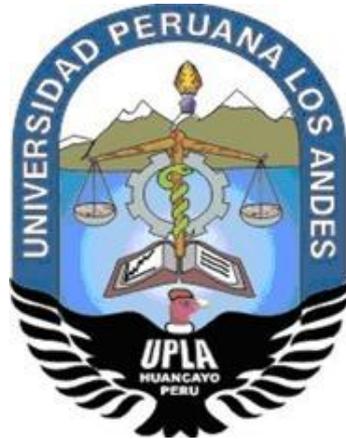


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA TRANSMISION DE CARGAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON REFUERZO DE GEOTEXILES

Línea de Investigación Institucional:
Transportes y Urbanismo

Línea de Investigación Escuela Académica Profesional:
Transporte.

Presentado por:

Bach. VEGA RODRIGUEZ, Fiorella

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERA CIVIL

Huancayo – Perú

2022

FALSA PORTADA

ASESOR

Ing. CORDOVA ZORRILLA, Nataly Lucia

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por brindarme fortaleza de culminar una etapa más de mi vida.

A mis padres Ricardo y Enedina que me apoyaron de forma incondicional para poder terminar mi formación profesional.

A mis hermanos Henry, Lesvia, Cintya por su ejemplo, quienes me enseñaron que con el trabajo y perseverancia se llega al éxito.

A mi pareja Roger, por su paciencia y apoyo incondicional.

A mis maestros quienes me brindaron su apoyo día a día para desarrollar y concluir mi tesis.

Bach. Vega Rodríguez, Fiorella

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Los Andes por contribuir con sus críticas constructivas y haber brindado sus conocimientos para poder realizarme como un profesional.

A mi asesor Ing. Córdova Zorrilla Nataly Lucia, por su experiencia y por darme sus consejos que permitió que la tesis se culminara de la mejor manera

Bach. Vega Rodríguez, Fiorella

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERO
Presidente

MG. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL
Jurado

ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO
Jurado

ING. RANDO PORRAS OLARTE
Jurado

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA,
Secretario Docente

INDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.2. Formulación del problema	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. Justificación de la investigación.....	16
1.3.1. Justificación práctica	16
1.3.2. Justificación científica.....	16
1.3.3. Justificación metodológica.....	17
1.4. Delimitación de la investigación.....	17
1.5. Limitaciones.....	17
1.6. Objetivos de la investigación	17
1.6.1. Objetivo general	17
1.6.2. Objetivos específicos	17
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.1.1. Antecedentes nacionales	19
2.1.2. Antecedentes internacionales	21
2.2. Marco conceptual	24
2.2.1. Pavimento flexible	24

2.2.2. Geotextil	38
2.2.2.1. Tipos de geotextil	38
2.2.2.2. Usos de los geotextiles.....	41
2.2.2.3. Funciones básicas de los geotextiles	41
2.2.2.4. Propiedades de los geotextiles.....	45
2.2.2.5. Soluciones y beneficios de los geotextiles.....	46
2.3. Definiciones de términos	47
2.4. Hipótesis.....	48
2.4.1. Hipótesis general.....	48
2.4.2. Hipótesis específica.....	48
2.5. Variables.....	48
2.5.1. Definición conceptual de las variables	48
2.5.2. Definición operacional de la variable.....	49
CAPÍTULO III.....	51
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	51
3.1. Método de investigación	51
3.2. Tipo de investigación	51
3.3. Nivel de la investigación	52
3.4. Diseño de la investigación	52
3.5. Población y muestra	52
3.5.1. Población.....	52
3.5.2. Muestra	53
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
3.7. Procesamiento de la información.....	53
3.7.1. Viga Benkelman (ASTM D 4695:).	54
CAPÍTULO IV	56
RESULTADOS	56
4.1. Caracterización de los agregados	56
4.1.1. Combinación de agregados.....	56
4.1.2. Requerimientos para los agregados.....	58
4.2. Ensayo Marshall	59
4.2.1. Mezcla asfáltica convencional	59
4.2.2. Mezcla asfáltica con geotextil.....	64

4.2.3. Comparación de las mezclas asfálticas óptimas	69
4.3. Ensayo de Viga Benkelman.....	73
4.4. Ensayo Cántabro	76
4.4.1. Mezcla asfáltica convencional.....	76
4.4.2. Mezcla asfáltica con geotextil.....	77
4.4.3. Contraste de mezclas asfálticas.....	77
CAPÍTULO V	79
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	79
5.1. Discusión de resultados con antecedentes	79
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
ANEXOS	85
Anexo N°01: Matriz de consistencia.....	86
Anexo N°02: Panel fotográfico.....	88
Anexo N°04: Certificado de los Ensayos	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones granulométricas.	28
Tabla 2: Especificaciones granulométricas.	30
Tabla 3: Factores de Equivalencia en carga para eje para pavimentos flexibles.	32
Tabla 4: Esquema para llenar con la cantidad y porcentajes de los vehículos de la carretera.....	33
Tabla 5: Campo de aplicación de los geotextiles.	45
Tabla 6: Propiedades físicas.	45
Tabla 7: Relaciones esfuerzo-deformación.	46
Tabla 8: Operacionalización de variables.....	49
Tabla 9: Promedio de % pasante	57
Tabla 10: Combinación de materiales	57
Tabla 11: Requerimiento de los agregados.....	59
Tabla 12: Resultados Marshall de la mezcla convencional	60
Tabla 13: Óptimo contenido de asfalto de la mezcla convencional.....	60
Tabla 14: Resultados Marshall de la mezcla con geotextil	65
Tabla 15: Óptimo contenido	65
Tabla 16: Comparación de las mezclas asfálticas óptimas	70
Tabla 17: Deflexión máxima y radio de curvatura de las mezclas asfálticas	74
Tabla 18: Comparación de las mezclas asfálticas óptimas	75
Tabla 19: Ensayo cántabro de la mezcla asfáltica convencional	77
Tabla 20: Ensayo cántabro de la mezcla asfáltica reforzada	77
Tabla 21: Comparación del ensayo Cántabro	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pavimento flexible.	24
Figura 2: Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible).	25
Figura 3: Espesores de las capas de pavimento.....	34
Figura 4: Posibles resultados de una evaluación estructural.	37
Figura 5: Distribución de Esfuerzos.....	38
Figura 6: Geotextil tejido.	39
Figura 7: Geotextil no tejido.	39
Figura 8: Geotextil no tejido.	40
Figura 9: Geotextil no tejido.	40
Figura 10: Separación.....	41
Figura 11: Filtración.....	42
Figura 12: Refuerzo.....	42
Figura 13: Geotextil de drenaje.	43
Figura 14: Rol de los geotextiles.	44
Figura 15: Viga Benkelman	54
Figura 16: Peso unitario de la mezcla convencional	61
Figura 17: Vacíos de la mezcla convencional	61
Figura 18: V.M.A de la mezcla convencional	62
Figura 19: Vacíos llenos C.A. de la mezcla convencional.....	63
Figura 20: Flujo de la mezcla convencional	63
Figura 21: Estabilidad de la mezcla convencional.....	64
Figura 22: Peso unitario de la mezcla con geotextil	66
Figura 23: Vacíos de la mezcla con geotextil	66
Figura 24: V.M.A. de la mezcla con geotextil	67
Figura 25: Vacíos llenos C.A. de la mezcla con geotextil.....	68
Figura 26: Flujo de la mezcla con geotextil	68
Figura 27: Estabilidad de la mezcla con geotextil	69
Figura 28: Estabilidad de las mezclas asfálticas optimas.....	70
Figura 29: Vacíos de las mezclas asfálticas optimas	71
Figura 30: V.M.A. de las mezclas asfálticas optimas	71
Figura 31: Vacíos llenos con C.A. de las mezclas asfálticas optimas	72
Figura 32: Fluencia de las mezclas asfálticas optimas.....	72
Figura 33: Relación estabilidad/flujo de las mezclas asfálticas optimas	73
Figura 34: Deflectometría de las mezclas asfálticas optimas.....	76
Figura 35: Comparación entre mezclas asfálticas.....	78

RESUMEN

La presente investigación se formula como problema general ¿Cómo es el comportamiento estructural en la transmisión de cargas de pavimentos flexibles con incidencia de geotextiles tipo GT320P?, así mismo el objetivo general será Determinar el comportamiento estructural en la transmisión de cargas de pavimentos flexibles con incidencia de geotextiles tipo GT320P. La hipótesis general: La transmisión de cargas en pavimentos flexibles con incidencia de geotextiles tipo GT320P reduce su comportamiento estructural.

Por la naturaleza del estudio el tipo de investigación será aplicado de nivel experimental, y de diseño de investigación es transversal correlacional - causal. Las técnicas utilizadas serán, la observación y medición. Así mismo los instrumentos serán las fichas de registro y las libretas de campo. Tendrá como población 150 briquetas de asfalto y un tramo de prueba de 5 x 3 m y como muestra en este caso corresponde a 15 briquetas y el cálculo de las deformaciones en el tramo de prueba.

PALABRAS CLAVES: Pavimento flexible, geotextil, cargas

ABSTRACT

The present investigation is formulated as a general problem: How is the structural behavior in the transmission of loads of flexible pavements with incidence of geotextiles type GT320P? Likewise, the general objective will be to determine the structural behavior in the transmission of loads of flexible pavements with incidence of geotextiles type GT320P. The general hypothesis: The transmission of loads in flexible pavements with incidence of geotextiles type GT320P reduces its structural behavior. By the nature of the study, the type of research will be applied at an experimental level, and the research design is cross-correlational - causal. The techniques used will be observation and measurement. Likewise, the instruments will be the registration cards and field notebooks. The population will be 150 asphalt briquettes and a test section of 5 x 3 m and as a sample in this case it corresponds to 15 briquettes and the calculation of the deformations in the test section.

KEY WORDS: flexible pavement, geotextile, loads.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: “Comportamiento estructural de la transmisión de cargas de pavimentos flexibles con refuerzo de geotextiles”, que plantea una alternativa de solución a los pavimentos flexibles que presenta daños en la capa de rodadura.

Se debe evaluar la situación actual del pavimento flexible que se realizará aplicando una capa intermedia entre el pavimento antiguo y el nuevo, con un manto geotextil con emulsión asfáltica.

La investigación para su mayor comprensión consta de cinco capítulos, analizados y distribuidos de la siguiente manera:

EL CAPÍTULO I.- Se detalla el planteamiento del problema, el problema general, los problemas específicos, el objetivo general, los objetivos específicos de la investigación, la justificación de la investigación y las limitaciones de la investigación.

EL CAPÍTULO II.- Se desarrolla los antecedentes internacionales, nacionales de la investigación, el marco teórico, las bases teóricas, las definiciones conceptuales, formulación de hipótesis general y específica.

EL CAPÍTULO III.- Se detalla la metodología empleada de la investigación, las variables independiente y dependiente, el método, el tipo, el diseño de la investigación, la población, la muestra y la operacionalización de variables.

EL CAPÍTULO IV.- Presenta el desarrollo de los resultados donde se realiza los resultados obtenidos en el laboratorio y su proceso de cálculo para su análisis representativo.

EL CAPÍTULO V.- Se presenta la discusión de resultados.

Bach. Vega Rodríguez, Fiorella

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Como es sabido, todos los pavimentos se degradan con el tiempo, con la aparición de fisuras. Esta degradación se produce por diferentes motivos (fatiga, retracción del material, movimientos de las capas estructurales, defectos de construcción) y provoca efectos contraproducentes sobre el camino, por lo que su control resulta vital para asegurar la vida útil deseada.

En efecto, la aparición de fisuras en la superficie de los pavimentos no constituye sólo un problema de aspecto visual o estético, sino que constituye uno de los factores más importantes en la performance de la estructura debido a que puede provocar efectos muy contraproducentes, como ser la pérdida de estanqueidad: las fisuras permiten que el agua de lluvia penetre en la estructura, dando lugar, entre otras cosas, a pérdidas de capacidad soporte y aumento de las deflexiones en el pavimento. Por otro lado, también genera el bombeo de finos de la subrasante hacia las capas granulares, concentración de tensiones sobre la subrasante ya que las discontinuidades que crean las fisuras aumentan las deformaciones y provocan concentración de tensiones sobre la subrasante, Aumento de las tensiones y deformaciones en el pavimento, el aumento de las deformaciones que provocan las fisuras, a su vez provocan tensiones sobre las capas que reducirán la durabilidad del pavimento.

Para retardar la reflexión de fisuras en la restauración de pavimentos flexibles, consiste en la aplicación de una capa intermedia, entre el pavimento antiguo y el nuevo, con un manta geotextil impregnando con emulsión asfáltica que permite reducir notablemente las deformación y deflexiones del pavimento flexible, aumentando la durabilidad y el confort de la superficie de rodadura y por ende la transmisión de cargas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo es el comportamiento estructural en la transmisión de cargas de pavimentos flexibles con incidencia de geotextiles?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo es la incidencia de los geotextiles en el comportamiento dinámico de los pavimentos flexibles?
- b) ¿De qué manera el tipo de geotextil distribuye la carga en el pavimento flexible?
- c) ¿De qué manera interviene las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en la transmisión de cargas con incidencia de geotextiles?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación práctica

La justificación practica permitirá determinar el comportamiento estructural del pavimento flexible con una incidencia de los geotextiles para poder mantener una durabilidad de la superficie de rodadura lo cual permitirá obtener un aspecto práctico que corresponda si la presente investigación resolverá un problema real y de ser el caso tenga relación con otros problemas prácticos (Hernández, Fernández, & Lucio, 2006).

1.3.2. Justificación científica

La justificación teórica se da por el manual de diseño geométrico de carreteras y el manual de ensayos de materiales la cual nos permitirá obtener la variación de la superficie del pavimento con una mayor incidencia del geotextil ya que en dicho manual estipula los requerimientos mínimos que tiene que cumplir el pavimento endurecido en relación a las deflexiones de la superficie.

1.3.3. Justificación metodológica

Con la presente investigación se pretende que nos ayude en cuanto a evaluar y mejorar los instrumentos en la recolección de datos, y la cual corresponde a la observación en qué grado de incidencia entre el pavimento y el geotextil, dichas fichas servirán como un antecedente que pueden ser utilizados en futuras construcciones de nuestro medio, relacionadas a la durabilidad de los pavimentos flexibles.

1.4. Delimitación de la investigación

El tema de investigación se regirá en bajo las condiciones del Manual de diseño geométrico de Carreteras y el Manual de Ensayo de Materiales, en las cuales se realizará un tramo de prueba para ver el comportamiento físico-mecánico del pavimento con incidencia del Geotextil, bajo las condiciones climáticas de nuestra ciudad y las condiciones de la densidad vehicular a la que será sometido, para obtener la deflexión real del pavimento flexible.

1.5. Limitaciones

No se ha encontrado muchos libros específicos sobre geotextiles en aplicación de pavimento flexible

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento estructural en la transmisión de cargas de pavimentos flexibles con incidencia de geotextiles.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Identificar la incidencia de los geotextiles en el comportamiento dinámico de los pavimentos flexibles.
- b) Evaluar el tipo de geotextil óptimo para la distribución de las cargas en el pavimento flexible.
- c) Determinar las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en la transmisión de cargas con incidencia de geotextiles.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

(Lopez Grandez, 2018) presento la tesis de pregrado **Titulado:** Evaluación estructural de pavimentos flexibles empleando geotextiles, Carretera Cajamarca – Chachapoyas, tramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas – 2018, el cual fija como **objetivo general:** Determinar la influencia del geotextil como refuerzo estructural del pavimento de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, subtramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas - 2018, empleando la **metodología** En el presente trabajo de investigación es Descriptivo y Explicativo, obteniendo como **resultado:** Las deflexiones transversales disminuyeron, en el caso de pavimentos con geotextil, yendo desde una reducción del 40%, en el caso de pavimentos de 15 in o 37.5cm, y finalmente **concluyo:** Mencionando que la aplicación de geotextiles permite la reducción de los espesores de los pavimentos ya que, al incrementar la capacidad requerida, esto nos permite una disminución del espesor.

