones / D	<input type="checkbox"/>	Fisura transversal
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Ahuellamiento / A		
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Reparación o parchado / ROP		
3.00	Esquema gráfico del deterioro o falla						
				4.00 Descripción de la falla			
				Presencia de bache de 0.16m de diámetro en zona central de ancho de vía			
5.00				Nivel de gravedad	6.00	Posibles causas	
				1 Diámetro < 0.2m 2 Diámetro entre 0.2m y 0.5m 3 Diámetro > 0.5m			
	Nivel de gravedad	1					

Figura 3-21: Evaluación en progresiva 236+660 con ficha de recolección de datos.

Fuente: Propia

1.00 Identificación							
Tramo:	Calla Calla - Ley embamba	Departamento:	Amazonas	Ruta Nacional	PE - 08B		
Kilometraje:	215+000 - 244+000	Distrito:	Chachapoyas	Progresiva:	239+190		
2.00	Carpeta de rodadura	3.00	Clasificación de deterioro o falla	3.01	Daño o falla estructural	3.02	Daño o falla superficial
<input type="checkbox"/>	Pavimento flexible	<input type="checkbox"/>	Daño superficial	<input type="checkbox"/>	Piel de cocodrilo / PC	<input checked="" type="checkbox"/>	Peladura y desprendimiento
<input type="checkbox"/>	Pavimento semiflexible	<input type="checkbox"/>	Falla estructural	<input type="checkbox"/>	Fisura longitudinal / FL	<input type="checkbox"/>	Baches
<input type="checkbox"/>	Pavimento rígido	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>	Deformaciones / D	<input type="checkbox"/>	Fisura transversal
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Ahuellamiento / A		
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Reparación o parchado / ROP		
3.00	Esquema gráfico del deterioro o falla						
				4.00 Descripción de la falla			
				Acumulación de agua en bache de 0.15m de diámetro y peladura y desprendimiento de superficie de rodadura sin aparición de base granular			
5.00				Nivel de gravedad	6.00	Posibles causas	
				1 Peladura superficial Diámetro < 0.2m 2 Peladura puntual con/sin Diámetro entre aparición de base 0.2 y 0.5m Peladura continua con Diámetro mayor a 0.5m 3 aparición de base granular			
	Nivel de gravedad	2 / 1					

Figura 3-22: Evaluación en progresiva 239+190 con ficha de recolección de datos.

Fuente: Propia

1.00 Identificación						
Tramo:	Calla Calla - Ley embamba	Departamento:	Amazonas	Ruta Nacional	PE - 08B	
Kilometraje:	215+000 - 244+000	Distrito:	Chachapoyas	Progresiva:	Km 241+115	
2.00 Carpeta de rodadura	3.00 Clasificación de deterioro o falla	3.01 Daño o falla estructural	3.02 Daño o falla superficial			
<input checked="" type="checkbox"/> Pavimento flexible	<input checked="" type="checkbox"/> Daño superficial	<input type="checkbox"/> Piel de cocodrilo / PC	<input checked="" type="checkbox"/> Peladura y desprendimiento			
<input type="checkbox"/> Pavimento semiflexible	<input type="checkbox"/> Falla estructural	<input type="checkbox"/> Fisura longitudinal / FL	<input type="checkbox"/> Baches			
<input type="checkbox"/> Pavimento rígido	<input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> Deformaciones / D	<input type="checkbox"/> Fisura transversal			
3.00 Esquema gráfico del deterioro o falla		<input type="checkbox"/> Ahuellamiento / A				
		<input type="checkbox"/> Reparación o parchado / ROP				
		4.00 Descripción de la falla				
Se aprecia un área de 1.80m ² con lev e desprendimiento de carpeta asfáltica con lev e pr						
de base granular						
5.00 Nivel de gravedad			6.00 Posibles causas			
1 Puntual, sin aparición de base granular						
2 Desprendimiento de concreto asfáltico Desprendimiento continuo con						
3 aparición de base granular Nivel de gravedad: 2						

Figura 3-23: Evaluación en progresiva 241+115 con ficha de recolección de datos.

Fuente: Propia

1.00 Identificación						
Tramo:	Calla Calla - Ley embamba	Departamento:	Amazonas	Ruta Nacional	PE - 08B	
Kilometraje:	215+000 - 244+000	Distrito:	Chachapoyas	Progresiva:	Km 241+500	
2.00 Carpeta de rodadura	3.00 Clasificación de deterioro o falla	3.01 Daño o falla estructural	3.02 Daño o falla superficial			
<input type="checkbox"/> Pavimento flexible	<input type="checkbox"/> Daño superficial	<input type="checkbox"/> Piel de cocodrilo / PC	<input checked="" type="checkbox"/> Peladura y desprendimiento			
<input type="checkbox"/> Pavimento semiflexible	<input type="checkbox"/> Falla estructural	<input type="checkbox"/> Fisura longitudinal / FL	<input type="checkbox"/> Baches			
<input type="checkbox"/> Pavimento rígido	<input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> Deformaciones / D	<input type="checkbox"/> Fisura transversal			
3.00 Esquema gráfico del deterioro o falla		<input type="checkbox"/> Ahuellamiento / A				
		<input type="checkbox"/> Reparación o parchado / ROP				
		4.00 Descripción de la falla				
Presencia de bache de 0.25m de diametro en zona central de ancho de vía						
5.00 Nivel de gravedad			6.00 Posibles causas			
1 Diámetro < 0.2m						
2 Diámetro entre 0.2m y 0.5m						
3 Diámetro > 0.5m						
Nivel de gravedad		1				

Figura 3-24: Evaluación en progresiva 241+500 con ficha de recolección de datos.

Fuente: Propia

3.5 Relación entre el número estructural y otros parámetros

El número estructural de un pavimento es una medida de la resistencia de este, frente a la acción de cargas externas. Su determinación requiere de una serie de ensayos mecánicos, los que deben hacerse siguiendo las recomendaciones dadas por la ASSHTO.

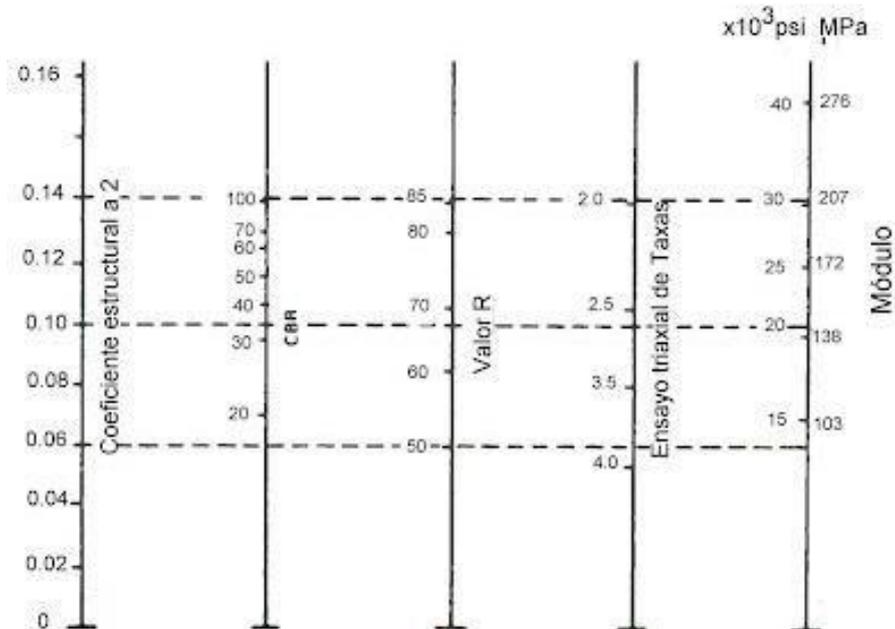


Figura 3-25: Relación entre el coeficiente estructural de la base granular y otros parámetros mecánicos de este. Fuente: Propia

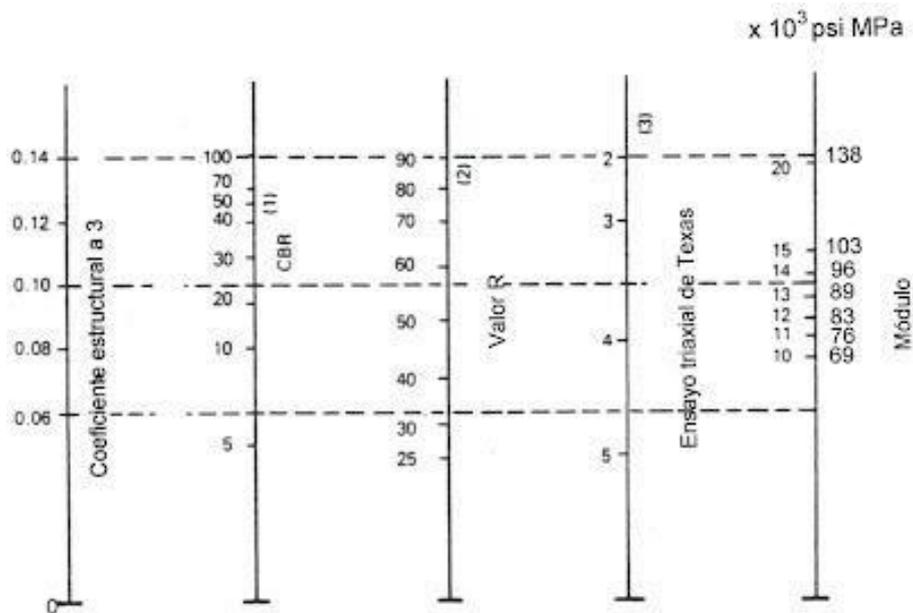


Figura 3-26: Relación entre el coeficiente estructural de la sub-base granular y los parámetros mecánicos del suelo. Fuente: Propia

3.6 Efecto de los geosintéticos en el pavimento

El uso de geosintéticos es una técnica de mejoramiento de base y sub base granular que afecta a los números estructurales de estas, por lo que para la adecuada evaluación del efecto de estos parámetros se hará uso del software TenCATE.

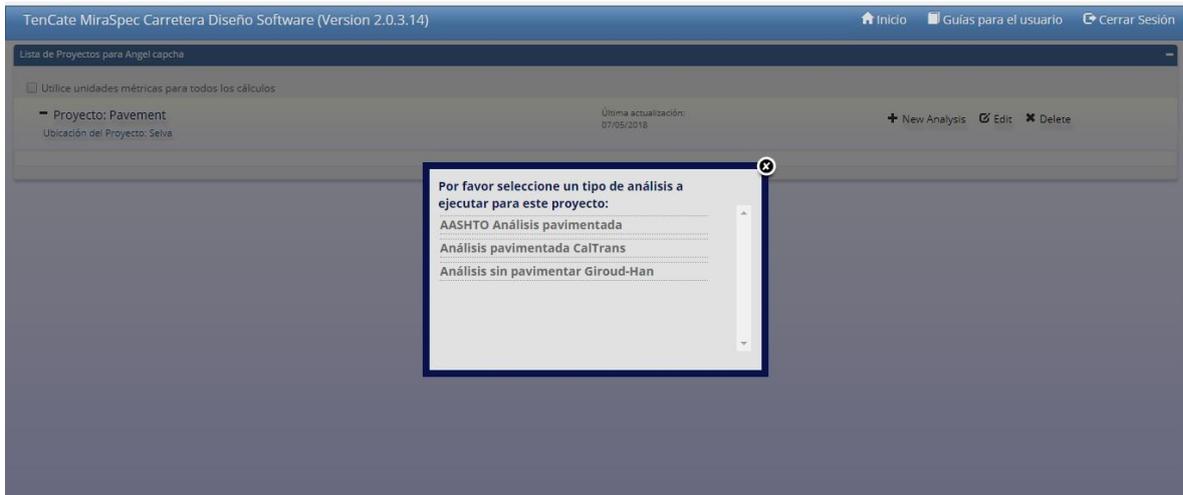


Figura 3-27: Uso del software de diseño de pavimentos flexibles TenCATE

Fuente: Elaboración propia.

The image shows a screenshot of the TenCATE software interface displaying input fields for Serviceability and Reliability parameters. The "Serviceability" section includes:

- Facilidad de servicio inicial (p_0): 4.2
- Facilidad de servicio Terminal (p_t): 2.5
- Pérdida de servicio (ΔPSI): 1.7

The "Confiabilidad" section includes:

- Confiabilidad % (R): 85.00
- Desviación estándar (S_0): 0.45
- Estándar normal Deviate (Z_R): -1.037

Below the input fields, there is a section titled "Elija su sección transversal." with four cross-sectional diagrams of pavement structures. The third diagram from the left is highlighted with a red border.

Figura 3-28: Parámetros requeridos para el pavimento flexible. Fuente:

Elaboración propia.

En la Figura 3-28 se muestra la interfaz gráfica del citado software, en esta el usuario puede definir de manera sencilla e intuitiva los datos relacionados con la estructura del pavimento flexible.



Figura 3-29: Uso del software de diseño de pavimentos flexibles TenCATE

Fuente: Elaboración propia.

Para el modelamiento, el software pide información de diseño referida a la subrasante, base y sub base granular, así como información mecánica de la carpeta asfáltica. Además, es importante aclarar que el algoritmo implementado en el mencionado software está basado en la metodología de la AASHTO, es decir, con base en el enfoque empírico mecanicista.

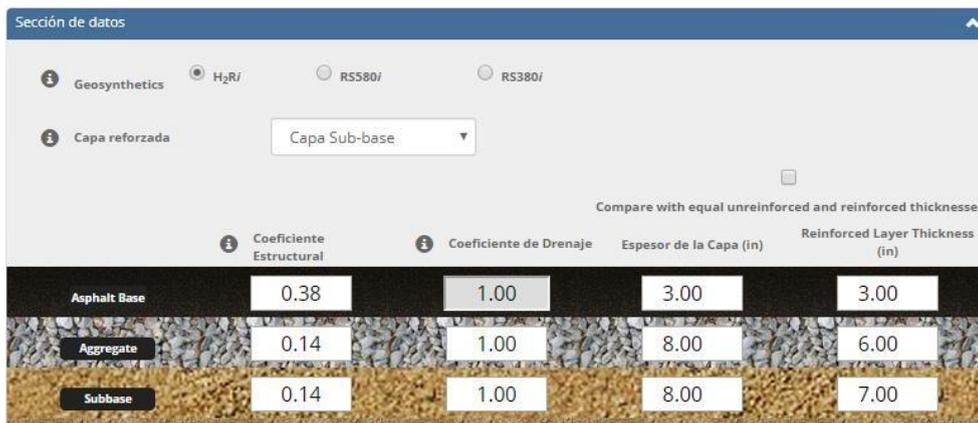


Figura 3-30: Definición de la estructura de un pavimento flexible, carpeta asfáltica, base y sub-base granular. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto de los materiales involucrados se debe tener en cuenta que uno de los parámetros más importantes en el diseño es el CBR o índice de capacidad de soporte de la subrasante, ya que este parámetro permite cuantificar la capacidad resistente del pavimento. En el caso de estudio, se encontró, a partir de las pruebas realizadas en campo que este parámetro tuvo un valor del 10%.

