

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

TESIS

**“USO DEL GEOTEXTIL COMO PROPUESTA PARA
MEJORAR EL PAVIMENTO ASFALTICO, EN LAS
CUADRAS 9, 10, 11 DEL JR. JOSE DE SUCRE,
BARRIO SAN FRANCISCO, 2017”**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER
BOGDAM EVERLY LEYVA GIRALDO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ANCASH - PERÚ 2017

DEDICATORIA

A mi hijo el sustento de mi vida y mis padres, quienes con profundo amor, paciencia y sacrificio contribuyeron en mi formación profesional.

Bogdam Everly Leyva Giraldo

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios, por darme la vida y compartir este logro con mi familia, y agradecer a las personas que me apoyaron en la elaboración de esta Tesis, les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ustedes.

Bogdam Everly Leyva Giraldo

RESUMEN

El presente trabajo consiste en analizar y plantear una propuesta para mejorar el pavimentado asfáltico, con el uso del geotextil en las cuadras 9, 10 y 11 del Jr. José de Sucre del Distrito de Huaraz, esto en consideración a que el geotextil como polímero es un material de alta retención de asfalto y resistente a temperaturas moderadas, cuyas propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas permiten retardar la propagación de grietas en la vía y servir como mecanismo de refuerzo dentro de la estructura del pavimento asfáltico.

Para ello, se realizó la recopilación de información acerca de los geotextiles, su aplicación según las funciones que cumple, así como el comportamiento y su clasificación de fallas del pavimento flexible, en sus distintas fases de su ciclo de vida, en relación al problema existente. Con este fin se llega a proponer como alternativa, la aplicación del geotextil, de manera que pueda facilitar a los estudiantes de ingeniería y profesionales afines a considerar este material innovador en los futuros proyectos de ingeniería vial.

De esta investigación se puede decir, que el buen funcionamiento de los geotextiles, depende del conocimiento y buen empleo que se tenga de los mismos, así como cumplir todas sus normas en su proceso de colocación.

Palabras clave: Mejora, pavimento, geotextil, asfáltico, propiedades, funciones, comportamiento, vías.

ABSTRACT

The present work consists of analyzing and proposing a proposal to improve the asphalt paving, with the use of geotextile in blocks 9, 10 and 11 of Jr. José de Sucre of the District of Huaraz, this considering that geotextile as polymer is a material of high retention of asphalt and resistant to moderate temperatures, whose physical, mechanical and hydraulic properties allow to delay the propagation of cracks in the road and serve as a mechanism of reinforcement within the structure of the asphalt pavement.

To this end, the gathering of information about geotextiles was carried out, its application according to the functions it fulfills, as well as the behavior and its classification of flexible pavement failures, in their different phases of their life cycle, in relation to the existing problem. To this end, it is possible to propose, as an alternative, the application of geotextile, so that it can facilitate engineering students and related professionals to consider this innovative material in future road engineering projects.

From this research it can be said that the proper functioning of geotextiles depends on the knowledge and good use that they have of them, as well as complying with all their standards in their placement process.

Keywords: Improvement, pavement, geotextile, asphalt, properties, functions, behavior, tracks.

SINTESIS

Es preciso mencionar que a nivel local, los proyectos de infraestructura vial se vienen desarrollando de manera estandarizada, utilizando los métodos convencionales, resultando muchas de ellas deficiente en su operatividad y comportamiento estructural, tal es así que muchos de ellos no llegan a cumplir su vida útil a lo largo del tiempo, es por ello que, el presente estudio de investigación, extrajo de las diversas informaciones recopiladas, aportes significativos específicamente en el uso del geotextil en pavimentaciones, orientando su aplicación en zonas desfavorables como el distrito de Huaras, (Jr. José de Sucre Cdras. 9,10 y 11), como propuesta de mejorar la problemática en lo que a infraestructura vial se refiere.

Es por ello que, teniendo en cuenta al geotextil como material predominante e innovador en obras de pavimentado en la zona, el presente estudio toma presencia a fin de describir las bondades de este material en el ámbito de la ingeniería, así como su aplicación como solución a las situaciones del deterioro sistemático de las vías asfaltadas que crean incomodidad e inseguridad al transeúnte

INDICE

Caratula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Síntesis	vi
Índice	vii
Índice de tablas	x
Índice de imágenes	Xi
Índice de cuadros	xii
Índice de cuadros de encuesta	xii
Índice de gráficos de encuesta	xiii
Índice de figuras	xiii
Introducción	xiv
CAPITULO I	18
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	18
1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.2.1 Espacial	19
1.2.2 Temporal	20
1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	20
1.3.1 Problema general	20
1.3.2 Problemas específicos	20
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.4.1 Objetivo general	20
1.4.2 Objetivos específicos	21
1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN	21
1.5.1 Hipótesis general	21
1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.6.1 Variable X1	21

1.6.2 Variable X2	21
1.6.3 Operacionalización de variables	22
1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.7.1 Tipo de investigación	22
1.7.2 Nivel de investigación	22
1.7.3 Métodos de investigación	23
1.7.4 Diseño de investigación	23
1.8. POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.8.1 Población	23
1.8.2 Muestra	24
1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	24
1.9.1 Técnicas	24
1.9.2 Instrumentos	24
1.10 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.10.1 Justificación	25
1.10.2 Importancia	25
CAPITULO II	26
II. MARCO TEÓRICO	26
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	26
2.2 BASES TEORICAS	33
2.2.1 Pavimentos	33
2.2.2 Clasificación de fallas de pavimento flexibles	45
2.2.3 Geotextiles	65
2.2.4 Parámetros de diseño de geotextil según su función	78
2.2.5 Aplicación de geotextiles en la estructura de un pavimento sobre los 3000 m.s.n.m.	85
2.2.6 Proceso constructivo aplicando geotextiles para repavimentación de vías	92
2.2.7 Diseño estructural AASHTO 93 para pavimentos flexibles	99
2.2.8 Consideraciones para el diseño con geotextiles	113
2.3 DEFINICION DE TÉRMINOS BÁSICOS	122

CAPÍTULO III	126
III. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	126
3.1 CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	126
3.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES	128
CAPÍTULO IV	145
4.1 PROCESO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	145
CAPITULO V	146
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	146
CONCLUSIONES	150
RECOMENDACIONES	152
FUENTES DE INFORMACIÓN	153
ANEXOS	156
Anexo N° 01 Ensayos de laboratorio	
Anexo N° 02 Diseño de pavimento flexible del método AASHTO	
Anexo N° 03 Hoja de metrados, presupuesto y costos unitarios	
Anexo N° 04 Manual de carreteras, Sección 513	
Anexo N° 05 Especificaciones técnicas del Geotextil	
Anexo N° 06 Matriz de consistencia	
Anexo N° 07 Ficha de validación de expertos	
Anexo N° 08 Cuestionario	
Anexo N° 09 Panel fotográfico	
Anexo N° 10 Planos	

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1 Elección de un geotextil, cuando las características del suelo y las cargas son conocidas	80
Tabla N° 2 Elección de un geotextil, cuando las características del suelo y las cargas son conocidas	81
Tabla N°3 Características mecánicas requeridas para soportar las deformaciones en la instalación	82
Tabla N° 4 Elección de un geotextil, cuando las características del suelo y las cargas son conocidas (drenaje)	83
Tabla N° 5 Elección de un geotextil, cuando las características del suelo y las cargas son conocidas (protección)	85
Tabla N° 6 Costo del geotextil según su descripción	90
Tabla N° 7 Costo de una vía teniendo en cuenta repavimentación con y sin geotextil	94
Tabla N° 8 Periodos típicos de diseño	102
Tabla N° 9 Factor de disminución por carril	103
Tabla N°10 Niveles sugeridos de confiabilidad R	104
Tabla N°11 Niveles sugeridos de confiabilidad R	105
Tabla N°12 Tabla para calcular el coeficiente estructural de concreto asfáltico de gradación densa	107
Tabla N°13 Variación de coeficiente de capa de base granular (a2) con la variación de los parámetros	108
Tabla N°14 Variación de coeficiente de capa de base granular (a3) con la aplicación de los parámetros de resistencia	109
Tabla N°15 Condiciones de drenaje	110
Tabla N°16 Coeficientes de drenaje recomendados, m_i	110
Tabla N° 17 espesores mínimos recomendados	111

LISTA DE IMÁGENES

Imagen N° 01	Sección típica del pavimento rígido	35
Imagen N° 02	Sección típica del pavimento asfáltico	36
Imagen N° 03	Sección típica del pavimento compuesto	37
Imagen N° 04	Fisuras piel de cocodrilo	46
Imagen N° 05	Fisuras en bloque	47
Imagen N° 06	Fisuras en arco	48
Imagen N° 07	Fisuras longitudinal	49
Imagen N° 08	Fisuras transversal	50
Imagen N° 09	Fisuras de borde	51
Imagen N° 10	Fisuras por reflexión de junta	52
Imagen N° 11	Ahuellamiento	54
Imagen N° 12	Corrugación	56
Imagen N° 13	Hinchamiento	57
Imagen N° 14	Hundimiento	58
Imagen N° 15	Bache	59
Imagen N° 16	Desintegración de bordes	60
Imagen N° 17	Perdida de agregado	62
Imagen N° 18	Desgaste Superficial	63
Imagen N° 19	Exudación de asfalto	64
Imagen N° 20	Surcos	65
Imagen N° 21	Geotextil – Presentación en rollo	66
Imagen N° 22	Geotextil - Presentación	67
Imagen N° 23	Geotextil no tejido – presentación	68
Imagen N° 24	Geotextil de fibra natural	69
Imagen N° 25	Geotextil artificial	70
Imagen N° 26	Geotextil sintético	71

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 01	Funciones principales de algunos geosintéticos	27
Cuadro N° 02	Condición de vía sin mantenimiento	41
Cuadro N° 03	Geotextiles para repavimentación (* MARV)	95
Cuadro N° 04	Tipos de cemento asfáltico clasificado según penetración	97
Cuadro N° 05	Estadísticos total – elemento (variable X_1)	126
Cuadro N° 06	Estadísticos de fiabilidad (variable X_1)	127
Cuadro N° 07	Estadísticos total – elemento (variable X_2)	127
Cuadro N° 08	Estadísticos de fiabilidad (variable X_2)	128

LISTA DE CUADROS DE ENCUESTA

Cuadro N° 01 – E	Pregunta 01	129
Cuadro N° 02 – E	Pregunta 02	130
Cuadro N° 03 – E	Pregunta 03	132
Cuadro N° 04 – E	Pregunta 04	133
Cuadro N° 05 – E	Pregunta 05	135
Cuadro N° 06 – E	Pregunta 06	137
Cuadro N° 07 – E	Pregunta 07	138
Cuadro N° 08 – E	Pregunta 08	140
Cuadro N° 09 – E	Pregunta 09	141
Cuadro N° 10 – E	Pregunta 10	143

LISTA DE GRÁFICOS DE ENCUESTA

Gráfico N° 01 – E	Pregunta 01	129
Gráfico N° 02 – E	Pregunta 02	131
Gráfico N° 03 – E	Pregunta 03	132
Gráfico N° 04 – E	Pregunta 04	134
Gráfico N° 05 – E	Pregunta 05	136
Gráfico N° 06 – E	Pregunta 06	137
Gráfico N° 07 – E	Pregunta 07	139
Gráfico N° 08 – E	Pregunta 08	140
Gráfico N° 09 – E	Pregunta 09	142
Gráfico N° 10 – E	Pregunta 10	143

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 01	Diagrama de flujo del ciclo de vida "fatal" y "deseable"	42
Figura N° 02	Estructura de un pavimento flexible	45
Figura N° 03	Función de separación	74
Figura N° 04	Función de refuerzo	75
Figura N° 05	Función de drenaje	76
Figura N° 06	Función de protección	78
Figura N° 07	Cinemática de vías con geotextil	116
Figura N° 08	Formas del geotextil deformado	117
Figura N° 09	Mecanismos de falla	118
Figura N° 10	Condición crítica de geotextil	119
Figura N° 11	Incremento del tiempo de vida de un pavimento debido al uso del geotextil	122

INTRODUCCIÓN

Los pavimentos como elementos de construcción, no están exentos de fallas o deterioro, puesto que éste se manifiesta en la etapa de post construcción, cuyos orígenes se deben a la afectación de uno o más de sus elementos estructurales. A ello se puede agregar los factores climáticos, procesos constructivos, calidad de material y otros.

En el ámbito territorial de la Región de Ancash, específicamente en la Provincia de Huaraz, los entes a nivel de gobierno, en su afán de construir y mejorar infraestructuras de pavimentación de redes viales dentro de su jurisdicción, han optado por considerar políticas constructivas estándares a nivel de diseño, las cuales en su mayoría han resultado deficientes, especialmente en lo que respecta al pavimento flexible, prueba de ello se constata en el Jr. José de Sucre cuadras 09,10 y 11 el cual se observa que esta vía presenta una deficiente estructura y deterioro, sumándose a ello la falta de mantenimiento de red vial, la cual genera mal estar e incomodidad a los transeúntes del lugar. En tal sentido se propone que para las futuras obras de pavimentación flexible se apliquen los Geotextiles dentro de las consideraciones de diseño. Los Geotextiles se comenzaron a usar a principios de la década de los años 70, como un material constituyente en diversas obras de ingeniería, se establecieron firmemente como materiales prácticos y económicos en la construcción debido a sus propiedades físicas.

Dicha propuesta impulsaría a obtener una infraestructura vial adecuada con la finalidad de alargar los periodos de vida de los pavimentos flexibles en el ámbito local.

CAPITULO I:

PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El barrio de San Francisco tiene un área de 910,754.98 m², comprende un total de 124 cuadras transitables, de las cuales, tan solo 3 cuadras son de pavimento asfáltico, y estas comprenden las cuadras 09, 10 y 11 del jirón José de Sucre, iniciando desde el Jr. Agustín Gamarra hasta el Jr. Enrique palacios, sumando un total de 2,383.67 m² de pavimento asfáltico, el cual es considerada como una vía importante debido al tráfico constante y cuya dirección conecta directamente a la ciudad de Huaraz (Plaza de Armas) desde el Barrio La Soledad y viceversa.

Sin embargo estas tres cuadras se encuentran en mal estado, debido al deterioro prematuro y sistemático de esta vía, así como el deficiente comportamiento estructural que desde hace mucho tiempo a la fecha ha venido teniendo. Cabe mencionar que este pavimento asfáltico fue construido el año 1982, y que; al poco tiempo (2 – 5) años, se fue evidenciando, presencia de fisuras, grietas, baches y el desprendimiento parcial de la carpeta asfáltica en muchos de los tramos de este pavimento, forzando así a realizar acciones constantes en mantenimiento,

reconstrucción, bacheo y sellado de grietas, implicando así un sobre costo en acciones de mejoramiento de esta vía.

Tal es así que el año 2012, esta vía fue repavimentada, obteniendo malos resultados, dado que al poco tiempo este pavimento se fue deteriorando de manera sistemática generando así, caos en el tráfico vehicular e incomodidad de los transeúntes de la zona.

Por ello la preocupación del mal estado de esta vía que se plantea en este estudio de investigación la de proponer la aplicación de un nuevo método constructivo en obras viales, considerando la aplicación del geotextil, material de polímero de alta retención de asfalto y resistencia a las temperaturas moderadas, cuyas características y propiedades reflejan la versatilidad, bondad y garantía en obras de pavimentación, así como la gran acogida que ha tenido este sistema de pavimentación durante los últimos años en ciudades y poblaciones internacionales y cuyos resultados han generado beneficios socioeconómicos siendo ejemplos suficientes sobre los cuales se puede medir el verdadero alcance de la pavimentación con el uso del geotextil como un sistema innovador en la zona sierra.

1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Espacial

El presente estudio de investigación se desarrolló en el Distrito de Huaraz, Barrio de San Francisco.

1.2.2. Temporal

El presente estudio de investigación se desarrollará en el período de julio a noviembre del 2017.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Problema General

¿El uso del geotextil es una propuesta para mejorar el pavimento asfáltico en las cuadras 9,10 y 11 del Jr. José de Sucre, Barrio de San Francisco?

1.3.2. Problemas Específico

¿El medio ambiente y la alta transitabilidad son las posibles causas para el deterioro del pavimento asfaltico en el Jr. José de sucre cuadras 9,10 y 11 del Barrio de San Francisco, Distrito de Huaraz?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Proponer el uso del geotextil para el mejoramiento del pavimento asfáltico en las cuadras 9, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, Barrio San Francisco del distrito de Huaraz – Ancash, 2017.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Describir las funciones, propiedades y características del geotextil.

- Determinar mediante el método AASTHO los espesores del pavimento asfáltico del Jr. José de Sucre cuadras 9,10 y 11 Barrio San Francisco del distrito de Huaraz.
- Describir el procedimiento en la aplicación del geotextil en pavimentos asfálticos.

1.5. FORMULACION DE LA HIPOTESIS

1.5.1 Hipótesis General

El uso del geotextil mejora el pavimento asfáltico en el Jr. José de sucre cuadras 9,10 y 11 Barrio San Francisco del distrito de Huaraz.

1.6. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN BNV

1.6.1 Variable X_1

Propuesta del uso del geotextil

1.6.2 Variable X_2

Mejoramamiento del pavimento Asfáltico.

1.6.3 Operacionalización de Variables

1.1 Variable X_1 : Propuesta del uso del Geotextil:

Indicadores:

- Resistencia a las cargas de tránsito.
- Resistencia al intemperismo.
- Tipo de polymer
- Impermeabilidad
- Permeabilidad

2.1 Variable X₂: Mejoramiento del Pavimento Asfáltico:

Indicadores:

- Durable
- Segura
- Cómoda

1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 Tipo de Investigación

El tipo de estudio de investigación es Aplicada.

1.7.2 Nivel de Investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio, el nivel de investigación reúne las características de un estudio de alcance descriptivo.

1.7.3 Métodos de Investigación

En este estudio de investigación se aplicó el método deductivo para la teorización de las variables, el método inductivo con el

propósito de elaborar las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

1.7.4 Diseño de investigación

No experimental Descriptivo propositivo.

En un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes,...es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos. Hernandez, 2010.

La investigación transversal recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. Hernandez, 2010.

M ————— O

Donde:

M = Muestra

O = Información / observación relevante que se recogió de la muestra.

1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA

1.8.1 Población

Vías de tránsito del barrio San Francisco.

1.8.2 Muestra

Las cuadras 09,10 y 11 del Jr. José de sucre, Barrio san Francisco. El muestreo no probabilístico, Las muestras no

probabilísticas o dirigidas son de gran valor, pues logran obtener los casos (personas, contextos, situaciones) que interesan al investigador y que llegan a ofrecer una gran riqueza para la recolección y el análisis de los datos... Aquí el procedimiento no es mecánico ni con base en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador. Hernández, 2010.

1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.9.1 Técnicas

Se utilizó como técnica a la encuesta, con el cual permitió que mediante la opinión de los moradores, se sustente la situación problemática de esta vía.

1.9.2 Instrumentos

Se utilizó como instrumento de recolección de datos mediante el cuestionario.

1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.10.1 Justificación

Teniendo en cuenta la poca durabilidad que ofrece el pavimento asfáltico, en las cuadras 9,10 y 11 del Jr. José de Sucre, se hace necesario proponer el uso del geotextil, dado a sus propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas que posee este material, el cual nos permitirá garantizar el periodo útil de la infraestructura vial, evitando el

deterioro prematuro de la vía, así como la poca complejidad que supone su instalación se plasma en la reducción de los costos por mantenimiento, beneficiando a los transeúntes que circulan por las cuadras 9, 10 y 11 del Jr. José de Sucre del Barrio San Francisco, brindando seguridad, comodidad y menor impacto en el medio ambiente.

1.10.2 Importancia

El estudio de investigación es de suma importancia, dado que nuestra del uso de geotextil como material innovador en la ingeniería constructiva y por sus propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas que posee este material y en relación a la problemática expuesta, considero que es una solución porque permitirá mejorar transitabilidad vial brindando bienestar a los pobladores, evitaremos accidentes, sobre todo garantizará una mayor vida útil ante el deterioro existente del pavimento asfáltico en las cuadras 9, 10 y 11 del Jr. José de Sucre del distrito de Huaraz

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A mediados de mil ochocientos se desarrollan los primeros polímeros sintéticos. Un polímero es una macromolécula (generalmente orgánica) formada por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros. Los polímeros naturales más conocidos son el ADN, las proteínas y la celulosa. A partir de estas se desarrollan polímeros sintéticos en laboratorios; dentro de los más usados actualmente podemos mencionar el nylon, el poliestireno, el poli cloruro de vinilo (PVC), el polietileno, etc.

El uso de estos insumos permitió la creación de una nueva clase de materiales: los geosintéticos. La norma ASTM D4439 define un geosintético como "un material planar fabricado a partir de materiales poliméricos usado en contacto con suelo, roca, tierra u otro material relacionado con la ingeniería geotécnico y que es parte de un proyecto realizado por el hombre". La estructura, la composición y el comportamiento molecular de los polímeros utilizados para formar este material tienen una influencia directa en sus propiedades físicas, mecánicas, hidráulicas, y en su comportamiento.

Los primeros materiales en desarrollarse fueron los geotextiles, un conjunto de textiles desarrollados como "telas filtrantes". Estos alcanzaron gran popularidad durante los años 1950s ya que se empezaron a utilizar como una alternativa al uso de material granular en aplicaciones de drenaje y control de erosión. Años después, en Francia, se dan los primeros intentos del uso de geosintéticos en vías no pavimentadas, debajo de balastos (ferrocarriles), dentro de terraplenes y como refuerzo de presas de tierra; en estos casos se buscaba que el material cumpla las funciones de separación y refuerzo.

En el siguiente cuadro podemos ver las funciones principales que cumplen los principales geosintéticos presentes actualmente en el mercado:

Cuadro N°01: Funciones principales de algunos geosintéticos

	GEOTEXTIL	GEOMEMBRANA	GEONET	GEOMALLA	GEOCOMPUESTO
Separacion	X				X
Filtracion	X				X
Drenaje	X		X		X
Impermeabilizacion		X			X
Refuerzo	X			X	X

Fuente Pavco 2015

En el proceso de investigación bibliográfica, documental y recolección de información para el sustento del plan de tesis se encuentra que:

A nivel internacional Landi y Pesántez (2015) en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil denominado " Estudio de la utilización de

geotextiles como filtro en presas de tierra homogéneas", de la Universidad De Cuenca – Ecuador de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil; tiene por objetivo general Decidir sobre la utilización de geotextiles como filtros en las presas de tierra homogéneas del proyecto PACALORI y como objetivos específicos la de realizar ensayos en el laboratorio con los geotextiles más usados para filtración y la de decidir y recomendar qué tipo de geotextil usar en la construcción de los drenes de la presas, por lo que concluye en que los resultados de las pruebas de laboratorio obtenidas utilizando los geotextiles no tejidos como filtro, para proteger los suelos finos que constituirán la cortina de la presa Chojampe, muestran que los mismos pueden ser utilizados como parte de los drenajes que se han diseñado en la sección de presa de tierra homogénea de dicha presa.

Gavilanes (2012) en su tesis para optar el título de Ingeniera Civil de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería Civil, titulada "Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintéticos aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua . La Maná"; concluye diciendo: realizado el ensayo de la viga Benkelman a nivel de base granular, para el conjunto sub-rasante, sub-base, base se calcularon valores de deformaciones críticas de 0,942mm para la estructura con geomalla y 1,4415mm sin geomalla, siendo valores que se encuentran dentro de lo permisible 2,54cm. Es decir que el tramo con la estructura de pavimento reforzada, presenta menos deformaciones y mayores rigideces en la diferentes capas del pavimento, comparadas con las del diseño tradicional, por tal razón la utilización del geotextil y la

geomalla a nivel de sub-rasante ayuda a la estabilidad de la estructura, reduciendo los espesores de las capas. Los valores obtenidos de los diferentes ensayos, una vez analizados constituyen parámetros que sirven para poder diseñar la alternativa más viable técnica y económicamente de la estructura del pavimento.

Torres, (2011) en su tesis para optar el título de ingeniero civil denominado: "Diseño de pavimentos flexibles con superficie de rodamiento conformada con asfaltos ahulados y reforzados con polímeros" en una de sus conclusiones demuestra que el uso de un geotextil, para el cuerpo de un pavimento, es de suma importancia puesto que, le brinda un mejor acomodo y delimitación del mismo, evitando la filtración de finos y/o partículas de la subrasante, de eso modo no existe contaminación de agentes que no pertenecen al pavimento.

Tenemos también a Campaña al (2011) en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil denominada "los Geosintéticos aplicados a Obras de Pavimento Flexible" de la Universidad Politécnica del Litoral de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Guayaquil – Ecuador, uno de sus objetivos es presentar una metodología innovadora para diseñar un pavimento flexible utilizando geomallas y demostrar sus ventajas económicas y de optimización de recursos; concluyendo en "...El uso de métodos estadísticos está fuertemente instituido para toda clase de diseños viales, desde corredores urbanos hasta carreteras interdepartamentales. Estos métodos no sólo son acordes con los

avances en investigación respecto al tema sino que no permiten la inclusión en el diseño de algún material geosintético..." y "Se debe tener en cuenta la importancia de reevaluar algunos parámetros de comparación de los diseños colombianos y mundiales. Usualmente, para referirse a los requerimientos de capacidad portante en el país, las guías de diseño utilizan el parámetro CBR como un evaluador confiable; el avance de las metodologías racionales y la popularización del uso de algunos ensayos más calificados hacen que las clasificaciones basadas en parámetros como el anteriormente mencionado pierdan vigencia y se consideren de baja calidad descriptiva frente a parámetros como el módulo resiliente".