(Dávila Dávila & Gómez Rosales, 2018) presento la tesis de posgrado **Titulado:** Aplicación de geotextiles en pavimentos flexibles para su diseño, Carretera Oxapampa - San Jorge: km 14+000 - km15+000,

Pasco, 2018, el cual fija como **objetivo general**: Diseñar el pavimento flexible aplicando geotextiles en la carretera Oxapampa - San Jorge del tramo 14km - 15km de la provincia de Pasco, empleando la **metodología** Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo, obteniendo como **resultado**: De los geotextiles se deben utilizar cuando la subrasante es menor a 6% ya que al tener esa característica existen mayor deformaciones en los pavimentos por lo que el suelo de la subrasante es pobre e inestable, y finalmente **concluyo**: Al comparar el pavimento flexible con geotextiles con un pavimento flexible convencional con una contaminación al 50% se perdió el 47% de la serviciabilidad del pavimento.

(Chancasanampa Pacheco, 2015) presento la tesis de pregrado **Titulado**: Diseño y aplicación de geotextiles y geomembranas en plantas de tratamiento de aguas residuales, el cual fija como **objetivo general**: Proponer un método correcto de diseño y aplicación adecuado de geotextiles y geomembranas en plantas de tratamiento de aguas residuales, empleando la **metodología**: En el presente trabajo de investigación es Descriptivo y Explicativo, obteniendo como **resultado**: Que los geotextiles ensayados tienen mayor resistencia en la dirección de producción que en la dirección transversal, y finalmente **concluyo**: Que el PAVCO NT -1600 es el geotextil indicado para colocar en nuestra sub rasante de laguna de estabilización estructura de pavimento.

(Nuñez Condori, 2015) presento la tesis de pregrado **Titulado**: Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geosintéticos, el cual fija como **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 generará a lo largo del tiempo, empleando la **metodología**: Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo con un diseño Experimental, obteniendo como **resultado**: La reducción de espesores de la capas, prolongando la vida útil y mejorando que el pavimento sea más eficiente, para así incentivar a la comunidad de

ingenieros que el uso de geosintéticos son muy esenciales para el desarrollo socio económico del país, y finalmente **concluyo:** Que el uso de los geosintéticos como el geotextil no tejido biaxial es una alternativa adecuada para los pavimentos flexibles, ya que son de mucha importancia en proyectos de ingeniería pero sobre todo en infraestructura vial.

(Chavez Peña, 2015) presento la tesis de pregrado **Titulado:** Evaluación estructural de pavimentos flexibles usando el deflectómetro de impacto en la carretera Tarma- La Merced, el cual fija como **objetivo general:** Mostrar el procedimiento de evaluación estructural de pavimentos flexibles usando el deflectómetro de impacto (HWD), empleando la **metodología:** Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo, obteniendo como **resultado:** Los valores promedio del número estructural efectivo (S_{Neff}) obtenidos por ambos métodos son ligeramente mayores al número estructural teórico a excepción del Sector 1 en la faja 3 (Método AASHTO), y finalmente **concluyo:** El módulo de superficie tiene que ir de la mano con el proceso de retroanálisis, antes y después, para la modelización de la estructura y para la eliminación de puntos que dan resultados incongruentes o muy distantes a la realidad.

2.1.2. Antecedentes internacionales

(Dávila Dávila & Gómez Rosales, 2018) presento la tesis de posgrado **Titulado:** Los geotextiles y su aplicación en las carreteras, el cual fija como **objetivo general:** Conocer acerca de las propiedades y características de los geotextiles. Así como los usos, aplicaciones y experiencias obtenidas en México y otros países de Europa y Norte América, empleando la **metodología** Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo, obteniendo como **resultado:** Extendida a compresión con distribución granulométrica máxima de 44.4mm, densidad de colocado de 85-90% máximo de la densidad seca, en tres elevaciones con una compactación vibratoria intermedia, y

finalmente **concluyo:** Mencionando que por su gran resistencia a la tensión se puede usar para aumentar la capacidad de carga en suelos blandos y dar estabilidad a terraplenes.

(Bustamante Noboa, 2016) presento la tesis de pregrado **Titulado:** Evaluación en el Nivel de Resistencia de una Subrasante, con el Uso Combinado de una Geomalla y un Geotextil, el cual fija como **objetivo general:** Evaluar y planear el comportamiento de la estructura del pavimento mediante deflexiones y deformaciones, empleando la **metodología** Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo con un diseño Experimental, obteniendo como **resultado:** lógicos y aceptables que permiten establecer los lineamientos de un procedimiento de diseño racional, y finalmente **concluyo:** Se concluyó que, se puede identificar que la deflexión máxima en este tramo se da una media de $\pm 900 \mu\text{m}$, siendo la deflexión máxima del orden de los $1700 \mu\text{m}$.

(Beltran Calvo, 2017) presento la tesis de pregrado **Titulado:** Evaluación estructural de pavimentos flexibles con métodos de inteligencia artificial y auscultación no destructiva, el cual fija como **objetivo general:** Garantizar condiciones de operación satisfactorias durante el servicio, la cual permite determinar la condición de las carreteras en diferentes periodos, en función de ello se puede determinar la vida remanente de la infraestructura, las alternativas de rehabilitación, el impacto y beneficio obtenido en su aplicación, empleando la **metodología** Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo con un diseño Experimental, obteniendo como **resultado:** Se logró la convergencia a 2% de error medio absoluto después de 30 segundo y 256 iteraciones, y finalmente **concluyo:** Mencionando que las características del pavimento quedaron reflejadas en los módulos estimados: en la zona donde existe estructura tricapa, se obtuvieron los valores más bajos de módulos de capa asfáltica en virtud de las altas deflexiones registradas.

(Hueto Guerrero & Montoya Manjarres, 2018) presento la tesis de pregrado **Titulado:** Adición de geotextil tejido T-2400 a la estructura intrínseca de diferentes tipos de materiales para rellenos, el cual fija como **objetivo general:** Analizar el comportamiento mecánico de diferentes tipos de materiales de relleno, mediante la adición de fibras de geotextil tejido T2400 a su macro-estructura, para mejorar sus propiedades mecánicas, al ser usados en capas de relleno, empleando la **metodología:** En el presente trabajo de investigación básico y diseño no experimental y explicativo, obteniendo como **resultado:** De los ensayos de CBR para los materiales sin adición de geo textil se obtuvieron los siguientes resultados: Arcilla: 2.7 %, Arena: 21.3 % y la Zahorra: 31.1%, y finalmente **concluyo:** Mencionando sobre el caso de los CBR se observó que para una adición aproximada entre 14% y 15% en relación al volumen de geotextil tejido T-2400, se alcanzaron los mayores valores de resistencia.

(Guataquira Nuñez, 2020) presento la tesis de pregrado **Titulado:** Análisis comparativo entre el geotextil convencional y el geotextil de yute químicamente tratado empleado para mejorar la capacidad portante en obras viales, y su evaluación como alternativa de uso en Colombia, el cual fija como **objetivo general:** Comparar las propiedades que aporta al tratamiento de una subrasante un geotextil convencional versus las que aporta un geotextil con fibras de yute tratadas, mediante la evaluación del aporte proporcionado en las características físico mecánicas (CBR y Módulos), empleando la **metodología:** El presente proyecto fue realizado desde un enfoque cuantitativo, cuyo tipo de investigación es experimental, obteniendo como **resultado:** Los valores obtenidos con el geotextil de yute tejido para CBR y Mr están dentro de los estándares para Colombia siendo aceptable como el geotextil convencional, y finalmente **concluyo:** La instalación del geotextil convencional y el geotextil de yute no varía, ya que se realizan las mismas actividades y se tienen los mismos cuidados al momento de realizar esta acción.

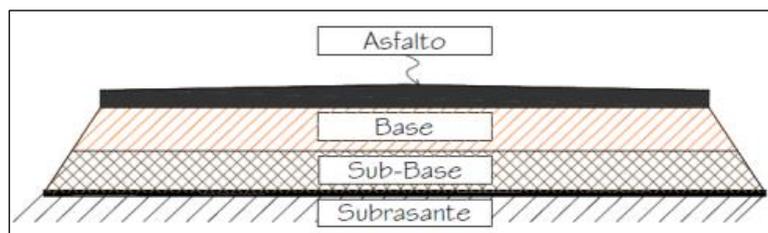
2.2. Marco conceptual

2.2.1. Pavimento flexible

De acuerdo con (Gavilanes Davila, 2012) se define como aquel pavimento que está compuesto por una o varias capas, la de rodadura que está conformada por áridos mezclados con concreto asfáltico, con un espesor de 25 mm, ubicada por encima de las capas de sustentación como la base y sub base granular, en la cual presenta un tiempo de vida útil entre los 10 y 20 años, en la cual presentan la desventaja de solicitar un mantenimiento uniforme para así realizar con su vida útil, este pavimento es el más económico en la realización de su construcción inicial, está conformado fundamentalmente por la carpeta asfáltica, la base, la sub-base y de la sub-rasante, en los pavimentos donde presenta un bajo a regular tránsito, en la cual se ubica la capa que se caracteriza por un solo espesor y en dichos pavimentos presenta el tránsito intenso y pesado, el espesor de la carpeta asfáltica está compuesta por la carpeta de desgaste y Capa de liga.

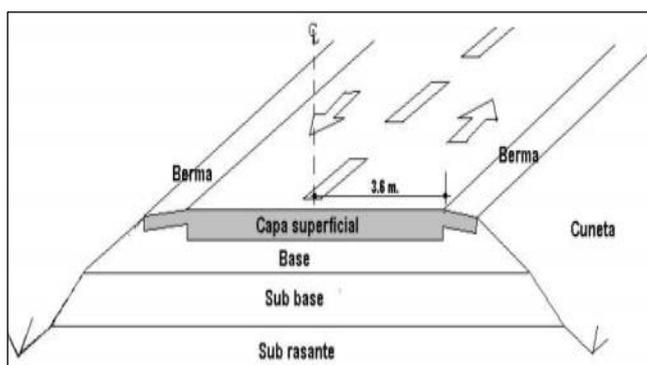
Según (Llauce Noriega, 2019) estos pavimentos además están compuestos por una carpeta bituminosa la cual es denominada carpeta asfáltica en la cual soporta en lo general por encima de las capas que no son rígidas, como por ejemplo la base y la sub-base, en este tipo de pavimento resulta más económico en la construcción inicial, en la cual presenta un tiempo de vida entre 10 y 15 años, sin embargo, tienen la desventaja de solicitar mantenimientos homogéneos para realizar con su vida útil.

Figura 1: Pavimento flexible.



Fuente: Armijos 2009

Figura 2: Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible).



Fuente: Recuperado de Monsalve Lina, Giraldo Laura y Maya Jessyca (2012) “Diseño de pavimentos flexible y rígidos” (tesis de pregrado) Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

2.2.1.1. Estructura del pavimento

Aquellos pavimentos son superficiales de rodamiento, en la cual las bases granulares y en diferentes situaciones la sub-bases granulares, de tal manera que las capas están conformadas por la estructura del pavimento en la cual según (Gavilanes Davila, 2012) describe a continuación:

a) Sub-rasante

Es aquella la cual se denomina como la superficie terrestre que sirve como cimiento para toda la estructura de un pavimento. Para lograr desarrollar el diseño de pavimentos se debe realizar las propiedades físicas-mecánicas de la Subrasante a través de los ensayos desarrollados en el laboratorio como lo es el contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, para así lograr evaluar al material, el proctor modificado, CBR para calcular la capacidad portante en la que se obtiene el material, los ensayos de campo como el D.C.P y aquella prueba de Placa de Carga, en la cual nos ayudaran a reconocer si la superficie terrestre se considera para organizar la construcción en el, o si se considera aquel tipo de mejoramiento.

▪ Características principales de la sub-rasante

- La función primordial de la sub-rasante, es apoyo, transferir y repartir con igualdad el efecto de las cargas de tránsito

procedente de las capas superiores del pavimento, de manera que el terreno natural sea capaz de soportar.

- Posee un elevado volumen de componente orgánica, formado por materiales vegetales igualmente carbonizadas o fangosas, comúnmente de una textura fibrosa, de color café oscuro o negro, y desperdicios o residuos que puede lograr a ser dañino para la base de las estructuras del pavimento, corresponde a botarse este material y sustituirse por otro de buena condición y que sea superior a lo que probamos.
- De modo que, si la superficie de la sub rasante está compuesto por un terreno fino, limoso o arcilloso, apto de saturación, debe de colocarse una capa de sub-base de elemento granular elegido antes de arrancar con el echado de los estratos superiores, si en tal un suelo está conformado por estratos bien graduados que no promete peligro de saturación, o perfectamente constituido por elementos de granulometría gruesa, se conserva la probabilidad que no se solicita de una capa de sub-base. Para terminar, si el suelo tiene un valor de soporte alto y no hay la probabilidad de saturación de agua, no habría la obligación de formar una estructura de pavimento como tal, excluyendo la posición de la sub base y la base, implementando solamente la carpeta de rodadura.
- Ya que la sub rasante es considerada como la cimentación del pavimento, y de una calidad superior de elementos con los que se tiene en esta capa, apoyara al decrecimiento de las capas de la estructura del pavimento, obteniendo así una conservación en los costos de construcción sin reducir la condición y vida útil de la misma. (Taipe Sarmiento & Salas Tocasca, 2012, pág. 15)

b) Sub-base

En el pavimento flexible se considera la sub-base en la cual tiene como función primordial de soportar algunos esfuerzos

en la que son transportados por las cargas vehiculares mediante las capas superiores y que son transferidos correctamente a las capas inferiores, es por ello que estas capas presentan la ventaja de ahorrar dinero al lograr transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor semejante al material de sub-base, es por ello que impide que el agua de las terracerías aumente y así no ocasione que el pavimento se absorba por la sub-rasante, así no provocar las alteraciones, por lo cual se divide en tres tipos:

- **Clase 1**

Son aquellas que están compuestas por agregados que se obtienen por la trituración de gravas, la cual son proporcionadas homogéneamente en el inferior de los límites correspondientes en la tabla N°1, es por ellos que el 30% del agregado preparado se logra tener por un transcurso de trituración.

- **Clase 2**

Son aquellas que están compuestas por agregados obtenidos a través del cribado en yacimientos de los agregados grueso como por ejemplo la piedra en la cual se fragmenta naturalmente, y se proporción o gradúa de forma uniforme en el inferior de los límites seleccionados de la tabla N°1.

- **Clase 3:**

Son construidas por los agregados naturales en la cual se procesa y que se gradúa o proporciona en el inferior de los límites seleccionados en la tabla N°1.

Tabla 1: Especificaciones granulométricas.

TAMIZ	% en peso que pasan los tamices		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3"			100
2"		100	
1 ½"	100	70 a 100	
Nº4	30 a 70	30 a 70	30 a 70
Nº40	10 a 35	15 a 40	
Nº200	0 a 15	0 a 20	0 a 20

Fuente: Especificaciones MTOP.