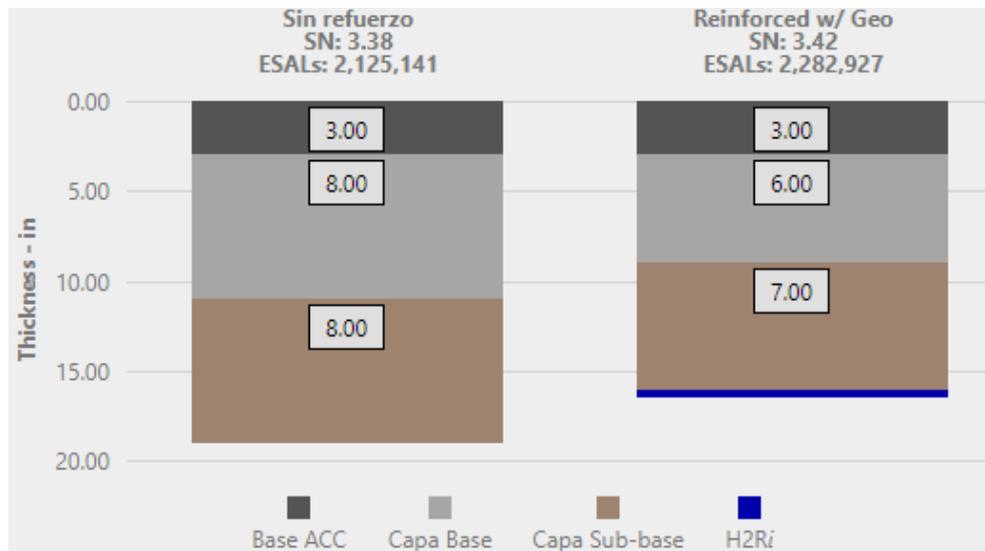


Figura 3-31: Determinación de la cantidad de ejes equivalentes ESALS, en función de la estructura del pavimento reforzado y sin reforzar: Elaboración propia.

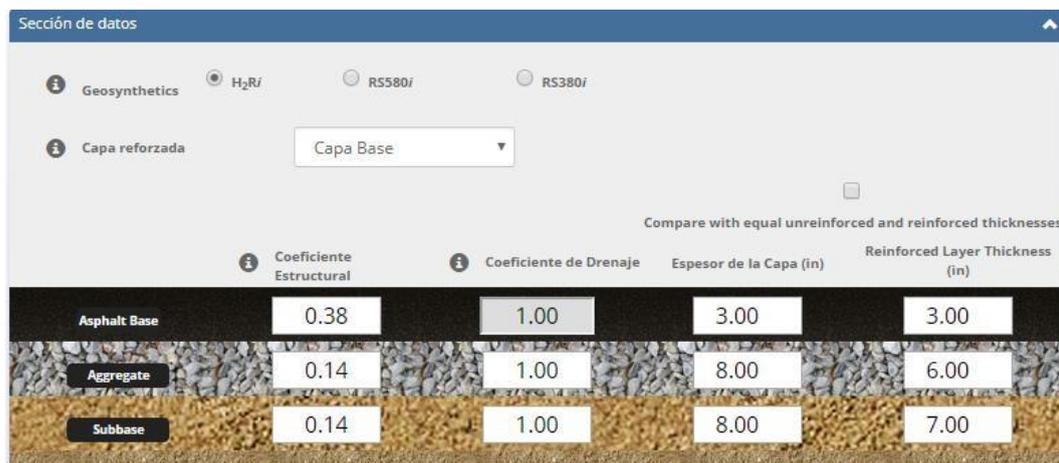


Figura 3-32: Ingreso de las características del pavimento flexible con y sin geotextiles: Elaboración propia.

Además, en todos los casos se ha considerado que el pavimento tendrá una pérdida de servicialidad de 2.5, en un periodo de operación de 10 años. Finalmente, del estudio de la demanda de cargas, expresada en número de dejes equivalentes o ESALS, encontró que lo pavimentos estarán sometidos a una demanda de 2000000 de ejes equivalentes durante su periodo de vida útil.

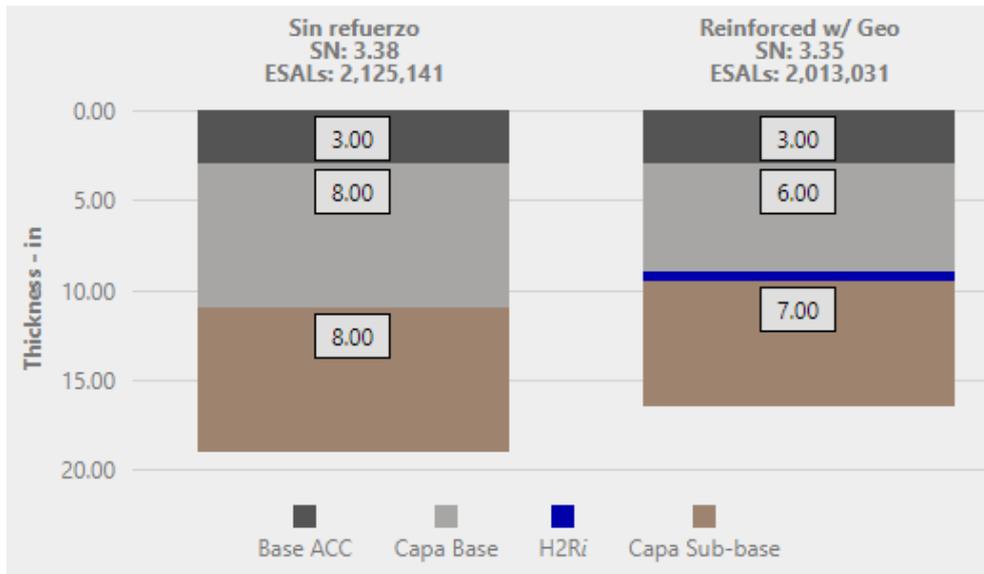


Figura 3-33: Determinación de la cantidad de ejes equivalentes ESALS, en función de la estructura del pavimento con el geo-sintético colocado entre la base y la sub-base granular: Elaboración propia.

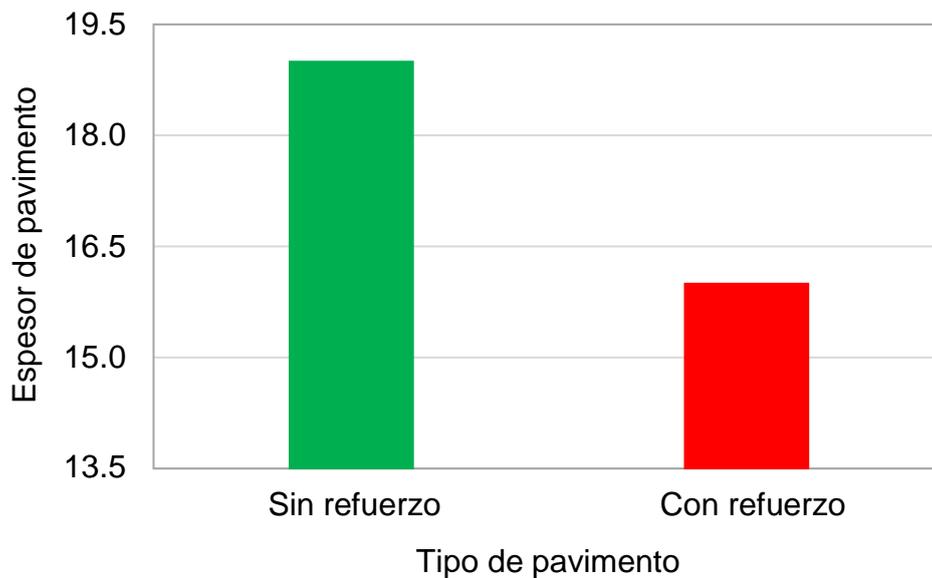


Figura 3-34: Reducción del espesor de un pavimento usando geotextiles. Fuente: Elaboración propia.

Con los datos mencionados se ha decidido evaluar el espesor requerido de un pavimento para que este pueda tolerar la cantidad de ejes equivalentes de demanda vehicular. Los resultados se muestran en la Figura 3-33. De este gráfico y más claramente del Figura 3-34, se observa una reducción significativa del espesor del pavimento de hasta un 16%.

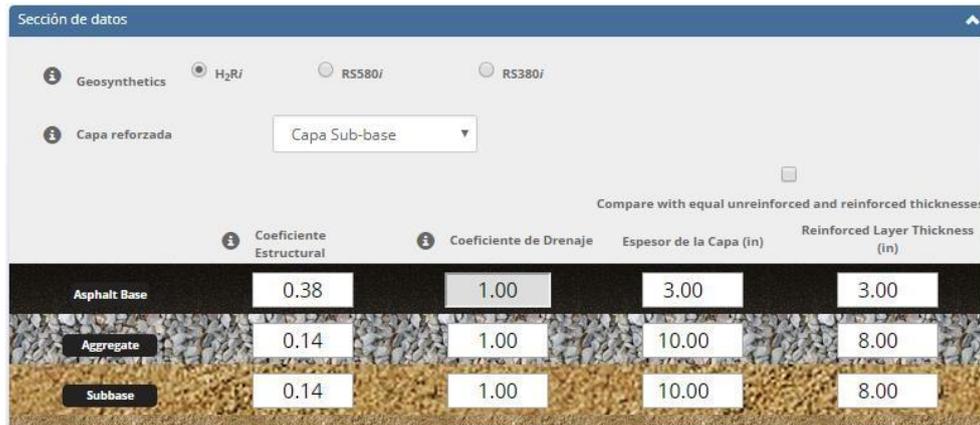


Figura 3-35: Ingreso de los datos de la estructura del pavimento con el geosintetico entre la sub-base y la sub-rasante: Elaboración propia.

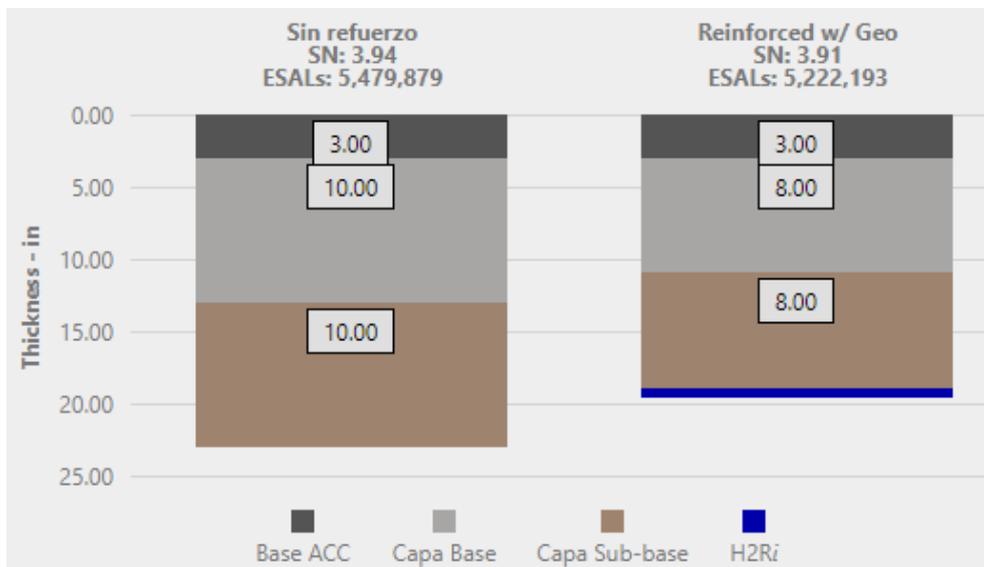


Figura 3-36: Determinación de la cantidad de ejes equivalentes ESALS, en función de la estructura del pavimento: Elaboración propia.

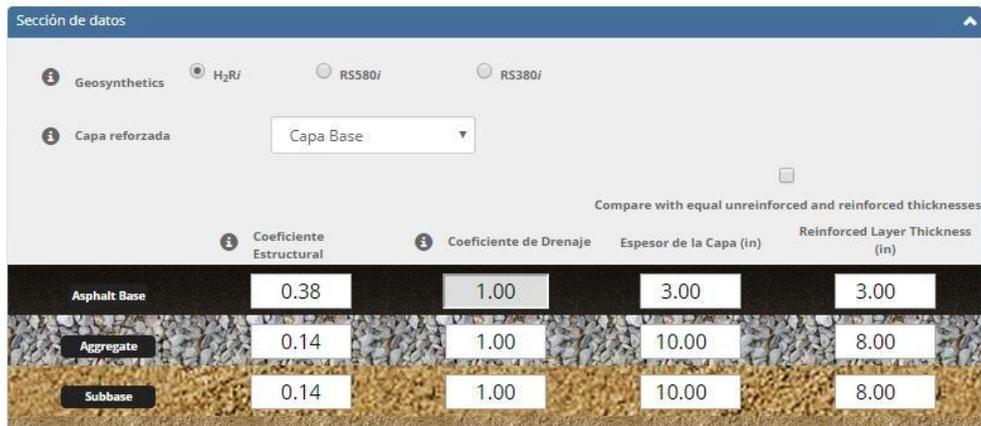


Figura 3-37: Estructura del pavimento con el geotextil colocado entre la base y la sub-base granular: Elaboración propia.

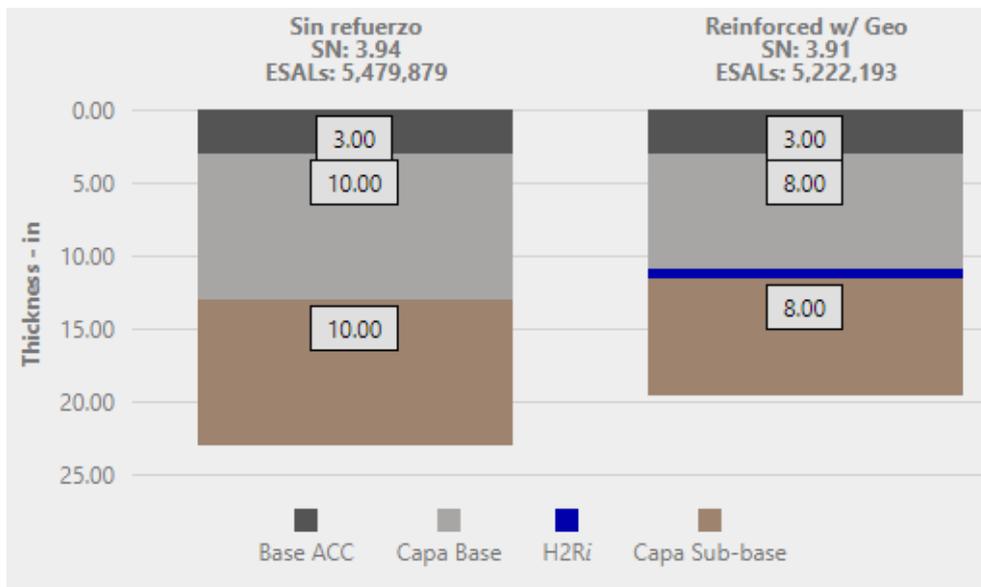


Figura 3-38: Determinación de la cantidad de ejes equivalentes ESALS, en función de la estructura del pavimento. Elaboración propia.

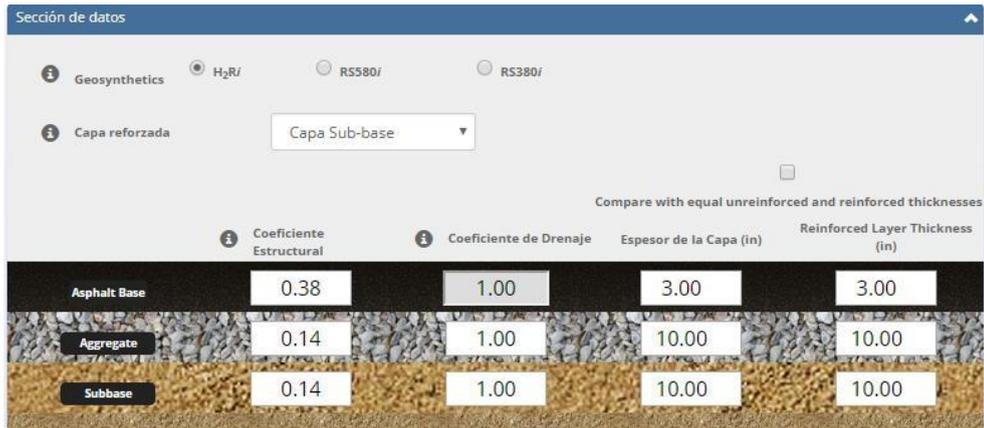


Figura 3-39: Comparación de la estructura de pavimentos flexibles con y sin refuerzo de geotextiles: Elaboración propia.