A nivel nacional, Cabanillas (2014) en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil denominado "Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de base granulares en pavimentos flexibles", de la Pontificia Universidad Católica del Perú, de la facultad de Ciencias e Ingeniería, concluye refiriendo "En los casos en los que nos encontramos con suelos blandos (valores de CBR bajos), la geomalla, a pesar de no tener un aporte estructural considerable, tiene una gran influencia en la reducción de la variabilidad de los valores obtenidos en campo tenemos que tener en cuenta que la geomalla permitirá formar una plataforma más uniforme sobre la cual se apoyará la estructura del pavimento. Esto puede reducir los asentamientos diferenciales que podrían producir fisuras en la carpeta antes de lo estimado" y "Como se puede ver, a partir de los

resultados obtenidos, el uso de geomallas como refuerzo de bases granulares es una buena alternativa para disminuir los costos de construcción, tiempos de instalación, etc. Para poder difundir su uso se recomienda un mayor estudio de sus propiedades y su aporte estructural dentro de la capa a reforzarse.

Cardenas y Pari (2015) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecatrónico e Ingeniero Mecánico Electricista denominado " Carterización de las propiedades mecánicas de geotextiles de propileno no tejido mediante ensayos de tracción y elongación normalizados en una máquina universal para polímeros", de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa - Perú, escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Mecatrónica; tiene por objetivo general caracterizar en sus propiedades mecánicas el polipropileno como material textil plano de fibras poliméricas termoplásticas usado como geotextil, utilizando un máquina universal de ensayos para polímeros tipo Instron. En la que concluyen refiriendo que: al realizar el ensayo del punzonamiento según la norma ASTM D 4833-00 se obtuvo un valor promedio de 462.60 N este valor está 25.27% debajo del valor según los proveedores de las diferentes empresas nacionales e internacionales, a mayor espesor será mayor el valor de la carga obtenida en el geotextil. Y de la simulación se concluye que el geotextil nos proporciona una buena compactación y evita la mezcla de distintos tipos de materiales de relleno, esto nos sirve para evitar agrietamientos y hundimientos en los accesos.

Nuñez (2016) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil denominado "Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de Geosintéticos"; tiene por objetivo general evaluar el espesor de la base y sub base de una carretera con la aplicación de geosintéticos, conociendo sus propiedades físico – mecánicas, y así optimizar el costo, el tiempo de construcción, analizando la consecuencia positiva y negativa que generara a lo largo del tiempo. En la que concluyen refiriendo que: teniendo en cuenta que se debe hacer una máxima reducción de espesores de capas de pavimentos sobre un terreno de subrasante de CBR de 10%, la teoría estudiada sobre los geosintéticos hacen que optemos por el uso de la geomalla Biaxial MacGrid EGB 40 (material de polipropileno), puesto que este geosintético tiene propiedades físico – mecánicas ideales para mejorar la función estructural de la súbbase (trabajan en dos direcciones). Así lo demuestra los ensayos de CBR, a una altura de 2.5 cm un CBR promedio = 71.47% y una altura de 10 cm un CBR promedio = 114.87%, logrando así una capa de súbbase de mejor calidad y funcionalidad estructuralmente.

A nivel local se cuenta con muy escasa información actualizada respecto al tema de investigación, sin embargo; se tiene que Flores (2012) en su tesis denominada "Evaluación Estructural del Pavimento Flexible, en la Carretera al Pinar Km, 0+000.00 al Km 3+000.00 Basado en la Medición de deflexiones con Viga Benkelman" para optar el título profesional de Ingeniero Civil, de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, donde concluye "Las fallas en la superficie del

pavimento con asfalto de la vía Huaraz – El Pinar son piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, depresión, grietas longitudinales y transversales, grieta de borde, y pulimento de agregados producidos por la filtración del agua...”

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. PAVIMENTOS

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, edemas de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más

comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

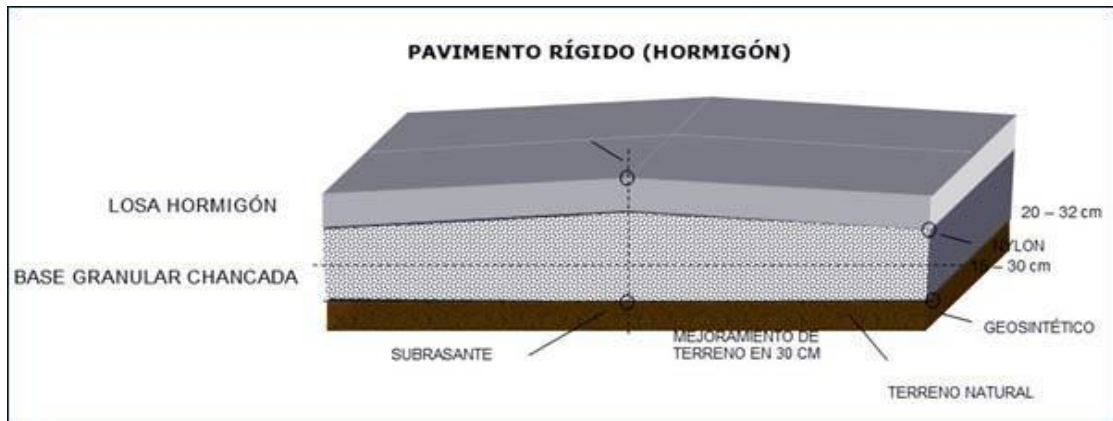
La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

A. TIPOS DE PAVIMENTOS

De los tipos de pavimentos, básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles.

- a. **El pavimento rígido** Son aquellos formados por una losa de concreto Portland sobre una base, o directamente sobre la subrasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada. -Tiene un costo inicial mucho más elevado que el pavimento flexible.

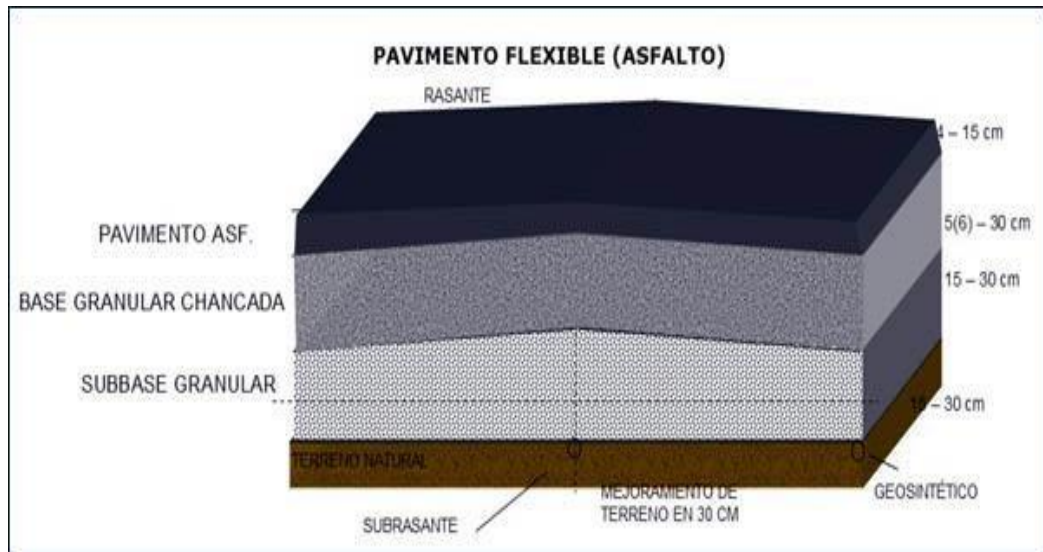
Imagen N° 01: Sección típica del pavimento rígido.



Fuente Internet

- b. El pavimento flexible** es aquel cuya estructura total se deflecta o flexiona. Este tipo de pavimento es de amplio uso en zonas de tráfico, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base.

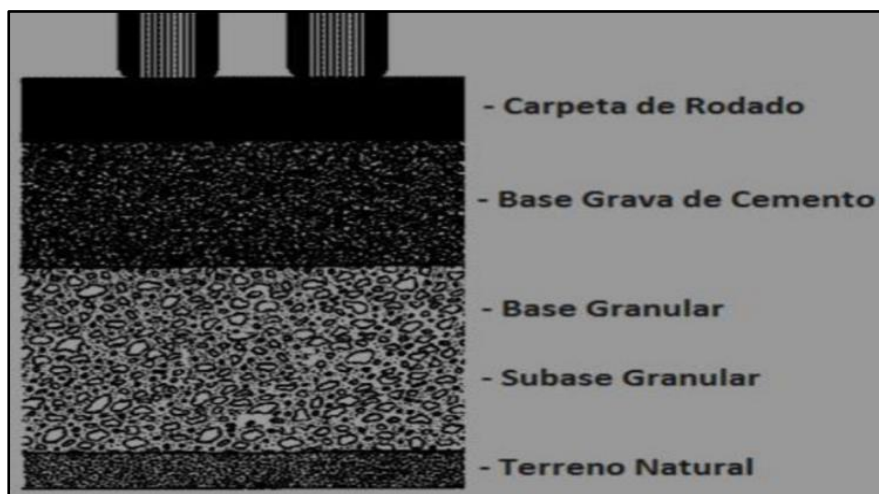
Imagen N°02: Sección típica del pavimento asfáltico.



Fuente: Pavimentos, Giordani.

c. **El pavimento compuesto:** es aquel en el que se combinan tipos de pavimentos diferentes, es decir, pavimentos “flexibles” y pavimentos “rígidos”, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima. Es usual que un pavimento compuesto comprenda una capa de base de concreto o tratada con cemento Portland junto con una superficie de rodadura de concreto asfáltico.

Imagen N°03: Sección típica del pavimento compuesto.



Fuente: Pavimentos, Giordani.

B. FUNCIÓN DE LOS PAVIMENTOS.

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de Los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada

comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.

En tal sentido para cumplir su función la estructura de un pavimento debe ser segura, cómoda y durable.

Segura: Una textura superficial adecuada para que los vehículos no se deslicen, con adecuado drenaje superficial para evacuar rápidamente el agua y un color que evite los reflejos y el encandilamiento.

Cómoda: La superficie debe ser estable transversal y longitudinalmente para evitar los brincos u oscilaciones de los vehículos y lograr un bajo nivel de ruido.

Durable: Se logra con una óptima calidad de los materiales y adecuadas técnicas constructivas que garanticen, dentro del menor costo, el cumplimiento del diseño en la vida útil estimada.

C. PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Llamado también pavimento asfáltico, conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle; la base y sub base, todas apoyadas sobre la subrasante.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de 10 a 15 años, teniendo la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

a. CICLO DE VIDA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

Los pavimentos sufren un proceso de deterioro permanente debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, tales como: el agua, el tráfico, la gravedad en taludes, etc.

Estos elementos afectan al pavimento, en mayor o menor medida, pero su acción es permanente y termina deteriorándolo convirtiéndolo en intransitable.

Por lo tanto, el mantenimiento no es una acción que puede efectuarse en cualquier momento, sino más bien es una acción sostenida en el tiempo, orientada a prevenir los efectos de los agentes que actúan sobre el pavimento. (Menéndez, 2003).

El ciclo de vida de un pavimento consta de cuatro fases, las cuales se describen a continuación: (Menéndez, 2003).

- **Fase A: Construcción**

Un pavimento puede ser de construcción sólida o con algunos defectos constructivos. De todos modos entra en servicio apenas se termina la obra.

El pavimento se encuentra, en ese momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios.

- **Fase B: Deterioro lento y poco visible.**

Durante cierto número de años el pavimento va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura.

Este desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por el pavimento, aunque también por la influencia del clima, del agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores.

Durante la fase B, el pavimento se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas.

- **Fase C: Deterioro acelerado.**

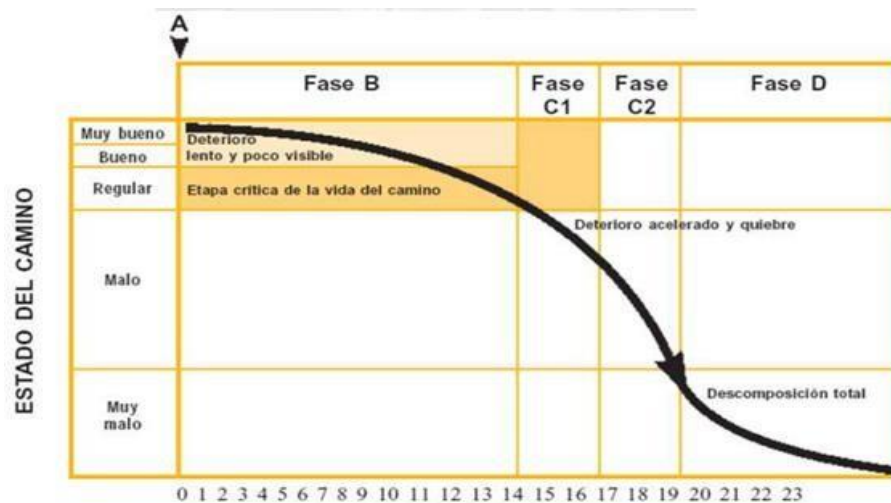
Después de varios años de uso, la superficie de rodadura y otros elementos del pavimento están cada vez más "agotados"; el pavimento entra en un período de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito vehicular. Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van

extendiendo hasta afectar la mayor parte de la estructura del pavimento.

- **Fase D: Descomposición total.**

Esta fase constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del pavimento queda reducida a sólo una fracción de la original.

Cuadro N°02: Condición de vía sin mantenimiento



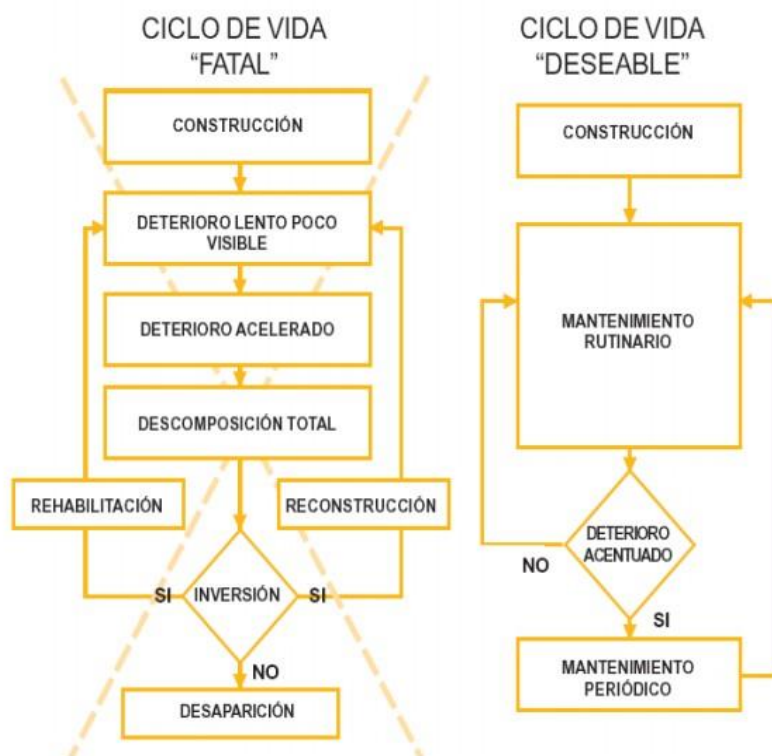
Fuente: mantenimiento rutinario de caminos con micropresas, (Menéndez, 2013)

b. CICLO DE VIDA DESEABLE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso que sigue un pavimento sin mantenimiento y otro con mantenimiento, en el que podemos apreciar que la falta de mantenimiento

permanente conduce inevitablemente al deterioro total del pavimento, mientras que la atención constante del mismo mediante el mantenimiento rutinario, sólo requiere, cada cierto tiempo, trabajos de mantenimiento periódico. (Menéndez, 2003).

Figura N°01: Diagrama de flujo del ciclo de vida "fatal" y "deseable"



Fuente: mantenimiento rutinario de caminos con micropresas, (Menéndez, 2013)

D. ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO FLEXIBLE

Los pavimentos flexibles son los que están integrados por una superficie de rodadura apoyada generalmente sobre capas no rígidas, la base, sub-base y sub-rasante. Los cuales se describen a continuación: (Coronado, 2002).

a. Sub rasante: Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante, por lo que esta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incomprensibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad

b. Sub base: Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares.

Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que

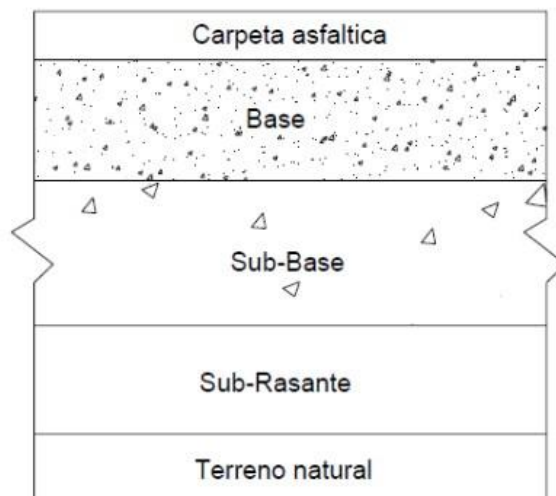
produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una sub-rasante o sub-base adecuada.

- c. Base granular:** Es la capa de pavimento que tiene como función primordial distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub-base y a través de ésta a la sub-rasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

Esta base está constituida por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

- d. Superficie de rodadura o carpeta asfáltica:** Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos.

Figura N°02: Estructura de un pavimento flexible.



Fuente: mantenimiento rutinario de caminos con micropresas, (Menéndez, 2013)

2.2.2. CLASIFICACIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

A. FISURAS Y GRIETAS

a. Fisuras piel de cocodrilo:

Serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro promedio menor a 30 cm. El fisuramiento empieza en la parte inferior de las capas asfálticas, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan su valor máximo, cuando el pavimento es solicitado por una carga.

Las fisuras se propagan a la superficie, inicialmente, como una serie de fisuras longitudinales paralelas; luego por efecto de la repetición de, evolucionan interconectándose y formando una malla cerrada, que asemeja el cuero de un cocodrilo. (Coronado, 2000). La causa más frecuente es la falla por fatiga

de la estructura o de la carpeta asfáltica principalmente debido a:
(Gutiérrez, 2006).

- Espesor de estructura insuficiente.
- Deformaciones de la sub-rasante.
- Problemas de drenaje que afectan a los materiales granulares.
- Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.
- Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración, deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo).
- Reparaciones mal ejecutadas, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño.

Imagen N°04: Fisuras piel de cocodrilo.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos.
(Gutiérrez, 2006).

i. Fisuras en bloque

Serie de fisuras interconectadas formando piezas aproximadamente rectangulares, de diámetro promedio mayor de 30 cm, con un área variable de 0.10 a 9.0 m².

La fisura en bloque se presenta normalmente en una gran área del pavimento. (Coronado, 2000).

La fisuración en bloque es causada principalmente por:

- La contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día, lo cual se traduce en ciclos de esfuerzo – deformación.
- El asfalto se ha endurecido significativamente, debido al envejecimiento de la mezcla o al uso de un asfalto inadecuado.
- Combinación del cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración.

Imagen N°05: Fisuras en bloque.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutierrez, 2006).

ii. Fisuras en arco

Son fisuras en forma de media luna que apuntan en la dirección de las fuerzas de tracción de las ruedas sobre el pavimento. Las fisuras en arco no necesariamente apuntan en el sentido del tránsito. (Coronado, 2000). La fisuración en arco es causada principalmente por:

- Se producen cuando los efectos de frenado o giro de las ruedas de los vehículos provocan un resbalamiento y deformación de la superficie de pavimento.
- Ocurre generalmente cuando se combinan una mezcla asfáltica de baja estabilidad y una deficiente adherencia entre la superficie y la siguiente capa de la estructura del pavimento.
- Espesores de carpeta muy reducidos sobre superficies pulidas.
- Contenido alto de arena en la mezcla, sea arena de río o finos triturados.

Imagen N°06: Fisuras en arco



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos (Gutierrez ,2006)

iii. Fisura longitudinal y transversal.

Las fisuras longitudinales son paralelas al eje del pavimento. Las fisuras transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo. (Corros et al., 2009). La fisuración longitudinal y transversal es causada principalmente por:

- Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, debido a un exceso de falla, envejecimiento asfáltico, etc. Particularmente ante la baja temperatura y gradientes térmicos. (Coronado, 2000).
- Juntas de construcción inadecuadamente trabajadas.
- Uso de ligantes (asfaltos) muy duros. (Consejo De Directores De Carreteras De Iberia E Iberoamérica, 2002)

Imagen N°07: Fisura longitudinal



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutierrez ,2006)

Imagen N°08 Fisura transversal



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutiérrez, 2006)

iv. Fisura de borde

Fisuras con tendencia longitudinal a semicircular localizadas cerca del borde de la calzada, se presentan principalmente por la ausencia de berma. (Gutiérrez, 2006). La fisuración de borde es causada principalmente por (Corros et al., 2009).

- Éste daño puede originarse por debilitamiento debido a condiciones climáticas de la base o de la sub-rasante en sectores próximos al borde del pavimento.
- Falta de soporte lateral o por terraplenes contruidos con materiales expansivos.
- El deterioro se acelera por el efecto de las cargas de tránsito.

Imagen N°09: Fisuras de borde.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutierrez, 2006)

v. Fisura por reflexión de junta

Se presentan sólo en pavimentos mixtos constituidos por una superficie asfáltica sobre un pavimento de concreto con juntas. Consiste en la propagación ascendente hacia la superficie asfáltica, de las juntas del pavimento de concreto. Como consecuencia, por efecto de la reflexión, se observan en la superficie fisuras longitudinales y/o transversales que tienden a reproducir las juntas longitudinales y transversales de las losas inferiores. La fisuración por reflexión de junta es causada principalmente por (Coronado, 2000)

- Son causadas principalmente por el movimiento de las losas de concreto, como resultado de cambios de

temperaturas o cambios en los contenidos de humedad.

- Las grietas por reflexión se propagan dentro de la capa asfáltica, como consecuencia directa de una concentración de tensiones.
- Asimismo por la aplicación de las cargas de tránsito las losas experimentan deflexiones verticales importantes en las juntas la reflexión se produce con mayor rapidez.
- El tránsito puede producir la rotura de la capa asfáltica en la proximidad de las fisuras reflejadas, resultando en peladuras y eventualmente baches.

Imagen N°10: Fisuras por reflexión de junta.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutierrez ,2006)

B. DEFORMACIONES SUPERFICIALES DE PAVIMENTOS ASFALTICOS.

a. Ahuellamiento:

Depresión longitudinal continúa a lo largo del rodamiento del tránsito, de longitud mínima de 6 m. (Coronado, 2000).

Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración. (Gutiérrez, 2006).

Las causas se orientan a las repeticiones de las cargas de tránsito que conducen a deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o en la sub-rasante.

Cuando el radio de influencia de la zona ahuellada es pequeño, las deformaciones ocurren en las capas superiores del pavimento; cuando el radio de influencia es amplio, las deformaciones ocurren en la sub-rasante. (Coronado, 2000).

En algunos casos se hace más evidente cuando la mezcla asfáltica se desplaza formando un cordón a cada lado del área deprimida. Las causas posibles incluyen: (Coronado, 2000).

- Las capas estructurales pobremente compactadas.
- Inestabilidad en bases y sub-bases granulares, creada por la presión del agua o saturación de la misma.
- Mezcla asfáltica inestable.

- Capacidad estructural del pavimento con espesores deficientes de las capas que lo integran.
- Técnica de construcción pobre y un bajo control de calidad.
- Estacionamiento prolongado de vehículos pesados.

Imagen N°11: Ahuellamiento



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutierrez ,2006)

b. Corrugación:

Serie de ondulaciones, constituidas por crestas y depresiones, perpendiculares a la dirección del tránsito, las cuales se suceden muy próximas unas de otras, a intervalos aproximadamente regulares, en general menor de 1 m entre ellas, a lo largo del pavimento. (Coronado, 2000)

Las causas se orientan La ondulación es una deformación plástica de la capa asfáltica, debido generalmente a una pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos por mala dosificación del asfalto, uso de ligantes blandos o agregados redondeados. Otra causa puede estar asociada a un exceso de humedad en la sub-rasante, en cuyo caso el daño afecta toda la estructura del pavimento.

Además también puede ocurrir debido a la contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica. (Gutiérrez, 2006).

Bajo este contexto, las causas más probables son: (Gutiérrez, 2006).

- Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica.
- Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.
- Exceso o mala calidad del asfalto.
- Insuficiencia de triturados (caras fracturadas).
- Acción del tránsito en las zonas de frenado y estacionamiento.
- Deslizamiento de la capa de rodadura sobre la capa inferior por exceso de riego de liga.