▪ **Características principales de la sub-base**

- Esta capa examina el ascenso capilar de agua originario de los niveles freáticos contiguo, o bien de otros orígenes, escudándose así, el pavimento contra los incrementos que se logran crear.
- En los países en donde vemos que hay épocas heladas, este incremento se realiza por el congelamiento del agua capilar, fenómeno que se contempla principalmente en suelos limosos donde el aumento del agua es importante.
- Examina y elimina en lo factible, las modificaciones de la capacidad, flexible y maleabilidad nocivos de ser capaz de tener el material de la sub-rasante, asimismo de moverse como una capa de drenaje para la estructura del pavimento.
- Esta sub-base puede obtener una anchura compactado cambiante por distancias, de acuerdo con las limitaciones y propiedades de los estratos hallados en la sub-rasante, pero

en ningún tema dicho espesor compactado puede ser mínimo de cien milímetros ni superior de setecientos milímetros. (Taípe Sarmiento & Salas Tocasca, 2012, pág. 17)

c) Base

Se considera como aquella capa que contiene la máxima parte de los esfuerzos que son ocasionados por los vehículos, También esta capa es regular a la compactación en la cual considera a diferentes tipos de mejoramiento, la estabilización para lograr soportar las cargas del tránsito sin alterarse, también de transportarlas con la intensidad indicada dentro de las capas, es por ello que existen cuatro clases de bases:

- **Clase 1**

Son aquellas bases que están compuestas por agregados finos y gruesos, en la cual se tritura en un 100% y se van graduando homogéneamente en el inferior de los límites granulométricos que se detallan en la tabla N°2.

- **Clase 2**

Son aquellas bases que están compuestas por fragmentos de roca o grava en la cual se tritura cuya fracción del agregado grueso será triturado a un 50% en peso, algunas de las bases de logran hallarse de manera graduada en el inferior de los parámetros granulométricos que se detallan en la tabla N°2.

- **Clase 3**

Son aquellas bases que se componen por fragmentos de grava o roca en la cual se tritura. Lo cual su fracción del agregado grueso será triturada al menos de un 25% en el peso, en la cual se debe determinar lo que se gradúan uniformemente en el inferior de los límites granulométricos en la tabla N°2.

▪ **Clase 4**

Son aquellas bases que están compuestas por áridos en la cual se tiene por trituración de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, en la cual se gradúan homogéneamente en el inferior de los límites granulométricos seleccionados en la tabla N°2.

Tabla 2: Especificaciones granulométricas.

TAMIZ	% En peso que pasa a través de los tamices				
	CLASE 1		CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4
	TIPO A	TIPO B			
2"	100				100
1 ½"	70 a 100	100			
1"	55 a 85	70 a 100	100		60 a 90
¾"	50 a 80	60 a 90	70 a 100	100	
3/8"	35 a 60	45 a 75	50 a 80		
N°4	25 a 50	30 a 60	35 a 65	45 a 80	20 a 50
N°10	20 a 40	20 a 50	25 a 50	30 a 60	
N°40	10 a 25	10 a 25	15 a 30	20 a 35	
N°200	2 a 12	2 a 12	3 a 15	3 a 15	0 a 15

Fuente: Especificaciones MTOP.

d) Capa de rodadura

Es aquella capa superior del pavimento, en la cual soporta a las presiones verticales de contacto que se aplican por los neumáticos, las tensiones tangenciales de frenado, entre otros, las calidades de aquellos materiales están compuestos

por la capa de rodadura, estas se relacionan con respecto a la gran importancia de las solicitudes en la que se ve implica.

▪ **Características principales de la carpeta de rodadura**

Es el método para construcción de carreteras, más utilizado en Guatemala, que se basa en la fabricación en planta, en caliente, de una combinación en proporciones controladas de materiales procedentes del petróleo, polvo mineral, cemento asfáltico y aditivos, para conseguir un resultado uniforme y durable de alta resistencia que se pueda tender y compactar, en una o varios recubrimientos. (Taípe Sarmiento & Salas Tocasca, 2012, pág. 21)

2.2.1.2. Diseño del Pavimento flexible

a) Método AASHTO para pavimentos flexibles

El método de diseño AASHTO, fue trabajado en los Estados Unidos, apoyándose en un ensayo a escala real, ejecutado durante 2 años partir de los daños que estudian representando las relaciones de deterioro, pedir para todas las propiedades trabajadas.

La versión del año 1986, el método AASHTO empezó a incluir ideas mecanicistas para adaptar ciertos parámetros a circunstancias distintos a las que dominan en el lugar de la prueba inicial.

Los ejemplos matemáticos correspondientes asimismo solicitan de una evaluación para los requisitos locales del área en el cual se intenta adherir. (Taípe Sarmiento & Salas Tocasca, 2012, pág. 21)

b) Procedimiento del Diseño

Procedimiento del diseño MÉTODO AASHTO para pavimento flexible. (Taípe Sarmiento & Salas Tocasca, 2012, pág. 72)

Tabla 3: Factores de Equivalencia en carga para eje para pavimentos flexibles.

Axie Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	.002	.003	.002	.002	.002	.002
6	.009	.012	.011	.010	.009	.009
8	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	.075	.085	.090	.085	.079	.076
12	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	.589	.598	.613	.612	.603	.598
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.51	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.38	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	18.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	18.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.8	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.0	108.0	97.0	86.0	81.0	82.0

Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO

Los efectos de la prueba de carreteras AASHTO observaron que el daño que produce un eje con una carga determinada puede representarse por el número de pasadas de un eje sencillo de 18 kips (8,16 t= 80 KN) de rueda doble, considerado como eje patrón, que produce un daño similar.

Distintas configuraciones de ejes y cargas inducen daños diferentes en el pavimento, pudiendo asociarse dicho deterioro al producido por un determinado número de ejes convencionales de 18 kips de carga por eje sencillo de rueda doble. (Taípe Sarmiento & Salas Tocasca, 2012, pág. 73)

- Calcular las repeticiones diarias para cada eje ADT x% Composición.
- Calcular los ejes equivalentes de 18 kips esperados el primer día de apertura del pavimento, ESAL.

Tabla 4: Esquema para llenar con la cantidad y porcentajes de los vehículos de la carretera.

Tipo de Vehículo	Ap	B	T2-S2	TOTAL
Cantidad				ADT
% Composición				100%

Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO.

- Calcular los ejes equivalentes esperados el primer año de uso del pavimento $w_{18} = ESAL_o \times 365$. Realizar los ajustes a causa del número de carriles y la distribución direccional:

$$w_{18} = DD \times DL \times c_{ol8}$$

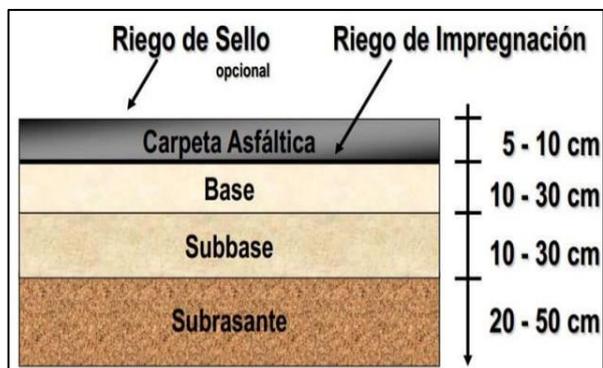
- Pronosticar la cantidad de repeticiones del eje equivalente de 18 kips esperados al final del periodo de diseño, $W_{18} = ESAL$:

$$ESAL = W_{18} = w_{18} \left[\frac{(1 + g)^t - 1}{g} \right]$$

Donde:

- g =Tasa de crecimiento; representa el incremento promedio anual del ADT. En general, las tasas de crecimiento son distintas para cada vehículo.
 - n =Número de carriles
 - DD =Distribución direccional crítica (a menos que existan consideraciones especiales, la distribución direccional asigna un 50% del tránsito a cada dirección)
 - DL = Factor de distribución por carril
-
- Resolver la ecuación de diseño para SN. Esto nos proporcionará el SN calculado.
 - Comparar el SN (asumido), el que utilizó para determinar los factores de equivalencia, con el SN (calculado)
 - Si la diferencia es menor a 1, entonces pase al punto 9).
 - Si la diferencia es mayor a 1, entonces proceda iterativamente hasta lograr que SN (calculado) = SN (asumido).
 - Utilice el procedimiento de la Figura 3. para determinar los espesores requeridos de acuerdo al SN encontrado.

Figura 3: Espesores de las capas de pavimento.



Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO.

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_2^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 \cdot SN_1^*}{a_2 m_2}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

Para hallar el grosor de la carpeta asfáltica D1 se responsabiliza que toda la fuerza, para el apoyo de las repeticiones predichas, la ofrece la carpeta asfáltica. Se soluciona el problema del proyecto, colocando en lugar del MR de la terracería, el valor del EBS logrando por prueba directo o por relación con un ensayo de resistencia como el CBR. Al solucionar el problema de diseño se consigue un SN = SNI (Taipe Sarmiento & Salas Tocasca, 2012, pág. 77).

$$SNI = aI DI$$

$$DI^* \geq SNI / aI$$

Se redondea el valor de D 1 a un entero de pulgada o media pulgada. Este será el valor D 1 *

$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_0 (SN_1 + 1) - 0,02 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5,19}}} + 2,321 \log_{10} E_{BS} - 8,07$$

Para determinar el espesor de la capa base D2 se asume que toda la resistencia la brinda la carpeta asfáltica y la capa base, de manera que

$$SN_2 = SN_1 + a_1 D_2 m_2$$

Donde SN2 se determina con la ecuación de diseño colocando en lugar del MR el valor del módulo de elasticidad de la capa sub-base ESB obtenido por ensayo directo o por correlación con una

prueba de resistencia como el CBR. (Taipe Sarmiento & Salas Tocasca, 2012, pág. 78)

Con este valor de SN = SN2

Para determinar el espesor de la capa sub-base se asume que toda la resistencia la brinda la carpeta asfáltica+capa base+capa sub-base, pero esto ya se realizó cuando usamos el Módulo de resiliencia de la terracería MR para calcular el SN que se convertirá en SN3. (Taipe Sarmiento & Salas Tocasca, 2012, pág. 79)

$$SN_3 = SN_1 + SN_2 + a_3 D_3 m_3$$

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_0 (SN_1 + 1) - 0,02 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5,19}}} + 2,321 \log_{10} E_{BS} - 8,07$$

2.2.1.3. Evaluación estructural del pavimento

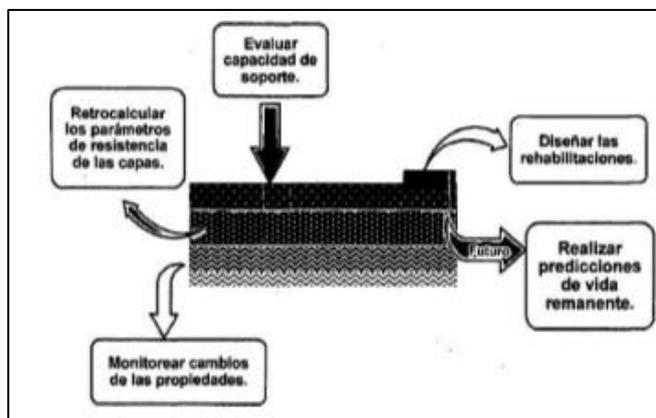
Respecto a la definición de la evaluación estructural del pavimento, según (Navarro, 2014 págs. 13,15) sostiene al respecto:

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

El planteamiento del autor trata de determinar que el procedimiento de auscultación estructural ha ido cambiando con el paso del tiempo, ya que los progresos de la tecnología necesitan que los actuales equipos de medición accedan evaluar de forma sistemática los parámetros típicos del pavimento, por la cual la ocupación estructural necesita de la cavidad, así como la etapa de acabado del pavimento, por la que debe

insertar vigilancia visual y mediciones de deflexiones, deformaciones y esfuerzos.

Figura 4: Posibles resultados de una evaluación estructural.



Fuente: Casia Juan, 2015

a) Esfuerzos

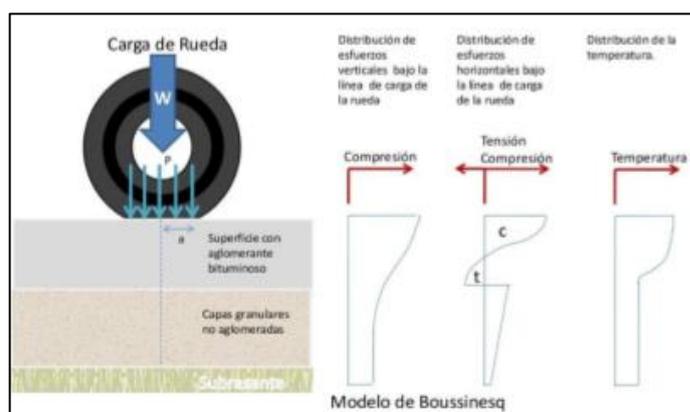
El análisis de esfuerzo determina la intensidad de las fuerzas componentes internas distribuidas, es decir la relación entre la fuerza aplicada y la superficie en la cual se aplica.

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

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

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

Figura 5: Distribución de Esfuerzos.



Fuente: Garcia, 2016.

2.2.2. Geotextil

Se define como aquel material textil sintético en plano en la cual está compuesta por fibras poliméricas que está compuesto por polipropileno, poliéster o poliamidas, en la cual es semejante a una tela, de gran deformabilidad, en la cual se considera para obras de ingeniería en aplicaciones geotécnicas las cuales tienen contacto con tierras y rocas, en la cual su misión es realizar funciones de separación o filtración, refuerzo, drenaje o impermeabilización. (Guataquiera Nuñez & Gaona Caballero, 2020)

2.2.2.1. Tipos de geotextil

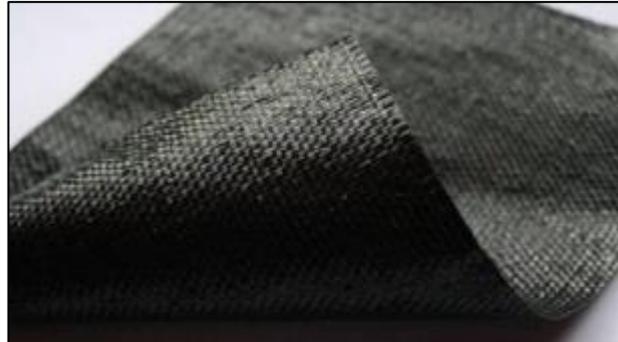
Para (Guataquiera Nuñez & Gaona Caballero, 2020):

▪ Geotextil tejido

Se definen por ser aquellos que se fabrican tejiendo tiras de cintas entrecruzadas, al entrelazar varias fibras, filamentos e hilos, además se logran tejer de una forma transversal, así como longitudinal y comúnmente son aquellas que brindan en diferentes tipos de resistencia tracción en la cual se conoce como biaxial, estos tipos de geotextiles tejidos se utilizan fundamentalmente en la construcción y organizan funciones de

separación y refuerzo, en la cual se utilizan fundamentalmente en proyectos ferroviarios, pistas de aterrizajes, campos deportivos.

Figura 6: Geotextil tejido.



Fuente: Tex delta, geotextil tejidos usos y aplicaciones.

▪ Geotextil no tejido

Son aquellos materiales textiles planos, compuestos y permeables por fibras poliméricas termoplásticas, comúnmente se desarrollan por fibras de poliéster o polipropileno, entre las fundamentales funciones de los geotextiles no tejidos son aquellas como el drenaje y filtración, en la cual dejan pasar el agua y permiten detener finos, también tienen otras utilidades como separación para terrenos con distintas propiedades físicas, en la cual estabilizan y refuerzan a la superficie terrestre, en la cual protegen barreras impermeables, comúnmente.

Figura 7: Geotextil no tejido.



Fuente: Ferregroup, geotextil no tejidos.

▪ Geotextil de yute

Es aquel geotextil que se usa para el control de la erosión fundamental, gracias a ellos se consigue una mayor estabilidad de la superficie terrestre con una máxima protección que se encuentra frente al desgaste, con un máximo drenaje y una filtración libre del agua mediante del mismo, además es muy usado en la separación de capas de la superficie terrestre de distintas propiedades, en la cual se emplea por encima de todo en ingeniería civil, en la construcción de sub-bases de carreteras y ferrocarriles, en muros de contención, presas y canales, como aquel material imprescindible para lograr retrasar la erosión y el desgaste al paso del tiempo.