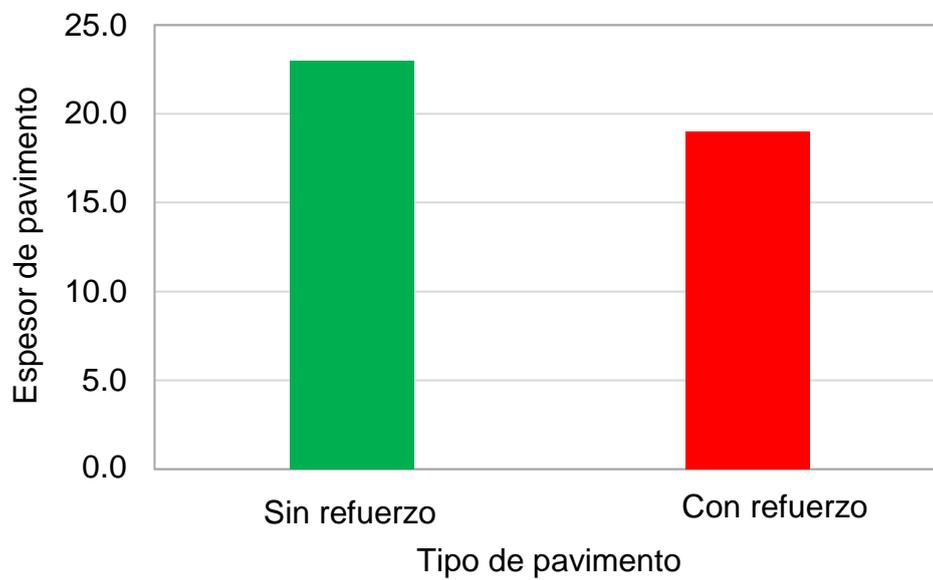


Figura 3-40: Reducción del espesor del pavimento usando geotextiles. Fuente: Elaboración propia.

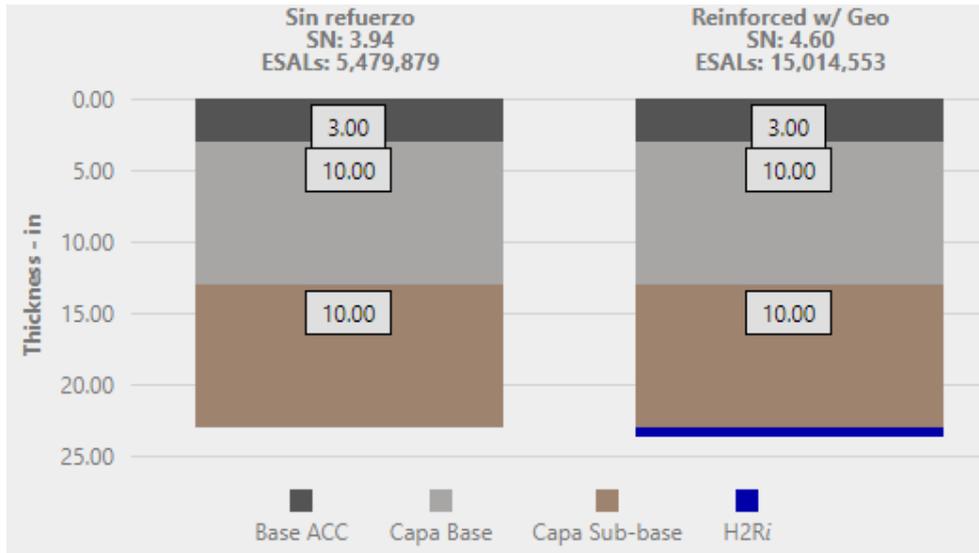


Figura 3-41: Determinación de la cantidad de ejes equivalentes ESALS, en función de la estructura del pavimento: Elaboración propia.

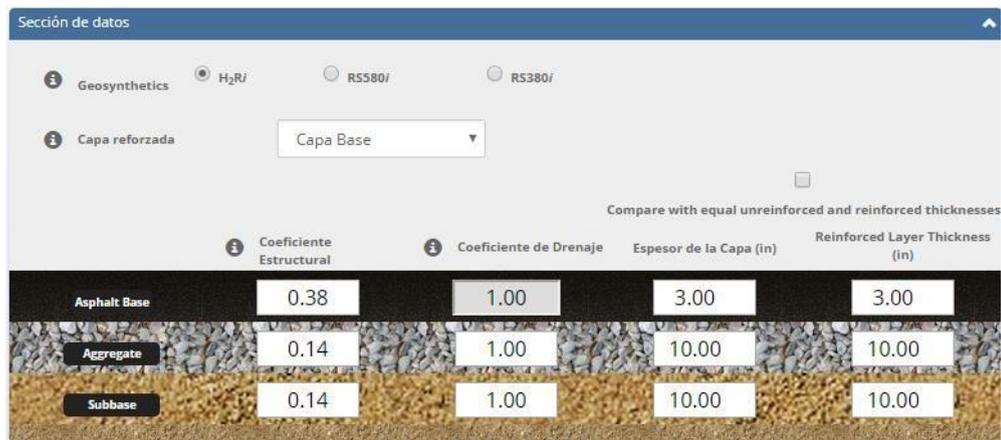


Figura 3-42: Estructura del pavimento flexible cuando el geotextil se coloca entre la base y la subbase granular. Elaboración propia.

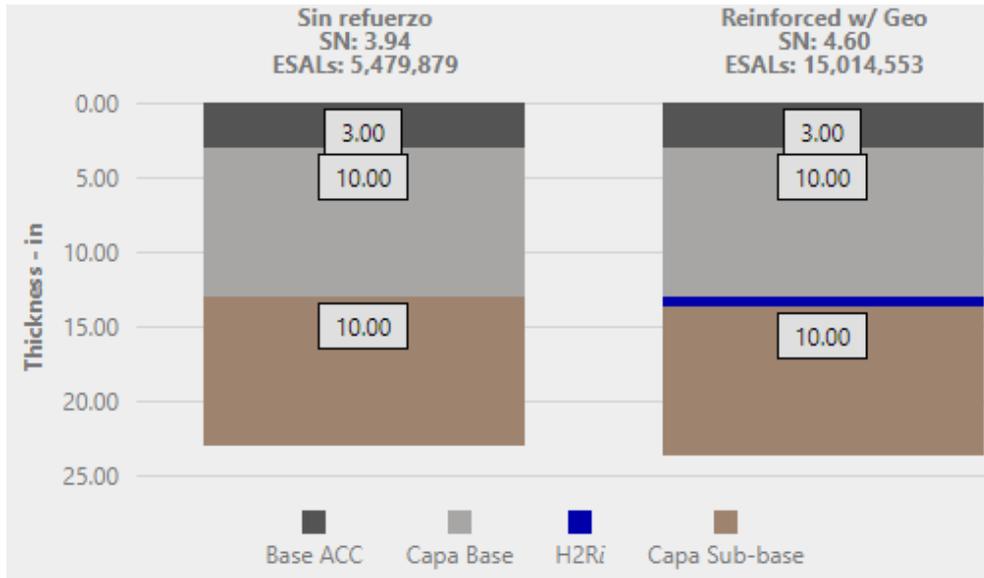


Figura 3-43: Determinación de la cantidad de ejes equivalentes ESALS, en función de la estructura del pavimento: Elaboración propia.

3.7 Colocación de los geotextiles

Los geotextiles son insumos de construcción fabricados industrialmente que tiene características muy similares a grandes mantas, como las usadas en la industria textil, tal como se muestra en la Figura 3-44.

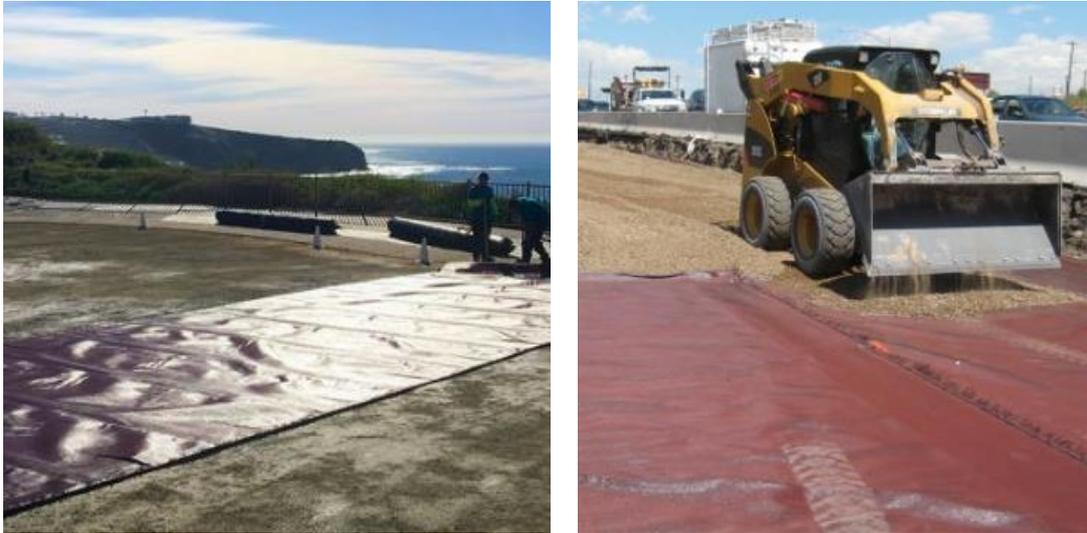


Figura 3-44: Ejemplo típico de la colocación del geotextil como parte de la estructura del pavimento flexible. Elaboración propia.

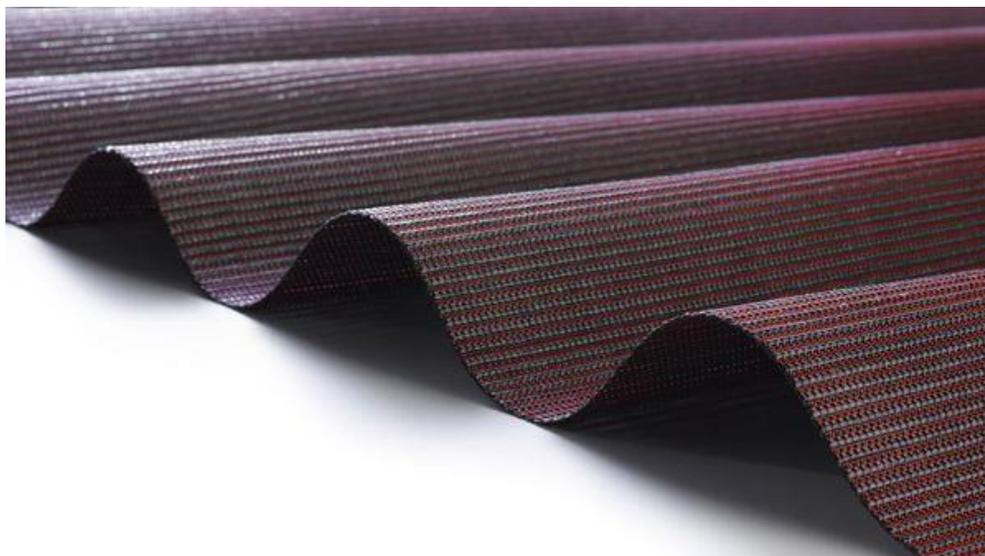


Figura 3-45: Geotextil típico usado en el refuerzo de pavimentos flexibles:
Elaboración propia.

3.8 Estudio paramétrico

En esta sección se ha estudiado el efecto que tiene el uso de los geotextiles en la resistencia de los pavimentos, evaluados de manera indirecta a través del número de ejes equivalentes que estos pueden llegar a soportar.

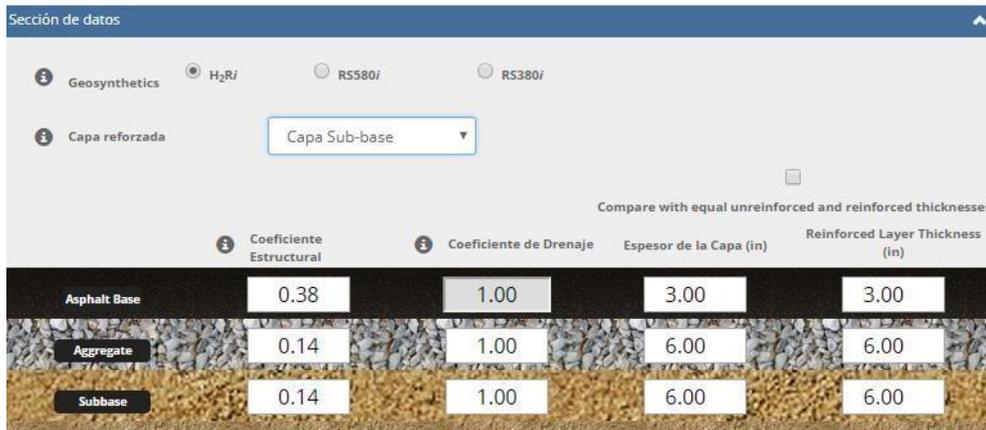


Figura 3-46: Pavimento con y sin refuerzo de 15 in de espesor. Fuente: Elaboración propia.

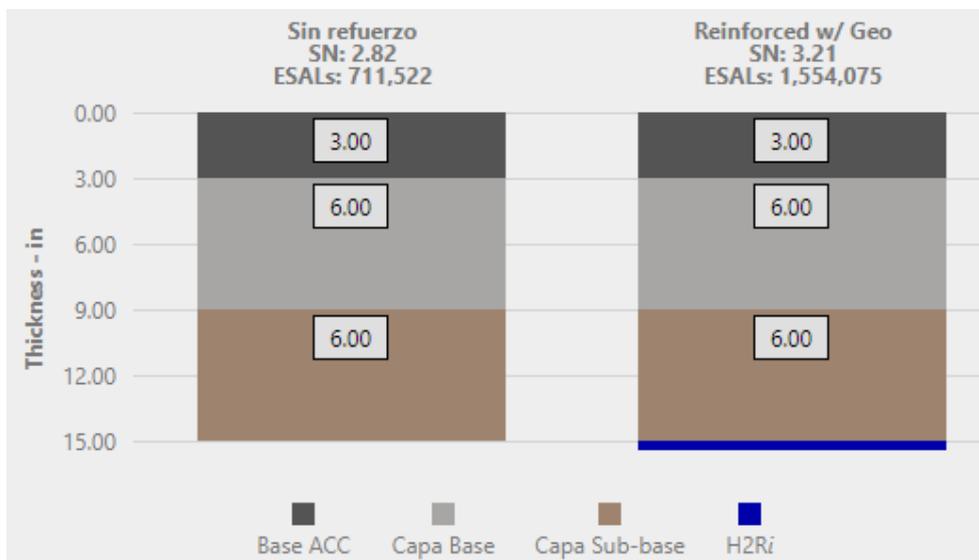


Figura 3-47: Resistencia del pavimento con y sin geotextil expresado en ESALS. Fuente: Elaboración propia.

Con esta finalidad se ha decidido realizar un estudio comparativo entre la resistencia de los pavimentos que tienen geotextiles y los que no. Se empieza el presente estudio analizando el pavimento flexible mostrado en la Figura 3-46, es decir un pavimento de 15 pulgadas o su equivalente en centímetros, 37.5 cm.