Imagen N°12: Corrugación.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutierrez ,2006)

c. Hinchamiento:

Abultamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, generalmente en la forma de una onda que distorsiona el perfil de la carretera. (Coronado, 2000).

Son causadas fundamentalmente por la expansión de los suelos de sub-rasante del tipo expansivo. (Coronado, 2000).

Bajo este contexto, las causas más probables son:
(Coronado, 2000)

Imagen N°13: Hinchamiento.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutierrez ,2006)

d. Hundimiento:

Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo. (Coronado, 2000).

Este tipo de daño puede generar problemas de seguridad a los vehículos, especialmente cuando contienen agua pues se puede producir hidropneumático. (Gutiérrez, 2006).

Existen diversas causas que producen hundimientos las cuales están asociadas con problemas que en general afectan toda la estructura del pavimento: (Gutiérrez, 2006).

- Deficiencia de compactación de las capas inferiores del pavimento, del terraplén o en las zonas de acceso a obras de arte o puentes.
- Deficiencias de drenaje que afecta a los materiales granulares.
- Circulación de tránsito muy pesado.
- Diferencia de rigidez de los materiales de la sub-rasante en los sectores de transición entre corte y terraplén.

Imagen N°14: Hundimiento.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutierrez ,2006)

C. DESINTEGRACION EN LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS.

a. Bache:

Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del

área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito (Gutierrez, 2006).

Los baches se producen por conjunción de varias causas: (Coronado, 2000).

- Fundaciones y capas inferiores inestables.
- Espesores insuficientes.
- Defectos constructivos.
- Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.

Imagen N°15: Baches



Fuente propia: Jr. José de Sucre cuadra 10. (Huaraz, 2017).

b. Desintegración de bordes:

Consiste en la progresiva destrucción de los bordes del pavimento por la acción del tránsito. (Coronado, 2000).

Común en pistas con bermas no pavimentadas y sin sardinel. (Booz et al., 1999).

La causa primaria es la acción localizada del tránsito, tanto por su efecto abrasivo como por el poder destructivo de las cargas, sobre el extremo del pavimento donde la debilidad de la estructura es mayor debido al menor confinamiento lateral, deficiente compactación del borde, etc.

La presencia de arenas angulosas sueltas, muy próximas a la pista, hace que aumente la abrasión de las llantas que ascienden y descienden del pavimento, provocando peladuras severas que pueden conducir a la desintegración. (Coronado, 2000)

Imagen N°16: Desintegración de bordes.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutierrez ,2006)

c. Perdida de agregado:

Conocida también como desintegración, corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos. (Gutiérrez, 2006). Las posibles causas tenemos. (Gutiérrez, 2006).

- Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales.
- Problemas de adherencia entre agregado y asfalto.
- Uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes.
- Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.
- Endurecimiento significativo del asfalto.
- Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica.
- Contaminación de capa de rodadura con aceite, gasolina y otros.

Imagen N°17: Perdida de agregado.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutiérrez, 2006)

D. DAÑOS SUPERFICIALES

a. Desgaste superficial:

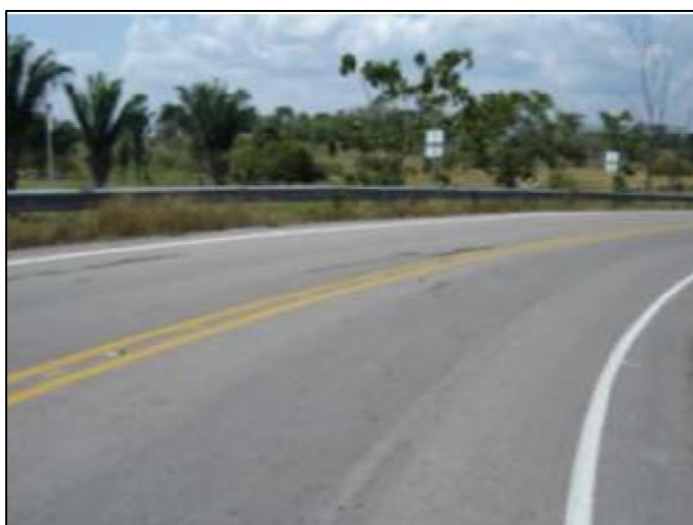
Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. (Gutiérrez, 2006).

Generalmente es un deterioro natural, si se presenta con severidades medias o altas a edades tempranas puede estar asociado a un endurecimiento significativo del asfalto. Pueden generarse también por las siguientes causas: (Gutiérrez, 2006).

- Falta de adherencia del asfalto con los agregados.

- Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla.
- Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos además del tránsito.

Imagen N°18: Desgaste superficial.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutierrez ,2006)

b. Exudación de asfalto:

Consiste en el afloramiento de un material bituminoso de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento, formando una película continua de ligante, creando una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa durante el tiempo cálido. (Coronado, 2000). La exudación es causada por un excesivo contenido de asfalto en las mezclas asfálticas y/o sellos bituminosos.

Ocurre en mezclas con un porcentaje de vacíos deficientes, durante épocas calurosas. El ligante dilata, llena los vacíos y aflora a la superficie, dejando una película de bitumen en la superficie. Dado que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumula en la superficie. (Coronado, 2000). Otras posibles causas son: (Instituto Mexicano Del Transporte, 2001).

- Tránsito intenso.
- Excesiva compactación.

Imagen N°19: Exudación de asfalto.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutiérrez ,2006)

c. Surcos:

Corresponde a franjas o canales longitudinales donde se han perdido los agregados de la mezcla asfáltica. (Gutiérrez, 2006).

Otras posibles causas son: (Gutiérrez, 2006).

- En tratamientos superficiales se da por distribución transversal defectuosa del ligante bituminoso o del agregado, lo cual genera el desprendimiento de los agregados.
- En concreto asfáltico está relacionado con la erosión producida por agua en zonas de alta pendiente. (Gutiérrez, 2006).

Imagen N°20: Surcos



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. (Gutierrez ,2006)

2.2.3. GEOTEXTILES:

Es un geosintético o material textil de estructura plana, permeable constituido por fibras poliméricas unidas por tejido punzonado o termofijado, diseñado con determinadas características de resistencia y porosidad, que se emplea en contacto con suelos y otros materiales para aplicaciones geotécnicas en la ingeniería

civil, las cuales se pueden fabricar de forma tejida y no tejida dependiendo del uso o función a desempeñar. Los polímeros utilizados en la fabricación de geotextiles suelen ser de origen sintético debido a su mayor durabilidad frente a los naturales.

Imagen N° 21: Geotextil – Presentación en rollo.



Fuente: Pavco – Geotextiles

A. GEOTEXTILES SEGÚN SU FORMA DE FABRICACIÓN:

a. Geotextiles tejidos

Son aquellos cuya malla esta tejida con fibras en dos direcciones (trama y urdimbre). Pueden ser tejidos planos o tricotados.

Los tejidos planos son los formados por hilos de urdimbre (sentido longitudinal) y de trama (sentido transversal). Su resistencia a la tracción es de tipo biaxial (en los dos sentidos de su fabricación) y puede ser muy elevada (según las características de los hilos empleados). Su estructura es plana.

Los tricotados están fabricados con hilo entrecruzado en máquinas de tejido de punto. Su resistencia a la tracción puede ser multiaxial o biaxial según estén fabricados en máquinas tricotasas y circulares, o Ketten y Raschel. Su estructura es tridimensional.

Las funciones más importantes que tienen estos geotextiles son: Separación, refuerzo y estabilización.

Imagen N° 22: Geotextil tejido– Presentación.



Fuente: Pavco, geotextiles tejidos

b. Geotextiles no tejidos

Es un material textil plano permeable, de apreciada deformidad, constituido por fibras poliméricas unidas por tejido punzonado o termofijado, diseñado con determinadas características de resistencia y porosidad, sus fibras

entrelazadas en forma aleatoria ligadas mediante procesos mecánicos, térmicos o químicos con filamento continuo.

Las principales funciones de los geotextiles no tejidos son el drenaje y filtración, ya que dejan pasar el agua y permiten retener finos. Además, tienen otros usos como separación para terrenos con diferentes propiedades físicas, reforzar y estabilizar el suelo; y proteger barreras impermeables.

Imagen N° 23: Geotextil no tejido– Presentación.



Fuente: Pavco, geotextiles no tejidos

Los Geotextiles no tejidos se clasifican a su vez en:

- Geotextiles no tejidos ligados mecánicamente o agujados.
- Geotextiles no tejidos ligados térmicamente o termosoldados.
- Geotextiles no tejidos ligados químicamente o resinados.

B. CLASIFICACIÓN DE LOS GEOTEXILES SEGÚN SU COMPOSICIÓN.

Las fibras que más se emplean son las sintéticas, siendo por ello que siempre tendemos a asociar al geotextil con fibras o filamentos sintéticos. Sin embargo, al presentar gran diversidad de aplicaciones, también se fabrican con fibras naturales y artificiales.

a. Fibras Naturales

Pueden ser de origen animal (lana, seda, pelos...) vegetal (algodón, yute, coco, lino...) que se utilizan para la fabricación de Geotextiles biodegradables utilizados en la revegetación de taludes, por ejemplo, en márgenes de ríos etc.

Imagen N° 24: Geotextil fibra natural.



Fuente: Pavco, geotextiles no tejidos

b. Fibras Artificiales

Las fibras artificiales en geotextiles son las derivadas principalmente de la celulosa. Son el rayón, la viscosa y el acetato.

Imagen N° 25: Geotextil artificial.



Fuente: Pavco, geotextiles no tejidos

c. Fibras Sintéticas

Cuando al geotextil se le exige durabilidad, se fabrica con fibras o filamentos obtenidos de polímeros sintéticos.

Los Geotextiles fabricados con estos polímeros son de gran durabilidad y resistentes a los ataques de microorganismos y bacterias. Los más empleados son el polipropileno, poliéster, polietileno, poliamida y poliacrílico.

Imagen N° 26: Geotextil sintético.



Fuente: Pavco, geotextiles no tejidos

C. PROPIEDADES DE LOS GEOTEXTILES

Las propiedades de los geotextiles está en función al tipo, características y especificaciones de acuerdo con las funciones a desempeñar y campos de aplicación en las diferentes obras de construcción, dentro de las cuales tenemos:

a. Propiedades mecánicas:

- Resistencia a la tensión (N)
- Resistencia al estallido (psi)
- Resistencia al punzonamiento (KN)
- Resistencia al rasgado trapezoidal (N)

b. Propiedades físicas

- Tipo de polímero
- Espesor (mm)

- Resistencia UV (%)
- Ancho del rollo (m)
- Largo del rollo (m)
- Área del rollo.

c. Propiedades hidráulicas

- Tasa de flujo
- Permeabilidad (m/seg).

D. FUNCIONES DE LOS GEOTEXILES:

El uso de los Geotextiles tejidos y no tejidos puede definirse mediante las funciones que va a desempeñar. En la mayoría de las aplicaciones el Geotextil puede cumplir simultáneamente varias funciones, aunque siempre existirá una principal que determine la elección del tipo de geotextil que se debe utilizar.

A continuación, se describen las distintas funciones como la de separación, refuerzo, drenaje, filtro, protección, impermeabilización que pueden desempeñar:

a. Función de Separación

La separación impide el contacto entre dos superficies de distintas propiedades físicas, lo cual evita su mezcla y contaminación, aunque permite el flujo libre de líquidos

filtrándolos a través del geotextil, puede ser entre dos capas diferentes de suelo aportado o entre suelo natural y de aporte.

Para evitar la mezcla de materiales debe soportar las cargas estáticas y dinámicas del material de aporte y del tráfico durante su colocación, así como también la retención de finos.

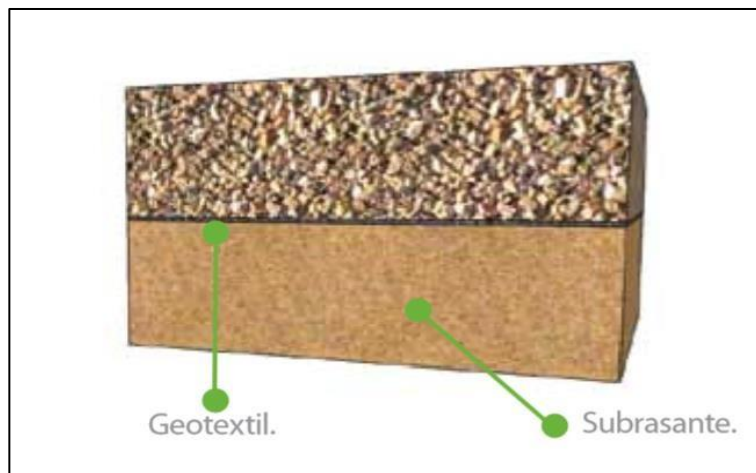
Su campo de aplicación se considera entre la estructura de pavimento y subrasantes con CBR entre 3% y 10% (vías pavimentadas, no pavimentadas, vías férreas, aeropuertos), entre la cimentación y terraplenes de suelos, debajo de diferentes áreas (sardineles, campos deportivos, parqueaderos), filtración y separación de estructuras hidráulicas (gaviones, canales, etc).

La ventaja en esta función es de mantener la integridad de los materiales, aumentar la vida útil de la estructura, evitar la contaminación de materiales granulares e impedir el lavado de finos.

En la función de separación deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Resistencia a la tracción.
- Resistencia al punzonamiento.
- Elongación a la rotura
- Espesor del geotextil.

Figura N° 03: Función de separación.



Fuente: Geosistemas Pavco

b. Función Refuerzo

El Geotextil actúa como un elemento estructural y de confinamiento de los granos del suelo, permitiendo difundir y repartir las tensiones locales. Estas acciones mejoran la calidad de los suelos aumentando la capacidad portante y la estabilidad de la construcción. De esta manera se mejora las propiedades mecánicas del suelo y se disminuye el nivel de cargas sobre el terreno porque realiza un trabajo de homogeneizar las cargas sobre una superficie extensa.

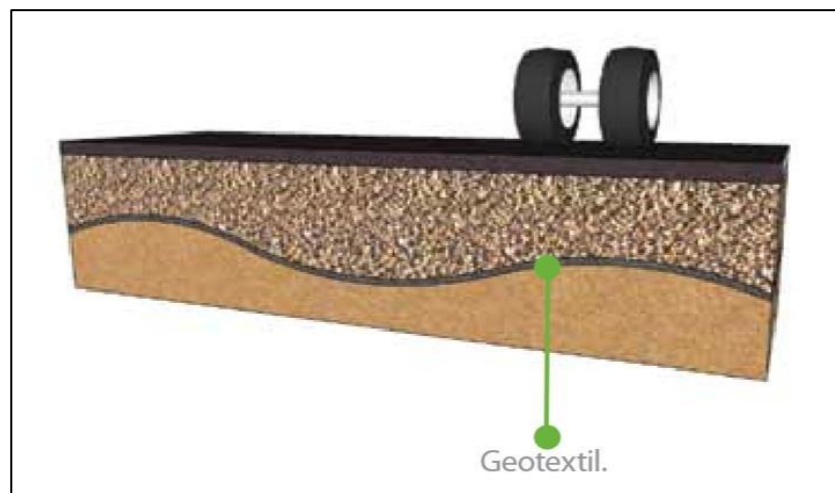
Su ámbito obedece a la aplicación entre la estructura del pavimento y subrasantes con CBR menor al 3% (vías pavimentadas, no pavimentadas, vías férreas y aeropuertos), así como la conformación de terraplenes, plataformas, vías y cimentaciones sobre suelos extremadamente blandos.

Las ventajas se generan en la reducción de espesores de material granular, al reemplazar parte del aporte estructural de estos por el aporte a la tensión del geotextil, el aumento de vida de las estructuras, el incremento de la capacidad portante y la mayor rentabilidad económica de la obra.

Se considera 02 tipos de refuerzos:

- Refuerzo en la tracción, eliminando las fuerzas de vuelco.
- Estabilización del suelo mediante confinamiento de partículas, evacuando por suspensión el agua contenida.

Figura N° 04: Función de refuerzo.



Fuente: Geosistemas Pavco

c. Función De Drenaje

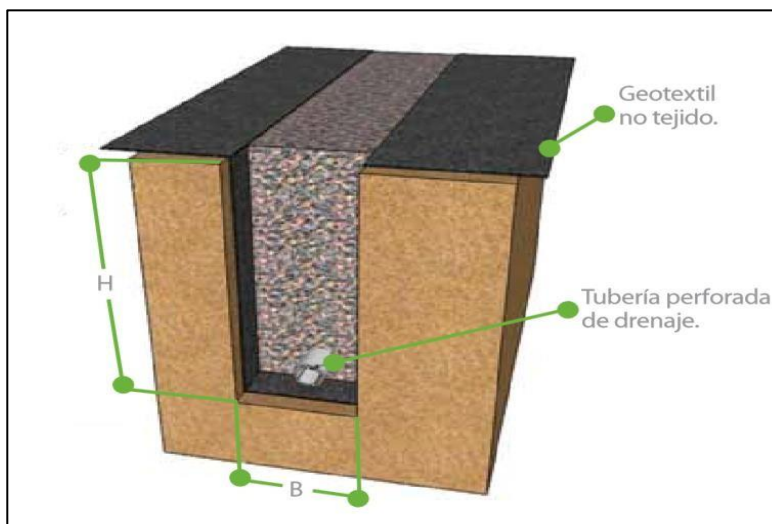
Es el proceso mediante el cual se realiza el pasaje de un lugar a otro de un fluido (liquido o gas), evacuándolo. De esta manera se efectúa la eliminación por evacuación en el

espesor el geotextil sin producir el lavado de finos. Los geotextiles no tejidos, debido a su porosidad mayor al 80% y estructura de fibras entrelazadas aleatoriamente, poseen una alta permeabilidad, permitiendo el paso del agua y reteniendo las partículas del suelo.

Su ámbito se aplica a los filtros tradicionales en vías, parqueaderos, edificaciones y campos deportivos, así como colchones drenantes bajo estructuras como terraplenes y vías o chimeneas drenantes en el espaldón de muros de contención.

La ventaja que genera es de incrementar la vida útil de las estructuras de drenaje, evitar la colmatación del material drenante y aumenta la capacidad de evacuación de líquidos.

Figura N° 05: Función de drenaje.



Fuente: Geosistemas Pavco

d. Función Filtro

Es la propiedad de retención de un material de ciertas partículas sometidas a fuerzas hidrodinámicas al tiempo que permite el paso de fluidos. La función de filtro debe garantizar su estabilidad hidráulica.

- Permeabilidad.
- Abertura eficaz de poros.
- Espesor del geotextil.

e. Función Protección

Previene o limita un posible deterioro en un sistema geotécnico. El geotextil actúa protegiendo geomembranas impermeables, de modo que impide que se produzcan daños mecánicos de abrasión o punzonamiento. En pavimentos el geotextil se dispone entre la superficie de la estructura del pavimento antiguo y la nueva capa de rodadura, previa aplicación de un ligante asfáltico.

Su campo se aplica en repavimentación de vías, pistas de aeropuertos, etc, así como en la construcción de estructuras asfálticas nuevas.

Las ventajas que genera se plasman en el retardo de la aparición de fisuras del pavimento antiguo a la nueva superficie, actúan como barrera impermeable que impide el ingreso del agua a la subestructura del pavimento, así como la mejora en

las condiciones de estabilidad de la estructura del pavimento y la subrasante.

Figura N° 06: Función de protección.



Fuente: Geosistemas Pavco

2.2.4. PARAMETROS DE DISEÑO DEL GEOTEXTIL SEGÚN SU FUNCION.

A. PARAMETROS MECANICOS DE UN GEOTEXTIL DE SEPARACION.

Los parámetros mecánicos más importantes de un geotextil de separación son:

T_f: Resistencia a la tracción en rotura del geotextil [kN/m]
(Valor mínimo) Según norma EN ISO 10319.

ε: Alargamiento en la rotura [%] (Valor mínimo) Según norma EN ISO 10319.

Fp: Resistencia al punzonamiento estático (ensayo CBR) [N]

(Valor mínimo) Según norma EN ISO 12236.

Dc: Perforación dinámica (ensayo de caída de cono) [mm]

(Valor máximo) Según norma EN ISO 918.

Los requerimientos para estos parámetros están influenciados por las siguientes propiedades del suelo bajo el geotextil:

CBR: Californian Bearing Ratio [%] Valor relativo para las propiedades de deformación plástica de un suelo. Según norma EN 13286-47.

M_{E1}: Módulo de deformación [MNm⁻²]

Cuando se conocen alguno de estos dos parámetros y la carga soportada por la construcción, puede obtenerse en la tabla 1 las propiedades resistentes y la capa mínima de cobertura para un geotextil.

Tabla N° 1: Elección de un geotextil, cuando las características del suelo y las cargas son conocidas. [1]

Propiedades del suelo		Propiedades del geotextil										
Resistencia del suelo	Mínima capa de cobertura	Carreteras y obras de tierra						Obras de ferrocarril				
		Carga $\leq 500 \text{ MN}^a$			Carga $\geq 500 \text{ MN}^a$							
CBR [%]	$M_{E1} [\text{MNm}^{-2}]$		Relleno A*	Relleno B**	Relleno C***	Relleno A*	Relleno B**	Relleno C***	Relleno A*	Relleno B**	Relleno C***	
< 3	< 6	0.4	$T_f [\text{kN/m}]$	12	14	16	14	16	18	14	16	18
			ϵ [%]	40	40	50	40	50	50	40	50	50
			F_p [N]	2000	2400	2700	2400	2700	3000	2400	2700	3000
			D_c [mm]	24	21	20	21	20	15	21	20	15
3-6	6-15	0.3	$T_f [\text{kN/m}]$	10	12	14	12	14	16	14	16	18
			ϵ [%]	40	40	40	40	40	50	40	50	50
			F_p [N]	1900	2000	2400	2000	2400	2700	2400	2700	3000
			D_c [mm]	25	24	21	24	21	20	21	20	15
> 6	> 15	0.2	$T_f [\text{kN/m}]$	6	8	10	8	10	12	14	16	18
			ϵ [%]	30	40	40	40	40	40	40	50	50
			F_p [N]	1250	1450	1900	1450	1900	2000	2400	2700	3000
			D_c [mm]	27	26	25	26	25	24	21	20	15

Fuente: Diseño con geotextiles Fibertex. [1] SVG, The Swiss Confederation of geotextile experts – The geotextile manual, 2001 (en alemán).

Dónde:

^a : Carga total durante la vida útil de la construcción.

* Relleno A : Grava redondeada $\phi \leq 150 \text{ mm}$.

** Relleno B : Grava gruesa $\phi \leq 150 \text{ mm}$.

*** Relleno C : Otros materiales de cobertura, redondeados o angulosos (áridos de machaqueo, etc)

Los valores obtenidos para T_f , ϵ y F_p son valores mínimos mientras que los valores para D_c son máximos. Estos requerimientos deben cumplirse completamente con el fin de asegurar la integridad del geotextil.

B. PARAMETROS MECANICOS DE UN GEOTEXTIL DE FILTRACION.

CBR: Californian Bearing Ratio [%] Valor relativo para las propiedades de deformación plástica de un suelo. Según norma EN 13286-47.

M_{E1}: Módulo de deformación [MNm⁻²]

Cuando se conocen alguno de estos dos parámetros y la carga soportada por la construcción, puede obtenerse en la tabla 2 las propiedades resistentes y la capa mínima de cobertura para un geotextil.

Tabla N° 2: Elección de un geotextil, cuando las características del suelo y las cargas son conocidas. [1]

Propiedades del suelo		Propiedades del geotextil										
Resistencia del suelo	Mínima capa de cobertura	Carreteras y obras de tierra						Obras de ferrocarril				
		Carga ≤ 500 MN ^a			Carga ≥ 500 MN ^a							
CBR [%]	M _{E1} [MNm ⁻²]		Relleno A*	Relleno B**	Relleno C***	Relleno A*	Relleno B**	Relleno C***	Relleno A*	Relleno B**	Relleno C***	
< 3	< 6	0.4	T _i [kN/m]	12	14	16	14	16	18	14	16	18
			ε [%]	40	40	50	40	50	50	40	50	50
			F _p [N]	2000	2400	2700	2400	2700	3000	2400	2700	3000
			D _c [mm]	24	21	20	21	20	15	21	20	15
3-6	6-15	0.3	T _i [kN/m]	10	12	14	12	14	16	14	16	18
			ε [%]	40	40	40	40	40	50	40	50	50
			F _p [N]	1900	2000	2400	2000	2400	2700	2400	2700	3000
			D _c [mm]	25	24	21	24	21	20	21	20	15
> 6	> 15	0.2	T _i [kN/m]	6	8	10	8	10	12	14	16	18
			ε [%]	30	40	40	40	40	40	40	50	50
			F _p [N]	1250	1450	1900	1450	1900	2000	2400	2700	3000
			D _c [mm]	27	26	25	26	25	24	21	20	15

Fuente: Diseño con geotextiles Fibertex. [1] SVG, The Swiss Confederation of geotextile experts The geotextile manual, 2001 (en alemán).