Figura 8: *Geotextil no tejido.*



Fuente: Jute Geotextiles: Its Types and Functions.

Figura 9: *Geotextil no tejido.*



Fuente: Jute Geotextiles: Its Types and Functions.

2.2.2.2. Usos de los geotextiles

Para (Br. Mora García, 2010) los usos principales a los geotextiles son dados:

Control de erosión

- Filtración
- Separación de capas
- Refuerzo de tierra y taludes
- Muros de contención
- Protección de geomembranas

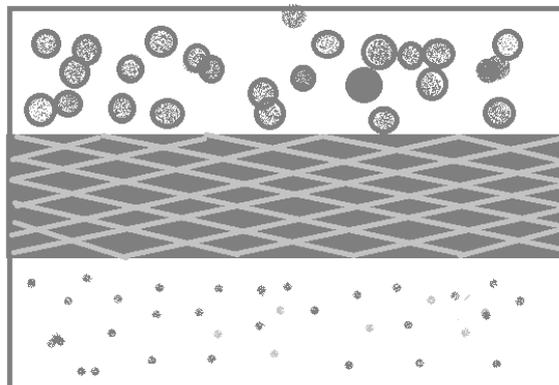
2.2.2.3. Funciones básicas de los geotextiles

Según (Br. Mora García, 2010):

a) Separación

Se establece cuando un geotextil se usa como un separador, éste se debe prevenir la mezcla de partículas de 2 capas de suelo con propiedades distintas, esto no ocasiona la contaminación que podría perjudicar la conducta adecuada de las capas granulares de suelo.

Figura 10: Separación

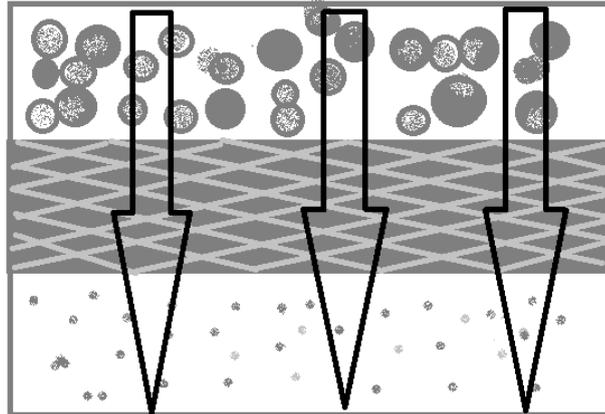


Fuente: “Geotecnia”-Br Mora García, Yaridai-2010

b) Filtración

En esta aplicación, el geotextil debe promover el desarrollo de un filtro natural en el suelo adyacente, reteniendo las partículas de suelo, al tiempo que permite el paso libre del agua.

Figura 11: Filtración

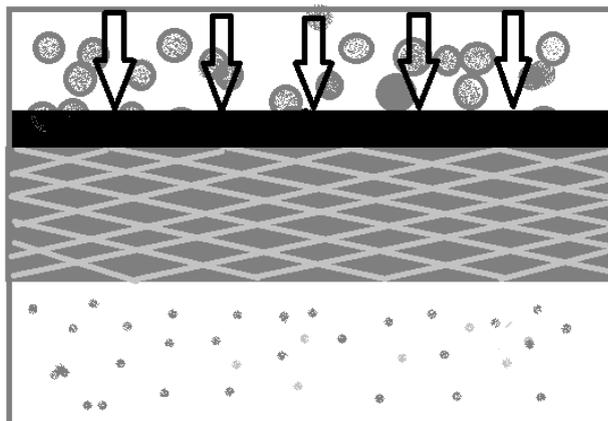


Fuente: “Geotecnia”-Br Mora García, Yaridai-2010

c) Refuerzo

El geotextil usado para refuerzo debe proveer la resistencia y capacidad de amarre superficial de tal manera que soporte y mantenga a la masa de suelo.

Figura 12: Refuerzo

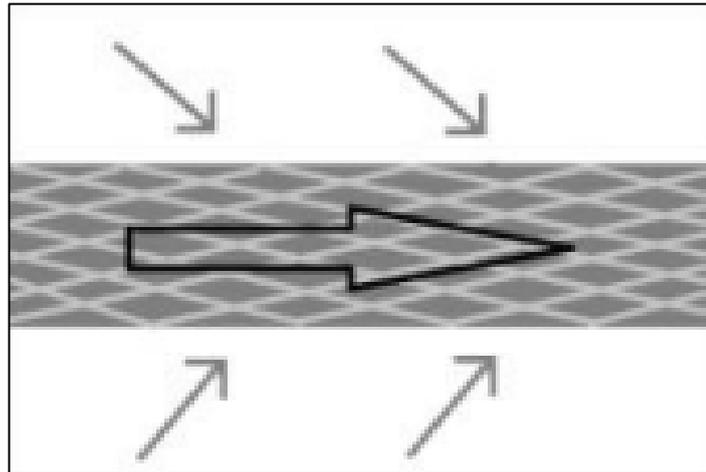


Fuente: “Geotecnia”-Br Mora García, Yaridai-2010

d) Drenaje

En su uso para la transmisión de fluidos, el geotextil mismo debe proveer el medio de drenaje para que el agua o los gases fluyan fuera de la tierra.

Figura 13: Geotextil de drenaje.



Fuente: Especialista en vestido y textiles S.C 2014

En varias aplicaciones se logra identificar una función dominante, pero en lo general las otras funciones del geotextil realizan un papel primordial, aunque secundario. Un ejemplo de esto se obtiene observar en la construcción de un camino no pavimentado, donde la función primaria del geotextil es de separación, pero, si se usa un geotextil delgado y liso, con poca permeabilidad, la estructura entera fallaría por deslizamiento plano, puesto que el agua no drenaría. La comprensión total de cada función es vital en la utilización de los geotextiles y la selección del material indicado para cada diseño en particular se debe basar en unificar la habilidad del geotextil para desarrollar cada una de las funciones básicas, con la importancia o papel relativo a ocupar en una aplicación o diseño. Un ejemplo de esto lo constituye la construcción de un relleno sanitario, donde aparentemente el geotextil se aplica para refuerzo.

En este caso la función fundamental es la de separación y la de refuerzo, aunque muy importante, es una función secundaria. Se encuentra detallado en la figura N°12. Los geotextiles se pueden dividir en base a la materia prima usada para su fabricación. De tal manera que la mayoría de los geotextiles se realicen a partir de polímeros sintéticos, algunos geotextiles indicados pueden incorporar alambre de acero, fibras naturales biodegradables o fibra de vidrio, como lo es el caso de geotextiles utilizados para controlar la fracturación reflectiva de pavimentos. Cuando se incorpora acero al geotextil, la intención es proveer al material con una resistencia tensil alta durante un período de tiempo corto (debido a la fatiga del metal). Los geotextiles que incorporan fibras vegetales se utilizan casi que exclusivamente para control de erosión, sobre todo en sitios de bajos flujos de agua. (Br. Mora García, 2010)

Figura 14: Rol de los geotextiles.

APLICACIÓN	FUNCIÓN			
	Separación	Drenaje (Transmisión de fluido)	Refuerzo	Filtración
Caminos no asfaltados	●	•	●	●
Protección de ríos y costas	●	•	●	●
Áreas de relleno granular	●	•	●	•
Drenaje para muros de contención	•	●	•	●
Debajo de geomembranas	•	●	●	•
Drenajes casi horizontales	●	●	●	•
Refuerzo basal de terraplenes	•	•	●	•
Muros de tierra reforzada	•	•	●	•
Pilotes en terraplenes	●	•	●	•
Redes para contención de piedra	•	•	●	•
Relleno hidráulico encapsulado	●	•	●	●
Control de erosión	•	•	•	●
Estructuras flexibles	•	•	●	●
Drenaje francés (de trinchera)	●	•	•	●

Fuente: Especialista en vestido y textiles S.C 2014

Tabla 5: Campo de aplicación de los geotextiles.

Campo de aplicación	Función principal	Funciones secundarias
Carreteras	Separación	Filtración; Protección; Drenaje
Ferrocarriles	Separación; Filtración
Obras hidráulicas	Filtración	Separación
Drenaje	Filtración	Separación; Drenaje
Taludes	Refuerzo	Drenaje
Túneles	Protección; Drenaje
Vertederos	Protección	Drenaje; Refuerzo

Fuente: Especialista en vestido y textiles S.C 2014

2.2.2.4. Propiedades de los geotextiles

Para (Sánchez García, 1999)

a) Propiedades físicas

Es aquel peso de la prueba común de la ASTM en la cual la propiedad se nombra como D-1910, el cual el peso de la membrana se expresa por aquella unidad de área kg/cm², la cual se realiza la determinación del peso en el cual se puede hacer con una aproximación de un 0.01% del peso del espécimen.

Tabla 6: Propiedades físicas.

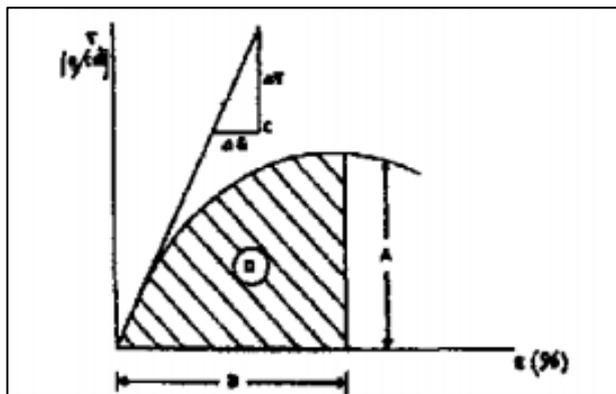
TIPO DE MATERIAL	TIPO DE MEMBRANA	PRESIÓN
Suave	cobertores, lanas, geotex no tejidos	0 35-35g/cm ²
moderado	mantas, sabanas, tapetes	1 40-1.44 g/cm ²
Firme	Mezclillas. Filtros, membranas de asbesto	7-700g/cm ²

Fuente: “Los geotextiles y su aplicación en las carreteras”-Sánchez García, Elena-1999

b) Propiedades Mecánicas

Se denominan propiedades mecánicas de los geotextiles a las siguientes características resistencia a la tensión , módulo de deformación inicial, endurecimiento o tenacidad, resistencia al rasgado, resistencia al Punzonamiento y a la abrasión Resistencia a la tensión Conocida como la resistencia de grab, se mide con la prueba de resistencia usada comúnmente en textiles con los métodos D-1682 y D-751 de la A.S T M , en la cual solamente una parte del ancho del espécimen es sostenida entre abrazaderas y ensayado hasta la falla.

Tabla 7: Relaciones esfuerzo-deformación.



Fuente: “Los geotextiles y su aplicación en la carreteras2-Sanchez García, Laura Elena-1999

2.2.2.5. Soluciones y beneficios de los geotextiles

Las telas especiales para pavimentación y las membranas de reparación en la actualidad se dividen, y están diseñadas para minorar la infiltración de agua y el agrietamiento reflectante – ahorrando a largo plazo los poco económicos ciclos de repavimentación. Se ha comprobado que prolongan la vida útil de carreteras, calles urbanas, estacionamientos, pistas de aterrizaje y accesos de aeropuertos. Estos productos tan versátiles se utilizan en pavimentos de asfalto nuevos, sobrecapas de asfalto de pavimentos rígidos y flexibles y riego de sello de pavimentos. Para (Sánchez García, 1999)

2.3. Definiciones de términos

a. **CBR (California Bearing Ratio):**

Se define como aquel valor relativo de soporte de una superficie terrestre o material, en la que se usa la medición por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 7).

b. **Cuencas de deflexión:**

Son generadas por algunas cargas impuestas por el tránsito por encima de las estructuras elásticas de pavimento flexible (Higuera Sandoval, 2006, pág. 1)

c. **Pavimento:**

Es aquella estructura compuesta por encima de la subrasante de la vía, para soportar y dividirse los esfuerzos provocados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. En lo general está compuesta por las siguientes capas: subbase, base y capa de rodadura (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 17).

d. **Pavimento Flexible:**

Compuesto por materiales bituminosos como aglomerantes, áridos y de ser el caso aditivos. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 17)

e. **Sobrecarga vehicular:**

Está compuesto por el peso de la carga móvil aplicada, correspondiente al peso de los camiones, coches y peatones (Higuera Sandoval, 2006, pág. 19).

f. **Resistencia**

Es aquella capacidad del material de presentar oposición, en mayor o menor grado, frente a las fuerzas puntuales por encima de el mismo, sin que se provoque deformaciones o rotura” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 23).

g. Vehículo

Es todo medio capaz de desplazarse que sirve para transportar personas o mercancías y que se encuentra comprendido dentro de la clasificación vehicular del Anexo I del Reglamento Nacional de Vehículos (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 22).

h. Vía

Es aquel camino, arteria o calle, que comprende la plataforma y sus obras complementarias (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 23).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La transmisión de cargas en pavimentos flexibles con incidencia de geotextiles reduce su comportamiento estructural.

2.4.2. Hipótesis específica

- a) Los geotextiles reducen el comportamiento dinámico de los pavimentos flexibles.
- b) El geotextil reduce uniformemente las cargas en el pavimento flexible.
- c) Las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica intervienen directamente en la transmisión de cargas con incidencia de geotextiles.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

a) Variable independiente (X)

Geotextiles en pavimentos flexibles

Según (Montejo Fonseca, 2018) El material textil sintético plano formado por fibras poliméricas (polipropileno, poliéster o poliamidas), similar a una tela, de gran deformabilidad, empleada para obras de ingeniería en aplicaciones geotécnicas (en contacto con tierras y rocas), cuya misión es hacer las funciones de separación.

b) Variable dependiente (Y)

Comportamiento estructural del pavimento flexible

Según (Montejo Fonseca, 2018) La mecánica de pavimentos se ha desarrollado con especial vigor durante las tres últimas décadas, en procura de optimizar el diseño y la evaluación de las estructuras de pavimento.

2.5.2. Definición operacional de la variable

a) Variable independiente (X)

Geotextiles en pavimentos flexibles

Los geotextiles son elementos estructurales que permiten mantener una superficie estable manteniendo toda una superficie en contacto y uniforme.

b) Variable Dependiente (Y)

Comportamiento estructural del pavimento flexible

El comportamiento estructural estará definido por la conglomeración de los elementos estructurales que darán una consistencia entre capas mejorando el comportamiento estructural.

Tabla 8: Operacionalización de variables

Variabes	Dimensiones	Indicador	Unidad	Instrumento	Fuente
Variable Independiente 1: Deflectométrico con Incidencia de la Temperatura Ambiental	1.1. Resistencia Mecánica	1.1.1. Tipo de fibra.	Und	Ficha técnica	Todos los resultados se realizarán a nivel de data de tiempo/distancia.
	1.2. Elongación	1.2.1. Módulo de elasticidad	E	ISO 1031	
	1.3. Modulo Elástico	1.3.1. Módulo de elasticidad	E	ISO 1105	

Variables	Dimensiones	Indicador	Unidad	Instrumento	Fuente
2: Variable Dependiente Comportamiento Estructural del Pavimento Flexible.	2.1. Estabilidad	2.1.1. Ensayo Marshall	kg	ASTM D-1559 AASHTO T225, MTC E 504	Todos los Ensayos a realizar serán a nivel de Campo
	2.2. Flujo	2.2.1. Ensayo Marshall	mm		
	2.3. Vulva de Presión	2.3.1 Ejes Equivalentes	Kips		

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación

Según Del Canto & Silva Silva (2013), el método cuantitativo es un procedimiento que busca obtener nuevos conocimientos, teniendo como soporte la indagación a través de elementos cognitivos y en datos numéricos extraídos de la realidad (p.33).