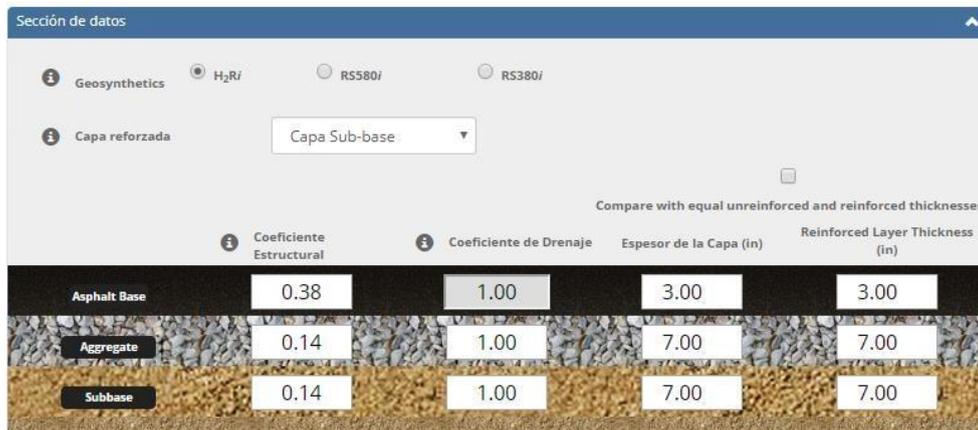


Figura 3-48: Estructura de pavimento con y sin geotextil. Fuente: Elaboración propia.

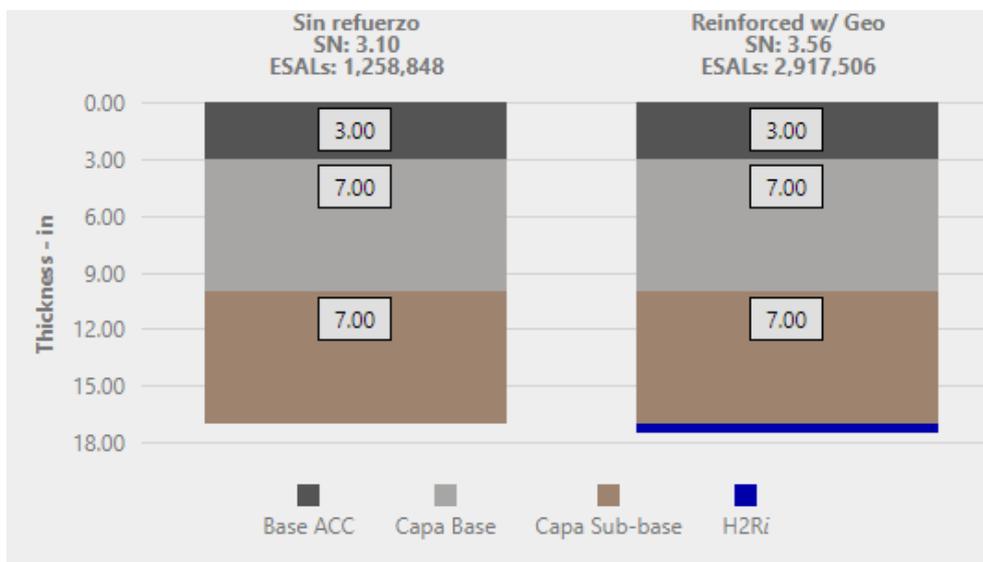


Figura 3-49: Resistencia del pavimento flexible de 17 in, expresado en función del número de ESALS. Fuente: Elaboración propia.

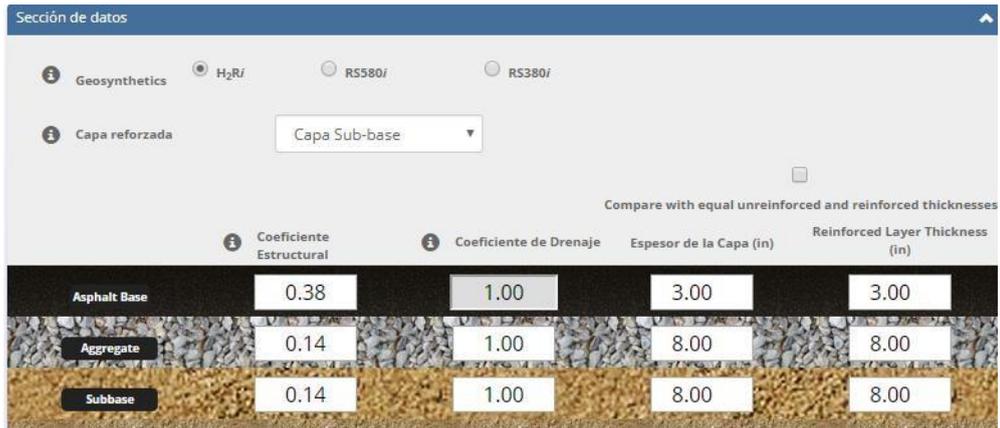


Figura 3-50: Estructura de pavimento flexible de 19 in. Fuente: Elaboración propia.

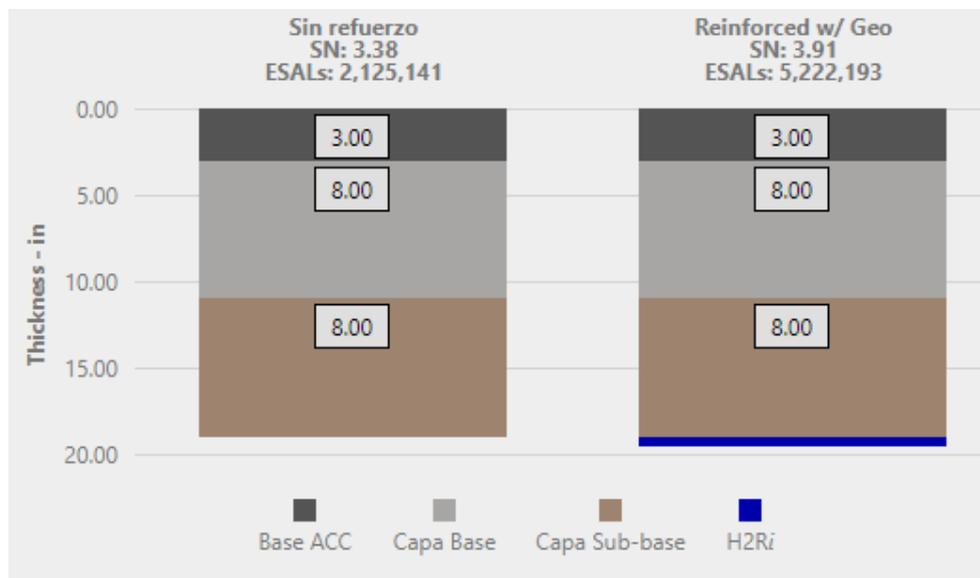


Figura 3-51: Resistencia de pavimento flexible de 19 in, en función del número de ejes equivalentes o ESALS: Elaboración propia.

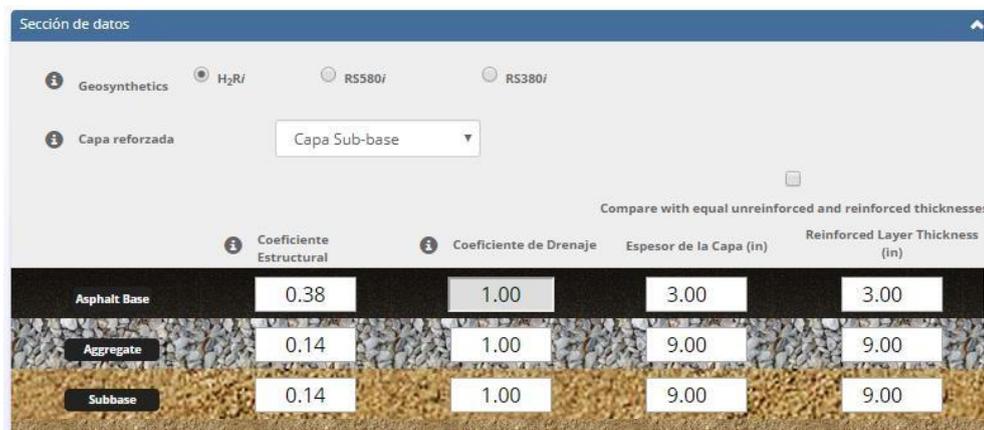


Figura 3-52: Estructura de pavimento flexible de 21 in. Fuente: Elaboración propia.

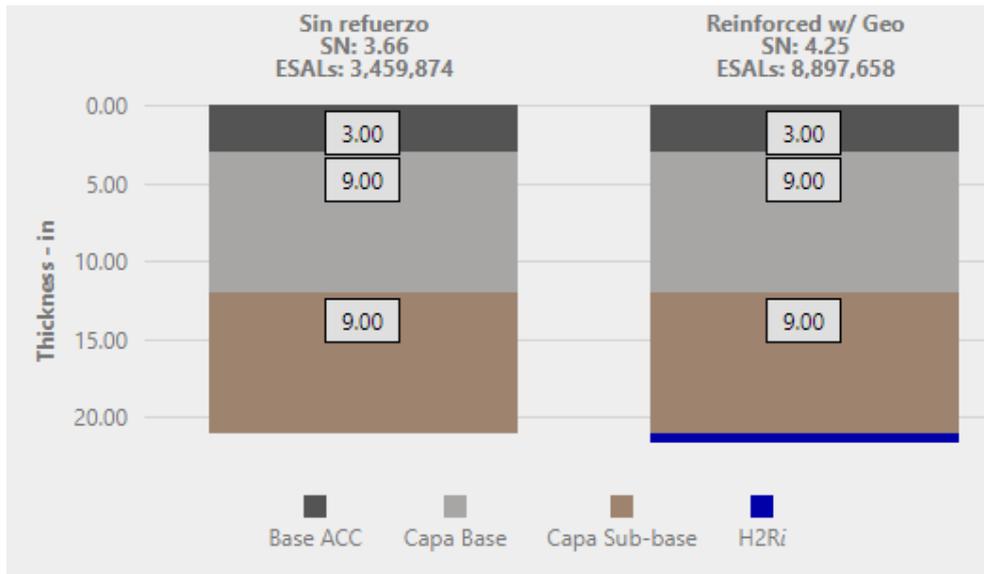


Figura 3-53: Resistencia de pavimento flexible de 21 in, expresado en ejes equivalentes o ESALS: Elaboración propia.

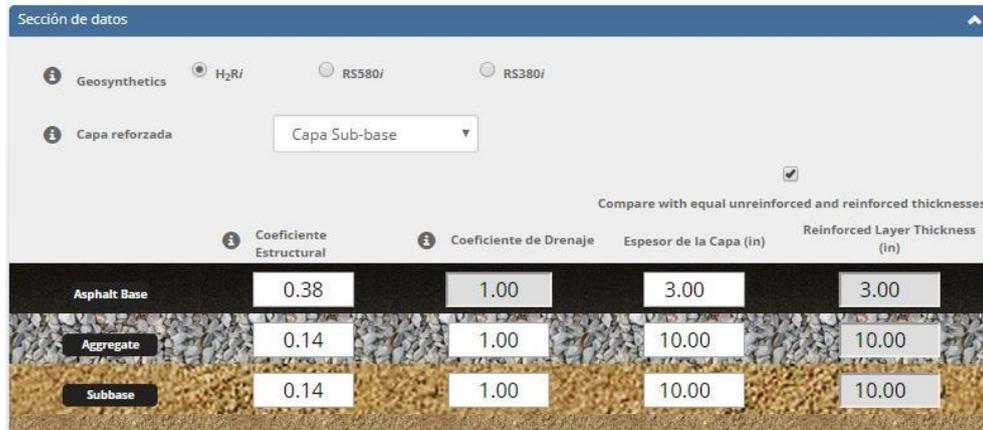


Figura 3-54: Estructura de pavimento flexible de 23 in. Elaboración propia.

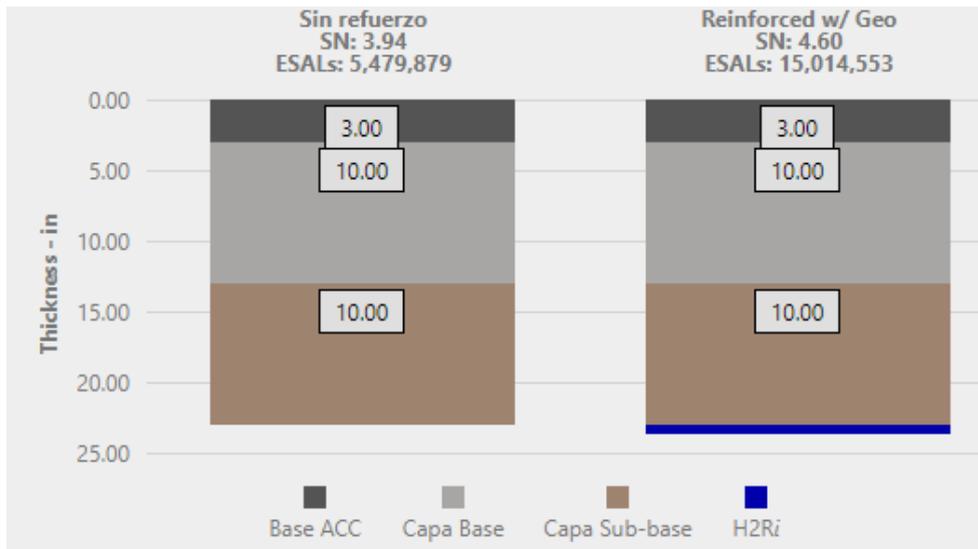


Figura 3-55: Resistencia de pavimento de 23 in expresada en ejes equivalentes o ESALS: Elaboración propia.

3.9 Resumen de resultados

A manera de resumen de los análisis mostrados en las secciones anteriores, en esta sección se presenta un resumen de los datos encontrados, tanto para la resistencia del pavimento flexible como para sus deformaciones transversales. En la Figura 3-56 se muestra un gráfico en el que se observa la dependencia de la resistencia de un pavimento, medido en número de ejes equivalentes o ESALS, y el espesor de este. Es importante aclarar que el mencionado gráfico presenta información relativa no solo a pavimentos tradicionales, sino a aquellos que presentan geotextil entre la subrasante y la subbase granular.

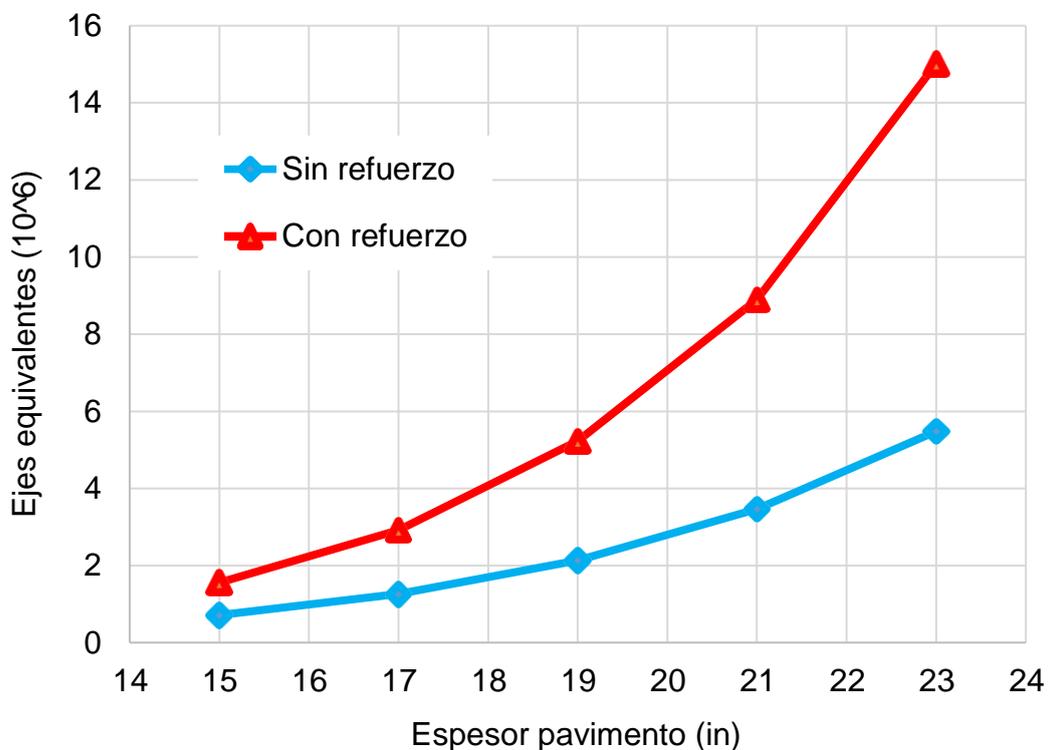


Figura 3-56: Efecto del geotextil en la resistencia de los pavimentos flexibles.