Para sistemas de filtración no sometidos a esfuerzos, la instalación es el único esfuerzo que soportará el geotextil los por lo tanto los siguientes valores son suficientes para su elección:

Tabla N° 3: Características mecánicas requeridas para soportar las deformaciones en la instalación.

Material cobertura	T _f [KN/m]	ε [%]	F _p [N]	D _c [mm]
Redondeado	6	40	1500	25
Ánguloso	8	40	1500	25

Fuente: Diseño con geotextiles Fibertex.

C. PARAMETROS MECANICOS DE UN GEOTEXTIL DE DRENAJE.

Si el geotextil se va a utilizar en superficies sometidas a esfuerzos, la resistencia del geotextil estará condicionada por la magnitud de las cargas aplicadas y las propiedades del terreno sobre el que se apoya:

CBR: Californian Bearing Ratio [%] Valor relativo para las propiedades de deformación plástica de un suelo. Según norma EN 13286-47.

M_{E1}: Módulo de deformación [MNm⁻²]

Cuando se conocen alguno de estos dos parámetros, así como la carga soportada por la construcción, puede obtenerse en

la tabla 4 las propiedades resistentes y la capa mínima de cobertura para un geotextil.

Tabla N° 4: Elección de un geotextil, cuando las características del suelo y las cargas son conocidas. [1]

Propiedades del suelo		Propiedades del geotextil										
Resistencia del suelo CBR [%]	M_{E1} [MNm ²]	Mínima capa de cobertura		Carreteras y obras de tierra						Obras de ferrocarril		
				Carga \leq 500 MN ^a			Carga \geq 500 MN ^a			Relleno A*	Relleno B**	Relleno C***
				Relleno A*	Relleno B**	Relleno C***	Relleno A*	Relleno B**	Relleno C***			
< 3	< 6	0.4	T_f [kN/m]	12	14	16	14	16	18	14	16	18
			ϵ [%]	40	40	50	40	50	50	40	50	50
			F_p [N]	2000	2400	2700	2400	2700	3000	2400	2700	3000
			D_c [mm]	24	21	20	21	20	15	21	20	15
3-6	6-15	0.3	T_f [kN/m]	10	12	14	12	14	16	14	16	18
			ϵ [%]	40	40	40	40	40	50	40	50	50
			F_p [N]	1900	2000	2400	2000	2400	2700	2400	2700	3000
			D_c [mm]	25	24	21	24	21	20	21	20	15
> 6	> 15	0.2	T_f [kN/m]	6	8	10	8	10	12	14	16	18
			ϵ [%]	30	40	40	40	40	40	40	50	50
			F_p [N]	1250	1450	1900	1450	1900	2000	2400	2700	3000
			D_c [mm]	27	26	25	26	25	24	21	20	15

Fuente: Diseño con geotextiles Fibertex. [1] SVG, The Swiss Confederation of geotextile experts
The geotextile manual, 2001 (en alemán).

D. PARAMETROS MECANICOS DE UN GEOTEXTIL DE PROTECCION.

Los parámetros mecánicos más importantes de un geotextil de protección son:

D_c : Perforación dinámica (ensayo de caída de cono) [mm]

(Valor máximo) Según norma EN ISO 918

F_p: Resistencia al punzonamiento estático (ensayo CBR) [N]

(Valor mínimo) Según norma EN ISO 12236.

d : Espesor a 2kN/m² [mm] (Valor mínimo medio) Según

norma EN 964-1

Los valores requeridos para estas propiedades se ven influenciados por las siguientes características de suelo en contacto:

Graduación: XX/YY representa que todas las partículas tienen un tamaño entre XX e YY [mm] (p.e 4/8)

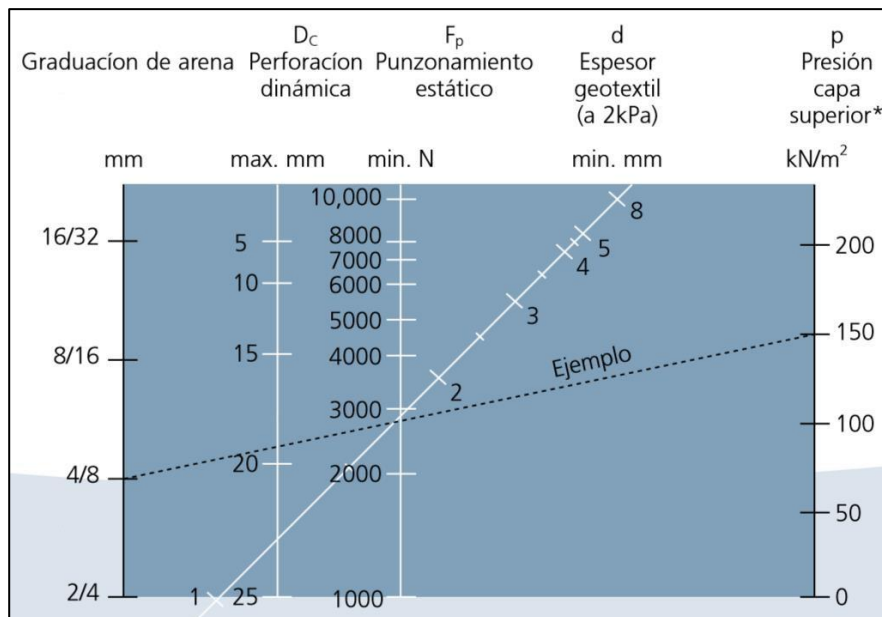
P : Presión ejercida por los materiales superiores. (p.e. residuos, materiales de drenaje, etc.)

La tabla 5, muestra las características requeridas a un geotextil de protección, conociendo la granulometría de la arena/grava y la presión ejercida por las capas superiores.

Los valores obtenidos para F_p y d son valores mínimos, mientras que el valor de D_c es máximo. Estos requerimientos deben cumplirse totalmente con el fin de asegurar la integridad del geotextil.

La utilización de geotextiles de protección es una operación muy común en la construcción de vertederos, balsas y túneles para garantizar la integridad de la impermeabilización (p.e. geomembranas) cuando entra en contacto con materiales de relleno o está sometida a cargas.

Tabla N° 5: Elección de un geotextil, cuando las características del suelo y las cargas son conocidas.



Fuente: Diseño con geotextiles Fibertex.

2.2.5. APLICACIÓN DE GEOTEXTILES EN LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO SOBRE LOS 3,000 msnm.

A. DESCRIPCIÓN

Según el Ingeniero Cesar Augusto Lopez Arévalo, en su ponencia presentada al XIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, hace referencia que, la vida útil de diseño de un pavimento flexible para zonas mayores a los 3,000 msnm es una permanente preocupación dado que en estas zonas se debe tomar en consideración el efecto de las variaciones de temperatura (gradiente térmico), fenómeno que acelera el envejecimiento y fatiga del asfalto (fisuramiento).

Las razones para contrarrestar el efecto del gradiente térmico es el uso de cementos asfálticos de alta penetración (PEN 120-150); sin embargo, el fisuramiento por los cambios bruscos de temperatura (10°C bajo cero durante la noche y 20°C durante el día), es un fenómeno cuya aparición es inevitable debido a la oxidación de los asfaltos por el efecto combinado del agua y la radiación solar.

Para tal efecto se recomienda el uso del geotextil, colocado entre capas de carpetas asfálticas cumpliendo la función de membrana impermeable, absorbadora de tensiones; que de producirse el fisuramiento de la carpeta asfáltica de rodadura, evitara su propagación, protegiendo a la carpeta asfáltica inferior, capas granulares inferiores y la subrasante, logrando de esta manera mantener inalterable la capacidad estructural del pavimento.

El geotextil impregnado de asfalto es una membrana que no cumple con la función de refuerzo sino el de intercapa que va a tener la tarea de prevenir o reducir los fisuramientos, ahuellamientos y corrugamientos.

B. INSTALACIÓN DE LA MEMBRANA IMPERMEABLE

El extendido y colocación de la manta del geotextil es sobre la primera capa asfáltica, en donde previamente se ha efectuado

un riego de liga; una vez colocado el geotextil, este debe quedar completamente adherido a la capa inferior de carpeta asfáltica, debiendo utilizarse un rodillo neumático con el propósito de adquirir este fin, además de terminar el proceso de penetración invertida del riego de liga, llegando a saturar el geotextil hasta que se adquiera un color pardo, asegurando que llegue a tener el comportamiento de membrana impermeable que proteja a la primera capa de carpeta asfáltica, a las demás capas granulares y a la sub rasante.

a. Condiciones de limpieza de la superficie de la primera capa de carpeta asfáltica.

Aunque la primera capa de carpeta asfáltica es nueva y el proceso constructivo es continuo, para garantizar que la adhesión del Geotextil a esta capa y a la capa de carpeta asfáltica de rodadura sea adecuada, se debe tener en cuenta que la capa inferior haya sido colocado siguiendo todas las secuencias técnicas de un proceso constructivo adecuado y además que su superficie se encuentre libre de elementos tales como: agua, vegetación y otros escombros que pudieran entorpecer el contacto entre la primera capa de carpeta asfáltica, ligante asfáltico, geotextil y capa de carpeta asfáltica de rodadura.

b. Aplicación del ligante asfáltico

Previo a la instalación del Geotextil, la cantidad de cemento asfáltico a utilizar como ligante, dependerá de la porosidad de la primera capa de carpeta asfáltica y del geotextil que se emplee.

Antes de iniciar los trabajos utilizando el Geotextil, es necesario determinar en obra la cantidad óptima de ligante asfáltico a emplearse, mediante ensayos sucesivos, para evitar posibles problemas de exudación e incluso la generación de una superficie de deslizamiento.

La tasa de aplicación para el ligante asfáltico oscilará de 0.6 lt/m^2 a 0.9 lt/m^2 , la tasa óptima será aquella que favorezca al geotextil su comportamiento como membrana impermeable, su adherencia con la superficie de la primera capa de carpeta asfáltica y con la carpeta asfáltica de rodadura.

Para el riego de liga es necesario el empleo de equipo mecánico para lograr que este sea uniforme y que la tasa de aplicación determinada sea inalterable y cumpla con los requerimientos mínimos para lograr una buena adhesión y evitar fallas por deslizamientos, corrimientos o exudación.

La temperatura del ligante en el momento de la instalación del Geotextil no debe exceder a los 115°C .

c. Instalación del Geotextil

El Geotextil se aplica sobre la superficie de la carpeta asfáltica, impregnada como ligante asfáltico, manualmente o con equipo mecánico. Así mismo debe ser instalado lo más tenso posible, evitando al máximo la formación de arrugas ya que estas no permitirán que la absorción del asfalto líquido sea suficiente y uniforme para la formación de la barrera impermeable, reduciendo los beneficios a largo plazo de esta membrana de intercapa, además que estas arrugas generaran fisuras o desplazamientos en pequeños bloques de la carpeta asfáltica de rodadura justo encima de estas arrugas, cabe mencionar que el rendimiento del geotextil es de 160 m²/día, con 02 operarios y 03 peones. El precio del geotextil según su especificación técnica es:

Tabla N° 6: Costo del geotextil según su descripción.

Geotextiles Pavco				
Descripción	Ancho (m)	Long. (m)	Area (m ²)	Precio (m ²)
NT 1600	3.5 / 3.8	120	420 / 456	\$ 2,004
NT 1800	3.5 / 3.8	150	525 / 570	2,521
NT 2000	3.5 / 3.8	130	455 / 494	2,987
NT 3000	3.5 / 3.8	100	350 / 380	3,935
NT 4000	3.5 / 3.8	120	420 / 456	5,089
NT 5000	3.5 / 3.8	100	350 / 380	6,316
NT 6000	3.5 / 3.8	90	315 / 342	7,223
NT 7000	3.5 / 3.8	80	280 / 304	9,022
NT Repav 400	3.80	180	684	2,162
NT Repav 450	3.80	150	570	2,568
TEJ 1050	3.85	200	770	1,535
TEJ 1400	3.85	160	616	2,032
TEJ 1700	3.85	120	462	2,514
TEJ 2100	3.85	100	385	2,990
TEJ 2400	3.85	100	385	3,373
TR 4000	3.83	100	383	5,545
Casetex	1.92	220	422	1,540
Ecomatrix	3.84	300	1152	1,688

Fuente: Pavco, diseño de geotextiles

Las uniones longitudinales y transversales de las mantas de Geotextil deben hacerse al tope, evitando superposiciones, es necesario evitar durante el proceso constructivo que estas uniones coincidan con las juntas de las carpetas asfálticas.

Es necesario evitar juntas longitudinales de las carpetas asfálticas que pueden originar fisuras prematuras, realizando la colocación en todo el ancho de la vía en un solo día, las juntas transversales hacerse con corte vertical de la carpeta asfáltica colocada el día anterior hasta la mitad de su espesor formando una grada por lo menos 0.10 m.

La formación de pliegues del geotextil en las curvas debe ser eliminada mediante cortes y hacer que estas uniones quedan al tope.

d. Compactación sobre el Geotextil

La compactación sobre el geotextil es de mucha importancia para lograr la total adherencia uniforme de este con la primera capa de la carpeta asfáltica, por la expulsión del aire y la penetración invertida del riego de liga para lograr que el geotextil así tratado se comporte como una membrana impermeable y adquiera una adecuada capacidad de deformación.

La compactación se debe efectuar con rodillo neumático, con una presión de inflado de 40 a 50 lb/pulg². De acuerdo al tipo de asfalto utilizado y a la temperatura ambiente, se requerirán de 1 a 3 pasadas.

El rodillado deberá efectuarse hasta que se observe una total adherencia uniforme del geotextil y que su superficie haya adquirido un color pardo.

e. Protección del geotextil durante el asfaltado.

Para evitar el deterioro de la membrana impermeabilizante por la adherencia de esta a la rueda de los camiones y la esparcidora, es necesario recubrir las zonas por donde

transitaran las ruedas de estos equipos con pequeñas cantidades de mezcla asfáltica.

C. COLOCACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE RODADURA

El espesor mínimo de la carpeta asfáltica de rodadura debe ser de 0.030 m para conservar la temperatura de trabajo de la mezcla asfáltica y la saturación del geotextil en forma eficiente y uniforme.

La colocación de la carpeta asfáltica de rodadura debe ser inmediatamente después de haber terminado el proceso de instalación de la membrana impermeable, teniendo mucha precaución en que los equipos de construcción no realicen movimientos bruscos y protegiendo las zonas por donde transitaran las ruedas de estos con pequeñas cantidades de mezcla asfáltica.

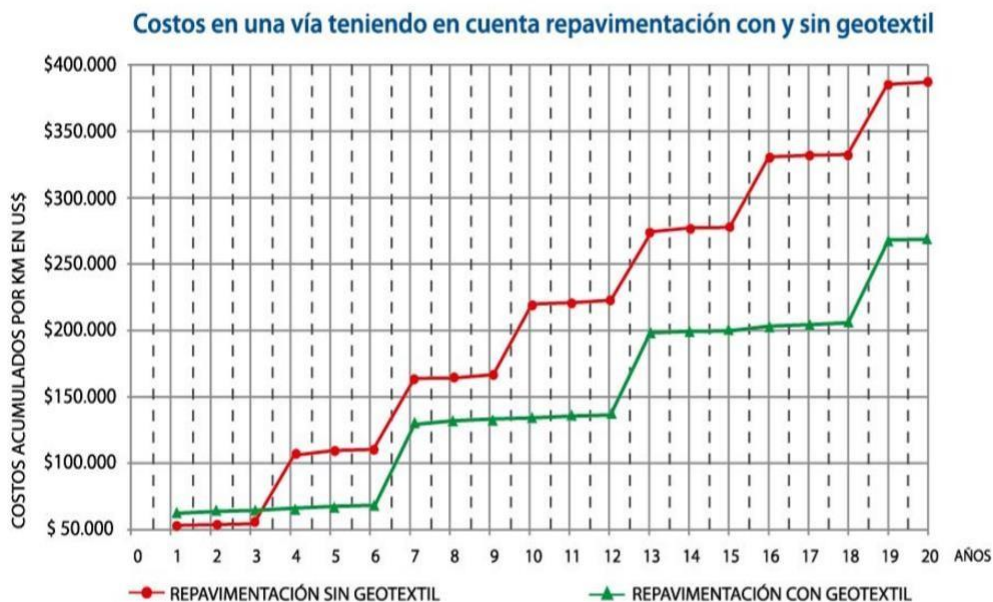
Se debe también tener cuidado especial en las condiciones climatológicas ambientales, pues nunca se podrá colocar la carpeta asfáltica cuando las condiciones sean húmedas.

2.2.6. PROCESO CONSTRUCTIVO APLICANDO GEOTEXTILES PARA REPAVIMENTACIÓN DE VÍAS

A. DESCRIPCIÓN

Esta especificación es aplicable al uso de Geotextiles para repavimentación saturados con cemento asfáltico entre las capas de pavimento antiguo y nuevo. Consiste en la utilización de Geotextiles para conformar una membrana visco-elasto-plástica, la que puede ser usada sobre pavimentos de concreto asfáltico fatigados y retardar la aparición de fisuras; o bajo nuevas capas de concreto asfáltico para ofrecer una barrera permanente contra el ingreso del agua. Ambas estrategias pueden ser usadas en el mantenimiento y construcción de vías pavimentadas. La membrana descrita se obtiene mediante la saturación con cemento asfáltico de un geotextil que ha sido colocado sobre la superficie existente, previa preparación, para luego colocar la nueva capa de concreto asfáltico. De esta manera se obtendría menores costos de mantenimiento utilizando repavimentación con geotextil.

Tabla N° 07: Costos de una vía teniendo en cuenta repavimentación con y sin geotextil



Fuente: Manual de diseño Geosoft Pavco

B. MATERIALES

a. Geotextil para pavimentación

Para aplicaciones de geotextil en contacto con capas de concreto asfáltico, para disminuir la posibilidad de grietas en refuerzo de pavimentos antiguos, se deberán cumplir los requerimientos que se muestran en él Cuadro N° 02.

Cuadro N° 03: Geotextiles para Repavimentación (* MARV)

Propiedad	Ensayo	Unidad	REPAV400	REPAV450
Resistencia a la Tensión Grab.	ASTM D4632	N	510	580
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D4833	N	290	340
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D4533	N	210	230
Resistencia "Burst"	ASTM D3786	KPa	1449	1689
Tamaño de Abertura	ASTM D4751	mm.	N.A.	N.A.
Permeabilidad	ASTM D4491	Cm/s ⁻¹	N.A.	N.A.
Permitividad	ASTM D4491	s ⁻¹	N.A.	N.A.
Retención de Asfalto	ASTM D6140	l/m ²	1.0	1.1
Espesor	ASTM D5199	mm.	1.3	1.5

Fuente: PAVCO S.A.

b. Material bituminoso

El material que se utilizará para saturar el geotextil y desarrollar la mencionada membrana visco-elastoplástica, además de garantizar una adecuada adhesión de esta membrana a la base granular o a la mezcla asfáltica existente, y a la capa superior (capa de refuerzo, o de mantenimiento), podrá ser un cemento asfáltico de penetración 60-70 mm, ó una emulsión asfáltica de rompimiento rápido tipo 1.

El geotextil se podrá colocar solo después del correspondiente rompimiento de la emulsión. Los asfaltos diluidos que contienen solventes no deberán ser usados.

c. Cemento asfáltico

El cemento asfáltico a emplear en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad absoluta y por penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico y tal como lo indica el Cuadro N° 04, las consideraciones del Proyecto y las indicaciones del personal técnico.

Cuadro N° 04: Tipo de Cemento Asfáltico Clasificado según penetración.

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C – 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40 – 50 ó 60-70 ó Modificado	60-70	85 – 100 120 - 150	Asfalto Modificado

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para construcción de Carreteras (EG-2000).

El cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a temperatura de 175°C .

C. EQUIPOS

a. El Irrigador de Ligante Asfáltico.

Debe ser capaz de aplicar el ligante o emulsión de liga, a la tasa de aplicación especificada por el diseñador de manera uniforme. El irrigador también debe estar equipado con una boquilla de aspersion.

b. El Equipo mecánico o manual de instalación del Geotextil

Debe ser capaz de instalarlo uniformemente, cuidando de producir la mínima cantidad de arrugas. Se deben suministrar los siguientes equipos misceláneos: Escobas de cerda rígida o rodillos para uniformizar la superficie del geotextil; tijeras o cuchillas para cortar el geotextil; cepillos para aplicar el sellador asfáltico a los traslajos del geotextil.

Puede requerirse para ciertos trabajos, equipos de compactación neumática para uniformizar la imprimación del geotextil con el ligante.

La utilización de un compactador neumático puede ser requerida especialmente en trabajos donde se coloquen capas delgadas de mezcla asfáltica, esto se realiza para mejorar la adhesión del geotextil a las superficies debido a la ausencia de peso y temperatura asociada con capas delgadas.

c. Vehículos de Transporte

El transporte del cemento asfáltico, deberá efectuarse en caliente y a granel, en carros termo tanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles.

Deberán estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento.

Antes de cargar los termo tanques se debe examinar el contenido y remover todo el remanente de transportes anteriores que puedan contaminar el material. Las válvulas de abastecimiento deben llevar un precinto de seguridad del proveedor.

2.2.7. DISEÑO ESTRUCTURAL AASTHO 93 PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.

A. FACTORES A CONSIDERAR EN EL CALCULO DE PAVIMENTOS POR EL METODO DE AASHTO 93.

Con la finalidad de poder mantener una vía bajo un cierto nivel de deterioro, este método establece espesores y rigideces de los materiales a emplear. Por ello los factores de diseño de pavimentos para una secuencia correcta y eficaz de diseño son:

- Estudio de la subrasante.
- Superficie de rodadura.
- Selección de materiales.
- Estudio de tráfico.
- Sectorización del tramo.
- Diseño de los espesores de cada capa.

- Análisis del ciclo de vida.
- Determinación del tipo de pavimento.

a. Procedimiento del diseño

Para el procedimiento del diseño utilizamos la siguiente ecuación para pavimentos flexibles por el método de AASTHO 93.

$$\text{Log}_{10}(\text{ESAL}) = Z_R S_o + 9.36 \text{Log}_{10}(\text{SN}+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left| \frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5 + 2.32 \text{Log}_{10} \text{MR} - 8.07} \right|}{0.40 + \frac{1094}{(\text{SN}+1)^{5.19}}}$$

Donde: (I.1)

ESAL = Trafico de diseño

ZR = Desviación Normal estándar.

So = Desviación estándar global.

ΔPSI = Diferencia entre Índice de Serviciabilidad inicial y terminal.

MR = Modulo Resiliente. (psi)

SN = Numero estructural.

El número estructural requerido (SN), se convierte en espesores de carpeta asfáltica, base y sub base, mediante coeficientes de capa que representan la Resistencia relativa de los materiales de cada capa, mediante la siguiente ecuación:

$$SN = a_1D_1 \times a_2D_2m_2 \times a_3D_3m_3. \quad (1.2)$$

Donde:

a_i = Coeficiente de capa i .

D_i = Espesor de capa i .

m_i = Coeficiente de drenaje de la capa i .

En la ecuación (1.2) los sub índices 1, 2 y 3 se refieren a las capas de carpeta asfáltica, base y sub base. Los coeficientes de capa dependen del módulo resiliente del suelo (MR).

b. Calculo del número estructural requerido.

El diseño de la vía depende del tráfico esperado durante la vida de servicio y la confiabilidad en el comportamiento. Luego de caracterizar el suelo de la subrasante y seleccionar los valores de confiabilidad (R), para el error estándar S_o y ESAL estimado, se puede determinar el valor del número estructural, SN por el método de AASTHO 93.

b.1. Periodo de Diseño

Se refiere desde que la estructura de pavimento entra en servicio hasta antes que necesite algún mantenimiento.

Tabla N° 08: Periodos Típicos de diseño

CONDICIONES DE CARRETERAS	PERIODO DE ANALISIS
Vías urbanas con alto volumen	30-50
Vías rurales con alto volumen	20-50
Pavimentadas con bajo volumen	12-25
Superficie granular con bajo volumen	10-20

Fuente: MONTEJO FONSECA, 2002.

b.2. Transito

El diseño considera el número de ejes equivalentes (ESAL) para el periodo de análisis (W18) en el carril de diseño. A partir de conteos vehiculares y conversión a ejes equivalentes, el diseñador debe afectar el ESAL en ambas direcciones por factores direccionales y de carril (si son más de dos), aplicando la siguiente ecuación:

$$W18 = DD \times DL \times W^{18} \quad (1.3)$$

Donde:

DD = Factor de distribución direccional.

DL = Factor de distribución por carril.

W¹⁸ = Trafico total en ambas direcciones para el periodo de diseño.

El factor de distribución direccional DD generalmente es de 0.5 (50%) para la mayoría de las carreteras, sin embargo, este puede variar de 0.3 a 0.7 dependiendo de la incidencia de tráfico en una dirección. Los factores de distribución por carril DL, recomendados por AASHTO 93 se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 09: Factor de distribución por carril.

Nº DE CARRILES EN UNA DIRECCION	% DE ESAL EN CARRIL DISEÑO
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Fuente: MONTEJO FONSECA, 2002.

b.3. Desviación Estándar Normal, (ZR)

La desviación estándar normal esta en función a la confiabilidad del Proyecto **R**, que es una medida que incorpora algún grado de certeza en el proceso de diseño para asegurar que los diferentes parámetros alcancen el periodo de análisis. Se determina mediante la tabla.