En la presente tesis, se iniciará la investigación con la observación directa de los procesos, en este caso se busca obtener información sobre comportamiento estructural de la transmisión de cargas de pavimentos flexibles con refuerzo de geotextiles tipo GT320P, y finalmente verificar las hipótesis planteadas mediante la experimentación, llegando finalmente a las conclusiones.

3.2. Tipo de investigación

Según Carrasco Díaz (2006), la investigación aplicada se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad. se debe llevar a cabo de manera cuidadosa y organizada. Uno de los propósitos de esta investigación es resolver problemas en el caso de la investigación Aplicada (p.43).

3.3. Nivel de la investigación

La presente investigación recae en un nivel de investigación descriptivo ya que según Tamayo y Tamayo (2006), el tipo de investigación descriptiva, comprende el análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos; el enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo, cosa funciona en el presente.

3.4. Diseño de la investigación

Según Espinoza Montes (2014), considera que cuando en una investigación se necesita manipular variables, es necesario realizar un diseño experimental. Los diseños experimentales en una investigación, sirve para organizar la obtención de datos a partir de la reproducción de las propiedades del objeto de investigación en un modelo o en un prototipo” (p. 97).

Para la presente investigación se realizarán pruebas y ensayos de laboratorio para llegar al objetivo principal de la investigación. Dichos ensayos se realizarán a partir de pavimentos flexibles con refuerzo de geotextiles tipo GT320P, de los cuales se obtendrán resultados que serán analizados y comparados entre sí y luego explicados y así llegar a cumplir los objetivos planteados y probar la hipótesis de la investigación.

Según el análisis realizado, el diseño a aplicar es el ***diseño experimental***.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Según Valderrama Aparicio (2013), la población es el “conjunto finito o infinito de elementos, seres o cosas, que tienen atributos o características comunes, susceptibles de ser observados”.

La población está constituida por 150 briquetas de asfalto y a un tramo de prueba de 5x3 m.

3.5.2. Muestra

Según Carrasco Díaz (2016), la muestra “es una parte o fragmento representativo de la población, cuyas características esenciales son las de ser objetiva y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población” (p. 237)

La muestra en la presente investigación corresponde a 15 briquetas con el mejor comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente y el cálculo de las deformaciones en el tramo de prueba.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Hernández Sampieri (2018) un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en su mente (p. 102).

El desarrollo de la presente investigación consta de la confección de distintos especímenes con mezcla asfáltica en caliente, los cuales posteriormente se someterá a ensayos destructivos en el laboratorio; obteniendo así resultados que se describirán y analizarán mediante la construcción de tablas y gráficos, con el fin de poder representar la variación de resistencia en los diferentes tipos de diseños.

3.7. Procesamiento de la información

Según Giraldo Huertas (2016), manifiesta que el procesamiento de la información tiene como fin generar datos agrupados y ordenados que faciliten al investigador el análisis de la información según los objetivos, hipótesis y preguntas de la investigación construidas.

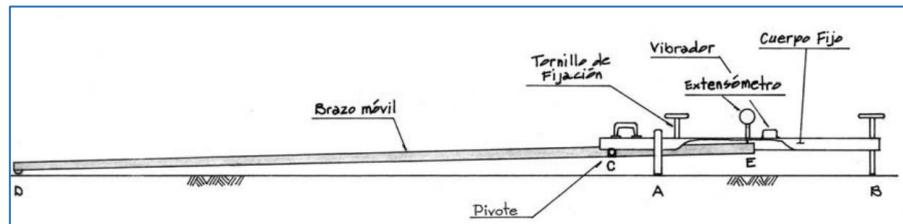
Luego de la recolección de la información, se evaluará y se procederá a analizar el comportamiento estructural de la transmisión de cargas de pavimentos flexibles con refuerzo de geotextiles tipo GT320P.

El paso posterior al procesamiento de la información es el análisis, etapa en que se determina como analizar los datos y que herramientas de análisis serán las utilizadas. El tipo de análisis de los datos depende de los siguientes factores:

3.7.1. Viga Benkelman (ASTM D 4695:).

El deflectómetro Benkelman es completamente mecánico y funciona como palanca.

Figura 15: Viga Benkelman



Fuente: Manual de Carreteras: Ensayo de Materiales, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

La viga comprende dos partes. La primera parte comprende un cuerpo fijo que se sitúa en el terreno mediante tres apoyos, dos de ellos fijos en el punto "A" y uno trasero regulable en el punto "B". La segunda parte consta de un brazo móvil, el cual se encuentra acoplado a una articulación de giro en el punto "C", uno de los extremos de este brazo (DE) se encuentra en el punto "D" apoyado sobre el terreno, el otro extremo se encuentra en contacto con un extensómetro de movimiento vertical en el punto "E".

Equipos y Materiales

Viga simple de un solo brazo con su correspondiente dial (al 0,01 mm y recorrido de 12 mm) y las siguientes características:

De acuerdo al esquema de la Figura 01, la viga consta esencialmente de dos partes:

- a) Un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante tres apoyos: dos delanteros fijos A y uno trasero regulable B.
- b) Un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote C, uno de cuyos extremos se apoya sobre el terreno -

punto D; y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago del dial de movimiento vertical - punto E ($DC = 2,44\text{m}$, $CE = 0,61\text{ m}$). Adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que, al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial se trabe y/o que cualquier interferencia exterior afecte las lecturas.

El extremo D o punta de la viga es de espesor tal que puede ser colocado entre una de las llantas dobles del eje trasero del camión cargado. Por el peso aplicado se produce una deformación del pavimento, consecuencia de lo cual la punta baja una cierta cantidad, con respecto al nivel descargado de la superficie. Como efecto de dicha acción el brazo DE gira en torno al punto fijo C, con respecto al cuerpo AB, determinando que el extremo E produzca un movimiento vertical en el vástago, generando así una lectura en el dial. Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto D se recupera en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial.

La operación expuesta representa el "principio de medición" con la Viga Benkelman. Lo que se hace después son sólo cálculos en base a los datos recogidos. Así, con las dos lecturas obtenidas es posible determinar cuánto deflectó el pavimento en el lugar subyacente al punto D de la viga, durante el procedimiento descrito. Es de anotar que en realidad lo que se mide es la recuperación del punto D al remover la carga (rebote elástico) y no la deformación al colocar ésta. Para calcular la deflexión deberá considerarse la geometría de la viga, toda vez que los valores dados por el dial - EE' no están en escala real sino que dependen de la relación de brazos existentes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En la presente investigación se presentarán los resultados obtenidos de la caracterización de los agregados dentro de los cuales se presentarán las combinaciones de los agregados y cuáles son los requerimientos que tiene que cumplir, también se realizó el ensayo de Marshall en el cual se tomó en cuenta la estabilidad, los vacíos de aire, el % de vacíos llenados, el V.M.A. y la fluencia. Todos estos resultados han sido resumidos en tablas donde se puede apreciar mejor los datos de la mezcla asfáltica convencional y con la adición de geotextiles.

4.1. Caracterización de los agregados

Para la caracterización los agregados, primero se escogieron cuatro tipos de agregados (grava de $\frac{3}{4}$ ", grava de $\frac{1}{2}$ ", arena chancada y arena natural) de los cuales se realizó su granulometría y luego se sacaron los porcentajes de cada uno para determinar la combinación de materiales.

4.1.1. Combinación de agregados

De acuerdo al estudio que se realizó para determinar el porcentaje pasante de los tamices para los cuatro agregados, de los cuales tenemos la grava de $\frac{3}{4}$ ", grava de $\frac{1}{2}$ ", arena chancada y arena natural, primero se realizó su granulometría y luego la combinación de materiales.

Tabla 9: Promedio de % pasante

Promedio de % pasante					
Tamiz	Abertura	AG - 01	AG - 02	AG - 03	AG - 04
		Grava ¾"	Grava ½"	Arena chancada	Arena natural
1"	25.40 mm	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
¾"	19.05 mm	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
½"	12.70 mm	39.57%	98.42%	100.00%	100.00%
3/8"	9.53 mm	8.44%	73.12%	100.00%	100.00%
Nº4	4.76 mm	0.69%	1.98%	94.51%	99.75%
Nº10	2.00 mm	0.19%	0.21%	59.41%	89.90%
Nº40	0.43 mm	0.18%	0.18%	23.64%	50.82%
Nº80	0.18 mm	0.18%	0.18%	14.98%	12.15%
Nº200	0.07 mm	0.09%	0.09%	8.97%	4.84%

Fuente: Elaboración propia

Para la tabla N°9 se presentaron los resultados obtenidos de la granulometría de los agregados indicando el porcentaje que ha pasado por los tamices de 1", ¾", ½", 3/8", Nº4, Nº10, Nº40, Nº80 y Nº200.

Tabla 10: Combinación de materiales

Combinación de materiales						
Tamiz	Grava ¾"	Grava ½"	Arena chancada	Arena natural	% de combinación	MAC – 2
	15.00%	22.00%	42.00%	21.00%	100.00%	% que pasa
1"	15.00%	22.00%	42.00%	21.00%	100.00%	
¾"	15.00%	22.00%	42.00%	21.00%	100.00%	100%
½"	5.94%	21.65%	42.00%	21.00%	90.59%	80% - 100%
3/8"	1.27%	16.09%	42.00%	21.00%	80.35%	70% - 88%
Nº4	0.10%	0.44%	39.70%	20.95%	61.18%	51% - 68%
Nº10	0.03%	0.05%	24.95%	18.88%	43.91%	38% - 52%
Nº40	0.03%	0.04%	9.93%	10.67%	20.66%	17% - 28%
Nº80	0.03%	0.04%	6.29%	2.55%	8.91%	8% - 17%
Nº200	0.01%	0.02%	3.77%	1.02%	4.82%	4% - 8%

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber realizado la granulometría de los agregados se procedió a realizar la tabla N°10 donde se muestra la distribución de porcentajes de cada agregado, obteniéndose así para la grava de ¾" un 15%, para la grava de ½" un 22%, para la arena chancada un 42% y para la arena natural un 21% teniendo un total del 100%, después de ello se multiplicaron los porcentajes por cada % de pasante de cada tamiz y luego se sumaron los tamices de los agregados, dándonos así para el tamiz de 1" un total de 100%, para el tamiz de ¾" un 100%, para el tamiz de ½" un 90.6%, para el tamiz de 3/8" un 80.4%, para la malla N°4 un 61.2%, para la malla N°10 un 43.9%, para la malla N°40 un 20.7%, para la malla N°80 un 8.9% y para la malla N°200 un 4.8%, estos porcentajes a su vez cumplen con la gradación que nos indica el MAC – 2.

4.1.2. Requerimientos para los agregados

Para los requerimientos de los agregados se ha tomado en cuenta la norma EG – 2013 donde nos indican las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, en la tabla N°11 se muestra los datos obtenidos en cada ensayo tanto para agregados finos como para gruesos.

Teniendo así para los agregados gruesos en el ensayo de abrasión de los ángeles un 35.00%, en caras fracturadas con 1 cara 95.35%, con 2 caras 85.31%, para chatas y alargadas un 2.10%, en las sales solubles un 0.50%, para la durabilidad al sulfato de magnesio un 4.09%, en la absorción un 2.30% y para el agregado fino se obtuvo para el ensayo de equivalente de arena un 67.00%, en las sales solubles un 0.50%, en el índice de plasticidad por la malla N°40 y N°200 no presento, en la durabilidad al sulfato de magnesio un 3.94% y en la absorción un 1.05%.

Para lo que es absorción en los agregados gruesos nos dice que como máximo debe ser 1.0% y para agregados finos un máximo de 0.5%, los datos que se obtuvieron fueron mayores y fueron aceptadas debido a que las propiedades de la mezcla asfáltica cumplen con respecto a la propiedad de durabilidad.

Tabla 11: Requerimiento de los agregados

Ensayos		Resultado	Unidad	Norma
Abrasión los ángeles (agregado grueso)		35.00	%	MTC E 207
Caras fracturadas (agregado grueso)	Con una cara	95.35	%	MTC E 210
	Con dos caras	85.31	%	
Chatas y alargadas (agregado grueso)		2.10	%	ASTM 4791
Sales solubles (agregado grueso)		0.50	%	MTC E 219
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)		4.09	%	MTC E 209
Absorción (agregado grueso)		2.30	%	MTC E 206
Equivalente de arena (agregado fino)		67.00	%	MTC E 114
Sales solubles (agregado fino)		0.50	%	MTC E 219
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)		NP	%	MTC E 111
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)		NP	%	MTC E 111
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)		3.94	%	MTC E 209
Absorción (agregado fino)		1.05	%	MTC E 205

Fuente: Elaboración propia

4.2. Ensayo Marshall

Con el ensayo Marshall se buscó obtener una mezcla asfáltica económica que tenga los agregados que cumplan con los requerimientos que se han considerado para su correcto desempeño. Este ensayo ha sido trabajado siguiendo los requisitos que nos brinda la norma ASTM D-1559, y de tal forma la mezcla tiene que cumplir con la trabajabilidad requerida y debe tener un buen desempeño a lo largo de su vida útil. Dentro de este ensayo se tomaron en cuenta las propiedades volumétricas que vienen a ser los vacíos de aire, el porcentaje de vacíos llenados con cemento asfáltico (C.A.) y los vacíos en el agregado mineral (V.M.A) y dentro de sus propiedades físico-mecánicas encontramos la estabilidad, la fluencia y la relación de estabilidad y fluencia.

4.2.1. Mezcla asfáltica convencional

Se realizó el ensayo Marshall para las mezclas asfálticas convencionales, para el cual se trabajó con las dosificaciones de 5.00%, 5.50%, 6.00%,

6.50% y 7.00% de cemento asfáltico y de acuerdo a ello se resumieron los resultados que se obtuvieron en los ensayos de la estabilidad, los vacíos de aire, el porcentaje de vacíos llenados con cemento asfáltico, los vacíos en el agregado mineral (V.M.A.) y la fluencia, como se muestra en la tabla N°12.

Tabla 12: Resultados Marshall de la mezcla convencional

% cemento asfáltico	Estabilidad	Vacíos de aire	% Vacíos llenados con C.A.	V.M.A.	Fluencia
5.00%	1248 kg	6.7%	57.5%	15.7%	2.6 mm
5.50%	1200 kg	4.4%	70.4%	14.9%	2.5 mm
6.00%	1258 kg	4.2%	73.0%	15.4%	3.3 mm
6.50%	1271 kg	3.3%	79.1%	15.8%	3.3 mm
7.00%	1129 kg	3.1%	81.4%	16.8%	3.1 mm

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber analizado los resultados que se obtuvieron, se eligió entre el 6.00% y 6.50% para realizar la interpolación y encontrar así el porcentaje óptimo de asfalto que se va a requerir. Luego de haberse realizado el proceso ya mencionado se obtuvo el valor de 6.10% como porcentaje óptimo de asfalto, como se muestra en la tabla N°13.