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, en la Figura 3-57, se muestra la dependencia de las deflexiones máximas probables, obtenidas a partir de la aplicación de la demanda de cargas mostrada en el gráfico anterior. Los resultados se muestran tanto para el caso de pavimentos con geotextiles, como para los que no lo tienen.

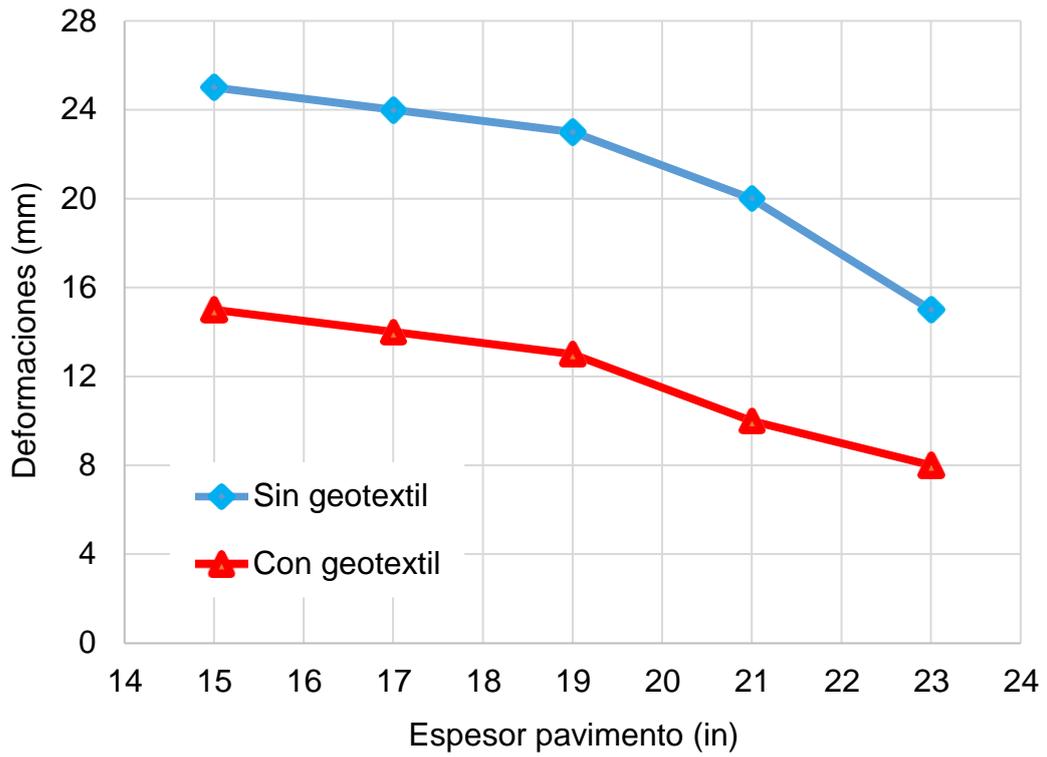


Figura 3-57: Efecto del geotextil en las deflexiones transversales de los pavimentos flexibles. Fuente: Elaboración propia.

4. DISCUSIÓN

Los resultados encontrados muestran claramente que el uso de geosintéticos mejora de manera notable el comportamiento mecánico del pavimento flexible. Esto se ha podido observar a partir del parámetro denominado usualmente número de ejes equivalentes ESALS, por sus siglas en inglés. En este punto resulta importante aclarar el significado de número de ejes equivalentes. El número de ejes equivalentes es una medida de la cantidad de ejes que un pavimento soportará durante su vida útil, para esto hay que tener en cuenta que cuando una carretera entra en operación, sobre esta pasarán una serie de vehículos, de todos los tamaños, formas y pesos, por lo que en general resultaría muy complicada la determinación de la demanda de ejes sobre el pavimento, es en este sentido que distintos métodos propusieron el uso de un eje simple de 8.2 t, es decir, que es posible reducir la demanda de carga sobre una carretera como una cantidad de pasos de un eje simple del peso mencionado.

Además, es posible establecer una relación directa entre la estructura de un pavimento y el número de ejes equivalentes que esta puede resistir, es decir, se puede asociar la resistencia de un pavimento flexible con el número de ejes equivalentes que cierta estructura de pavimento es capaz de soportar. De acuerdo con esto y con los resultados presentados en la sección anterior, específicamente la Figura 3-56, se puede decir que el uso de geotextiles permite incrementar de manera notable la resistencia de un pavimento flexible, con valores que varían en función del espesor del pavimento flexible, yendo desde incrementos de 200%, en el caso de un pavimento de 15 in, hasta un 300%, en el caso de un pavimento de 23 in, es decir, en general se ha tenido incrementos sustanciales de la resistencia del pavimento.

Estos resultados parecen estar de acuerdo con los resultados obtenidos por Hueto y Montoya (2016), quienes propusieron el uso de geotextiles como técnicas para mejorar la resistencia mecánica de los pavimentos flexibles. Resulta notable además que los resultados presentados permitan determinar que el hecho de incrementar la resistencia de los pavimentos, esto a su vez, permitiría la reducción de los espesores de pavimentos lo que conllevaría a un ahorro sustancial en la remoción, transporte y colocación de material de préstamo.

Conclusiones similares fueron las obtenidas por Beltran (2012), quien en su tesis de grado propuso el uso de geotextiles como una técnica que permita incrementar la vida útil de los pavimentos, ya que el geotextil cumple una función protectora de la subbase granular, evitando así que la subbase granular pierda su espesor al ser absorbida por la subrasante.

En cuanto a las deflexiones presentes en los pavimentos, debidos a las cargas provenientes del tráfico, en la Figura 3-57 se muestran parte de los resultados encontrados. Estos resultados nos dicen que el uso de geotextiles como técnica de reforzamiento o técnica de confinamiento, nos permite la reducción de las deflexiones transversales. Observando que se pueden lograr reducción de hasta 48% en el caso de pavimentos con espesores de 23 in.

Estos resultados están de acuerdo con los resultados obtenidos por Huetto y Montoya (2016), quienes encontraron, efectivamente, que la aplicación de geotextiles permitía la reducción de los espesores de los pavimentos, sin menoscabar su resistencia a las cargas transversales. Resultados similares se puede mencionar en el caso de los trabajos presentados por Nuñez (2016) y Flores (2012).

Finalmente, uno de los resultados más interesantes encontrados del análisis de los datos y de la aplicación del software TENCATE, fue la reducción de los espesores de los pavimentos, ya que de los casos analizados, se encontró que se podían realizar reducciones de hasta 16%, con el uso de los geotextiles. Este resultado resulta notable ya que la reducción de los espesores del pavimento, sin reducir su capacidad de resistir esfuerzos, permite la reducción de importantes costos en la construcción de pavimentos flexibles.

5. CONCLUSIONES

1. De los resultados presentados se concluye que el uso de geotextiles en el diseño y construcción de pavimentos flexibles mejora de manera notable el comportamiento estructural de estos, brindándoles mayor capacidad de soporte y duración.
2. Se concluye que el uso de geotextiles incrementa de manera notable la resistencia de un pavimento flexible, esto se puede observar claramente de la Figura 3-56, de donde se observa que el uso de geotextiles puede incrementar la resistencia del pavimento, medida en número de ejes equivalentes o ESALS, hasta en un 300%, en el caso de un pavimento de 23 in o 58 cm, o hasta en un 200%, en el caso de un pavimento flexible de 15 in o 37.5 cm.
3. En el caso de las deflexiones transversales, se concluye que el uso del geotextil, permitió la disminución de las deflexiones transversales. Específicamente, de la Figura 3-57, se puede observar que las deflexiones transversales disminuyeron, en el caso de pavimentos con geotextil, yendo desde una reducción del 40%, en el caso de pavimentos de 15 in o 37.5cm, hasta 48%, en el caso de pavimentos con un espesor de 23 in (58 cm).
4. Se concluye que la aplicación de geotextiles permite la reducción de los espesores de los pavimentos ya que, al incrementar la capacidad requerida, esto nos permite una disminución del espesor, si afectar la resistencia requerida. En los casos analizados se encontró que el espesor disminuyó de 19 in a 16 in, es decir, se lograron reducciones del espesor del pavimento de hasta un 16%.

6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la evaluación del efecto que tiene el uso de geotextiles en el comportamiento estructural de los pavimentos flexibles que usan estabilizantes de las capas base y subbase granular del suelo.
2. Se recomienda usar pruebas de carga dinámica con la finalidad de determinar la resistencia de los pavimentos flexibles, tanto aquellos que tiene geotextil como los que no, de esta manera se podrá evaluar directamente si el geotextil tiene efectividad al cubrir cargas de impacto.
3. Se recomienda el estudio de las deflexiones del pavimento in situ, para esto se podrían usar deflectómetros o viga Benckelman.
4. Se recomienda el estudio del efecto combinado de la estabilización de la subrasante y el uso de geotextiles en las características mecánicas del pavimento flexible.

7. REFERENCIAS

1. ARIAS, Fidias. El proyecto de investigación. 6ta ed. Caracas: Episteme, 2012. 19-81 pp. ISBN 9800785299.
2. IBAGUÉ NOVOA, L. F. (2016). Caso de estudio de una evaluación estructural de un pavimento flexible ubicado en la ciudad de Bogotá, localidad de puente Aranda entre Av Calle 13 y 15, utilizando técnicas no destructivas y análisis de los resultados obtenidos. Bogotá, D.C.
3. BEHAR RIVERO, D. (2008). Metodología de la investigación. Shalom.
a. ISBN9789592127837.
4. BELTRÁN CALVO, G. I. (2012). Evaluación estructural de pavimentos flexibles con métodos de inteligencia artificial y auscultación no destructiva. México, D.F.
5. BRAJA, Das. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. 2da ed. Ciudad de México: THOMSON LEARNING, 2013, 27-273 pp.
a. ISBN 0534371145.
6. CARLOS, Z. (2011). Confiabilidad en Ingeniería. Pereira, Colombia.
7. CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica. 1era ed. Lima: San Marcos, 2006. 174-340 pp.
a. ISBN 9789972342424.
8. CASIA BOZA, J. (2015). Evaluación estructural de pavimentos flexibles usando el deflectómetro de impacto en la carretera Tarma - La Merced. Huancayo.
9. CASTRO, P. (2000). Deformación plástica en capas asfálticas: roderas y corrugaciones. Colombia.

10. ESCOBAR AGUIRRE, K. A., GARCÍA GARCÍA, A. A., & GUZMÁN LÓPEZ, C. R. (2007). Análisis comparativo de la evaluación de pavimentos por medio de la viga Benkelman y el Deflectómetro de Impacto (Falling weight deflectometer, FWD). Ciudad Universitaria.
11. FLORES GONZÁLES, L. (2012). Evaluación estructural de pavimentos flexibles de carreteras de bajo volumen de tránsito. Lima - Perú.
12. GEOTEXAN. (2012). Geotextiles no tejidos. México.
13. Geotextiles que le ayudan a diseñar con confianza. Sección Caminos y pavimentación y reparación de pavimento. Pág. 8 a 11. Amoco.Fabric and Fibers Company. 1994.
14. Hernández, E. 2006. Metodología de la Investigación: Cómo escribir una tesis. s.l.: Escuela Nacional de Salud Pública, 2006.
15. HERNANDEZ SAMPIERI, R., FERNANDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, P. (1997). Metodología de la investigación. 1ra ed. Colombia: Miembro de la cámara Nacional de la Industria Editorial, Reg. Núm. 1890.
16. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y PILAR, Baptista. Metodología de la investigación. 5ta ed. Ciudad de México: McGraw Hill, 2014. 95-199 pp.
17. HIGUERA SANDOVAL, C. H. (2012). Comportamiento Estructural de un Pavimento Flexible, Esfuerzos - Deformaciones y Deflexiones. Tunja, Colombia.
18. PAVCO, G. (2009). Manual de Diseño con geosintéticos. Colombia: Zetta Comunicadores S.A.
19. VALDERRAMA MENDOZA, S. (2013). Pasos para elaborar proyectos de Investigación Científica. 2da Ed. Lima: San Marcos E.I.R.L, editor.

20. VARGAS, Zoila. La investigación Aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Ciudad de Costa Rica: PEARSON EDUCACION, 2009, 12 pp.
 - a. ISSN 03797082
 - b. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>

21. MEJÍA, Elías. Técnicas e instrumentos de investigación. 1era ed. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005. 23-27 pp.
 - a. ISBN 99728340805.

22. GEOSINTETICOS, A. (2012). Geotextiles tejidos y no tejidos. México: MEXICHEM SOLUCIONES INTEGRALES.

23. Ministerio de transporte y comunicaciones (2013). Manual de carretas: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

24. Ministerio de transporte y comunicaciones (2014). Manual de carretas: Diseño Geométrico.

25. TAMAYO LY, C., & SILVA SIESQUEN, I. (2014). Tecnicas e Instrumentos de recoleccion de datos. Lima - Chimbote.

8. ANEXOS

ANEXO 1:

Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
V1: Evaluación estructural	(Navarro, E., 2014, pag.15) "La auscultación estructural de carreteras es una técnica que proporciona un conocimiento detallado del estado de los pavimentos, lo que permite efectuar e monitoreo de su comportamiento a través del tiempo y programar el mantenimiento de un modo racional y más económico".	La evaluación estructural puede ser medida por la capacidad de la estructura del pavimento, para determinar los esfuerzos, deformaciones y deflexiones máximas que nos ayudan a mejorar la eficiencia del proceso de análisis y diseño de la estructura.	D1: Esfuerzos D2: Deformaciones D3: Deflexiones	I1: Esfuerzo vertical I2: Esfuerzo tangencial I3: Perdida radial I1: Deformación radial I2: Deformación elástica I3: Deformación plástica I1: Deflexión estática I2: Deflexión vibratoria I3: Deflexión por impacto
V2: Uso del Geotextil como refuerzo	(Chicas, L., 2005, pag.8) "El uso de los geotextiles tiene mucha importancia para el diseño y la construcción de todo tipo de obras en ingeniería, cuya principal función es de separación y esfuerzo en la estructura del pavimento"	Esta variable es de tipo cuantitativa, porque permite expresar cantidades por medio de unidades de medidas específicas, la cual se prepara o se elabora para tomar cada una de sus propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas.	D1: Propiedades Mecánicas D2: Propiedades Hidráulicas D3: Funciones Físicas	I1: Refuerzo I2: Durabilidad I3: Separación I1: Permeabilidad I2: Filtración I3: Drenaje I1: Espesor I2: Tipo de fibras I3: Peso

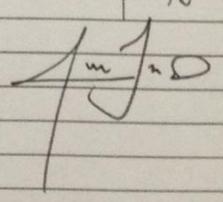
ANEXO 2:

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO GEOTEXTILES, CARRETERA CAJAMARCA - CHACHAPOYAS, TRAMO CALLA CALLA – LEYEMBAMBA, AMAZONAS – 2018