Tabla N° 10: Niveles sugeridos de confiabilidad. R.

CLASIFICACION FUNCIONAL	NIVEL RECOMENDADO DE CONFIABILIDAD	
	URBANO	RURAL
Interestatal y otras vías	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectores	80 - 95	75 - 95
Local	50 - 80	50 - 80

Fuente: MINAYA ORDOÑEZ, 2005.

b.4. Efectos medioambientales

El medio ambiente puede afectar el comportamiento del pavimento de diferentes maneras. Las variaciones térmicas y humedad, afectan la Resistencia, durabilidad y capacidad de transporte de carga. Otro impacto medio ambiental importante es el efecto directo del congelamiento, deshielo y desintegración de la subrasante.

Tabla N° 11: Niveles sugeridos de confiabilidad. R.

Confiabilidad R, %.	Desviacion Estandar Normal, ZR.
50	- 0.000
60	- 0.253
70	- 0.524
75	- 0.674
80	- 0.841
85	- 1.037
90	- 1.282
91	- 1.340
92	- 1.405
93	- 1.476
94	- 1.555
95	- 1.645
96	- 1.751
97	- 1.881
98	- 2.054
99	- 2.327
99.9	- 3.090
99.99	- 3.750

Fuente: MINAYA ORDOÑEZ, 2005.

b.5. Perdida de serviciabilidad

Se define como la calidad del servicio del pavimento. La primera medida de serviciabilidad es el índice de serviciabilidad presente, PSI, que varía de 0 (carreteras imposibles de transitar) a 5 (carretera perfecta). El PSI se obtiene midiendo la rugosidad en el factor dominante para estimar el PSI del pavimento. La guía AASTHO 93 usa la variación total del índice de serviciabilidad (Δ PSI), mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta\text{PSI} = P_0 - P_t \quad (1.4)$$

Donde:

P_0 = Índice de serviciabilidad inicial.

P_t = Índice de serviciabilidad final, que es el más bajo índice tolerable antes de la rehabilitación.

b.6. Módulo Resiliente efectivo del suelo

Las propiedades mecánicas del suelo de la subrasante se caracterizan en AASTHO 93 por el módulo resiliente, MR. el módulo resiliente mide las propiedades elásticas reconociendo sus características no lineales. El módulo resiliente se correlaciona con el CBR, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{MR [psi]} = 1500 \times \text{CBR} \quad (1.5)$$

$$\text{MR [KPa]} = 10342 \times \text{CBR} \quad (1.6)$$

Esta ecuación es razonable para suelos de gradación fina con CBR menores que 10%.

c. Procedimiento de cálculo del SN

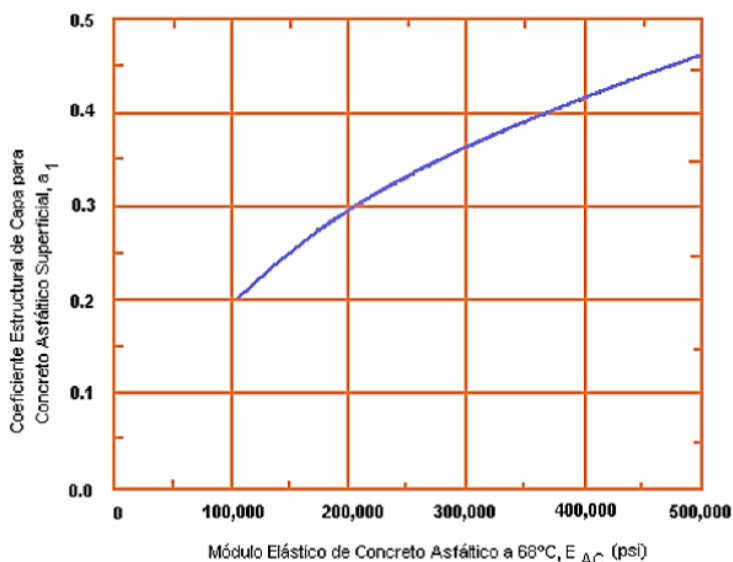
El número estructural requerido se convierte a espesores de concreto asfáltico, base, sub base por medio de coeficientes de capa utilizando la ecuación (1.1).

c.1. Coeficientes de capa a_i

Se asigna un coeficiente de capa a cada material de la estructura de pavimento. El coeficiente de capa expresa una relación empírica entre el número estructural, SN y el espesor.

- **Concreto asfáltico.-** en la Tabla N° 12, muestra los valores sugeridos por AASHTO 93, para definir el coeficiente estructural del concreto asfáltico de gradación densa basado en el módulo elástico (EAC) a 68 °F.

Tabla N° 12: Tabla para calcular el coeficiente estructural del concreto asfáltico de gradación densa.



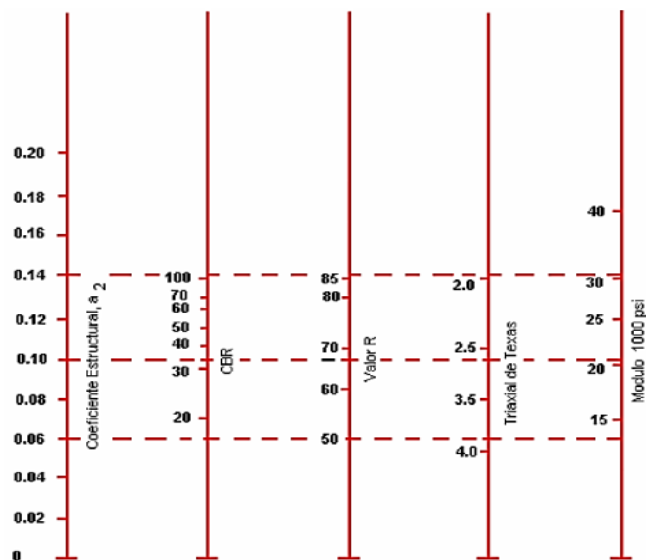
Este módulo elástico es el módulo dinámico complejo, E*, obtenido de ensayos cíclicos, o se puede emplear

el coeficiente estructural que se obtiene de la AASTHO 93 FOR DESIGN OF PAVIMENT STRUCTURES.

$$a_1 = 0.7304 - 0.1271 \times \ln(T^{\circ}\text{C aire}) \quad (1.7)$$

- **Base.-** Para definir el coeficiente estructural a_2 de base granular se muestra en la tabla N°13, tomando en cuenta cuatro ensayos de laboratorio.

Tabla N° 13: Variación de coeficiente de capa de base granular (a_2) con la variación de los parámetros de Resistencia.

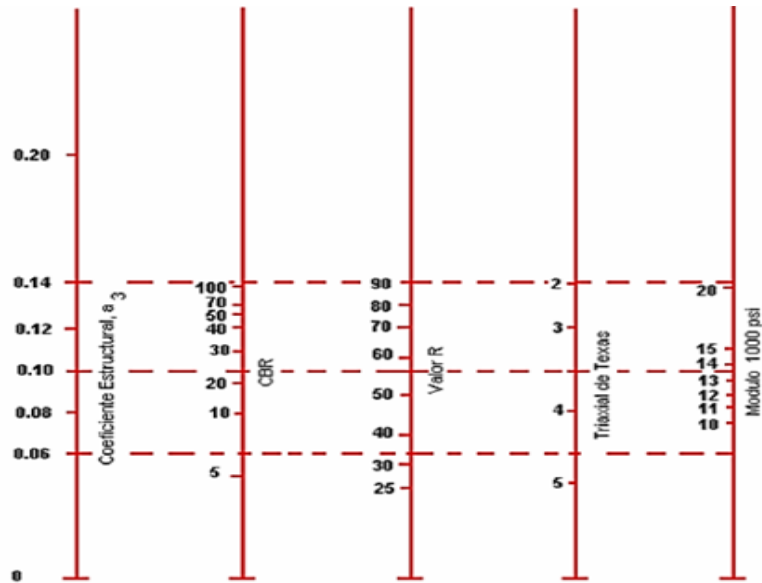


Fuente: MINAYA ORDOÑEZ, 2005.

- **Sub Base granular.-** En la tabla N°14, muestra los valores que pueden ser usados para calcular el coeficiente de capa a_3 , para una sub base granular a

partir de cuatro diferentes ensayos de laboratorio, incluyendo el módulo resiliente de la sub base.

Tabla N° 14: Variación de coeficiente de capa de sub base granular (a3) con la aplicación de los parámetros de Resistencia.



Fuente: MINAYA ORDOÑEZ, 2005.

c.2. Coeficientes de drenaje

El Método de AASTHO 93 asume que la Resistencia de la sub rasante y base permanecerá constante durante la vida de servicio del pavimento. Para ello la estructura de pavimento debe tener drenaje adecuado, la calidad de drenaje se incorpora al diseño, modificando los coeficientes de capa.

El factor que modifica el coeficiente de capa se representa por m_i el posible efecto del drenaje en el concreto asfáltico

no se considera. La siguiente tabla N°15 nos indica las condiciones de drenaje.

Tabla N° 15: Condiciones de drenaje.

CALIDAD DE DRENAJE	RETIRO DE AGUA EN:
EXCELENTE	2 Horas
BUENO	1 día
REGULAR	1 semana
POBRE	1 mes
MUY POBRE	El agua no drena

Fuente: MINAYA ORDOÑEZ, 2005.

Así mismo, en la siguiente tabla se muestra los coeficientes recomendados, dependiendo de la calidad de drenaje y el porcentaje de tiempo anual en la que la estructura del pavimento podría estar expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Tabla N° 16: Coeficientes de drenaje recomendados, mi.

Calidad de drenaje	% de tiempo en la que la estructura de pavimento es expuesta a niveles de humedad proximos a la saturacion			
	Menos que 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: MINAYA ORDOÑEZ, 2005.

Tabla N° 17: Espesores mínimos recomendados.

ESAL	CONCRETO ASFALTICO	BASE GRANULAR
>50,000.00	1.0 o tratamiento superficial	4
50,001 - 150,000	2	4
150,001 - 500,000	2.5	4
500,001 - 2'000,000	3	6
2'000,001 - 7'000,000	3.5	6
> 7'000,000	4	6

Fuente: MINAYA ORDOÑEZ, 2005.

Método por espesores mínimos:

Teniendo en cuenta los espesores mínimos recomendados del concreto asfáltico y la base granular, se determina el espesor de la sub base granular. Para ello se asumen los espesores D1 y D2, y con los valores del Mr de la súbbase y el número estructural obtenido, se determina D3, mediante la ecuación (I.2).

Método donde los espesores mínimos son referenciales:

Se asume que la carpeta asfáltica se cimentara sobre la base granular con su respectivo módulo resiliente, por lo tanto mediante la ecuación (I.1), se calcula el SN requerido, luego el D1 se calcula de manera independiente.

$$D1 = SN \text{ requerido}/a1.$$

Así mismo, para el cálculo del espesor del D2, se asume que la base granular se cimentara sobre la sub base granular con su respectivo módulo resiliente, por lo tanto mediante la ecuación (I.1), se calcula el SN requerido para D2, luego esta se calcula con los datos obtenidos anteriormente.

$$SN = a1xD1 + a2xD2xm2.$$

Así mismo, para el cálculo del espesor del D3, se asume que la sub base granular se cimentara sobre la sub rasante con su respectivo módulo resiliente, por lo tanto mediante la ecuación (I.1), se calcula el SN requerido para D3, luego esta se calcula con los datos obtenidos anteriormente.

$$SN = a1xD1 + a2xD2xm2 + a3xD3xm3.$$

Finalmente obtenemos los espesores del pavimento asfáltico.

2.2.8. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO CON GEOTEXTILES

A. REFUERZO EN VIAS CON GEOTEXTIL

La metodología de diseño contempla la utilización de geotextiles para el refuerzo de vías, colocados sobre la capa de subrasante o el suelo de fundación de la estructura. El geotextil de refuerzo colocado a nivel de subrasante se escoge técnicamente para mejorar la capacidad portante de todo el sistema, sin embargo para evaluar el aporte del geotextil de refuerzo se puede hacer el análisis cuantitativo de varias formas:

- **Incremento de la capacidad portante del sistema**

La utilización de un geotextil de refuerzo en las vías permite incrementar la capacidad portante del sistema que conforman las capas estructurales de la vía, y la forma más común de introducir ese incremento es dentro de las propiedades mecánicas que presenta la capa de subrasante de la vía en estudio. Para la utilización de la metodología de diseño que se describe, se supone que el suelo de subrasante tiene las siguientes propiedades:

Suelo saturado, con baja permeabilidad y con un comportamiento no drenado bajo cargas tales como el tráfico, lo que significa que el suelo de subrasante es incompresible y tiene un ángulo de fricción casi nulo. La capacidad portante se

puede determinar con el CBR de la subrasante, medido para las condiciones más críticas de densidad y de humedad.

- **Reducción de espesores de la capa granular.**

Otra forma de evaluar los efectos de la utilización de un geotextil de refuerzo sobre la subrasante es mediante la reducción del espesor de la capa granular que conforma la estructura del sistema. Esta capa se diseña con el fin de distribuir los esfuerzos generados por la aplicación de cargas en la superficie del pavimento en un área mayor, de tal forma que a nivel de subrasante los esfuerzos no sobrepasen la resistencia a tensión admisible del geotextil para garantizar la estabilidad general de la estructura.

La utilización de un geotextil de refuerzo en la subrasante permite incrementar la capacidad portante de todo el sistema y esto se puede representar con la reducción en el espesor de la capa granular de la estructura de pavimento.

- **Incremento de la vida útil.**

El incremento de la vida útil de diseño es otro parámetro que se puede evaluar con la utilización de un geotextil de refuerzo. En el diseño inicial, se supone una vida útil y se trabaja con un tránsito estimado correspondiente al número de años de diseño. El tránsito se lleva a un número de ejes equivalentes, con lo que se calculan los esfuerzos y las deformaciones admisibles para definir la estructura de

pavimento. Al incrementar la capacidad portante del sistema con la utilización del geotextil se aumentan los valores admisibles de esfuerzos y deformaciones, lo que se puede interpretar como un incremento del número de ejes equivalentes, es decir de la vida útil de la vía.

B. ANALISIS TEORICO

Los geotextiles utilizados para el refuerzo de vías permiten mejorar el funcionamiento de la estructura de pavimento, teniendo como base un espesor inicial de capa granular sin geotextil para una condición de carga (tráfico) dada, comparado con un espesor disminuido por utilización del geotextil, para la misma condición de tráfico. (El análisis también se puede hacer para un espesor de material granular establecido y un incremento del tráfico que va a pasar sobre la vía).

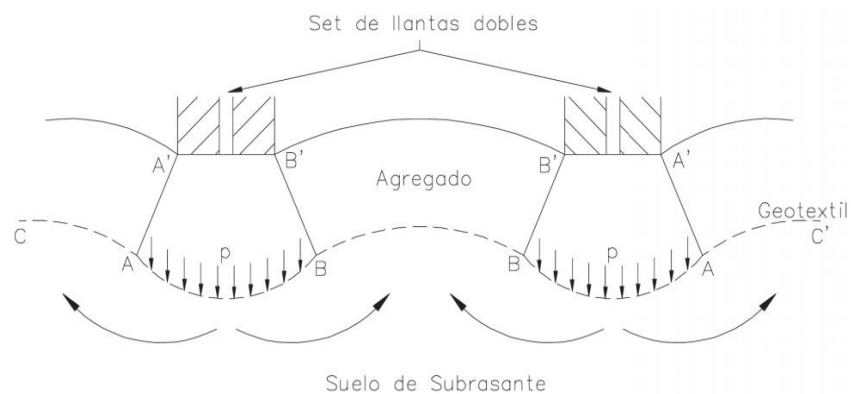
La metodología que se presenta permite calcular la reducción del espesor de la capa granular y hacer la selección del geotextil adecuada para el refuerzo de la estructura. Esta metodología se basa en el comportamiento del geotextil dentro de la estructura de pavimento, actuando como un elemento capaz de absorber los esfuerzos a tensión presentados por acción de las cargas a nivel de subrasante, mejorando el comportamiento estructural de la vía.

C. ANALISIS DE VIAS CON GEOTEXTIL CON CBR<3%

- **Cinemática**

Cuando el suelo de subrasante es un suelo incompresible y el asentamiento que se produce bajo las llantas causa levantamiento del suelo entre y a los lados de las llantas. La forma del geotextil se convierte en algo similar a una onda y como consecuencia se presenta una tensión del geotextil (Ver Figura xxxx).

Figura N°07: Cinemática de vías con geotextil.



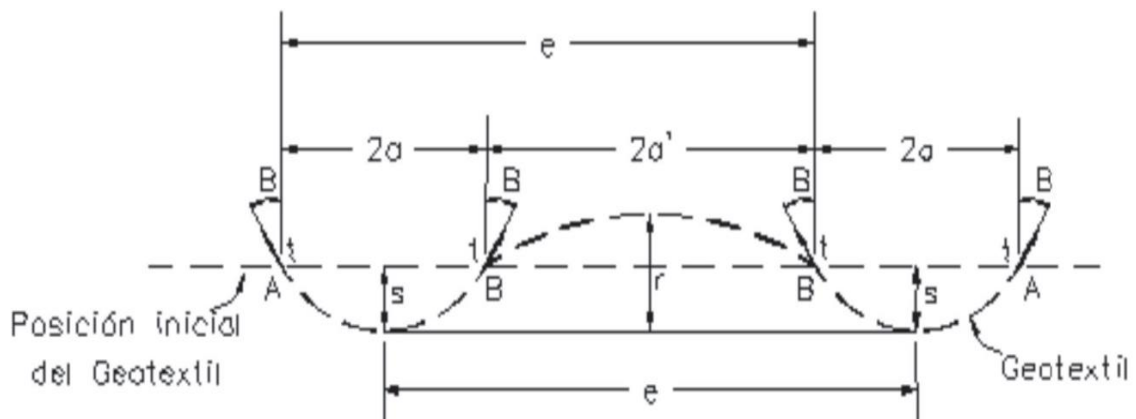
Fuente: Manual y Software de Diseño, PAVCO, 2015.

- **Forma del geotextil deformado**

La forma de onda del geotextil deformado se da por la condición incompresible del suelo. Se supone que la cantidad de material que se desplaza hacia abajo por el asentamiento que se presenta debe ser igual al volumen de material que se mueve hacia arriba por levantamiento

La forma del geotextil deformado consiste en secciones de parábolas conectadas a unos puntos localizados en el plano inicial del geotextil (A, B). Además, se supone que el espesor de la capa de material granular no es afectado de forma significativa por la deflexión que sufre la subrasante, por lo tanto se tiene. (Ver Figura nnnn).

Figura N°08: Formas del geotextil deformado.



Fuente: Manual y Software de Diseño, PAVCO, 2015.

• **Mecanismo de Falla**

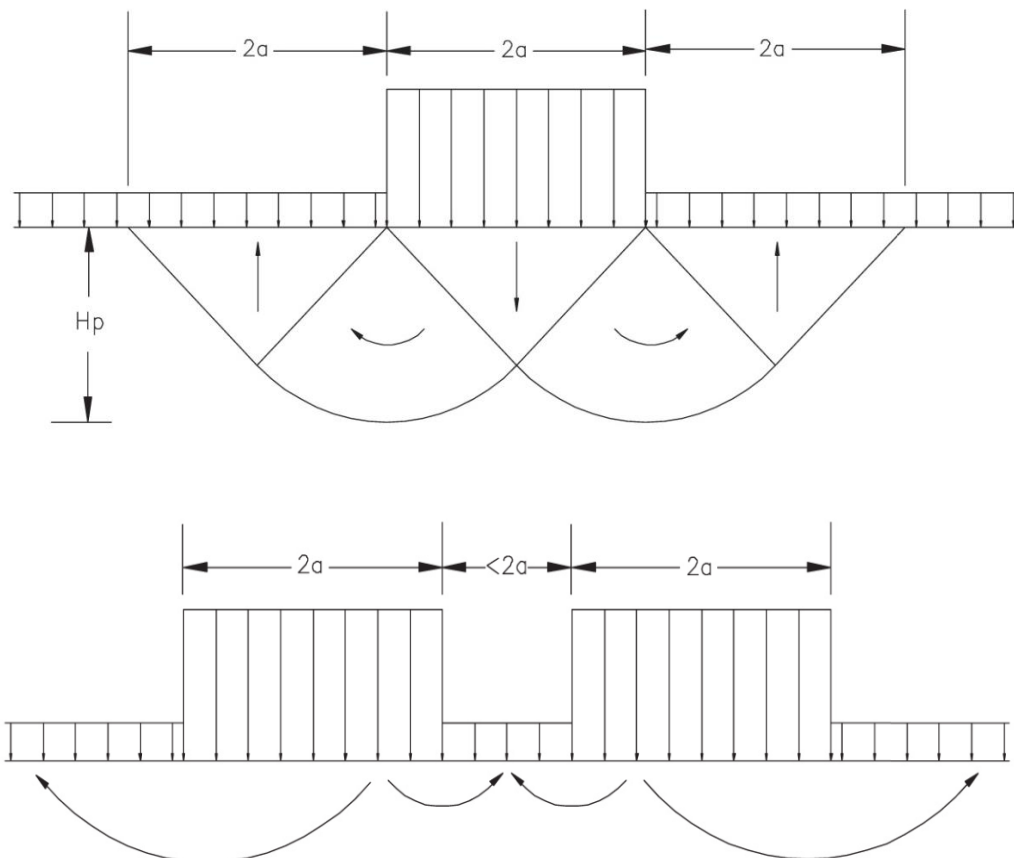
En una vía, la falla de la estructura puede presentarse en tres sitios diferentes:

- Capa granular.
- Suelo de fundación. (sub rasante)
- Geotextil (si existe)

El método analítico no considera falla de la capa granular, suponiendo que el coeficiente de fricción del material es

suficiente para asegurar la estabilidad mecánica de la capa y que el ángulo de fricción del geotextil en contacto con el material granular bajo las llantas es lo suficientemente grande para prevenir el deslizamiento de la capa sobre el geotextil.

Figura N°09: Mecanismos de falla



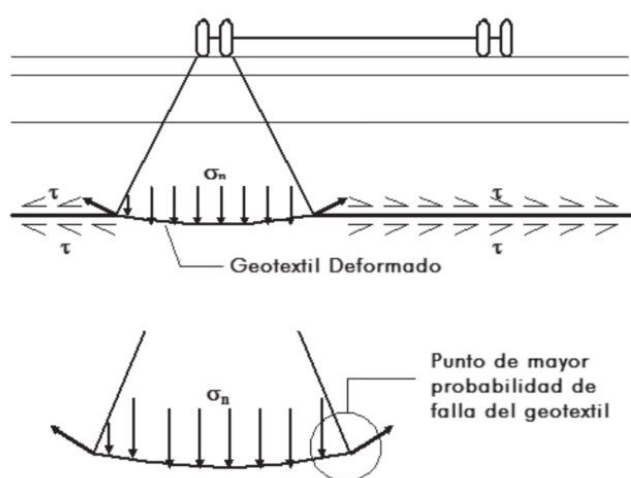
Fuente: Manual y Software de Diseño, PAVCO, 2015.

En una estructura vial la falla por deslizamiento del geotextil (o Pullout) es muy difícil que se pueda presentar ya que la fuerza de anclaje que se genera entre el suelo y el geotextil está dada por:

$$F_{\text{anclaje}} = 2 \times T_x \times L \quad (1.8)$$

La longitud L, a lo largo de la cual se desarrolla esta fuerza, es muy grande e influye directamente sobre el valor final de la Anclaje, por lo que está también se hace muy grande, siendo capaz de soportar cualquier movimiento horizontal que se presente por acción de las cargas.

Figura N°10: Condición crítica del geotextil.



Fuente: Manual y Software de Diseño, PAVCO, 2015.

Cuando inicia la transmisión de esfuerzos (σ_n) sobre el geotextil, se presenta una deformación del mismo por efecto del empuje actuante. La zona que se observa en el detalle es por donde fallaría el geotextil, ya que es el punto crítico cuando dicho geotextil ofrece su mayor trabajo por resistencia a la tensión. Por este motivo se debe calcular un factor de seguridad (FS) cuando se iguala a la resistencia a tensión del geotextil con el esfuerzo normal que está siendo aplicado por la estructura

con el paso de las cargas, garantizando de esta forma que el geotextil resistirá los esfuerzos y no se deteriora por este efecto. Para obtener una estabilidad global del sistema el FSg que se debe conservar debe ser mínimo de 1.3.

- **Metodología de diseño**

La metodología de diseño tiene como base la comparación entre la estructura de diseño inicialmente definida y la estructura de diseño reforzada con geotextil, esta metodología se enfoca hacia la optimización de los espesores de las capas estructurales de la estructura del pavimento, es decir en las capas granulares principalmente, sin modificar los espesores o las características de las capas de concreto.

La metodología permite calcular la reducción del espesor de la capa granular de una estructura de pavimento con base en el análisis de los esfuerzos que se presentan a nivel de subrasante. Este valor permite analizar diferentes alternativas de diseño, evaluando las características de los materiales que conforman la capa granular, del suelo de subrasante, del tráfico de diseño y de la vida útil del pavimento.