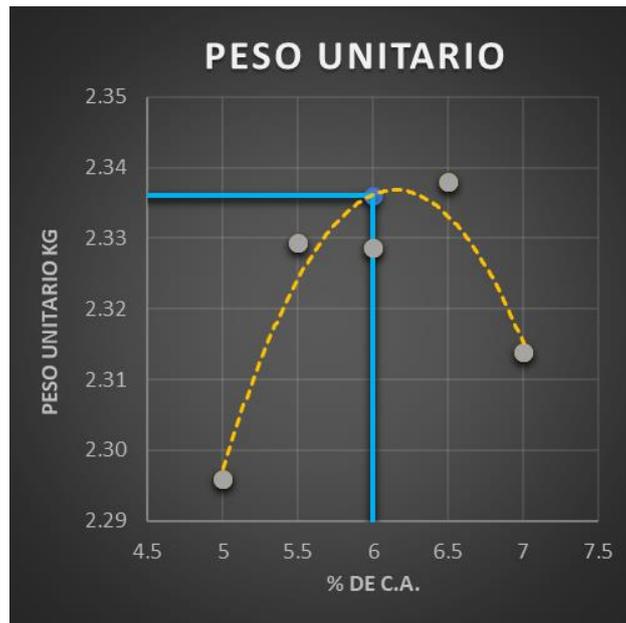
Tabla 13: Óptimo contenido de asfalto de la mezcla convencional

% cemento asfáltico	Estabilidad	Vacíos de aire	% Vacíos llenados con C.A.	V.M.A.	Fluencia	Estabilidad /fluencia
6.10%	1179 kg	4.7%	68.6%	14.8%	3.9 mm	3024 kg/cm

Fuente: Elaboración propia

Para poder apreciar mejor los resultados se realizó un gráfico de cada propiedad, teniendo así para la figura N°18 el peso unitario de la mezcla asfáltica del cual se obtuvo para el 5.00% de cemento asfáltico un resultado de 2.296 kg, para el 5.50% un resultado de 2.329 kg, para el 6.00% un resultado de 2.329 kg, para el 6.50% un resultado de 2.338 kg y para el 7.00% se obtuvo un resultado de 2.314 kg.

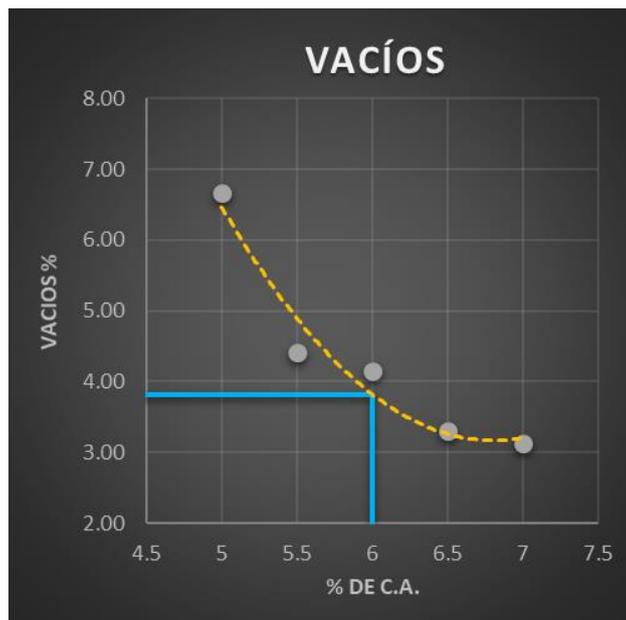
Figura 16: Peso unitario de la mezcla convencional



Fuente: Elaboración propia

En la figura N°19 se muestra los vacíos de la mezcla asfáltica convencional de los cuales se obtuvo para el 5.00% de cemento asfáltico un resultado de 6.7%, para el 5.50% un resultado de 4.4%, para el 6.00% un resultado de 4.2%, para el 6.50% un resultado de 3.3% y para el 7.00% se obtuvo un resultado de 3.1%.

Figura 17: Vacíos de la mezcla convencional

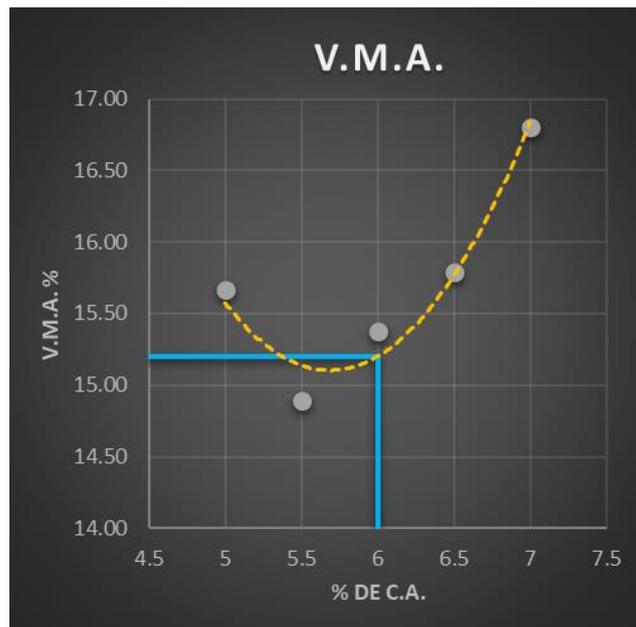


Fuente: Elaboración propia

Así mismo se realizó la figura N°20 donde se muestra los vacíos en el agregado mineral (V.M.A.) de la mezcla asfáltica convencional del cual se obtuvo para el 5.00% de cemento asfáltico un resultado de 15.7%, para el 5.50% un resultado de 14.9%, para el 6.00% un resultado de 15.4%, para el 6.50% un resultado de 15.8% y para el 7.00% se obtuvo un resultado de 16.8%.

Según los requerimientos de construcción para los vacíos mínimos del agregado mineral según el tamaño máximo de las mezclas que en este caso fue de $\frac{3}{4}$ " , nos dice que para el ensayo Marshall se debe obtener como mínimo un 14%, los resultados obtenidos en cada porcentaje de cemento asfáltico pasan por encima de este valor, por lo cual se aceptaron los datos obtenidos.

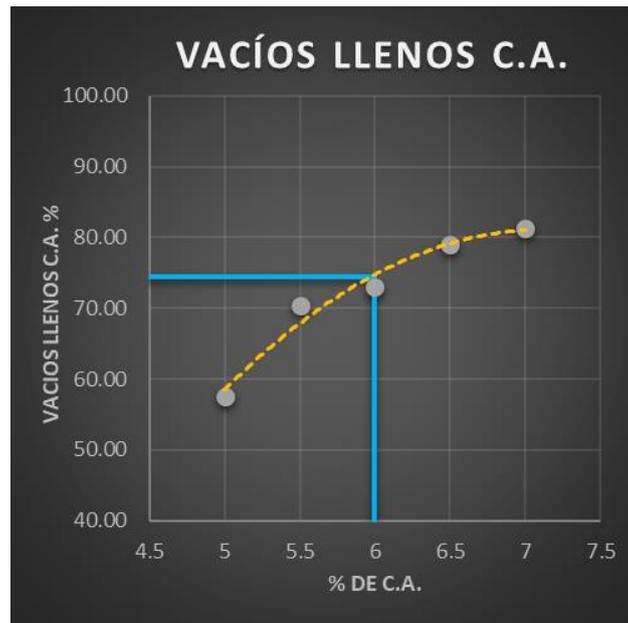
Figura 18: V.M.A de la mezcla convencional



Fuente: Elaboración propia

Consecuentemente se realizó la figura N°21 donde se muestra los vacíos llenados con cemento asfáltico de la mezcla asfáltica convencional del cual se obtuvo para el 5.00% de cemento asfáltico un resultado de 57.5%, para el 5.50% un resultado de 70.4%, para el 6.00% un resultado de 73.0%, para el 6.50% un resultado de 79.1% y para el 7.00% se obtuvo un resultado de 81.4%.

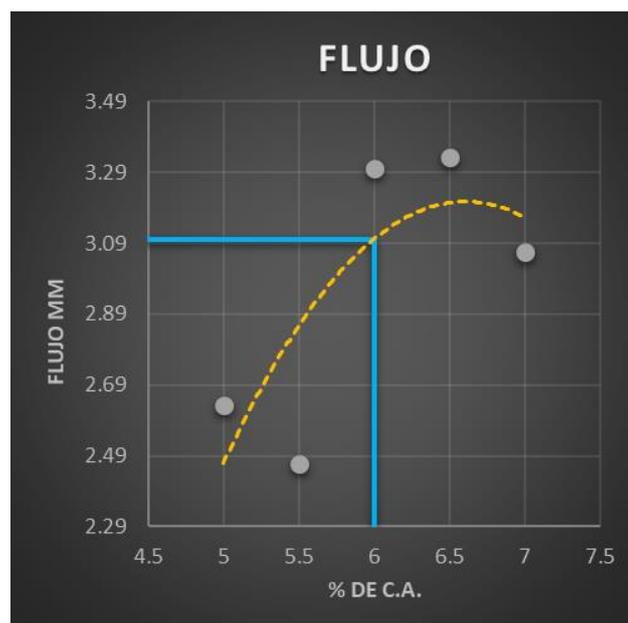
Figura 19: Vacíos llenos C.A. de la mezcla convencional



Fuente: Elaboración propia

También se realizó la figura N°22 donde se muestra el flujo de la mezcla asfáltica convencional del cual se obtuvo para el 5.00% de cemento asfáltico un resultado de 2.6 mm, para el 5.50% un resultado de 2.5 mm, para el 6.00% un resultado de 3.3 mm, para el 6.50% un resultado de 3.3 mm y para el 7.00% se obtuvo un resultado de 3.1 mm.

Figura 20: Flujo de la mezcla convencional

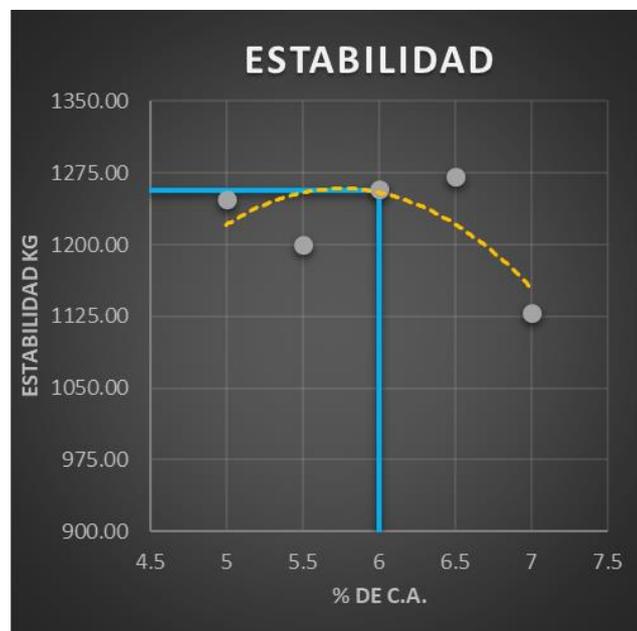


Fuente: Elaboración propia

De igual manera se realizó la figura N°23 donde se muestra la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional de la cual se obtuvo para el 5.00% de cemento asfáltico un resultado de 1248 kg, para el 5.50% un resultado de 1200 kg, para el 6.00% un resultado de 1258 kg, para el 6.50% un resultado de 1271 kg y para el 7.00% se obtuvo un resultado de 1129 kg.

Dentro de los parámetros de diseño mencionan que la estabilidad debe ser como mínimo de 831.07 kg ya que pertenece a la clase A de la mezcla, de acuerdo a ello los resultados que se obtuvieron cumplieron con esta especificación.

Figura 21: Estabilidad de la mezcla convencional



Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Mezcla asfáltica con geotextil

De igual forma se realizó el ensayo Marshall para las mezclas asfálticas con adición de geotextil, para el cual se trabajó con las dosificaciones de 5.00%, 5.50%, 6.00%, 6.50% y 7.00% de cemento asfáltico y de acuerdo a ello se resumieron los resultados que se obtuvieron en el ensayo de estabilidad, los vacíos de aire, el porcentaje de vacíos llenados con cemento asfáltico, los vacíos en los agregados minerales (V.M.A.) y la fluencia, como se muestra en la tabla N°14.

Tabla 14: Resultados Marshall de la mezcla con geotextil

% cemento asfáltico	Estabilidad	Vacíos de aire	% Vacíos llenados con C.A.	V.M.A.	Fluencia
5.00%	1095 kg	8.4%	51.2%	17.1%	2.5 mm
5.50%	1129 kg	7.7%	55.8%	17.4%	2.4 mm
6.00%	1174 kg	4.5%	71.6%	15.6%	3.1 mm
6.50%	1271 kg	4.4%	73.7%	16.8%	3.3 mm
7.00%	1129 kg	4.3%	75.9%	17.8%	3.1 mm

Fuente: Elaboración propia

Después de haber analizado los resultados que se obtuvieron, se eligió entre el 6.00% y 6.50% para realizar la interpolación y encontrar así el porcentaje óptimo de asfalto que se va a requerir. Luego de haberse realizado el proceso ya mencionado se obtuvo el valor de 6.10% como porcentaje óptimo de asfalto, como se muestra en la tabla N°15.

Teniendo como resultados para la estabilidad del 6.10% de cemento asfáltico 1129 kg, en los vacíos de aire fue de 4.3%, en el porcentaje de vacíos llenados con cemento asfáltico fue de 75.9%, en los vacíos de agregados minerales fue de 17.8%, en la fluencia fue de 3.1 mm y para la relación de estabilidad/flujo fue de 3989 kg/cm

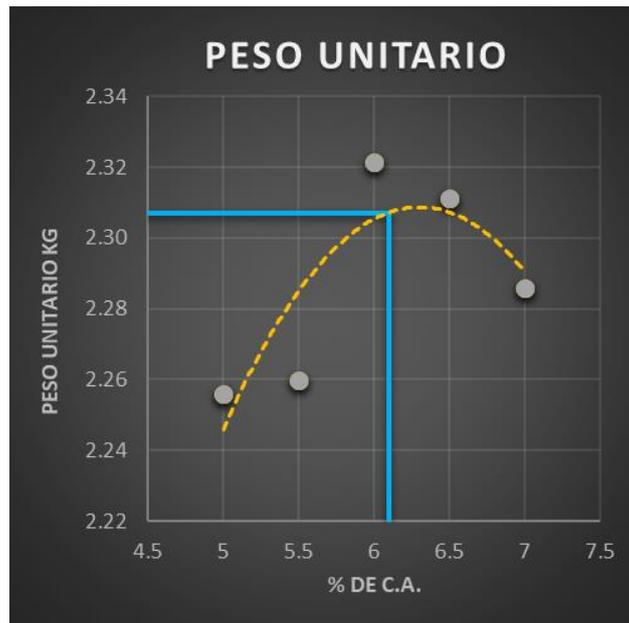
Tabla 15: Óptimo contenido

% cemento asfáltico	Estabilidad	Vacíos de aire	% Vacíos llenados con C.A.	V.M.A.	Fluencia	Estabilidad /flujo
6.10%	1129 kg	4.3%	75.9%	17.8%	3.1 mm	3989 kg/cm

Fuente: Elaboración propia

De esta manera para poder apreciar mejor los resultados se realizó un gráfico de cada propiedad, teniendo así para la figura N°24 el peso unitario de la mezcla asfáltica con adición de geotextil del cual se obtuvo para el 5.00% de cemento asfáltico un resultado de 2.256%, para el 5.50% un resultado de 2.260%, para el 6.00% un resultado de 2.321%, para el 6.50% un resultado de 2.311% y para el 7.00% se obtuvo un resultado de 2.286%.

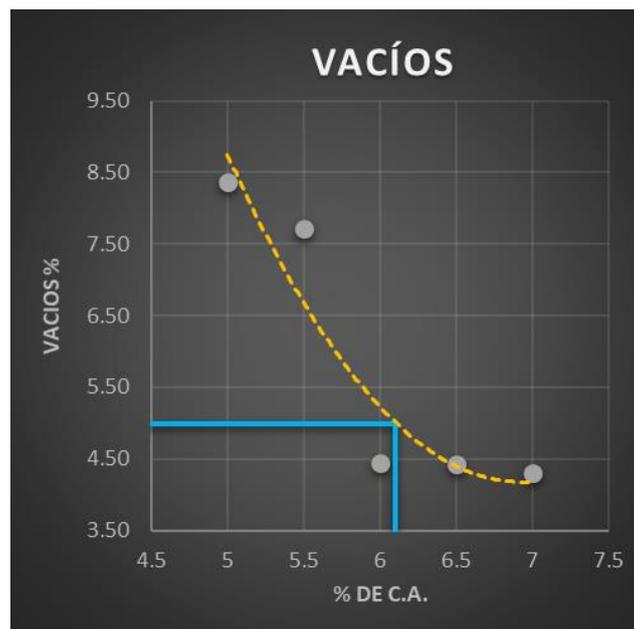
Figura 22: Peso unitario de la mezcla con geotextil



Fuente: Elaboración propia

Se realizó la figura N°25 donde se muestra los vacíos de la mezcla asfáltica con adición de geotextil del cual se obtuvo para el 5.00% de cemento asfáltico un resultado de 8.4%, para el 5.50% un resultado de 7.7%, para el 6.00% un resultado de 4.5%, para el 6.50% un resultado de 4.4% y para el 7.00% se obtuvo un resultado de 4.3%.