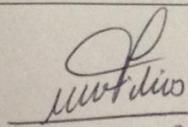
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	Escala	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	
<p>Problema General: ¿Cómo influye el uso del geotextil en el comportamiento del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018?</p> <p>Problema Específicos: ¿Cómo incide el uso del geotextil en la resistencia del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018? ¿De qué manera actúa el geotextil en las deformaciones del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018? ¿En qué medida el uso del geotextil permite la reducción del espesor del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018?</p>	<p>Objetivo General: Determinar la influencia del geotextil como refuerzo estructural del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018.</p> <p>Objetivos Específicos: Explicar la incidencia del geotextil en la resistencia del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018. Determinar el efecto del geotextil en las deformaciones del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018. Explicar el efecto que tiene el uso de geotextiles en la reducción del espesor del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018.</p>	<p>Hipótesis General: El uso del geotextil mejora significativamente el comportamiento estructural del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018.</p> <p>Hipótesis Específicos: El uso del geotextil incrementa la resistencia del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018. El uso del geotextil reduce significativamente las deformaciones del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018. El uso del geotextil permite la reducción del espesor del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018.</p>	Variable 1: Evaluación Estructural del pavimento		Ordinal	<p>Tipo de investigación Tipo Aplicada.</p> <p>Diseño de investigación La investigación se considera de Nivel Explicativo.</p> <p>Enfoque de investigación Cuantitativo.</p> <p>Población Sub tramo Calla Calla – Leymebamba, distrito de Chachapoyas.</p> <p>Muestra Las zonas afectadas del Pavimento 100 mtrs.</p> <p>Técnica La técnica a utilizar es técnica de recolección de datos y observación directa de los hechos.</p> <p>Instrumento Una ficha de recolección de datos formulados por el investigador.</p>
			Dimensiones	Indicadores		
			Esfuerzos	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo vertical • Esfuerzo tangencial • Esfuerzo radial 		
			Deformaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Deformación radial • Deformación elástica • Deformación plástica 		
			Deflexiones	<ul style="list-style-type: none"> • Deflexión estática • Deflexión vibratoria • Deflexión por impacto 		
			Variable 2: Uso del Geotextil como refuerzo			
			Dimensiones	Indicadores		
			Propiedades Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Refuerzo • Durabilidad • Separación 		
Propiedades Hidráulicas	<ul style="list-style-type: none"> • Permeabilidad • Filtración • Drenaje 					
Propiedades físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor • Tipo de fibras • Peso 					

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS EXPERTO 1

II.	D1: ESFUERZOS				1	
	Esfuerzo vertical Kg/cm ²	Esfuerzo tangencial Kg/cm ²		Esfuerzo radial Kg/cm ²		
III.	D2: DEFORMACIONES				1	
	Deformación radial mm	Deformación elástica mm		Deformación plástica mm		
IV.	D3: DEFLEXIONES				1	
	Deflexión estática mm	Deflexión vibratoria mm		Deflexión por impacto mm		
V.	D1: PROPIEDADES MECÁNICAS				1	
	Refuerzo		Durabilidad	Separación		
	Resistencia la tracción	Curva de deformación	Resistencia a la tensión elongación	Resistencia a la tracción		Elongación a la rotura
VI.	D2: PROPIEDADES HIDRÁULICAS				1	
	Permeabilidad cm/s	Filtración m ³		Drenaje m ³		
VII.	D3: PROPIEDADES FÍSICAS				1	
	Espesor mm	Tipo de fibras		Peso gr/m ²		
		Monofilamentos	Multifilamentos			
TOTAL					6/6	
APELLIDOS Y NOMBRES		RÍOS DÍAZ ORLANDO HUGO				
PROFESION		INGENIERO CIVIL				
REGISTRO CIP N°		67236				
TELEFONO		980.471.935				
E-MAIL		oriosd@mtc.gob.ec				

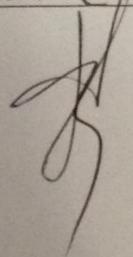
FICHA DE RECOPIACION DE DATOS EXPERTO 2

II.	D1: ESFUERZOS				1	
	Esfuerzo vertical		Esfuerzo tangencial	Esfuerzo radial		
	Kg/cm ²		Kg/cm ²	Kg/cm ²		
III.	D2: DEFORMACIONES				1	
	Deformación radial	Deformación elástica	Deformación plástica			
	mm	mm	mm			
IV.	D3: DEFLEXIONES				1	
	Deflexión estática	Deflexión vibratoria	Deflexión por impacto			
	mm	mm	mm			
V.	D1: PROPIEDADES MECÁNICAS				1	
	Refuerzo		Durabilidad	Separación		
	Resistencia a la tracción	Curva de deformación	Resistencia a la tensión elongación	Resistencia a la tracción		Elongación a la rotura
VI.	D2: PROPIEDADES HIDRÁULICAS				1	
	Permeabilidad	Filtración	Drenaje			
	cm/s	m ³	m ³			
VII.	D3: PROPIEDADES FÍSICAS				1	
	Espesor	Tipo de fibras		Peso		
	mm	Monofilamentos	Multifilamentos	gr/m ²		
TOTAL					6/6	
APELLIDOS Y NOMBRES		PONCE FILIOS JOSE LUIS				
PROFESION		INGENIERIA CIVIL				
REGISTRO CIP N°		107402				
TELEFONO		999201665				
E-MAIL		jponcef@ucv.edu.pe				


ING. JOSE PONCE F.
 CIP 107402.

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS EXPERTO 3

II.	D1: ESFUERZOS			1	
	Esfuerzo vertical Kg/cm ²	Esfuerzo tangencial Kg/cm ²	Esfuerzo radial Kg/cm ²		
III.	D2: DEFORMACIONES			1	
	Deformación radial mm	Deformación elástica mm	Deformación plástica mm		
IV.	D3: DEFLEXIONES			1	
	Deflexión estática mm	Deflexión vibratoria mm	Deflexión por impacto mm		
V.	D1: PROPIEDADES MECÁNICAS				1
	Refuerzo	Durabilidad	Separación		
	Resistencia la tracción	Curva de deformación	Resistencia a la tensión elongación	Resistencia a la tracción	Elongación a la rotura
VI.	D2: PROPIEDADES HIDRÁULICAS				0
	Permeabilidad cm/s	Filtración m ³	Drenaje m ³		
VII.	D3: PROPIEDADES FÍSICAS				1
	Espesor mm	Tipo de fibras		Peso gr/m ²	
		Monofilamentos	Multifilamentos		
TOTAL					5/6
APELLIDOS Y NOMBRES		APOLINARIO MORALES EDWIN WILDA			
PROFESION		ING. CIVIL			
REGISTRO CIP N°		40858			
TELEFONO		988647989			
E-MAIL		ewapolinario@hotmail.com.			



Ensayos de Laboratorio



ENSAYO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ICC.ENS.GOP.0001.005

Versión: 3

LA VERSIÓN IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA MARCA DE AGUJA DE "COPIA CONTROLADA"

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	PMV. CAJAMARCA - CHACHAPOYAS	F. Muestreo :	10/04/2018
DISTRITO:	CHACHAPOYAS	PROVINCIA:	CHACHAPOYAS
		DEPARTAMENTO:	AMAZONAS

DATOS DE LA MUESTRA

Tipo Material :	- Grava Arcillosa con Arena	Kilómetro :	216+ 230	Profundida :	0.40 - 1.50 (m) aprox.
Fecha de Ensayo :	11/04/2018	Lado :	IZQ.	Procesado Por :	Robert Blas Carhuavica
Nº De Calicata :	C-01	Muestra :	M-01		

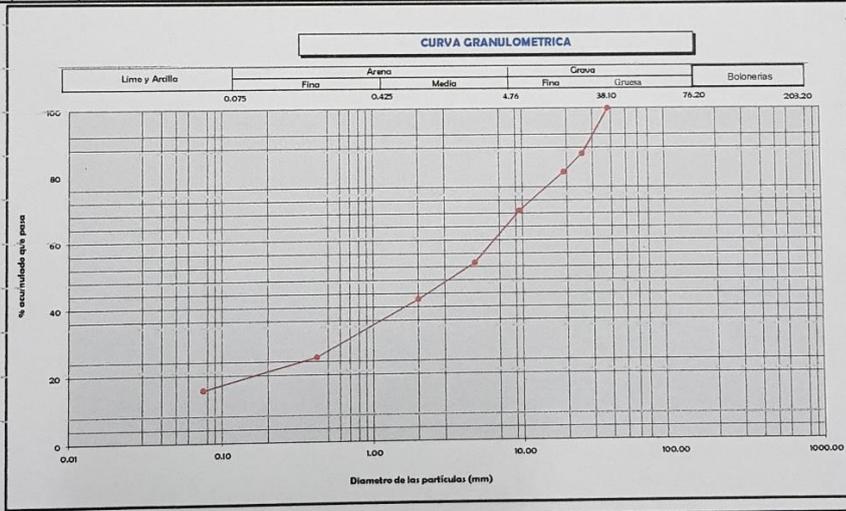
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D-422 / AASHTO T-27 / MTC E-204)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones
			Parcial	Acumulado		
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800				100.0	
1 1/2"	38.100	756	8.1	8.1	91.9	
1"	25.400	542	5.8	13.9	86.1	
3/4"	19.050	511	5.5	19.4	80.6	
1/2"	12.700	687	7.4	26.8	73.2	
3/8"	9.525	410	4.4	31.2	68.8	
1/4"	6.350	522	5.6	36.8	63.2	
No. 4	4.760	932	10.0	46.8	53.2	
No. 8	2.360	86.4	5.7	52.5	47.5	
No. 10	2.000	76.3	5.1	57.6	42.4	
No. 16	1.190	66.2	4.4	62.0	38.0	
No. 20	0.834	68.1	4.5	66.5	33.5	
No. 30	0.600	65.5	4.4	70.9	29.1	
No. 40	0.420	56.8	3.8	74.7	25.3	
No. 50	0.300	50.4	3.4	78.1	21.9	
No. 100	0.149	45.7	3.0	81.1	18.9	
No. 200	0.075	48.3	3.2	84.3	15.7	
-200		236.3	15.7	100.0		

CLASIFICACION DEL SUELO

S.U.C.S. (ASTM D 2487) :	GC
	- Grava Arcillosa con Arena
AASHTO (ASTM D3282) :	A-2-4(0)
Peso inicial del suelo gr :	9288.0
Peso de la fracción gr :	800.0
D ₁₀ :	6.44
D ₃₀ :	0.64
D ₆₀ :	0.02
Cu :	291.67
Cc :	2.93
Lim Líquido (ASTM D4318) :	22
Lim Plástico (ASTM D4318) :	15
Índice de Plasticidad :	7
% Humedad (ASTM D2216) :	6.3 %
GRAVA (%) :	46.80
ARENA (%) :	37.50
FINOS (%) :	15.70

OBSERVACIONES:





ENSAYO
**DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO DE LOS SUELOS E
 INDICE DE PLASTICIDAD**
 ICC.ENS.GOP.0001.011
 Versión: 3

LA VERSION IMPRESA FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA MARCA DE AGUA DE "COPIA CONTROLADA"

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO :		PMV. CAJAMARCA - CHACHAPOYAS		F. Muestreo:	10/04/2018
DISTRITO:	CHACHAPOYAS	PROVINCIA:	CHACHAPOYAS	DEPARTAMENTO:	AMAZONAS
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo Material :	- Arena limosa con grava				
Fecha de Ensayo :	13/04/2018	Kilómetro :	216+ 230	Profundidad :	0.40 - 1.50 (m) aprox.
Nº De Calzeta :	C-01	Lado :	IZQ.	Procesado por :	Robert Blas Carnavalca
		Muestra :	M-01		

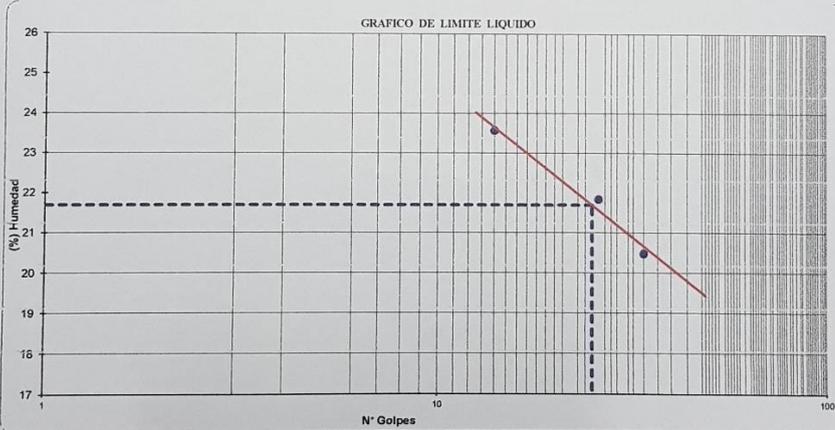
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318) Método "A"

RECIPIENTE Nº	Nº	23	22	24	promedio
NUMERO DE GOLPES	Nº	34	26	14	
PESO DEL RECIPIENTE	grs	12.36	12.95	12.42	
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	grs	36.60	38.08	37.33	
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs	32.48	33.64	32.58	
PESO DEL AGUA	grs	4.12	4.44	4.75	
PESO DEL SUELO SECO	grs	20.12	20.69	20.16	
% DE HUMEDAD	%	20.48	21.46	23.56	22

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

RECIPIENTE Nº	Nº	25	29	PROMEDIO	Observaciones:
PESO DEL RECIPIENTE	grs	12.59	12.24		
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	grs	24.38	25.07		
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs	22.85	23.40		
PESO DEL AGUA	grs	1.53	1.67		
PESO DEL SUELO SECO	grs	10.26	11.16		
% DE HUMEDAD	%	14.91	14.96	15	

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
22	15	7

OBSERVACIONES: 0



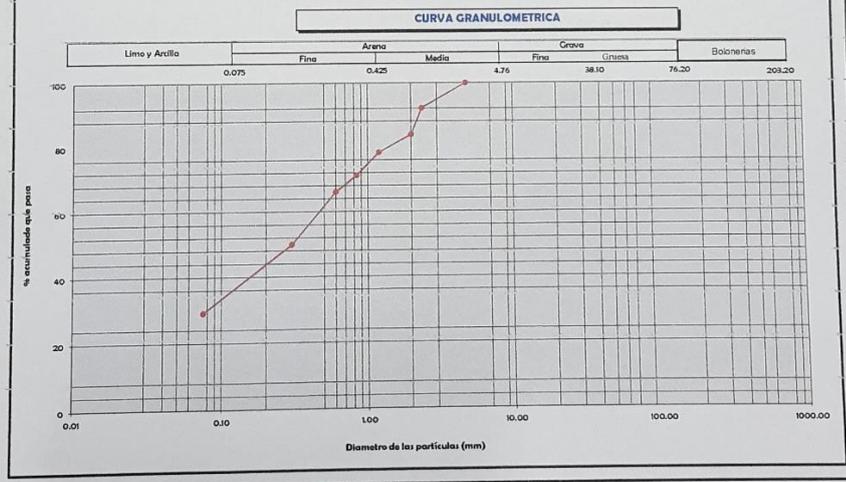
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
 ICC.ENS.GOP.0001.005
 Versión: 3

LA VERSIÓN IMPRESA FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA MARCA DE AGUA DE "COPIA CONTROLADA"

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO:	PMV. CAJAMARCA - CHACHAPOYAS		F. Muestreo : 10/04/2018
DISTRITO:	CHACHAPOYAS	PROVINCIA: CHACHAPOYAS	DEPARTAMENTO: AMAZONAS

DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo Material :	- Arena limosa con grava		
Fecha de Ensayo :	11/04/2018	Kilómetro :	216+ 230
Nº De Calicata :	C-01	Lado :	I/Q
		Muestra :	M-01
		Profundida:	0.40 - 1.50 (m) aprox.
		Procesado Por :	Robert Blas Carhuavilca

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D-422 / AASHTO T-27 / MTC E-204)						CLASIFICACION DEL SUELO		
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones	S.U.C.S. (ASTM D 2487)	SM
			Parcial	Acumulado			- Arena limosa con grava	
							AASHTO (ASTM D3282)	A-2-(40)
							Peso inicial del suelo gr	974.5
							Peso de la fracción gr	
							D ₁₀	0.44
							D ₃₀	0.08
							D ₁₀	0.02
							Cu	28.65
							Cc	0.95
							Lim Liquido (ASTM D4318)	20
							Lim Plastico (ASTM D4318)	
							Indice de Plasticidad	NP
							% Humedad (ASTM D2216)	11.5 %
							GRAVA (%)	
							ARENA (%)	70.80
							FINOS (%)	29.20
							OBSERVACIONES:	