Para el cálculo de los esfuerzos normales generados por la estructura de pavimento se emplea el método racional de diseño de pavimentos, en este caso el CEDEM, sin embargo, una vez se tienen los resultados al usar un geotextil de refuerzo se puede usar cualquier método de diseño de pavimentos para

comparar los resultados y estudiar las diferentes alternativas al usar geotextil.

Es importante resaltar que el geotextil de refuerzo permite incrementar las condiciones de soporte de la estructura de pavimento como un todo, sin embargo en la metodología de diseño se debe evaluar el aporte del geotextil en la capacidad portante del suelo de subrasante para comparar los resultados del diseño de la vía sin geotextil y del diseño con geotextil.

- **Eficiencia de los geotextiles**

La eficiencia de los geotextiles como refuerzo en un pavimento puede ser estimada mediante el factor de eficiencia (E), el cual puede ser representado:

$$E = N_r / U_n$$

Donde:

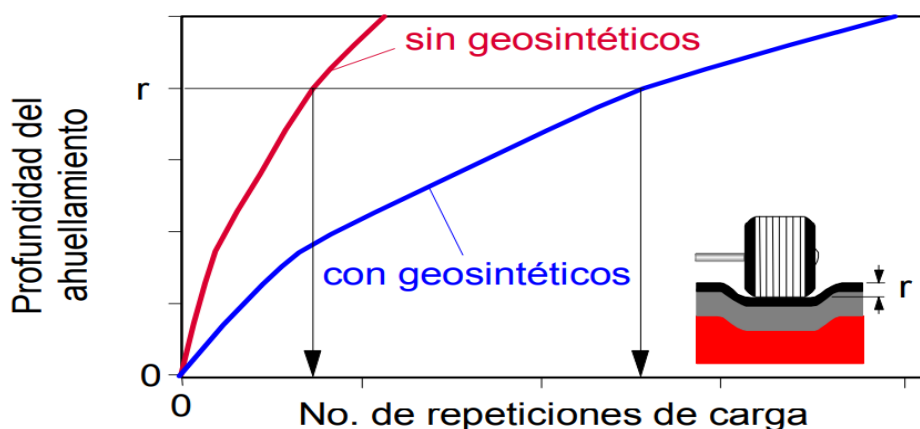
N_r = número de repeticiones de carga hasta la falla del pavimento reforzado.

U_n = número de repeticiones de carga hasta la falla del pavimento no reforzado.

La información disponible en la literatura presenta valores de E de hasta 16, lo que demuestra que se pueden alcanzar incrementos considerables en el tiempo de vida del pavimento con el uso de geosintéticos como refuerzo o separación. Observaciones de campo

y resultados de investigaciones confirman mejoras en el desempeño del pavimento debido al uso de geosintéticos según cuadro:

Figura N°011: Incremento del tiempo de vida de un pavimento debido al uso del geotextil.



Fuente: Pavimentos flexibles, Phd. Augusto Jugo B. 2015.

2.3. DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS.

- a. **Carpeta asfáltica.**- Es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir.
- b. **Capacidad portante.**- Es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.

- c. CBR.-** Es un ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad.
- d. Elongación.-** Es la distancia que, en un instante dado, separa a una partícula o cuerpo sometidos a oscilación de su posición de equilibrio.
- e. Elemento estructural.-** Es cada una de las partes diferenciadas, aunque vinculadas, en que puede ser dividida una estructura a efectos de su diseño.
- f. Geotextil.-** Es un material sintético plano formado por fibras poliméricas (polipropileno, poliéster o poliamidas), similar a una tela y de gran deformabilidad. Los geotextiles como su nombre indica, se asemejan a textiles, telas, que se pueden enrollar, cortar, coser, etc.
- g. Módulo de elasticidad.-** Es un parámetro que indica la rigidez y la capacidad de distribuir cargas que tiene una losa de pavimento. Es la relación entre la tensión y la deformación. Las deflexiones, curvaturas y tensiones están directamente relacionadas con el módulo de elasticidad del hormigón.
- h. Pavimentos.-** Estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales elaborados o no,

colocados sobre el terreno acondicionado, que tiene como función el permitir el tránsito de vehículos: ó Con seguridad. ó Con comodidad ó con el costo óptimo de operación ó Superficie uniforme.

- i. **Pavimento Asfáltico.-** Pavimento compuesto de una capa de áridos envueltos y aglomerados con betún asfáltico, de espesor mínimo de 25 mm, sobre capas de sustentación como base granular, asfáltica, hormigón o pavimento de bloques RIEGOS.

- j. **Punzonamiento.-** es un esfuerzo producido por tracciones en una pieza debidas a los esfuerzos tangenciales originados por una carga localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de hormigón, alrededor de su soporte. Este esfuerzo de punzonamiento produce un efecto puntual sobre su plano de apoyo.

- k. **Sub rasante.-** Es la capa en la que se apoya la estructura del pavimento y la característica especial que define la propiedad de los materiales que componen la sub rasante, se conoce como Módulo de Resiliencia (Mr).

- l. **Sub base.-** Es la capa de agregados pétreos, convenientemente graduados y compactados, que cumplen las Especificaciones Técnicas Generales y Especiales del proyecto, colocadas sobre la subrasante ya preparada, según las consideraciones indicadas.

m. Vida útil.- Es la duración estimada que un material puede tener, cumpliendo correctamente con la función para el cual ha sido creado.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

a. Confiabilidad del instrumento:

Para la confiabilidad del instrumento se utilizó el Alfa de Crombach. Mediante el SPSS 21.

- De la Variable X_1 : Propuesta del uso del Geotextil

Cuadro N° 05: Estadísticos total-elemento

	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
VAR00001	40,4000	15,300	,793	,949
VAR00002	40,6000	14,800	,925	,943
VAR00003	40,8000	16,700	,575	,957
VAR00004	40,4000	15,300	,793	,949
VAR00005	40,2000	16,700	,575	,957
VAR00006	40,6000	14,800	,925	,943
VAR00007	40,2000	16,700	,575	,957
VAR00008	40,6000	14,800	,925	,943
VAR00009	40,6000	14,800	,925	,943
VAR00010	40,6000	14,800	,925	,943

Fuente: SPSS 21

Cuadro N° 06: Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,953	10

Fuente: SPSS 21

- De la Variable X₂ : Mejoramiento del Pavimento Asfáltico

Cuadro N° 07: Estadísticos total-elemento

	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
VAR00001	39,8800	11,904	,119	,818
VAR00002	40,1400	11,347	,127	,831
VAR00003	40,1400	11,102	,213	,820
VAR00004	40,5400	8,662	,642	,773
VAR00005	40,9800	9,653	,702	,770
VAR00006	40,3400	9,331	,718	,765
VAR00007	40,2800	8,410	,804	,748
VAR00008	39,9600	11,264	,323	,807
VAR00009	40,6200	11,016	,403	,801
VAR00010	40,3200	8,263	,767	,752

Fuente: SPSS 21

Cuadro N°07: Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,809	10

Fuente: SPSS 21

El coeficiente alfa se puede visualizar como el promedio de todos los coeficientes de confiabilidad que se obtienen por los métodos de las dos mitades. Por lo tanto el instrumento es confiable.

b. Validación del instrumento:

La validación del instrumento se hizo posible, mediante el juicio de expertos para ver el argumento conceptual y metodológico. Profesionales con amplia experiencia en Ingeniería.

3.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES**ANÁLISIS DE LA VARIABLE X₂:**

Mejoramiento del pavimento Asfáltico

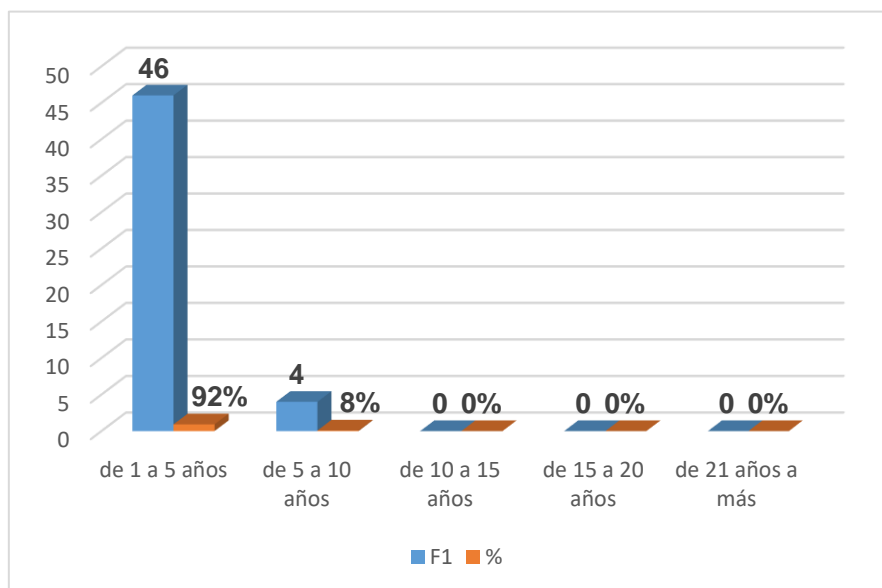
Tabla N° 01: Qué tiempo considera usted que el pavimento asfáltico de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, se ha encontrado en buenas condiciones.

Cuadro N° 01-E:

Escala	F ₁	%
de 1 a 5 años	46	92%
de 5 a 10 años	4	8%
de 10 a 15 años	0	0%
de 15 a 20 años	0	0%
de 21 años a más	0	0%
TOTAL	50	100%

Fuente: Encuesta realizada.

Gráfico N°01-E:



Fuente: Tabla N° 11-E

Descripción estadística: De la tabla y gráfico N°01, se tiene que el 92% de vecinos encuestados manifestaron haber encontrado en buenas condiciones el Jr. José de Sucre cuadras 09,10 y 11 de 1 a 5 años; y el 8% señalaron de 5 a 10 años.

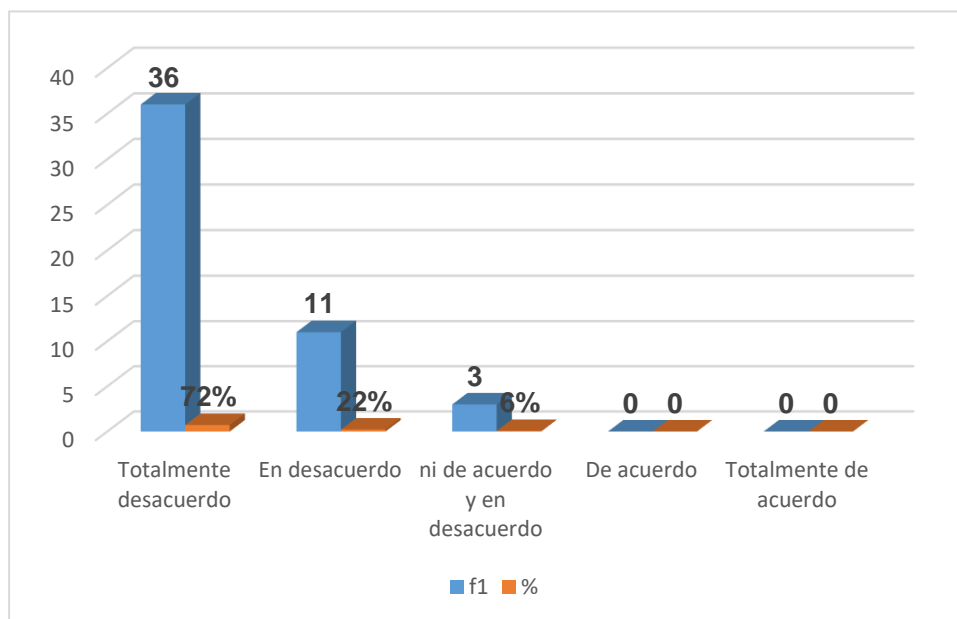
Tabla N°02: Considera usted, que el pavimento de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, son resistentes a las cargas producidas al tránsito vehicular.

Cuadro N° 02-E:

Escala	f1	%
Totalmente desacuerdo	36	72%
En desacuerdo	11	22%
ni de acuerdo y en desacuerdo	3	6%
De acuerdo	0	0
Totalmente de acuerdo	0	0
TOTAL	50	100%

Fuente: Encuesta realizada.

Gráfico N°02-E



Fuente: Tabla N° 12-E

Descripción estadística: De la tabla y gráfico N° 02, el 72% de los vecinos encuestados refieren que están totalmente en desacuerdo que el pavimento de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, son resistentes a las cargas producidas al tránsito vehicular; el 22% están en desacuerdo y el 6% manifestaron estar ni de acuerdo ni en desacuerdo.

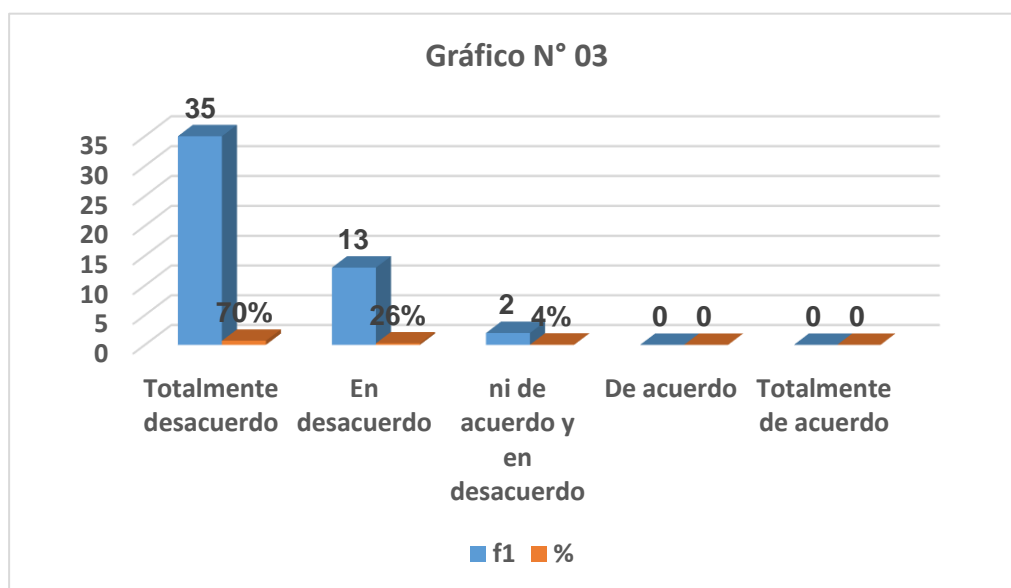
Tabla N°03: Considera usted, que el estado del pavimento asfaltico de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, le brindan seguridad.

Cuadro N° 03-E:

Escala	f1	%
Totalmente desacuerdo	35	70%
En desacuerdo	13	26%
ni de acuerdo y en desacuerdo	2	4%
De acuerdo	0	0
Totalmente de acuerdo	0	0
TOTAL	50	100%

Fuente: Encuesta realizada.

Gráfico N°03-E:



Fuente: Tabla N° 13-E

Descripción estadística: De la tabla y gráfico N°03 se tiene que el 70% de los vecinos encuestados del Jr. José de Sucre de las cuadras 09, 10 y 11 están totalmente en desacuerdo que el estado del pavimento asfáltico les brinda seguridad, el 26% se muestra en desacuerdo y el 4% están ni de acuerdo ni en desacuerdo.

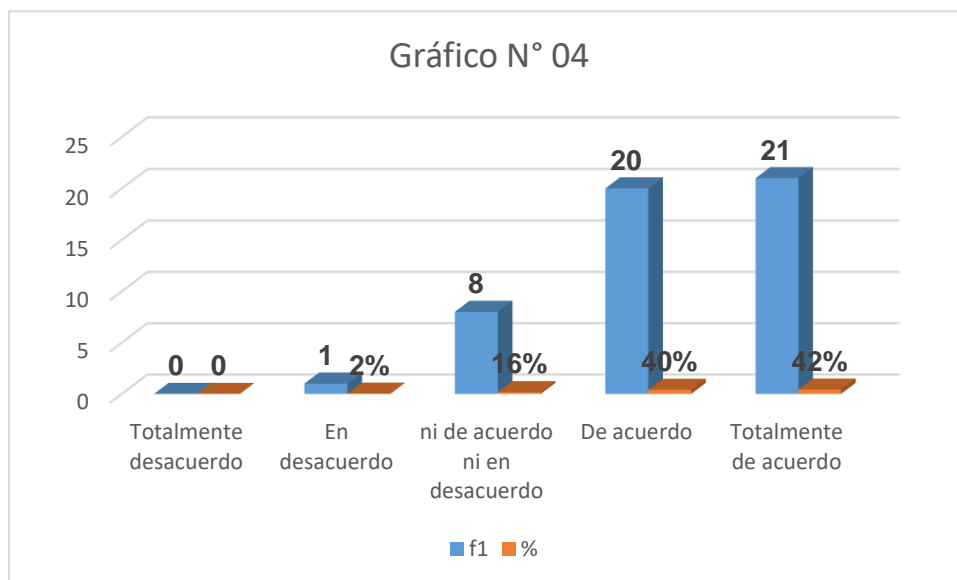
Tabla N°04: Considera usted que el estado actual del pavimento asfáltico de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, afecta a su bienestar personal.

Cuadro N° 04-E:

Escala	f1	%
Totalmente desacuerdo	0	0
En desacuerdo	1	2%
ni de acuerdo ni en desacuerdo	8	16%
De acuerdo	20	40%
Totalmente de acuerdo	21	42%
TOTAL	50	100%

Fuente: Encuesta realizada.

Gráfico N°04-E:



Fuente: Tabla N° 04-E.

Descripción estadística: De la tabla y gráfico N°04, el 42% de los vecinos encuestados del Jr. José de Sucre de las cuadras 09,10 y 11 están totalmente de acuerdo con el mal estado del pavimento asfáltico afecta su bienestar personal y el 40% dijeron que están de acuerdo y el 2% ni de acuerdo ni en desacuerdo.

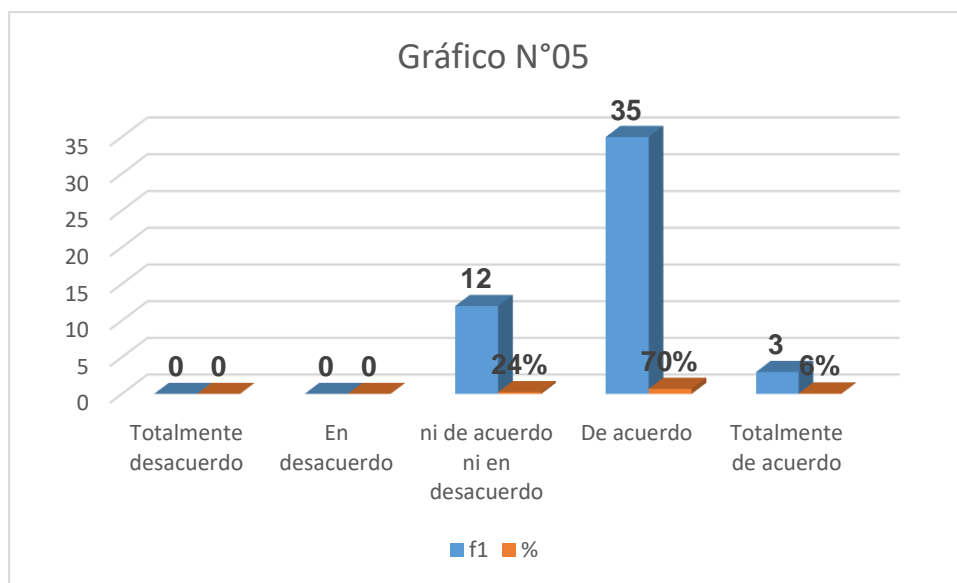
Tabla N°05: Cree usted que el deterioro del pavimento de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, se deba al método constructivo.

Cuadro N° 05-E:

Escala	f1	%
Totalmente desacuerdo	0	0
En desacuerdo	0	0
ni de acuerdo ni en desacuerdo	12	24%
De acuerdo	35	70%
Totalmente de acuerdo	3	6%
TOTAL	50	100%

Fuente: Encuesta realizada.

Gráfico N°05-E:



Fuente: Tabla N° 05-E.

Descripción estadística: De la tabla y gráfico N° 05 se obtiene que el 70% de los vecinos encuestados se muestran de acuerdo que el deterioro del pavimento de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, se deba al método constructivo; el 24% no están ni de acuerdo ni en desacuerdo y el 6% están totalmente de acuerdo.

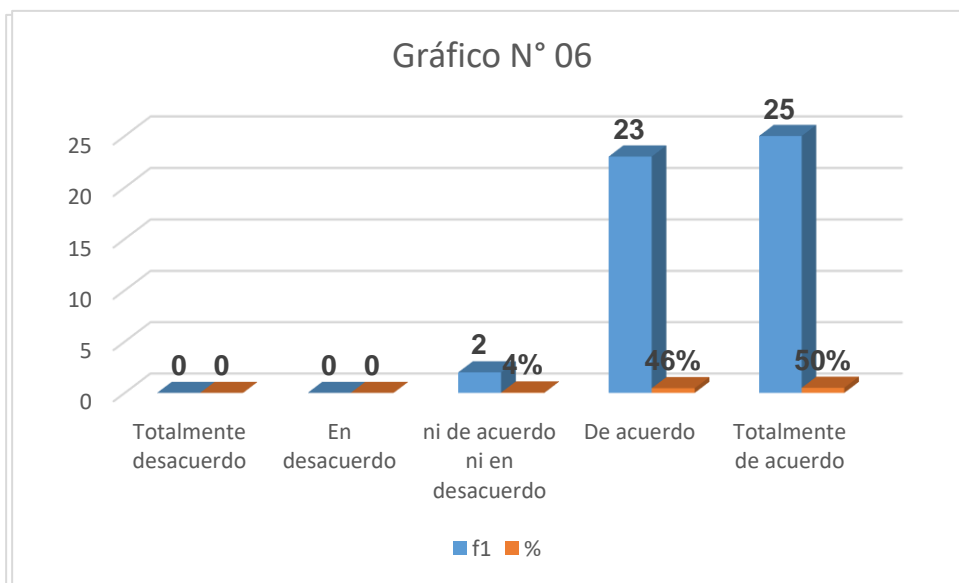
Tabla N°06: Usted cree que el deterioro del pavimento asfáltico de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, se deba a las condiciones climáticas.

Cuadro N° 06-E:

Escala	f1	%
Totalmente desacuerdo	0	0
En desacuerdo	0	0
ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	4%
De acuerdo	23	46%
Totalmente de acuerdo	25	50%
TOTAL	50	100%

Fuente: Encuesta realizada.

Gráfico N°06-E:



Fuente: Tabla N° 06-E

Descripción estadística: De la tabla y gráfico N° 06 se tiene que de los vecinos encuestados del Jr. José de Sucre de las cuadras 09,10 y 11; el 50% están totalmente de acuerdo de que el deterioro del pavimento asfáltico se deba a las condiciones climáticas, un 46% están de acuerdo y un 2% no están ni en acuerdo ni en desacuerdo.

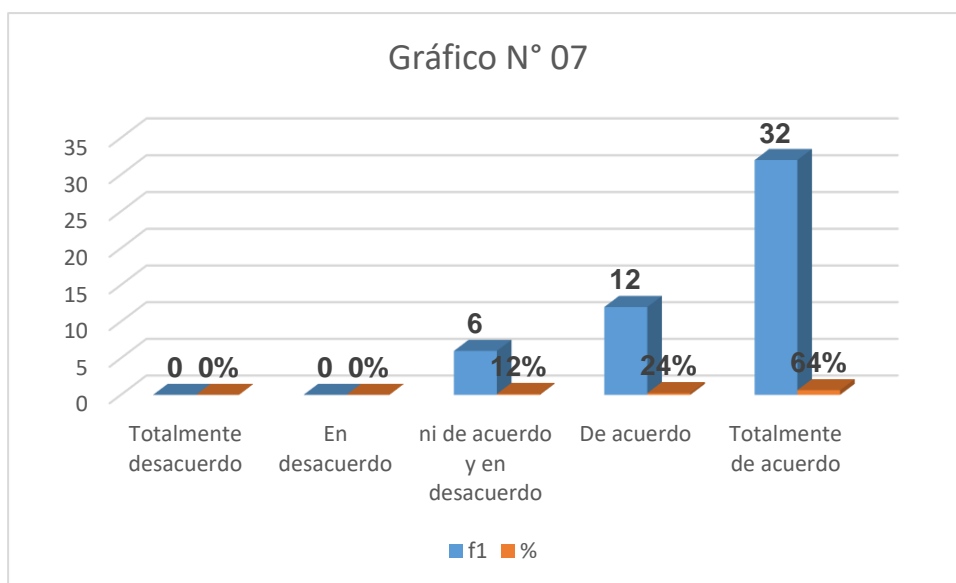
Tabla N°07: Cree usted, que la durabilidad del pavimento asfáltico en las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, está directamente relacionado a la calidad de materiales.

Cuadro N° 07-E:

Escala	f1	%
Totalmente desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	0	0%
ni de acuerdo y en desacuerdo	6	12%
De acuerdo	12	24%
Totalmente de acuerdo	32	64%
TOTAL	50	100%

Fuente: Encuesta realizada.