Figura 23: Vacíos de la mezcla con geotextil

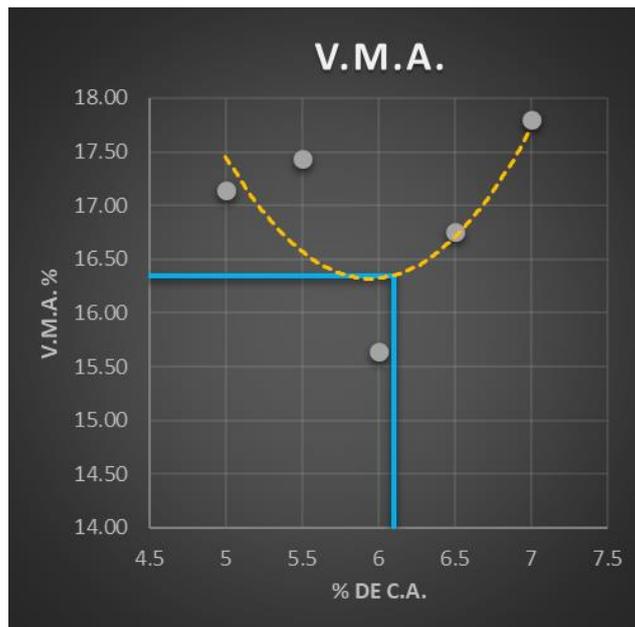


Fuente: Elaboración propia

Consecuentemente se realizó la figura N°26 donde se muestra los vacíos en los agregados minerales (V.M.A.) de la mezcla asfáltica con adición de geotextil del cual se obtuvo para el 5.00% de cemento asfáltico un resultado de 17.1%, para el 5.50% un resultado de 17.4%, para el 6.00% un resultado de 15.6%, para el 6.50% un resultado de 16.8% y para el 7.00% se obtuvo un resultado de 17.8%.

De acuerdo a los requerimientos de construcción para los vacíos mínimos del agregado mineral según el tamaño máximo de las mezclas que en este caso fue de $\frac{3}{4}$ ", nos dice que para el ensayo Marshall se debe obtener como mínimo un 14%, los resultados obtenidos en cada porcentaje de cemento asfáltico pasan por encima de este valor, por lo cual se aceptaron los datos obtenidos.

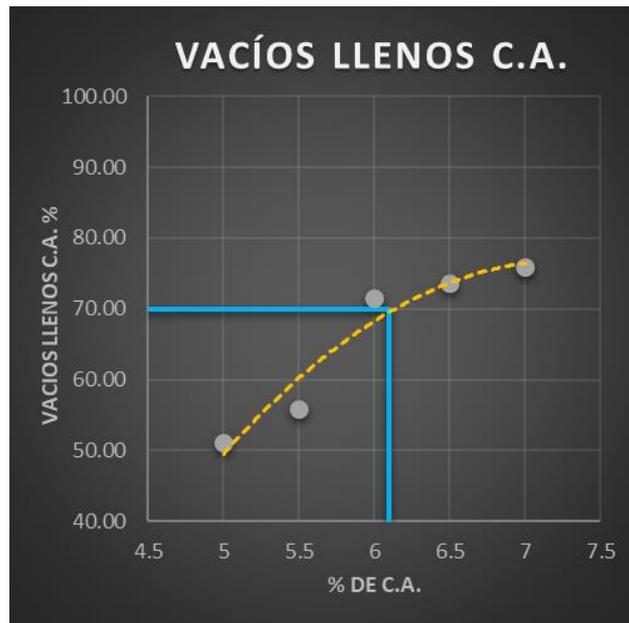
Figura 24: V.M.A. de la mezcla con geotextil



Fuente: Elaboración propia

También se realizó la figura N°27 donde se muestra los vacíos llenados con cemento asfáltico de la mezcla asfáltica con adición de geotextil del cual se obtuvo para el 5.00% de cemento asfáltico un resultado de 51.2%, para el 5.50% un resultado de 55.8%, para el 6.00% un resultado de 71.6%, para el 6.50% un resultado de 73.7% y para el 7.00% se obtuvo un resultado de 75.9%.

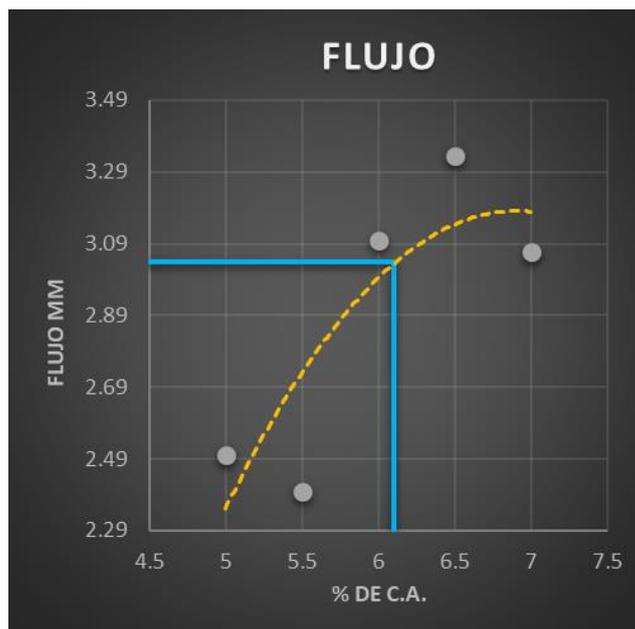
Figura 25: Vacíos llenos C.A. de la mezcla con geotextil



Fuente: Elaboración propia

De igual forma se realizó la figura N°28 donde se muestra el flujo de la mezcla asfáltica con adición de geotextil del cual se obtuvo para el 5.00% de cemento asfáltico un resultado de 2.5 mm, para el 5.50% un resultado de 2.4 mm, para el 6.00% un resultado de 3.1 mm, para el 6.50% un resultado de 3.3 mm y para el 7.00% se obtuvo un resultado de 3.1 mm.

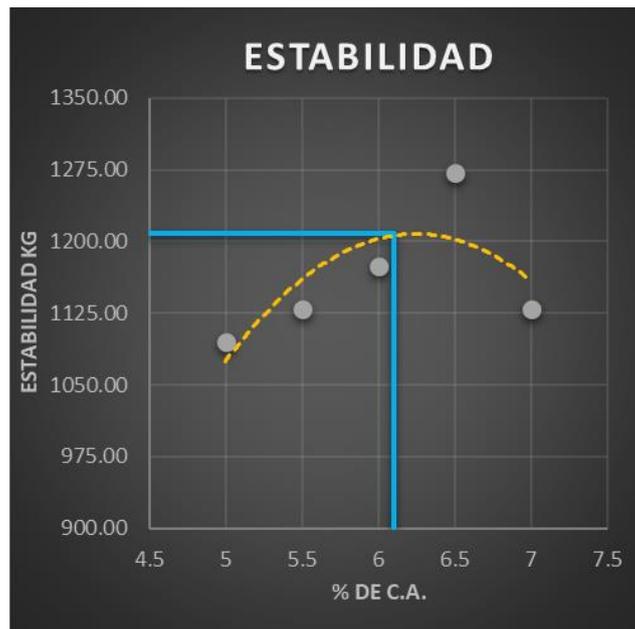
Figura 26: Flujo de la mezcla con geotextil



Fuente: Elaboración propia

De esta manera también se realizó la figura N°29 donde se muestra la estabilidad de la mezcla asfáltica con adición de geotextil del cual se obtuvo para el 5.00% de cemento asfáltico un resultado de 1095 kg, para el 5.50% un resultado de 1129 kg, para el 6.00% un resultado de 1174 kg, para el 6.50% un resultado de 1271 kg y para el 7.00% se obtuvo un resultado de 1129 kg.

Figura 27: Estabilidad de la mezcla con geotextil



Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Comparación de las mezclas asfálticas óptimas

Consecuentemente se realizó la tabla N°16 donde se ha realizado una comparación entre el óptimo contenido de asfalto de la mezcla asfáltica convencional y de la mezcla asfáltica modificada con geotextil, de los datos que se obtuvieron se sacó la variación para cada ensayo entre los dos especímenes, teniendo así para la estabilidad un valor de -4.24%, para los vacíos fue de -8.51%, para los vacíos en los agregados minerales V.M.A. se obtuvo 20.27%, para los vacíos llenados con cemento asfáltico se obtuvo 10.64%, para la fluencia se obtuvo -20.51% y para la relación de estabilidad/flujo se obtuvo una variación de 31.91%. De acuerdo a esto como se van a usar dos tipos de mezclas asfálticas se van a usar las siguientes nomenclaturas:

- MAC = Mezcla asfáltica convencional
- MAR = Mezcla asfáltica reforzada con geotextil

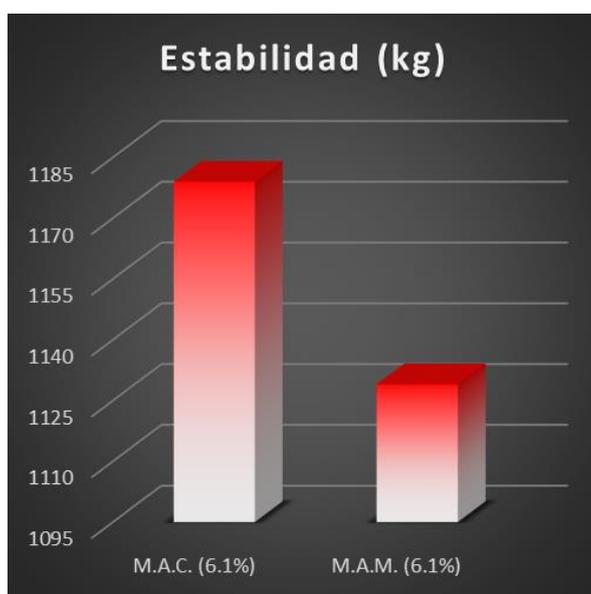
Tabla 16: Comparación de las mezclas asfálticas óptimas

Ensayo	Mezcla asfáltica convencional 6.10%	Mezcla asfáltica reforzada 6.10%	Variación (%)
Estabilidad	1179 kg	1129 kg	-4.24%
Vacíos	4.7%	4.3%	-8.51%
V.M.A.	14.8%	17.8%	20.27%
Vacíos llenados con C.A.	68.6%	75.9%	10.64%
Fluencia	3.9 mm	3.1 mm	-20.51%
Estabilidad/flujo	3024 kg/cm	3989 kg/cm	31.91%

Fuente: Elaboración propia

De forma consecutiva se realizó la figura N°30 donde se puede apreciar que la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional fue de 1179 kg y es mayor a comparación de la mezcla asfáltica reforzada con geotextil que fue de 1129 kg.

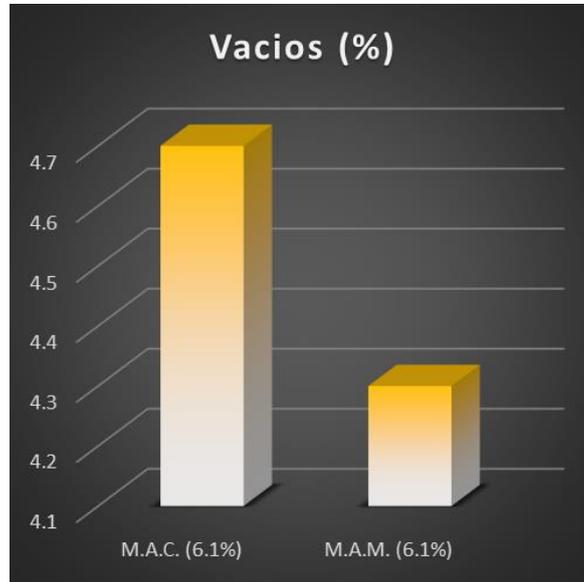
Figura 28: Estabilidad de las mezclas asfálticas óptimas



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se realizó la figura N°31 donde se puede apreciar que los vacíos de la mezcla asfáltica convencional fueron de 4.7% y son mayores que la mezcla asfáltica reforzada con geotextil que fue de 4.3%.

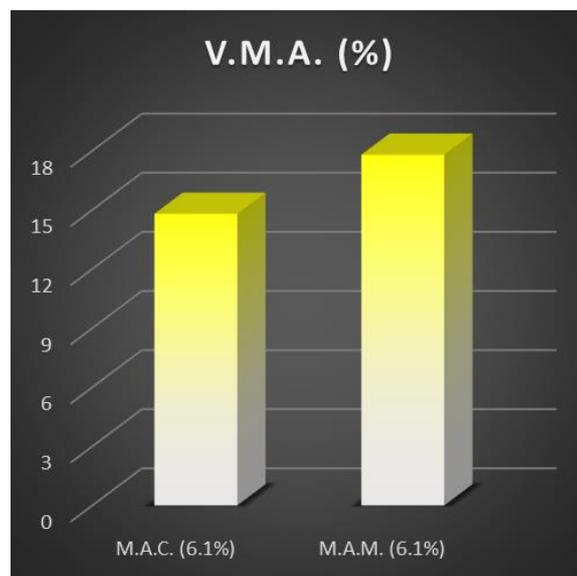
Figura 29: Vacíos de las mezclas asfálticas optimas



Fuente: Elaboración propia

También se realizó la figura N°32 donde se puede apreciar que el V.M.A. de la mezcla asfáltica convencional fue de 14.8% y es menor que la mezcla asfáltica reforzada con geotextil que fue de 17.8%.

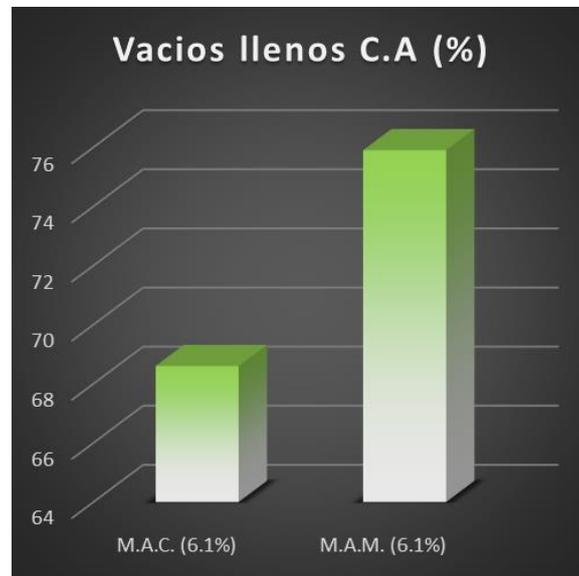
Figura 30: V.M.A. de las mezclas asfálticas optimas



Fuente: Elaboración propia

Se realizó la figura N°33 donde se puede apreciar que los vacíos llenos con C.A. de la mezcla asfáltica convencional fue de 68.6% y es menor que la mezcla asfáltica reforzada con geotextil que fue de 75.9%.