Observaciones: _____



ENSAYO
**DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO DE LOS SUELOS E
 INDICE DE PLASTICIDAD**
 ICC.ENS.GOP.0001.011
 Versión: 3

LA VERSION IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA MARCA DE AGUA DE "COPIA CONTROLADA"

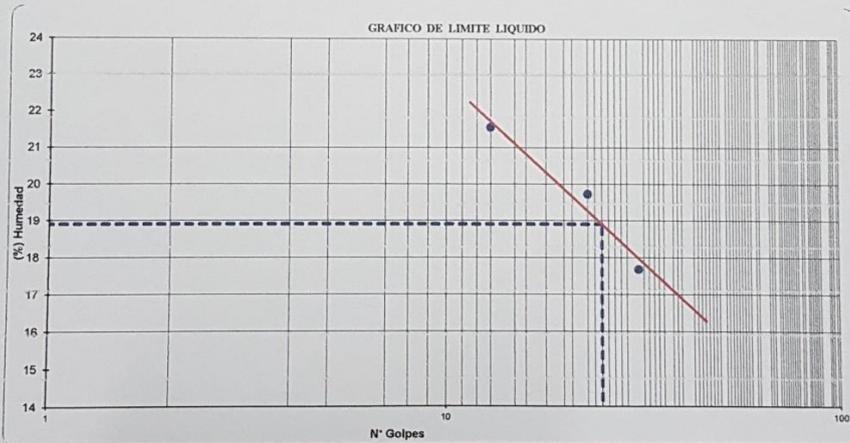
DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO :	PMV. CAJAMARCA - CHACHAPOYAS	F. Muestreo:	10/04/2018
DISTRITO:	CHACHAPOYAS	PROVINCIA:	CHACHAPOYAS
		DEPARTAMENTO:	AMAZONAS
DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo Material :	- Arena limosa con grava		
Fecha de Ensayo :	13/04/2018	Kilómetro :	216+ 230
Nº De Colecta :	C-01	Lado :	IZQ.
		Muestra :	M-01
		Profundidad :	0.40 - 1.50 (m) aprox.
		Procesado por :	Robert Blas Carhuavilca

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318) Método "A"

	Nº	10	11	12	Promedio	
RECIPIENTE Nº	Nº	31	23	13		
NUMERO DE GOLPES	Nº	31	23	13		
PESO DEL RECIPIENTE	grs	13.40	12.51	12.57		
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	grs	31.64	30.43	31.85		
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs	28.90	27.45	28.43		
PESO DEL AGUA	grs	2.74	2.98	3.42		
PESO DEL SUELO SECO	grs	15.50	14.94	15.86		
% DE HUMEDAD	%	17.68	19.95	21.56	20	

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

RECIPIENTE Nº	Nº				Observaciones:
PESO DEL RECIPIENTE	grs				
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	grs				
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs				
PESO DEL AGUA	grs				
PESO DEL SUELO SECO	grs				
% DE HUMEDAD	%				



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
20	NP	NP

OBSERVACIONES: 0



ENSAYO

PROCTOR MODIFICADO
ICC.ENS.GOP.0001.004
Versión: 3

LA VERSIÓN IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA MARCA DE AGUJA DE "COPIA CONTROLADA"

DATOS DEL PROYECTO

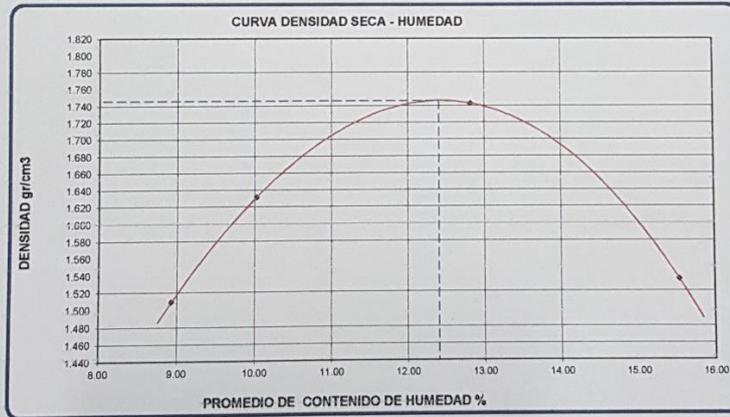
PROYECTO :	PMV. CAJAMARCA - CHACHAPOYAS			F. Muestreo :	10/04/2018
DISTRITO:	CHACHAPOYAS	PROVINCIA:	CHACHAPOYAS	DEPARTAMENTO:	AMAZONAS

DATOS DE LA MUESTRA

Tipo material	: - Arena limosa con grava				
Fecha de Ensayo	: 13/04/2018	Kilómetro	: 216+ 230	Profundidad:	0.40 - 1.50 (m) aprox.
Nº De Calicata	: C-01	Lado	: IZQ.	Procesado por :	Robert Blas Carhuavilca
		Muestra	: M-01		

TIPO PROCTOR (MODIFICADO)		PUNTOS			
	UND	1	2	3	4
METODO DE COMPACTACION		Λ	Λ	Λ	Λ
PESO DE SUELO HUMEDO + MOLDE	gr	6089	6231	6392	6210
PESO DEL MOLDE	gr	4540	4540	4540	4540
VOLUMEN DEL MOLDE	cc	942	942	942	942
PESO DE SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr	1549	1691	1852	1670
PESO VOLUMETRICICO HUMEDO	gr/cc	1.644	1.795	1.966	1.773

HUMEDAD		RECIPIENTES			
	UND				
RECIPIENTE Nº					
PESO DE SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr	500.0	461.0	484.0	476.0
PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr	459.0	419.0	429.0	412.0
PESO DEL AGUA	gr	41.0	42.0	55.0	64.0
PESO DEL RECIPIENTE	gr	0.0	0.0	0.0	0.0
PEO DE SUELO SECO	gr	459.0	419.0	429.0	412.0
CONTENIDO DE AGUA	%	8.93	10.02	12.82	15.53
PROMEDIO DE CONT. HUMEDAD	%	8.93	10.02	12.82	15.53
PESO VOLUMETRICICO SECO	gr/cc	1.510	1.632	1.743	1.534



Densidad Maxima	1.746 gr/cm ³	Humedad optima	12.41	%
-----------------	--------------------------	----------------	-------	---

Observaciones: El ensayo se realizó con reemplazo de grava de acuerdo al manual de ensayos, tamizado por la el tamiz N° 4 para el método "A", el método usado para la preparación del material es en Húmedo.
El equipo que se utilizó fue el molde de proctor modificado de 4" con el pisón manual de 5.5 LBS.

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (ASTM D 1883 / AASHTO T-193 / MTC E 132)

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO :	PMV. CAJAMARCA - CHACHAPOYAS	F. Muestreo :	10/04/2018
DISTRITO:	CHACHAPOYAS	PROVINCIA:	CHACHAPOYAS
		DEPARTAMENTO:	AMAZONAS
DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo Material :	- Arena limosa con grava		
Fecha de Ensayo :	19/04/2018	Kilómetro :	216+ 230
Nº De Calicata :	C-01	Lado :	IZQ.
		Muestra :	M-01
		Profundidad:	0.40 - 1.50 (m) aprox.
		Procesado por :	Robert Blas Carhuav

Cond. de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
Molde Nº		7		8		9						
Nº Capa		5		5		5						
Golpes por capa Nº		56		25		12						
Peso molde + Suelo húmedo	12693	12719	11125	11165	10855	10933						
Peso de molde (gr)	8437	8437	7216	7216	7105	7105						
Peso del suelo húmedo (gr)	4256	4282	3909	3949	3750	3828						
Volumen del molde (cc)	2174	2174	2119	2119	2135	2135						
Densidad húmeda (gr/cc)	1.958	1.970	1.845	1.864	1.758	1.793						
% de humedad	12.35	13.28	12.53	13.85	12.89	14.88						
Densidad seca (gr/cc)	1.743	1.739	1.640	1.637	1.555	1.581						
Tarro Nº												
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	482.0	495.0	413.0	452.0	438.0	471.0						
Tarro + Suelo seco (gr.)	429.0	384.0	367.0	367.0	388.0	410.0						
Peso del Agua (gr.)	53.0	51.0	46.0	55.0	50.0	61.0						
Peso del tarro (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0						
Peso del suelo seco (gr.)	429.0	384.0	367.0	397.0	388.0	410.0						
% de humedad	12.35	13.28	12.53	13.85	12.89	14.88						
Promedio de Humedad (%)	12.35	13.28	12.53	13.85	12.89	14.88						

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	
			Hr.	mm	%	mm	%	mm	%
NO EXPANSIVO									

PENETRACION

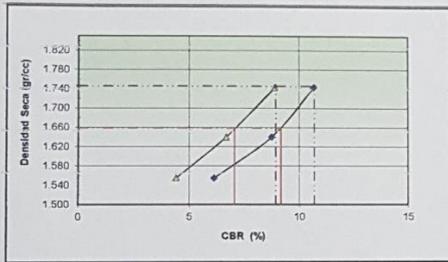
PENETRACION	STAND.	MOLDE Nº 7				MOLDE Nº 8				MOLDE Nº 9			
		CARGA	MOLDE Nº	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	
0.000		0	0		0	0		0	0		0	0	
0.025		26	2		20	0		18	0				
0.050		33	3		25	2		20	0				
0.075		38	5		33	3		25	2				
0.100	70.3	45	6	6.2	8.9	38	5	4.7	6.7	33	3	3.1	4.4
0.125		53	8			45	6			37	4		
0.150		57	9			50	7			40	5		
0.200	106.5	65	11	11.2	10.7	57	9	9.2	8.7	45	6	6.5	6.1
0.300		85	15			80	14			68	11		
0.400		114	22			95	18			80	14		
0.500		140	28			120	23			115	22		

OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (ASTM D 1883 / AASHTO T-193 / MITC E 132)

DATOS DEL PROYECTO							
PROYECTO :	PMV, CAJAMARCA - CHACHAPOYAS	F. Muestreo :	10/04/2018				
DISTRITO:	CHACHAPOYAS	PROVINCIA:	CHACHAPOYAS				
		DEPARTAMENTO:	AMAZONAS				
DATOS DE LA MUESTRA							
Tipo Material :	- Arena limosa con grava		Profundidad :	0.40 - 1.50 (m) aprox.			
Fecha de Ensayo :	19/04/2018	Kilómetro :	216+230	Lado :	IZQ.	Procesado por :	Robert Blas Carhuavilc
Nº De Calicata :	C-01	Muestra :	M-01				

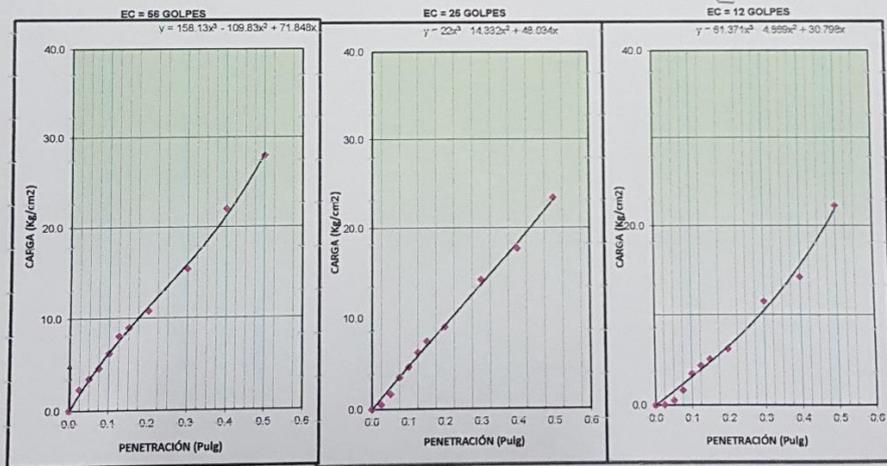
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	8.9	0.2":	10.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	7.1	0.2":	9.2

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.746 gr/cc
Optimo Humedad	12.41 %

OBSERVACIONES:



OBSERVACIONES :



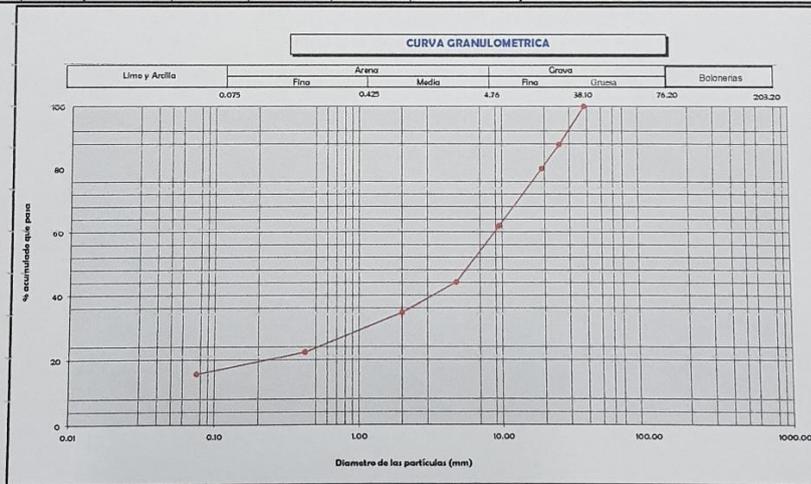
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ICCLNS.GOP.0001.005
Versión: 3

LA VERSIÓN IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA MARCA DE AGUA DE "COPIA CONTROLADA"

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO:	PMV. CAJAMARCA - CHACHAPOYAS	F. Muestreo :	10/04/2018
DISTRITO:	CHACHAPOYAS	PROVINCIA:	CHACHAPOYAS
		DEPARTAMENTO:	AMAZONAS

DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo Material :	- Grava Arcillosa con Arena		
Fecha de Ensayo :	11/04/2018	Kilometro :	216+ 730
Nº De Calicata :	C-02	Lado :	DER.
		Muestra :	M-02
		Profundida :	0.40 - 1.50 (m) aprox.
		Procesado Por :	Robert Blas Carhuavilca

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D-422 / AASHTO T-27 / MTC E-204)						CLASIFICACION DEL SUELO		
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obra	S.U.C.S. (ASTM D 2487)	GC
			Parcial	Acumulado			- Grava Arcillosa con Arena	
3"	76.200						AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4(0)
2 1/2"	63.500						Peso inicial del suelo gr	9356.0
2"	50.800				100.0		Peso de la fracción gr	956.0
1 1/2"	38.100	346	3.7	3.7	96.3		D ₆₀	8.84
1"	25.400	796	8.5	12.2	87.8		D ₅₀	1.10
3/4"	19.050	716	7.7	19.9	80.1		D ₁₀	0.01
1/2"	12.700	823	8.8	28.7	71.3		Cu	646.10
3/8"	9.525	884	9.4	38.1	61.9		Cc	10.03
1/4"	6.350	645	6.9	45.0	55.0		Lim Líquido (ASTM D4318)	25
No. 4	4.760	1006.0	10.8	55.8	44.2		Lim Plástico (ASTM D4318)	16
No. 8	2.360	113.1	5.2	61.0	39.0		Índice de Plasticidad	9
No. 10	2.000	92.1	4.3	65.3	34.7		% Humedad (ASTM D2216)	5.8 %
No. 16	1.190	80.3	3.7	69.0	31.0		GRAVA (%)	55.80
No. 20	0.834	67.4	3.1	72.1	27.9		ARENA (%)	28.50
No. 30	0.600	60.4	2.8	74.9	25.1		FINOS (%)	15.70
No. 40	0.420	58.7	2.7	77.6	22.4		OBSERVACIONES:	
No. 50	0.300	50.2	2.3	79.9	20.1			
No. 100	0.149	45.8	2.1	82.0	18.0			
No. 200	0.075	49.1	2.3	84.3	15.7			
-200		338.9	15.7	100.0				