Grafico N°07-E:



Fuente: Tabla N° 07-E

Descripción estadística: De la tabla y gráfico N° 07 observamos que el 64% de los vecinos encuestados se muestran totalmente de acuerdo en que la durabilidad del pavimento asfáltico en las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, está directamente relacionado a la calidad de materiales, el 24% se muestra de acuerdo y un 12% ni de acuerdo ni en desacuerdo.

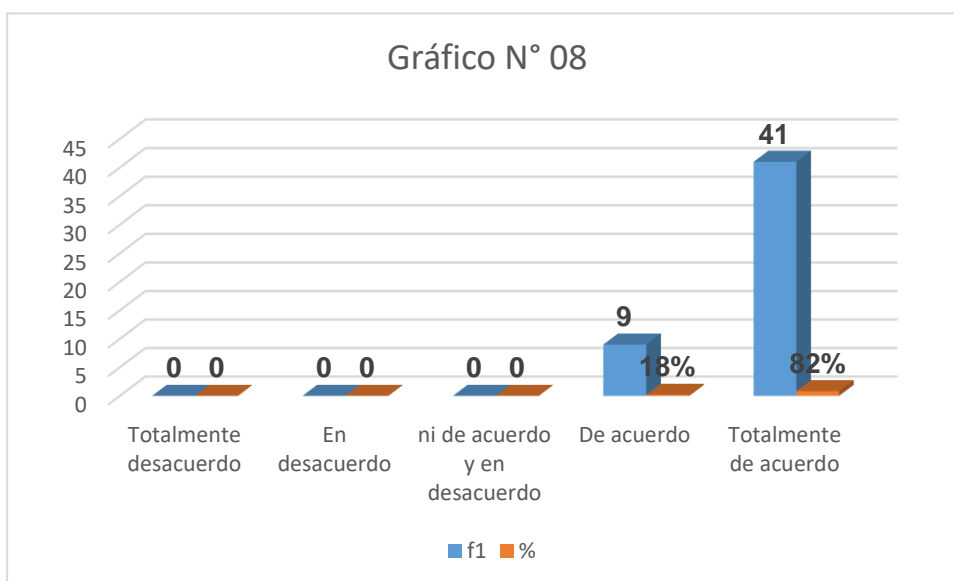
Tabla N°08: Considera usted que un pavimento asfáltico de calidad, demandaría menor costo en mantenimiento.

Cuadro N° 08-E:

Escala	f1	%
Totalmente desacuerdo	0	0
En desacuerdo	0	0
ni de acuerdo y en desacuerdo	0	0
De acuerdo	9	18%
Totalmente de acuerdo	41	82%
TOTAL	50	100%

Fuente: Encuesta realizada.

Gráfico N°08:



Fuente: Tabla N° 08-E

Descripción Estadística: De la tabla y gráfico N°08 se obtiene que el 82% de los vecinos encuestados están totalmente de acuerdo que un pavimento asfáltico de calidad, demandaría menor costo en mantenimiento; y el 18% están de acuerdo.

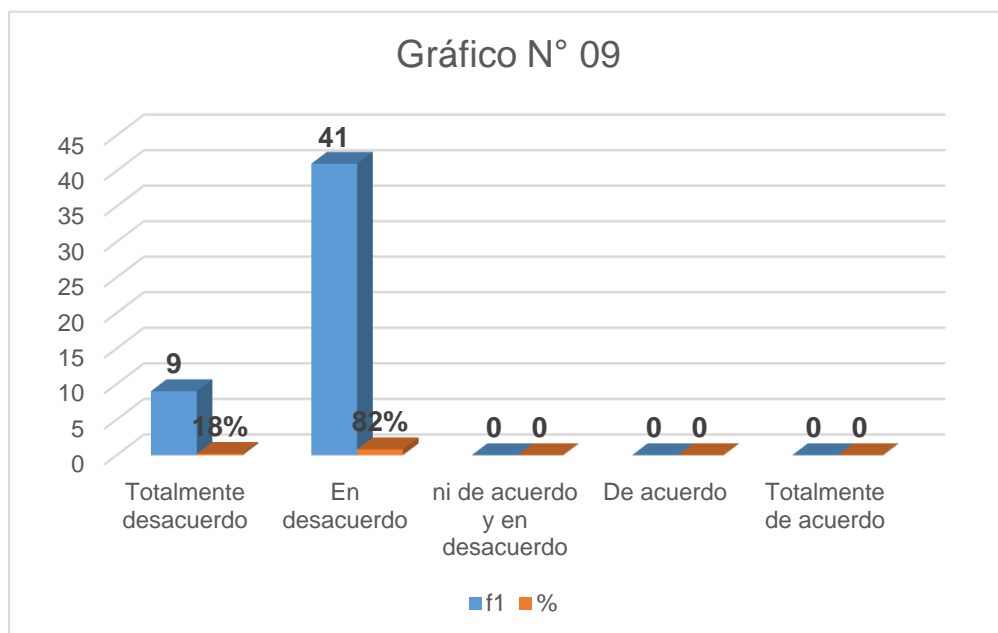
Tabla N°09: Cree usted que las buenas condiciones del pavimento asfáltico de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, depende de las autoridades.

Cuadro N° 09-E:

Escala	f1	%
Totalmente desacuerdo	9	18%
En desacuerdo	41	82%
ni de acuerdo y en desacuerdo	0	0
De acuerdo	0	0
Totalmente de acuerdo	0	0%
TOTAL	50	100%

Fuente: Encuesta realizada.

Gráfico N°09-E:



Fuente: Tabla N° 09-E

Descripción estadística: De la tabla y gráfico N° 09 el 82% de los vecinos encuestados refiere estar en desacuerdo que las buenas condiciones del pavimento asfáltico de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, depende de las autoridades, el 18% manifiesta que están totalmente en desacuerdo.

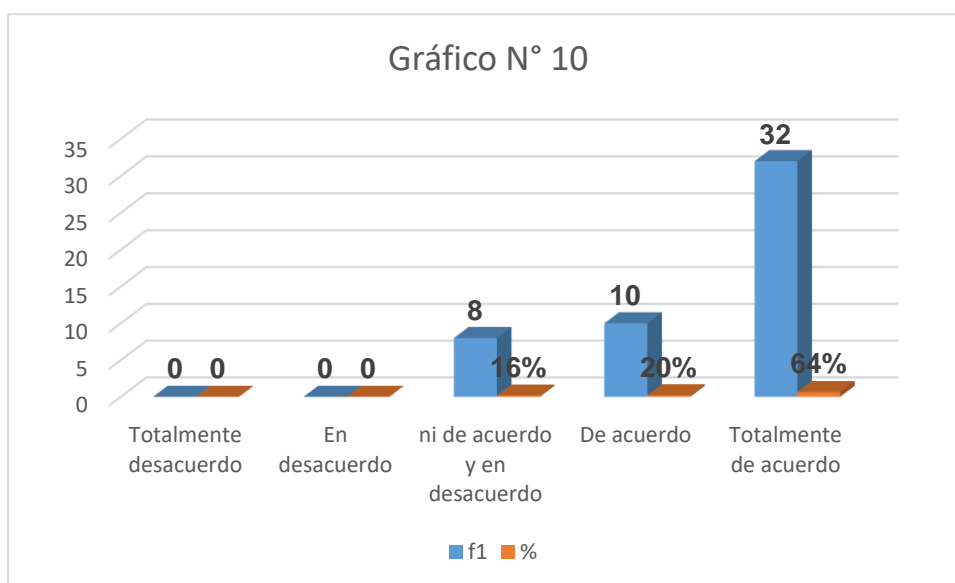
Tabla N°10: Cree usted que el estado del pavimento asfáltico de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, dependerá directamente del mantenimiento que se le dé.

Cuadro N° 10-E:

Escala	f1	%
Totalmente desacuerdo	0	0
En desacuerdo	0	0
ni de acuerdo y en desacuerdo	8	16%
De acuerdo	10	20%
Totalmente de acuerdo	32	64%
TOTAL	50	100%

Fuente: Encuesta realizada.

Gráfico N°10-E:



Fuente: Tabla N° 10-E

Descripción estadística: De la tabla y gráfico N° 10 observamos que el 64% de los vecinos encuestados refieren estar totalmente de acuerdo que el estado del pavimento asfáltico de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, dependerá directamente del mantenimiento que se le dé; el 20% se muestran en acuerdo y el 16% ni de acuerdo ni en desacuerdo.

Así mismo, según el diseño de pavimento por el Método AASTHO, en la zona de estudio, se obtuvo los siguientes espesores:



Teniendo en cuenta que, el medio ambiente de nuestra zona ubicada a los 3,100 m.s.n.m. las variaciones térmicas y humedad afectan el comportamiento del pavimento, especialmente en la desintegración de la sub rasante, se considera colocar el geotextil entre la sub rasante y la sub base, cumpliendo la función de separación, a fin de poder mantener la integridad de los suelos y facilitar la transmisión del agua.

Bajo estas consideraciones se requiere el Geotextil Tejido T1050 de 3 mm, hidráulicas, con una tasa de flujo 758 L/min/m², permeabilidad de 0.8×10^{-2} cm/s (Norma ASTM D 4491), el cual permita que retenga las partículas de suelo y evite el lavado de finos por la acción del agua y que cumpla con resistencias necesarias para mantener la continuidad sin que ocurra ninguna falla bajo concentraciones de esfuerzos locales causadas por irregularidades en el suelo de fundación.

CAPÍTULO IV

PROCESO DE CONTRASTACION DE HIPÓTESIS

Por la naturaleza del estudio de investigación, el cual es una investigación descriptiva propositiva, se podría realizar la contrastación de hipótesis mediante la fundamentación teórica y bibliográfica del presente estudio.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Del gráfico N°01, se tiene que el 92% de vecinos encuestados manifestaron que el pavimento estuvo en buenas condiciones de 1-5 años.

Del gráfico N° 02, el 72% de los vecinos encuestados refieren que están totalmente en desacuerdo que el pavimento de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, son resistentes a las cargas producidas al tránsito vehicular; el 22% están en desacuerdo y el 6% manifestaron estar ni de acuerdo ni en desacuerdo.

Del gráfico N°03, se tiene que el 70% de los vecinos encuestados del Jr. José de Sucre de las cuadras 09, 10 y 11 están totalmente en desacuerdo que el estado del pavimento asfáltico les brinda seguridad, el 26% se muestra en desacuerdo y el 4% están ni de acuerdo ni en desacuerdo.

Del gráfico N°04, el 42% de los vecinos encuestados del Jr. José de Sucre de las cuadras 09,10 y 11 están totalmente de acuerdo con el mal estado del pavimento asfáltico afecta su bienestar personal y el 40% dijeron que están de acuerdo y el 2% ni de acuerdo ni en desacuerdo.

Del gráfico N° 05, se obtiene que el 70% de los vecinos encuestados se muestran de acuerdo que el deterioro del pavimento de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, se deba al método constructivo; el 24% no están ni de acuerdo ni en desacuerdo y el 6% están totalmente de acuerdo.

Del gráfico N° 06, se tiene que de los vecinos encuestados del Jr. José de Sucre de las cuadras 09,10 y 11; el 50% están totalmente de acuerdo de que el deterioro del pavimento asfáltico se deba a las condiciones climáticas, un 46% están de acuerdo y un 2% no están ni en acuerdo ni en desacuerdo.

Del gráfico N° 07, observamos que el 64% de los vecinos encuestados se muestran totalmente de acuerdo en que la durabilidad del pavimento asfáltico en las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, está directamente relacionado a la calidad de materiales, el 24% se muestra de acuerdo y un 12% ni de acuerdo ni en desacuerdo.

Del gráfico N°08 se obtiene que el 82% de los vecinos encuestados están totalmente de acuerdo que un pavimento asfáltico de calidad, demandaría menor costo en mantenimiento; y el 18% están de acuerdo.

Del gráfico N°09, el 82% de los vecinos encuestados refiere estar en desacuerdo que las buenas condiciones del pavimento asfáltico de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, depende de las autoridades, el 18% manifiesta que están totalmente en desacuerdo.

Del gráfico N° 10 observamos que el 64% de los vecinos encuestados refieren estar totalmente de acuerdo que el estado del pavimento asfáltico de las cuadras 09, 10 y 11 del Jr. José de Sucre, dependerá directamente del

mantenimiento que se le dé; el 20% se muestran en acuerdo y el 16% ni de acuerdo ni en desacuerdo.

Para el diseño se empleó el Método de AASTHO 1993, con un periodo de diseño de 20 años, CBR de 15.43%, Modulo resiliente de 22500 psi, ESAL de diseño de 4'620,569.10, confiabilidad del 90%, desviación estándar normal de (-1.282) y una diferencia del índice de serviciabilidad de 1.7, cuyo procesamiento de datos se obtuvo los siguientes espesores de pavimento.

CAPA DE MATERIAL	S.N.	ESPESOR (cm)
ASFALTO	3.459	8
BASE GRANULAR	2.372	20
SUB BASE GRANULAR	2.338	20

Con la finalidad de mejorar las propiedades de la compactación de capas granulares y prevenir la mezcla entre capas de se define la aplicación del geotextil cumpliendo la función de separación, cuyas especificaciones técnicas favorables corresponde al Geotextil Tejido T1050 de 3 mm (Norma ASTM D 5199) y una tasa de flujo 758 L/min/m² (Norma ASTM D 4491).

El presupuesto de obra elaborado en función a un diseño de pavimento asfáltico tradicional y otro considerando el Geotextil Tejido T1050, como separación, aplicado a la intercapa entre la subrasante y sub base, con un área total de 2,383.67 m², resultado de la siguiente manera:

PRESUPUESTO DE OBRA a nivel de Costo Directo. (S/.)	
SIN GEOTEXTIL	CON GEOTEXTIL
254,663.23	271,039.04

El cual existe una diferencia de s/. 16,375.81 soles, el cual incluye la provisión de materiales, equipos, herramientas y la mano de obra (calificada /no calificada).

CONCLUSIONES

Según el análisis, se concluye que la propuesta del uso del geotextil al pavimento asfáltico del Jr. José de sucre cuadras 9,10 y 11, como material de separación de itercapa entre la sub rasante y la sub base, evitaría la migración o el mezclado de materiales, permitiendo la libre circulación del agua sin alterar las propiedades de diseño de la sub base, mejorando asi las condiciones de servicio y estabilidad de la infraestructura.

Se tendrá en consideracion el Geotextil Tejido T1050 de 3 mm, rollo de 200 x 3.85 m, con una tasa de flujo 758 L/min/m², permeabilidad de 0.8×10^{-2} cm/s (Norma ASTM D 4491), cumpliendo su función de separación de capas sobre la sub rasante.

Se determinó los espesores de diseño del pavimento del Jr. José de sucre cuadras 9,10 y 11 por el Método de AASTHO 1993, el cual se determino los siguientes espesores:



Dicho cálculo obedece a la determinación del ESAL de 4'620,569.10 con un CBR de 15.43% y un periodo de vida de 20 años.

El procedimiento requerido en la aplicación del geotextil en el pavimento del Jr.

Jose de sucre cuadras 9, 10 y 11 comprende lo siguiente:

- Demolición de la infraestructura existente.
- Eliminación de material de demoliciones.
- Corte a nivel de la sub rasante.
- Eliminacion de material exedente.
- Compactación a nivel de corte de la sub rasante.
- Relleno con material de préstamo para la sub base.
- Extendido, riego y compactación de la sub base.
- Relleno con material de préstamo para la base.
- Extendido, riego y compactación de la base.
- Colocación del geotextil tejido T1050.
- Imprimación asfáltica.
- Carpeta asfáltica en caliente.
- Compactado de la carpeta asfáltica.

RECOMENDACIONES

Afianzar el uso del geotextil enfocado a los procedimientos correctos que se debe de tener en cuenta, en el ámbito de la construcción a nivel de infraestructuras viales con pavimento asfáltico.

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas de nuestra zona, se hace necesario ser cuidadosos en los procesos de ejecución y control, calidad de los materiales y adecuados procedimientos constructivos que garanticen la durabilidad de la infraestructura.

Conociendo las bondades que ofrece el geotextil, se recomienda la difusión de este material como alternativa para la aplicación en las diversas obras de construcción en la ingeniería.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- CABANILLAS "Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de base granulares en pavimentos flexibles" , de la Pontificia Universidad Católica del Perú 2014
- BALLESTER MUÑOZ FRANCISCO, DANIEL CASTRO FRESNO, MIGUEL GIL OCEJA. (Definición del geotextil) Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos (área de construcción) de la Universidad de Cantabria
- ENCICLOPEDIA LIBRE <https://es.wikipedia.org/wiki/Geotextil>.
- FLORES "Evaluación Estructural del Pavimento Flexible, en la Carretera al Pinar Km, 0+000.00 al Km 3+000.00 Basado en la Medición de deflexiones con Viga Benkelman" UNASAM 2012
- GARCIA GALVEZ FELIX E., APUNTES DE PAVIMENTOS. 4da Edición, Perú, 1990.
- HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto et al , Metodología de la Investigación McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V, Quinta Edición, México D.F. 2010
- HUAMAN GUERRERO, Néstor W., Pavimentos Flexibles Editorial UNI-FIC, 1era Edición, Lima, Perú, 2001
- HUAMAN GUERRERO, Néstor W., Diseño de Espesores de Pavimentos

Asfálticos para Calles y Carreteras. Editorial Energía S.A., 1era Edición, Lima, Perú.1997

- [https://es.scribd.com/doc/.../Ventajas-y-desventajas-de-los-pavimentos-rígidos-y-flexi](https://es.scribd.com/doc/.../Ventajas-y-desventajas-de-los-pavimentos-rigidos-y-flexi).
- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y GERENCIA, Diseño, Construcción y Mantenimiento de Carreteras Fondo Editorial ICG, 1era Edición, Lima, Perú, 2002.
- JUGO "Propuesta de metodología para diseño de pavimentos flexibles empleando geosintéticos como refuerzo" Caracas, Venezuela, 2011.
- LANDI Y PESÁNTEZ Estudio de la utilización de geotextiles como filtro en presas de tierra homogéneas", de la Universidad De Cuenca – Ecuador 2015
- LOPEZ AREVALO CESAR AUGUSTO Ponencia presentada al XIII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA CIVIL
- M. KOERNER ROBERT, DISEÑO CON GEOTEXTILES Editorial IGS, 2da Edición, Lima, Perú, 2003
- MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCION-DIRECCION GENERAL DE CAMINOS, Especificaciones Téc. Gen. para Construcción de Carreteras (EG-2000) Editorial MTC, 2da Edición, Lima, Perú, 2000.
- MONTEJO FONSECA ALFONSO, INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS. Editorial AGORA, 2da Edición, Lima, Perú, 1998.
- NIÑEZ CONDORI ANSELMO, TESIS: OPTIMIZACION DE ESPESORES DE PAVIMENTOS CON APLICACION DE GEOSINTETICOS Perú, Puno, 2016

- WWW.ebah.com.br/guia-fallas-pavimento OFICINA TECNICA INGENIERO, JOSE HEREDIA & ASOCIADOS C.A
- WWW.PAVCO/GEOTEXTILES.COM. MANUALES DE DISEÑO PAVCO PARA GEOTEXTILES Y GEODRENES.
- WWW.CIDELSA/GEOTEXTILES.COM.
- ZORNBERG Artículo de investigación denominado: "Sistemas de Pavimentos Reforzados con Geosintético", en EEUU Texas 2013.

ANEXOS



SOLICITA : BOGDAM EVERLY LEYVA GIRALDO

TESIS : "USO DEL GEOTEXTIL COMO PROPUESTAS PARA MEJORAR EL PAVIMENTO ASFALTICO DE LAS CUADRAS 09,10,11 DEL JR. JOSE DE SUCRE, BARRIO SAN FRANCISCO - HUARAZ".

LUGAR : CUADRA 09,10,11 del Jr. Jose de Sucre

FECHA : 15 de Enero del 2018 INFORME N° 062-2018-3R-LG

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

CALICATA		C-01
PROGRESIVA		-----
PROFUNDIDAD (mts.)		1.20
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA POR MALLA DE PORCION DE MATERIAL MENOR DE 3"	3"	100.00
	2 1/2"	100.00
	2"	100.00
	1 1/2"	100.00
QUE PASA POR	1"	100.00
MALLA DE	3/4"	100.00
PORCION	3/8"	100.00
DE MATERIAL	Nº 4	93.13
DE 3"	Nº 10	72.77
	Nº 40	49.18
	Nº 100	36.46
	Nº 200	14.47
Coef. Uniformidad	Cu.	--
Coef. Concavidad	Cc.	--
LIMITES DE	L.L.	19.00
	L.P.	17.50
CONSISTENCIA	I.P.	1.50
HUMEDAD NATURAL		14.44
CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS) ASTM D-2487		SM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D-3282 - AASHTO M145		A-1-b (0)

DATOS DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO	2.11
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA	7.79

DATOS DE C.B.R. A 0.1" DE PENETRACION (ASTM D-1883)

C.B.R. 100% P.V.S.M. (%)	21.61
C.B.R. 95% P.V.S.M. (%)	15.43

Nota:
- Las muestras de suelos fueron muestreadas en campo y traídas por el proyectista, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



Reynaldo
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Ms.
INGENIERO CIVIL CIP Nº 5797
Consultor de Obras - Reg. Nº C2
Maestría en Ingeniería Geotécnica



Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Pro - Distrito de Los Olivos
Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay Nº 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste Nº 702 - Centenario - Independencia
RPM #954709070 em@i: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com



GeoSer Ingenieros S.A.C.
 Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Minas
 Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente



Geo-Lab Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales
 Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental
 RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

SOLICITADO : BOGDAM EVERLY LEYVA GIRALDO	LUGAR : CUADRA 09,10,11 del Jr. Jose de Sucre
TESIS : "USO DEL GEOTEXTIL COMO PROPUESTAS PARA MEJORAR EL PAVIMENTO ASFALTICO DE LAS CUADRAS 09,10,11 DEL JR. JOSE DE SUCRE, BARRIO SAN FRANCISCO - HUARAZ".	CALICATA : C-01
	FECHA : 15 de Enero del 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD
 ASTM D-2216

CALICATA	: C-01	
FRASCO N°	1	2
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	85.61	86.51
(2) Pfr + P.S.S. (gr)	76.51	79.30
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	9.10	7.21
(4) Pfr (gr)	21.06	21.45
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	55.45	57.85
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	16.41	12.46
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	14.44	

Nota: Pfr = Peso del frasco
 P.S.H. = Peso del suelo humedo
 P.S.S. = Peso del suelo seco
 Pagua = Peso del agua



Reynaldo
 Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, MS
 INGENIERO CIVIL CIP N° 5799
 Consultor de Obras - Reg. N° C-01
 Maestría en Ingeniería Geotécnica



Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Pro - Distrito de Los Olivos
 Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Centenario - Independencia
 RPM #954709070 em@i: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com



GeoSer Ingenieros S.A.C.

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente



Geo-Lab Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental

RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

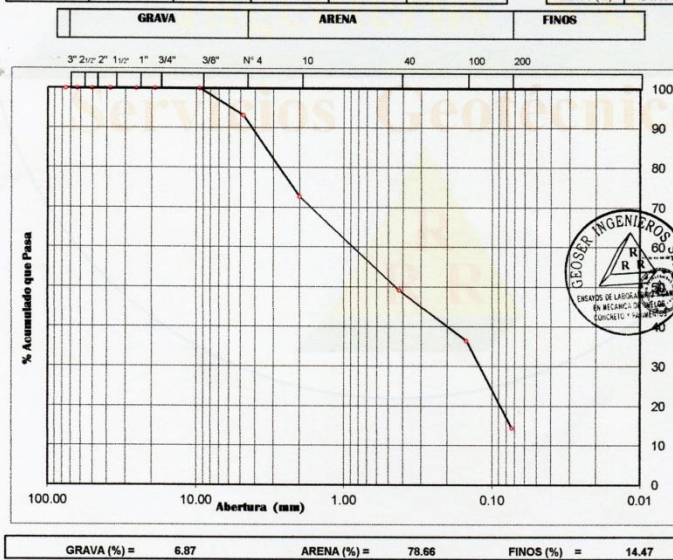
SOLICITADO : BOGDAN EVERLY LEYVA GIRALDO	LUGAR : CUADRA 09,10,11 del Jr. Jose de Sucre
TESIS : "USO DEL GEOTEXTIL COMO PROPUESTAS PARA MEJORAR EL PAVIMENTO ASFALTICO DE LAS CUADRAS 09,10,11 DEL JR. JOSE DE SUCRE, BARRIO SAN FRANCISCO - HUARAZ".	CALICATA : C-01
	FECHA : 15 de Enero del 2018

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

PESO INICIAL SECO : 910.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 14.47
 PESO LAVADO SECO : 836.96 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa	Resumen de Datos
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 3 : 100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 4 : 93.13
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 200 : 14.47
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L. : 19.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P. : 17.50
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	I.P. : 1.50
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	D10 : --
No 4	4.780	62.51	6.87	6.87	93.13	D30 : --
No 10	2.000	185.30	20.36	27.23	72.77	D60 : --
No 40	0.426	214.69	23.59	50.82	49.18	Cu : --
No 100	0.149	115.69	12.71	63.54	36.46	Cc : --
No 200	0.074	200.16	22.00	85.53	14.47	w (%) : 14.44
> No 200	0.000	58.61	6.44	91.97	8.03	GRAVA (%) : 6.87
TOTAL		836.96	91.97			ARENA (%) : 78.66
						FINOS (%) : 14.47





 Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, M.Sc.
 INGENIERO CIVIL CIP N° 5790-
 Consultor de Obras - Reg. N° C2102
 Maestría en Ingeniería Geotécnica



GeoSer Ingenieros S.A.C.

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente



Geo-Lab Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental

RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

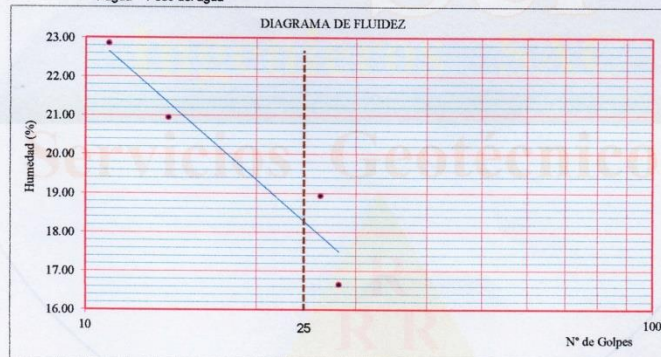
SOLICITADO : BOGDAM EVERLY LEYVA GIRALDO	LUGAR : CUADRA 09,10,11 del Jr. Jose de Sucre
TESIS : "USO DEL GEOTEXTIL COMO PROPUESTAS PARA MEJORAR EL PAVIMENTO ASFALTICO DE LAS CUADRAS 09,10,11 DEL JR. JOSE DE SUCRE, BARRIO SAN FRANCISCO - HUARAZ".	CALICATA : C-01
	FECHA : 15 de Enero del 2018

LIMITES DE CONSISTENCIA

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO ASTM D-4318

Ensayo	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	Datos						
Frasco N°							
N. De golpes	11	14	26	28	1	2	3
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	57.43	58.54	57.47	59.22	23.84	23.61	23.74
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	52.16	53.32	52.96	54.85	23.44	23.25	23.38
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	5.27	5.22	4.51	4.37	0.40	0.36	0.36
(4) Pfr (gr)	29.10	28.40	29.15	28.60	21.25	21.20	21.22
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	23.06	24.92	23.81	26.25	2.19	2.05	2.16
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	22.85	20.95	18.94	16.65	18.26	17.56	16.67

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo humedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua



Limite Líquido (L.L.) = 19.00	Limite Plástico (L.P.) = 17.50	Índice Plástico (I.P.) = 1.50
-------------------------------	--------------------------------	-------------------------------



Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, M.Sc.
INGENIERO CIVIL CIP N° 5798
Consultor de Obras - Reg. N° C210
Maestría en Ingeniería Geotécnica



Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Pro - Distrito de Los Olivos
Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Centenario - Independencia
RPM #954709070 em@il: ino.reynaldo.reves@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com



GeoSer Ingenieros S.A.C.

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente





Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales
 Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental

RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

**CARACTERISTICAS DE COMPACTACION EN LABORATORIO DEL SUELO
USANDO ESFUERZO MODIFICADO ASTM D1557 - MTC E115**

SOLICITADO : **BOGDAM EVERLY LEYVA GIRALDO**

TESIS : "USO DEL GEOTEXTIL COMO PROPUESTAS PARA MEJORAR EL PAVIMENTO ASFALTICO DE LAS CUADRAS 09,10,11 DEL JR. JOSE DE SUCRE, BARRIO SAN FRANCISCO - HUARAZ".

LUGAR : **CUADRA 09,10,11 del Jr. Jose de Sucre**

CALICATA : **C-01** FECHA : 15 de Enero del 2018

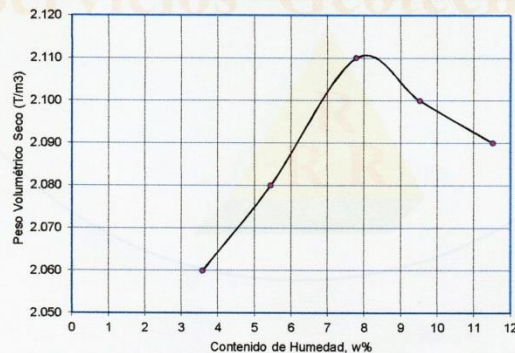
Golpes/Capa : 56 N° de Capas : 05 Wmart. : 4,513.0 Wmolde : 2,784.0
 Dimens. del molde : ϕ = 15.00 cm. H = cm. Volúmen : 21.24

Determinación del Contenido de Humedad:

Recipiente N°	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5					
Wsuelo Húm. + Rec.	49.89	51.78	53.89	48.15	48.48	48.53	47.76	46.99	44.31	49.79
Wsuelo Sec. + Rec.	48.86	50.90	52.44	46.80	46.88	46.58	45.65	45.06	42.06	47.42
Peso del agua	1.03	0.88	1.45	1.35	1.60	1.95	2.11	1.93	2.25	2.37
Peso del Recip.	21.30	25.20	26.20	21.60	26.50	21.35	23.40	24.90	22.60	26.80
Peso suelo seco	27.56	25.70	26.24	25.20	20.38	25.23	22.25	20.16	19.46	20.62
Cont. Hum. W%	3.74	3.42	5.53	5.36	7.85	7.73	9.46	9.57	11.56	11.49

Determinación del Peso Volumétrico:

Cont. Hum. Prom.	3.58	5.44	7.79	9.53	11.53
Wsuelo + molde	7,310.00	7,452.00	7,610.00	7,675.00	7,741.00
Wmolde	2,784.00	2,784.00	2,784.00	2,784.00	2,784.00
Wsuelo	4,526.00	4,668.00	4,826.00	4,891.00	4,957.00
Peso Vol. Húmedo	2.13	2.20	2.27	2.30	2.33
Peso Vol. Seco(T/m3)	2.06	2.08	2.11	2.10	2.09



Reynaldo M. Reyes Roque
Reynaldo M. Reyes Roque, MSc. Dr.
 INGENIERO CIVIL CIP N° 5796
 Consultor de Obras - Reg. N°
 Maestría en Ingeniería Gr

Contenido de Humedad Optima :	7.79 %	Peso Volumetrico Seco Máximo :	2.11 T/m3
-------------------------------	---------------	--------------------------------	------------------



Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Pro - Distrito de Los Olivos
 Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Centenario - Independencia
 RPM #954709070 em@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com



GeoSer Ingenieros S.A.C.

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Minas

Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente



Geo-Lab Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental

RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR (ASTM D1883 - MTC E132)

SOLICITADO : **BOGDAM EVERLY LEYVA GIRALDO**
 TESIS : **"USO DEL GEOTEXTIL COMO PROPUESTAS PARA MEJORAR EL PAVIMENTO ASFALTICO DE LAS CUADRAS 09,10,11 DEL JR. JOSE DE SUCRE, BARRIO SAN FRANCISCO - HUARAZ".**

LUGAR : **CUADRA 09,10,11 del Jr. Jose de Sucre**
 CALICATA : **C-01**
 Muestra : **Mab-01**
 Operador : **DAD** Fecha : 15 de Enero del 2018


Molde	1				2				3			
Capas	5				5				5			
Golpea por capa	56				25				12			
Condicion de la muestra	Sin Mojar		Mojada		Sin Mojar		Mojada		Sin Mojar		Mojada	
Peso Molde + Suelo hum.	9,000.00		13,715.00		9,061.00		13,700.00		9,010.00		13,822.00	
Peso del molde (gr)	4,700.00		9,500.00		4,710.00		9,450.00		4,600.00		9,460.00	
Peso del Suelo humedo	4,300.00		4,215.00		4,351.00		4,250.00		4,410.00		4,362.00	
Volumen del Molde (cm ³)	1,894.00				1,894.00				1,894.00			
Peso Vol. Humedo (gr/coc)	2.27		2.23		2.30		2.24		2.33		2.30	
% de humedad	7.73		8.62		9.46		10.34		11.52		12.68	
Peso Vol. Seco (gr/coc)	2.11		2.05		2.10		2.03		2.09		2.04	
Tarro N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tarro + suelo humedo	86.99	87.88	84.56	84.56	80.63	81.99	88.85	88.85	90.99	91.05	95.12	95.12
Tarro + suelo seco	82.75	83.65	80.18	80.18	76.29	77.20	83.26	83.26	84.60	84.50	87.50	87.50
Peso de Agua	4.24	4.23	4.38	4.38	4.34	4.79	5.59	5.59	6.39	6.55	7.62	7.62
Peso del Tarro	28.42	28.45	29.34	29.34	29.32	27.70	29.22	29.22	29.48	27.28	27.42	27.42
Peso del suelo seco	54.33	55.20	50.84	50.84	46.97	49.50	54.04	54.04	55.12	57.22	60.08	60.08
% humedad	7.80	7.66	8.62	8.62	9.24	9.68	10.34	10.34	11.59	11.45	12.68	12.68
Promedio de Humedad	7.73		8.62		9.46		10.34		11.52		12.68	

EXPANSION												
Molde N°	Fecha	Tiempo	Hora	1			2			3		
				Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
					mm.	%		mm.	%		mm.	%
05-Ens-18	0.0 hrs.	9.40 a.m.	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	
06-Ens-18	24.0 hrs.	9.40 a.m.	15.00	0.146	0.097	18.00	0.176	0.116	20.00	0.195	0.129	
07-Ens-18	48.0 hrs.	9.40 a.m.	18.00	0.176	0.116	23.00	0.224	0.148	24.00	0.234	0.154	
08-Ens-18	72.0 hrs.	9.40 a.m.	20.00	0.195	0.129	26.00	0.254	0.167	26.00	0.254	0.167	
09-Ens-18	96.0 hrs.	9.40 a.m.	22.00	0.215	0.142	30.00	0.293	0.193	32.00	0.312	0.206	

PENETRACION C.B.R.										
Penetración (Pulg)	Carga Tipo (Kg/cm ²)	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
		Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)	C B R (%)	Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)	C B R (%)	Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)	
										(Kg/cm ²)
0.025		98.00	5.06		84.00	4.34		63.00	3.26	
0.050		189.00	9.77		154.00	7.96		112.00	5.79	
0.075		231.00	11.94		203.00	10.49		140.00	7.23	
0.100	70.30	294.00	15.19	21.61	259.00	13.38	19.04	210.00	10.85	
0.200	105.45	455.00	23.51	22.29	336.00	17.36	16.46	252.00	13.02	
0.300	133.57	539.00	27.85	20.85	413.00	21.34	15.98	308.00	15.91	
0.400	161.69	616.00	31.83	19.68	455.00	23.51	14.54	385.00	19.89	
0.500	182.78	665.00	34.36	18.80	525.00	27.13	14.54	455.00	23.51	



Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Progreso - Huaraz
Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Centenario - Independencia
 RPM #954709070 em@i: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com


 Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, M.Sc.
 INGENIERO CIVIL CIP N° 67900
 Muestra en Ingeniería Geotécnica



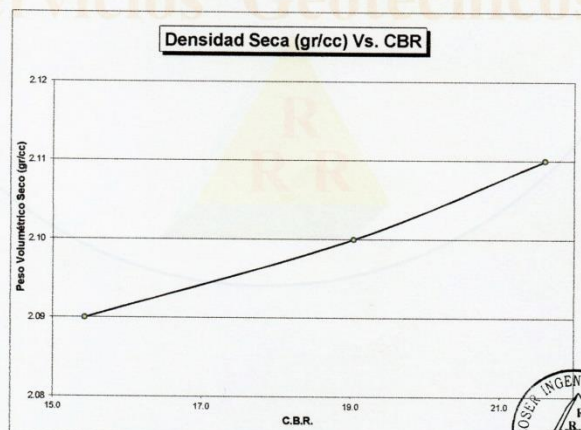
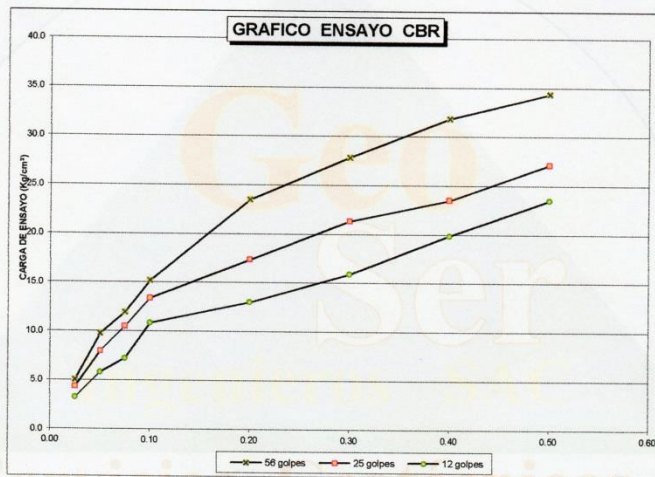
GeoSer Ingenieros S.A.C.
 Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Minas
 Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente



Geo-Lab Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales
 Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental
 RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

SOLICITAD: **BOGDAM EVERLY LEYVA GIRALDO**
 TESIS : "USO DEL GEOTEXTIL COMO PROPUESTAS PARA MEJORAR
 EL PAVIMENTO ASFALTICO DE LAS CUADRAS 09,10,11 DEL JR. JOSE
 DE SUCRE, BARRIO SAN FRANCISCO - HUARAZ".

LUGAR : CUADRA 09,10,11 del Jr. Jose de Sucre
 CALICATA : C-01
 Muestra : Mab-01
 Operador : DAD Fecha : 15 de Enero del 2018



C.B.R. AL 100% P.V.S.M. =	21.61	%
C.B.R. AL 95% P.V.S.M. =	15.43	%



Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, M.Sc.
 INGENIERO CIVIL CIP N° 57960
 Consultor de Obras - Reg. N° C2162
 Maestría en Ingeniería Geotécnica



Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Pro - Distrito de Los Olivos
 Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Centenario - Independencia
 RPM #954709070 em@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | GEOTEXTILES NO TEJIDOS MARV

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5	ALTERNATIVA 6	ALTERNATIVA 7	ALTERNATIVA 8	ALTERNATIVA 9	ALTERNATIVA 10	ALTERNATIVA 11	ALTERNATIVA 12	ALTERNATIVA 13
Módulo Coef. de Restricción de la Membrana Perforada	6350 (1-4032) 1/2"	400-200 1/32"	470 (106 1/32")	500 (115 1/32")	700 (156 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")
Modulo de permeabilidad	6350 (1-4032) 1/2"	200-100 1/32"	200 (45 1/32")	200 (45 1/32")	400 (90 1/32")	400 (90 1/32")	400 (90 1/32")	400 (90 1/32")	400 (90 1/32")	400 (90 1/32")	400 (90 1/32")	400 (90 1/32")	400 (90 1/32")
Modulo de permeabilidad Modulo L20	6350 (1-6241) 1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
Sustentancia al Impacto (Proyector)	6350 (1-4032) 1/2"	1164 (25 200/47)	189 (42 200/47)	189 (42 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)
Salto de Madera Buena (Modulo de Frotamiento)	6350 (1-2176) 1/2"	476 (240 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	6350 (1-4032) 1/2"	400-200 1/32"	470 (106 1/32")	500 (115 1/32")	700 (156 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")	900 (201 1/32")
Tipos de Tejido	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
Resistencia al Impacto (Proyector)	1164 (25 200/47)	189 (42 200/47)	189 (42 200/47)	189 (42 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)	200 (45 200/47)
Salto de Madera Buena (Modulo de Frotamiento)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)	1160 (220 1160/1601)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5	ALTERNATIVA 6	ALTERNATIVA 7	ALTERNATIVA 8	ALTERNATIVA 9	ALTERNATIVA 10	ALTERNATIVA 11	ALTERNATIVA 12	ALTERNATIVA 13
Tipos de Tejido	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Resistencia al Impacto (Proyector)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Salto de Madera Buena (Modulo de Frotamiento)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V



AGOSTO 2011

HOJA DE CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
METODO AASHTO 1993

TESIS : USO DEL GEOTEXTIL COMO PROPUESTA PARA MEJORAR EL PAVIMENTO ASFALTICO, EN LAS CUADRAS 9,10 Y 11 DEL JR. JOSE DE SUCRE, BARRIO SAN FRANCISCO, 2017.

FECHA : 28 DE DICIEMBRE DEL 2017

ECUACION DE CALCULO

$$\text{Log}_{10}(\text{ESAL}) = Z_R S_o + 9.36 \text{Log}_{10}(\text{SN}+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right) + 2.32 \text{Log}_{10} \text{MR} - 8.07}{0.40 + \frac{1094}{(\text{SN}+1)^{5.19}}} \quad \dots(a)$$

Donde:

- SN : Numero estructural requerido por la seccion de la via.
- ESAL : Numero de ejes equivalentes de 80 Kn (18,000 lb), en el periodo de diseño.
- Z_R : Desviacion estandar normal, depende de la confiabilidad R, de diseño.
- S_o : Error estandar por efecto del trafico y comportamiento.
- ΔPSI : Variacion del indice de serviciabilidad.
- MR : Modulo resiliente de la subrasante medida.

$$\text{SN} : a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad \dots(b)$$

Donde:

a_i : Coeficiente de la capa i (lb/pulg)

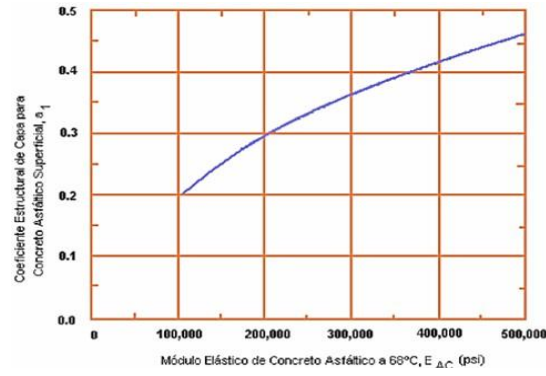


Figura 01:Tabla para calcular el coeficiente estructural del concreto asfáltico de gradacion densa.

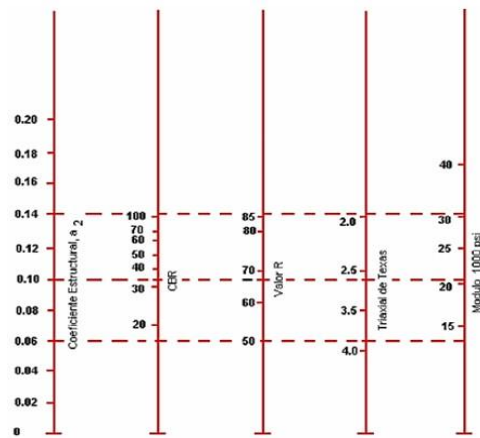


Figura 02:Variacion de coeficiente de capa de base granular (a_2) con la variacion de los parametros de Resistencia.

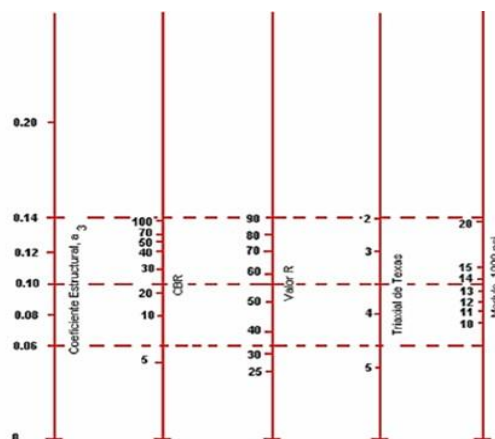


Figura 03: Variacion de coeficiente de capa de sub base granular (a_3) con la aplicacion de los parametros de Resistencia.

D_i : Espesor de la capa i (pulg)

m_i : Coeficiente de drenaje de la capa i (adimensional)

Tabla 01: Condiciones de drenaje y coeficientes de drenaje recomendados, m_i .

CONDICIONES DE DRENAJE		% de tiempo en la que la estructura de pavimento es expuesta a niveles de humedad proximos a la saturacion			
	Retiro de agua dentro de:	Menos que 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mayor que 25%
EXCELENTE	2 Horas	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
BUENO	1 dia	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
REGULAR	1 semana	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
POBRE	1 mes	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
MUY POBRE	El agua no drena	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Parametros de diseño y recomendaciones de AASHTO.

a) Periodo de diseño.

Tabla 02: Periodos tipicos de diseño.

CONDICIONES DE CARRETERAS	PERIODO DE ANALISIS
Vias urbanas con alto volumen	30-50
Vias rurales con alto volumen	20-50
Pavimentadas con bajo volumen	15-25
Superficie granular con bajo volumen	10-20

b) Factor de confiabilidad, R .

Tabla 03: Niveles sugeridos de confiabilidad, R .

CLASIFICACION FUNCIONAL	NIVEL RECOMENDADO DE CONFIABILIDAD	
	URBANO	RURAL
Interestatal y otras vias	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Coletores	80 - 95	75 - 95
Local	50 - 80	50 - 80

c) Desviacion estandar normal, ZR.**Tabla 04:** Desviacion estandar normal, ZR.

	Desviacion Estandar
50	- 0.000
60	- 0.253
70	- 0.524
75	- 0.674
80	- 0.841
85	- 1.037
90	- 1.282
91	- 1.340
92	- 1.405
93	- 1.476
94	- 1.555
95	- 1.645
96	- 1.751
97	- 1.881
98	- 2.054
99	- 2.327
99.9	- 3.090
99.99	- 3.750

d) Perdida de serviciabilidad

Varia de 0 (carreteras imposibles de traficar) a 5 (carretera perfecta)

Donde:

$$\Delta\text{PSI} = P_0 - P_t$$

e) Modulo Resiliente efectivo del suelo

$$MR [\text{psij}] = 1500 \times \text{CBR} \quad \dots(1)$$

$$MR [\text{KPa}] = 10342 \times \text{CBR} \quad \dots(2)$$

Esta ecuacion es razonable para suelos de gradacion fina con CBR menores que 10%.

DATOS:

MR	: Modulo resiliente subrasante	22500 psi	
W18	: ESAL de diseño	4,620,569.10	se calcula
PSI _o	: Serviciabilidad Inicial	4.2	
PSI _t	: Serviciabilidad final	2.5	
ΔPSI	: Δ del indice de serviciabilidad.	1.7	
R	: Confiabilidad	90 %	Tabla 3
ZR	: Desviacion estandar normal	-1.282	Tabla 4
So	: Error estandar	0.45	Recomendado AASTHO 93

Calculo del numero estructural, según la ecuacion (a) SN = **2.53**

Diseño de espesores:

Coefficiente de drenaje de la capa i (adimensional)

Drenaje de base granular	m2 =	1	Tabla 1
Drenaje de sub base granular	m3 =	1.2	Tabla 1

Coefficiente de capas:

Tabla 05: Coeficiente de capas.

Fig.01

Fig.02	Carpeta asfaltica	t =	450,000	psi	a1 = 0.43 pulg.-1
Fig.02	Base granular	CBR =	60 %		a2 = 0.12 pulg.-1
Fig.03					M = 27500 psi
Fig.03	Sub base granular	CBR =	40 %		a3 = 0.12 pulg.-1
Dato					M = 17500 psi
	Sub rasante	CBR =	15 %		M = 22500 psi

Fuente: Elaboracion propia.

De los resultados obtenidos ingresamos al programa Diseño de Pavimento Flexible, Diseño de espesores de Pavimento de acuerdo a 1993 AASTHO Guide for design of pavement to structures

CUADRO Nº 01: PROCESAMIENTO DE DATOS MEDIANTE PROGRAMA.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
Diseno de Pavimentos de Flexion de Estructuras
1983 AA SHTO Guide for Design of Pavements Structures


DATOS:

ESAL DE DISEÑO	4,620,569.10
CONFIABILIDAD	90%
DESVIACION	-1.282
SERV INICIAL (Psi)	4.20
SERV FINAL (Psi)	2.50
DELTA PSI	1.70
Sa	0.45

DATOS DE SUBD:

OR BASE (%)	60
OR SUBRAGC (%)	60
OR SUBRAGC (%)	21.61
ESTABILIO MARSHALL (N)	9000
Fc (Mpa)	8.2

Modulo Resiliente (Psi)



$$\log_{10}(W_{18}) = Z_A \times S_p + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{1.18}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_A) - 8.07$$

$\log_{10}(W_{18})$ SN

CAPA DE MATERIAL	Coficiente de Capa (k)	Coficiente de Drenaje (m)	ESPESOR (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPESOR (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0.63	1	3.00	1.297	8.00	1.859
Base Granular	0.12	1	8.50	1.008	20.00	2.372
Sub Base Granular	0.12	1	8.00	0.935	20.00	2.338

SN (Calculada) 3.240 8.170
 SN (Requerida) 3.182 8.083
OK OK

Los espesores propuestos obtenidos mediante las iteraciones resultan:

CAPA DE MATERIAL	S.N.	ESPESOR (cm)
ASFALTO	3.459	8
BASE GRANULAR	2.372	20
SUB BASE GRANULAR	2.338	20