Observaciones: _____



ENSAYO
**DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO DE LOS SUELOS E
 INDICE DE PLASTICIDAD**
 ICC.ENS.GOP.0001.011
 Versión: 3

LA VERSION IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA MARCA DE AGUA DE "COPIA CONTROLADA"

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO :	PMV. CAJAMARCA - CHACHAPOYAS		
DISTRITO:	CHACHAPOYAS	PROVINCIA:	CHACHAPOYAS
			F. Muestreo: 10/04/2018
		DEPARTAMENTO:	AMAZONAS
DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo Material :	- Arena limosa con grava		
Fecha de Ensayo :	13/04/2018	Kilómetro :	216+ 730
Nº De Colcata :	C-02	Lado :	DER
		Muestra :	M-02
		Profundidad :	0.40 - 1.50 (m) aprox.
		Procesado por :	Robert Blas Carhuavilca

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318) Método "A"

RECIPIENTE Nº	Nº	7	8	9	Promedio
NUMERO DE GOLPES	Nº	36	24	14	
PESO DEL RECIPIENTE	grs	13.15	13.04	13.23	
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	grs	35.28	35.41	34.02	
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs	31.25	31.02	29.61	
PESO DEL AGUA	grs	4.03	4.39	4.41	
PESO DEL SUELO SECO	grs	18.10	17.98	16.38	
% DE HUMEDAD	%	22.27	24.42	26.92	25

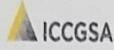
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

RECIPIENTE Nº	Nº	1	2	PROMEDIO	Observaciones:
PESO DEL RECIPIENTE	grs	13.42	11.50		
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	grs	24.55	21.84		
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs	23.02	20.43		
PESO DEL AGUA	grs	1.53	1.41		
PESO DEL SUELO SECO	grs	9.60	8.93		
% DE HUMEDAD	%	15.94	15.79	16	



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
25	16	9

OBSERVACIONES: 0



ENSAYO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
 ICC.ENS.GOP.0001.005
 Versión: 3

LA VERSIÓN IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA MARCA DE AGUA DE "COPIA CONTROLADA"

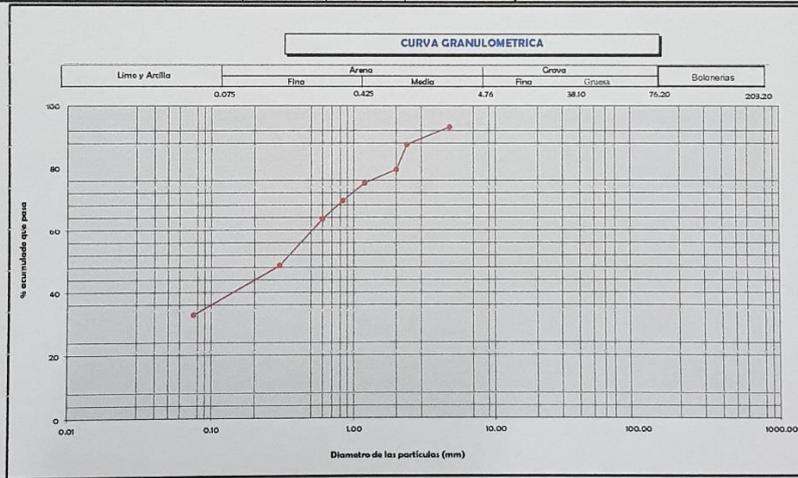
DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: PMV. CAJAMARCA - CHACHAPOYAS F. Muestreo : 10/04/2018
 DISTRITO: CHACHAPOYAS PROVINCIA: CHACHAPOYAS DEPARTAMENTO: AMAZONAS

DATOS DE LA MUESTRA

Tipo Material : - Arena limosa con grava
 Kilometro : 216+ 730 Profundida : 0.40 - 1.50 (m) aprox.
 Fecha de Ensayo : 11/04/2018 Lado : DER. Procesado Por : Robert Blas Carhuavilca
 N° De Calicata : C-02 Muestra : M-02

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D-422 / AASHTO T-27 / MTC E-204)						CLASIFICACION DEL SUELO	
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones	S.U.C.S. (ASTM D 2487)
			Parcial	Acumulado			SM
							- Arena limosa con grava
							AASHTO (ASTM D3282) : A-2-4(0)
							Peso inicial del suelo gr : 1231.0
							D ₆₀ : 0.51
							D ₃₀ : 0.05
							D ₁₀ : 0.01
							Cu : 98.42
							Cc : 1.07
							Lím Líquido (ASTM D4318) : 20
							Lím Plástico (ASTM D4318) : NP
							Índice de Plasticidad : 13.0 %
							% Humedad (ASTM D2216) : 6.80
							GRAVA (%) : 6.80
							ARENA (%) : 60.30
							FINOS (%) : 32.90
							<u>OBSERVACIONES:</u>



Observaciones: _____



ENSAYO
DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO DE LOS SUELOS E
INDICE DE PLASTICIDAD
 ICC.ENS.GOP.0001.011
 Versión: 3

LA VERSION IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA MARCA DE AGUA DE "COPIA CONTROLADA"

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO :	PMV. CAJAMARCA - CHACHAPOYAS		F. Muestreo: 10/04/2018
DISTRITO:	CHACHAPOYAS	PROVINCIA: CHACHAPOYAS	DEPARTAMENTO: AMAZONAS
DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo Material :	- Arena limosa con grava		
Fecha de Ensayo :	13/04/2018	Kilómetro : 216 + 730	Profundidad : 0.40 - 1.50 (m) aprox.
Nº De Calleata :	C-02	Lado : DER	Procesado por : Robert Blas Carhuavilca
		Muestra : M-02	

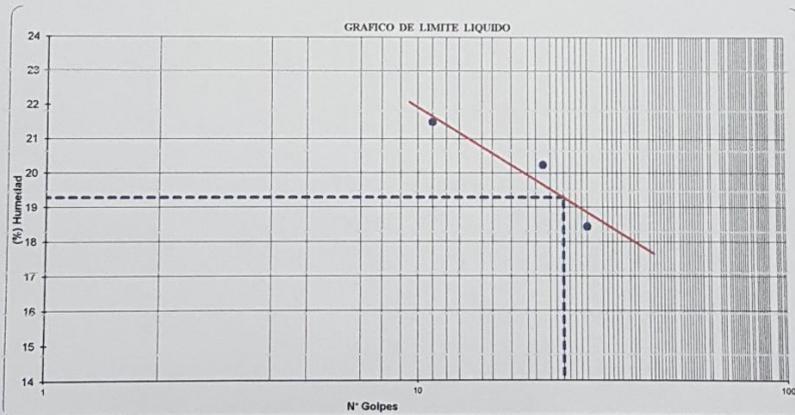
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318) Método "A"

	Nº	20	21	22	Promedio
RECIPIENTE Nº	Nº	29	22	11	
NÚMERO DE GOLPES	grs	12.93	12.15	12.95	
PESO DEL RECIPIENTE	grs	33.42	32.21	34.54	
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	grs	30.23	28.76	30.72	
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs	3.19	3.45	3.82	
PESO DEL AGUA	grs	17.30	16.61	17.77	
PESO DEL SUELO SECO	%	18.44	20.77	21.50	20

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

	Nº				Observaciones:
RECIPIENTE Nº	grs				
PESO DEL RECIPIENTE	grs				
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	grs				
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs				
PESO DEL AGUA	grs				
PESO DEL SUELO SECO	grs				
% DE HUMEDAD	%				

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



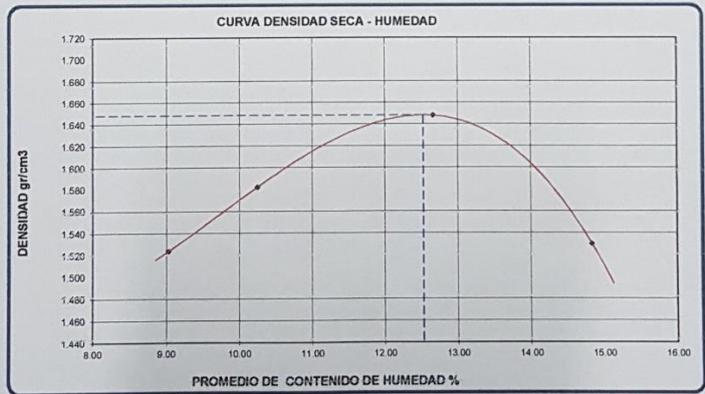
LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
20	NP	NP

OBSERVACIONES: 0

	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ICC.ENS.GOP.0001.004 Versión: 3		
	LA VERSION IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA MARCA DE AGUJER "COPIA CONTROLADA"		
DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO :	PMV. CAJAMARCA - CHACHAPOYAS		F. Muestreo : 10/04/2018
DISTRITO:	CHACHAPOYAS	PROVINCIA: CHACHAPOYAS	DEPARTAMENTO: AMAZONAS
DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo material	: - Arena limosa con grava		Profundidad: 0.40 - 1.50 (m) aprox.
Fecha de Ensayo	: 13/04/2018	Kilometro	: 216 + 730
Nº De Calicata	: C-02	Lado	: DER.
		Muestra	: M-02
		Procesado por :	Robert Blas Carhuavilca

TIPO PROCTOR (MODIFICADO)		PUNTOS			
	UND	1	2	3	4
METODO DE COMPACTACION		Λ	Λ	Λ	Λ
PESO DE SUELO HUMEDO + MOLDE	gr	6105	6183	6289	6195
PESO DEL MOLDE	gr	4540	4540	4540	4540
VOLUMEN DEL MOLDE	cc	942	942	942	942
PESO DE SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr	1565	1643	1749	1655
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr/cc	1.661	1.744	1.857	1.757

HUMEDAD		UND	RECIPIENTES			
RECIPIENTE Nº						
PESO DE SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr	483.0	452.0	427.0	511.0	
PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr	443.0	410.0	379.0	445.0	
PESO DEL AGUA	gr	40.0	42.0	48.0	66.0	
PESO DEL RECIPIENTE	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	
PEO DE SUELO SECO	gr	443.0	410.0	379.0	445.0	
CONTENIDO DE AGUA	%	9.03	10.24	12.66	14.83	
PROMEDIO DE CONT. HUMEDAD	%	9.03	10.24	12.66	14.83	
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cc	1.524	1.582	1.648	1.530	



Densidad Maxima	1.648 gr/cm3	Humedad optima	12.53 %
------------------------	---------------------	-----------------------	----------------

Observaciones: El ensayo se realizó con reemplazo de grava de acuerdo al manual de ensayos, tamizado por la el tamiz N° 4 para el método "A", el método usado para la preparación del material es en Húmedo.
El equipo que se utilizó fue el molde de proctor modificado de 4" con el pisón manual de 5.5 LBS.

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (ASTM D 1883 / AASHTO T-193 / MTC E 132)

DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO :	PMV. CAJAMARCA - CHACHAPOYAS		F. Muestreo : 10/04/2018
DISTRITO:	CHACHAPOYAS	PROVINCIA: CHACHAPOYAS	DEPARTAMENTO: AMAZONAS
DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo Material :	- Arena limosa con grava		
Fecha de Ensayo :	19/04/2018	Kilómetro : 216 + 730	Profundidad: 0.40 - 1.50 (m) aprox.
Nº De Calicata :	C-02	Lado : DER.	Procesado por : Robert Blas Carhuav
		Muestra : M-02	

Molde Nº	10	11	12			
Nº Capa	5	5	5			
Golpes por capa Nº	56	25	12			
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + Suelo húmedo	11925	11960	11356	11402	10422	10480
Peso de molde (gr)	8013	8013	7656	7656	6986	6986
Peso del suelo húmedo (gr)	3912	3947	3700	3746	3436	3494
Volumen del molde (cc)	2115	2115	2130	2130	2128	2128
Densidad húmeda (gr/cc)	1.850	1.866	1.737	1.759	1.615	1.642
% de humedad	12.47	13.81	12.75	14.08	12.62	14.61
Densidad seca (gr/cc)	1.645	1.640	1.541	1.542	1.434	1.433
Tarro Nº						
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	433.0	412.0	451.0	399.0	455.0	400.0
Tarro + Suelo seco (gr.)	385.0	362.0	400.0	341.0	404.0	349.0
Peso del Agua (gr.)	48.0	50.0	51.0	48.0	51.0	51.0
Peso del tarro (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco (gr.)	385.0	362.0	400.0	341.0	404.0	349.0
% de humedad	12.47	13.81	12.75	14.08	12.62	14.61
Promedio de Humedad (%)	12.47	13.81	12.75	14.08	12.62	14.61

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION
		Hr.		mm		%	mm	%
NO EXPANSIVO								

PENETRACION

PISTON MANUAL 10LBS		PISTON= 19.6cm ²		E.C		A=		-80.3705		B= 4.49270		ANILLO= 28KN	
PENETRACION	STAND.	MOLDE Nº		10		MOLDE Nº		11		MOLDE Nº		12	
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION				
pulg	kg/cm ²	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		30	3			25	2			21	1		
0.050		34	4			33	3			26	2		
0.075		45	6			40	5			35	4		
0.100	70.3	51	8	8.1	11.5	46	6	6.6	9.4	40	5	5.1	7.2
0.125		60	10			55	9			45	6		
0.150		70	12			60	10			53	8		
0.200	105.5	75	13	13.3	12.6	67	11	11.9	11.3	60	10	9.3	8.8
0.300		95	18			90	17			70	12		
0.400		120	23			105	20			85	15		
0.500		160	33			123	24			90	17		

OBSERVACIONES :



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:

LOPEZ SANDER, JHON DOMINGO

INFORME TITULADO:

*EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EMPLEANDO
GEOTEXTILES CADAFENA CADAFENA - CHACABAYAS, TRAMO
CALLE CALLA - LBY MABOMBA, AMAZONAS - 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

09/07/2018

NOTA O MENCIÓN :

16 (Diez y Seis)



[Firma]
Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : FO6-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

Evaluación estructural de pavimentos flexibles empleando geotextiles, carretera Cajamarca – Chachapoyas, tramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas – 2018

del estudiante Jhon Domingo Lopez Grandez, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

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

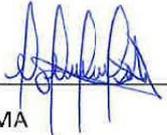
Lima 09 de Julio del 2018


.....
Firma
Dr.Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique
DNI: 01239759

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

	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : FO6-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo Jhon Domingo Lopez Grandez, identificado con DNI N° 73218564, 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 "Evaluación estructural de pavimentos flexibles empleando geotextiles, Carretera Cajamarca – Chachapoyas; tramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas – 2018 "; en el Repositorio institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33



FIRMA

DNI: 73218564

FECHA: 09 de julio del 2018

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



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación estructural de pavimentos flexibles empleando geotextiles, Carretera Cajamarca – Chachapoyas, tramo Calla Calla – Leynebamba, Amazonas - 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
 Ingeniero Civil

AUTOR
 Lopez Gracidez, Jhon Domingo

ASESOR
 Dr. Cancho Zaniga, Gerardo Enrique

LINEA DE INVESTIGACIÓN
 Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ
 2018 - I



Resumen de coincidencias

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias	Porcentaje
1 repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	6%
2 repositorio.unq.edu.pe Fuente de Internet	2%
3 r1.uea.edu.ar Fuente de Internet	1%
4 iudisco.com Fuente de Internet	1%
5 repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
6 Entregado a Universidad Trabajo del estudiante	1%
7 repository.unimilitar.edu Fuente de Internet	1%
8 cyberesta.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9 Entregado a Universidad Trabajo del estudiante	<1%
10 Entregado a Universidad Trabajo del estudiante	<1%
11 www.repositorios.com	<1%

19%