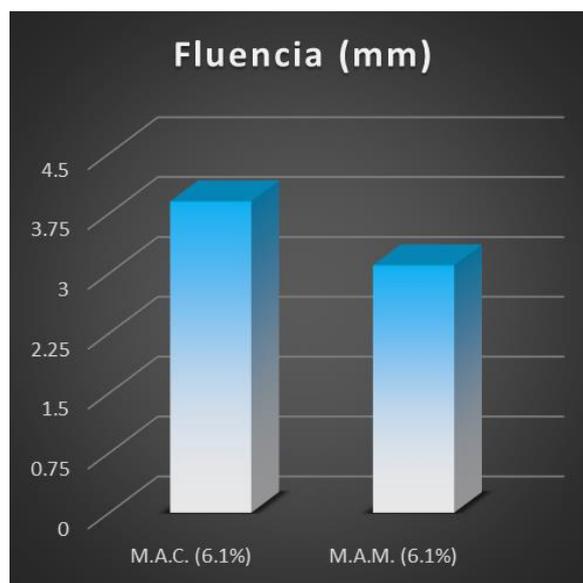
Figura 31: Vacíos llenos con C.A. de las mezclas asfálticas optimas



Fuente: Elaboración propia

Consecuentemente se realizó la figura N°34 donde se puede apreciar que la fluencia de la mezcla asfáltica convencional fue de 3.9 mm y es mayor que la mezcla asfáltica reforzada con geotextil que fue de 3.1 mm.

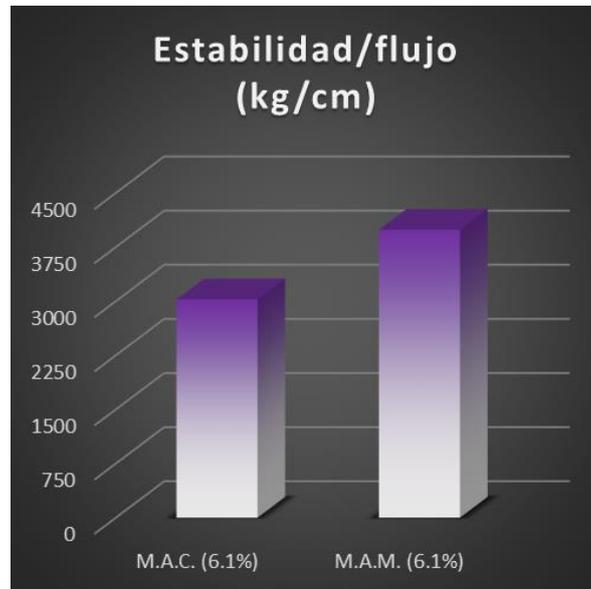
Figura 32: Fluencia de las mezclas asfálticas optimas



Fuente: Elaboración propia

De igual manera se realizó la figura N°35 donde se puede apreciar que la relación estabilidad/flujo de la mezcla asfáltica convencional fue de 3024 kg/cm y es menor que la mezcla asfáltica reforzada con geotextil que fue de 3989 kg/cm.

Figura 33: Relación estabilidad/flujo de las mezclas asfálticas optimas



Fuente: Elaboración propia

4.3. Ensayo de Viga Benkelman

El ensayo de la viga Benkelman fue realizado con el fin determinar el comportamiento del pavimento a cargas vehiculares demostradas en las deflexiones, en este caso se utilizó la norma MTC E 1002.

En ese sentido se elaboró la siguiente tabla en la cual se recopilan los valores obtenidos en las lecturas realizadas, tanto para el tramo de prueba con mezcla asfáltica convencional con mezcla reforzada con geotextil. Obteniéndose en la deflexión para la mezcla convencional los valores máximos de $56 \times 10^{-2} \text{mm}$, y como mínimo $32 \times 10^{-2} \text{mm}$ lo que resulta en un rango de $24 \times 10^{-2} \text{mm}$. Asimismo, se presenta una desviación estándar de $6.90 \times 10^{-2} \text{mm}$ y un promedio de $45.86 \times 10^{-2} \text{mm}$. Mientras que en relación al radio de curvatura se obtuvieron 390.63m y 156.25m como máximo y mínimo respectivamente, además de 269.10m como valor promedio y 85.81 como su desviación estándar. Por otro lado, también se indica lo relacionado a la mezcla asfáltica reforzada con

geotextil, para la deflexión se presentó $43.00 \times 10^{-2} \text{mm}$ y $20.00 \times 10^{-2} \text{mm}$ respectivamente al máximo y mínimo, lo que se traduce en un rango de $23 \times 10^{-2} \text{mm}$, además de una desviación estándar de $6.01 \times 10^{-2} \text{mm}$ y finalmente un valor promedio de $34.81 \times 10^{-2} \text{mm}$. Y para el radio de curvatura se obtuvieron 781.25m y 195.31m como máximo y mínimo respectivamente, además de 474.33m como valor promedio y 207.05 como su desviación estándar.

Tabla 17: Deflexión máxima y radio de curvatura de las mezclas asfálticas

Lectura	Pavimento con mezcla asfáltica convencional		Pavimento con mezcla asfáltica reforzada con geotextil	
	Deflexión Máxima	Radio de Curvatura	Deflexión Máxima	Radio de Curvatura
1	$48.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	156.25 m	$32.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m
2	$56.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	260.42 m	$32.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	781.25 m
3	$40.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m	$24.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	781.25 m
4	$40.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	260.42 m	$36.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m
5	$48.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	195.31 m	$28.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m
6	$52.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m	$40.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	781.25 m
7	$32.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	195.31 m	$20.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m
8	$36.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m	$40.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	781.25 m
9	$52.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m	$40.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m
10	$48.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	260.42 m	$28.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	781.25 m
11	$43.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	195.31 m	$43.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	260.42 m
12	$36.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	260.42 m	$32.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	781.25 m
13	$40.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m	$36.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m
14	$44.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	260.42 m	$40.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	260.42 m
15	$52.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	195.31 m	$36.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	195.31 m
16	$48.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	195.31 m	$36.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m

17	$52.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	156.25 m	$36.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m
18	$48.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	260.42 m	$40.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m
19	$52.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m	$32.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m
20	$56.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	195.31 m	$40.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	260.42 m
21	$40.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	260.42 m	$40.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m
Máximo	$56.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	390.63 m	$43.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	781.25 m
Mínimo	$32.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	156.25 m	$20.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	195.31 m
Rango	$24.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	234.38 m	$23.0 \times 10^{-2} \text{mm}$	585.94 m
Promedio	$45.8 \times 10^{-2} \text{mm}$	269.10 m	$34.81 \times 10^{-2} \text{mm}$	474.33 m
Desviación estándar	$6.90 \times 10^{-2} \text{mm}$	85.81 m	$6.01 \times 10^{-2} \text{mm}$	207.05 m

Fuente: Elaboración propia

De los datos obtenidos, se realizó el cálculo de la deflexión característica y de la deflexión admisible. Estos fueron determinados según los parámetros ya establecidos, y estos se presentan en la siguiente tabla observándose que la deflexión admisible es de $95.37 \times 10^{-2} \text{mm}$, mientras que la deflexión característica de la mezcla asfáltica convencional fue de $57.21 \times 10^{-2} \text{mm}$ y de la mezcla asfáltica reforzada con geotextil fue de $44.70 \times 10^{-2} \text{mm}$. Se puede indicar que estos valores están por debajo de la deflexión característica, asimismo que reforzar con geotextil un pavimento reduce la deflexión característica en un 21.9%.

Tabla 18: Comparación de las mezclas asfálticas óptimas

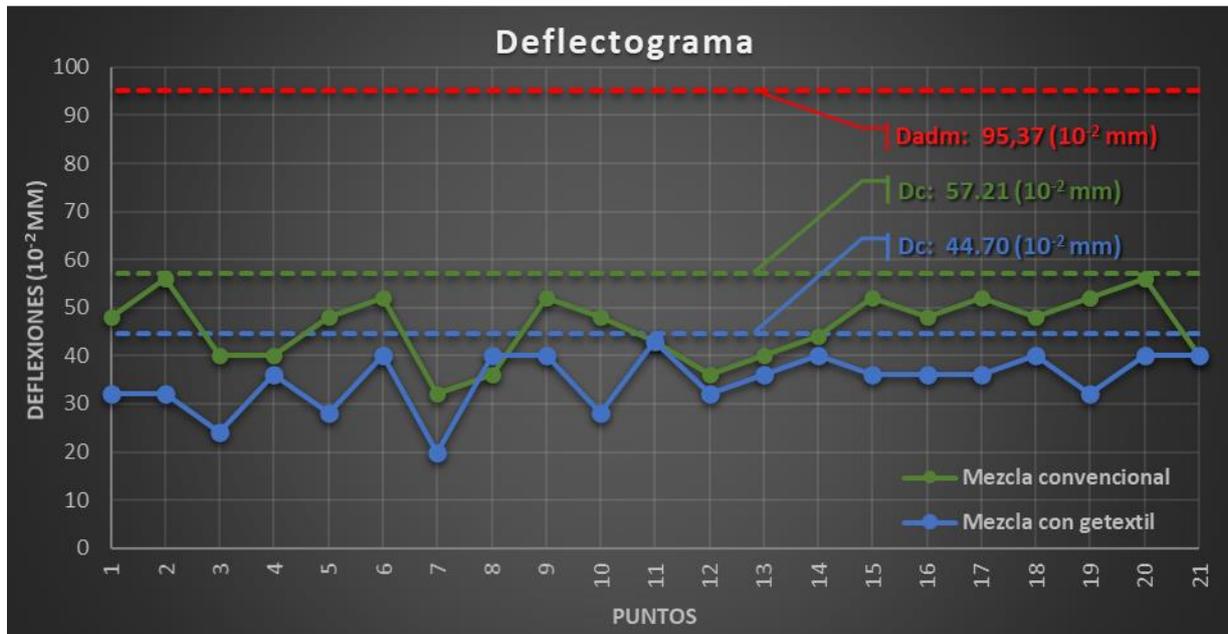
Mezcla asfáltica	Deflexión Admisible	Deflexión Característica	Variación
Convencional	$95.37 \times 10^{-2} \text{mm}$	$57.21 \times 10^{-2} \text{mm}$	0.0%
Reforzada con geotextil	$95.37 \times 10^{-2} \text{mm}$	$44.70 \times 10^{-2} \text{mm}$	-21.9%

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se representa de manera grafica el desarrollo de las deflexiones máximas de ambos especímenes, así como también las deflexiones

características de ambos especímenes en contraste de la deflexión admisible. Donde se aprecia claramente como ambos especímenes presentan deflexiones que no se acercan a la deflexión admisible, y que el reforzamiento con geotextil hace que esta deflexión característica decrezca.

Figura 34: Deflectometría de las mezclas asfálticas optimas



Fuente: Elaboración propia

4.4. Ensayo Cántabro

El ensayo de cántabro fue realizado para determinar el valor de pérdida por desgaste en las mezclas asfálticas haciendo el uso de la máquina de los Ángeles, respecto a ello se ha utilizado la norma MTC E 515.

4.4.1. Mezcla asfáltica convencional

Para este ensayo se tomó en cuenta una duración de 300 vueltas para la mezcla asfáltica convencional, de acuerdo a ello se obtuvo como resultados para el primer espécimen 1.38% de pérdida por desgaste, para el segundo espécimen se obtuvo 1.17%, para el tercer espécimen se obtuvo 1.08% y para el cuarto espécimen se obtuvo 0.87%. De estos resultados se sacó el promedio y se obtuvo como resultado 1.13% de pérdida por desgaste, como se ha podido observar en la tabla N°17.

Tabla 19: Ensayo cántabro de la mezcla asfáltica convencional

Especimen	Peso (gr)		Temperatura (°C)		Perdida por desgaste
	Inicial	Final	Inicial	Final	
Nº01	1230.10	1213.10	16.0	16.1	1.38%
Nº02	1223.70	1209.40	16.0	16.3	1.17%
Nº03	1227.10	1213.80	16.0	16.3	1.08%
Nº04	1228.90	1218.20	16.0	16.3	0.87%
Número de revoluciones	300		Promedio de perdida por desgaste (%)		1.13%

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Mezcla asfáltica con geotextil

Asimismo, para la tabla N°18 en el ensayo se tomó en cuenta una duración de 300 vueltas para la mezcla asfáltica modificada, de acuerdo a ello se obtuvo como resultados para el primer espécimen 1.00% de pérdida por desgaste, para el segundo espécimen se obtuvo 0.77%, para el tercer espécimen se obtuvo 1.06% y para el cuarto espécimen se obtuvo 1.14%. De estos resultados se sacó el promedio y se obtuvo como resultado 0.99% de pérdida por desgaste.

Tabla 20: Ensayo cántabro de la mezcla asfáltica reforzada

Especimen	Peso (gr)		Temperatura (°C)		Perdida por desgaste
	Inicial	Final	Inicial	Final	
Nº01	1220.50	1208.30	21.5	21.9	1.00%
Nº02	1221.70	1212.30	21.9	22.5	0.77%
Nº03	1218.50	1205.60	22.5	23.5	1.06%
Nº04	1220.90	1207.00	23.5	23.9	1.14%
Número de revoluciones	300		Promedio de perdida por desgaste (%)		0.99%

Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Contraste de mezclas asfálticas

De esta forma se ha realizado una comparación del ensayo Cantabro entre la mezcla asfáltica convencional con un resultado de 1.13% y la

mezcla asfáltica modificada con geotextil con un resultado de 0.99%, de estos resultados se obtuvo una variación de -12.39%, debido a que el promedio de pérdida por desgaste disminuye al adicionar el geotextil en la mezcla asfáltica.

Tabla 21: Comparación del ensayo Cántabro

Espécimen	Numero de revoluciones	Promedio de pérdida por desgaste (%)	Variación
Mezcla asfáltica convencional	300	1.13%	0.00%
Mezcla asfáltica reforzada	300	0.99%	- 12.39%

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la figura N°35 para poder apreciar mejor la comparación entre la mezcla asfáltica convencional y la modificada con geotextil, que como se ha podido apreciar el resultado es descendiente.

Figura 35: Comparación entre mezclas asfálticas



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados con antecedentes

Para las propiedades físico mecánicas de las mezclas asfálticas se ha tomado en cuenta la estabilidad y el flujo de los cuales sus resultados han sido expuestos en la tabla N°16, dándonos como resultado para la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional de 1179 kg y para la mezcla asfáltica modificada con geotextil fue de 1129 kg en los cuales se notó una disminución de 50 kg con una variación del -4.24%, lo que quiere decir que en el momento de adicionar el geotextil a las briquetas de la mezcla asfáltica ha disminuido su capacidad para resistir los desplazamientos puesto que el geotextil colocado al centro de la briketa supone un aislamiento de ambas partes, creando así una menor resistencia al ensayo Marshall. No obstante, los valores obtenidos aún son admisibles según lo indicados en la norma EG-2013, en la sección de Pavimento de concreto asfáltico en caliente específicamente en la tabla 423-06. Además el comportamiento que producen las cargas del tránsito durante el periodo de servicio, en la propiedad del flujo, la fluencia también se ha podido observar una disminución ya que en la mezcla asfáltica convencional fue de 3.9 mm y en la mezcla modificada se obtuvo 3.1 mm, una diferencia de 0.8 mm y una variación de -20.51%, con respecto a esto la mezcla asfáltica convencional es más vulnerable y sufrió una mayor deformación en las

briquetas, en relación a la mezcla asfáltica en caliente afectada con el geotextil. Lo que nos indica que la utilización del geotextil entro de la mezcla asfáltica en caliente aumenta a capacidad de resistir la deformación, o en otros términos que la mezcla se vuelve más rígida. Este aspecto se considera favorable, asimismo el valor obtenido de la mezcla modificada se mantiene dentro de las especificaciones indicadas en la EG-2013, en la sección de Pavimento de concreto asfáltico en caliente específicamente en la tabla 423-06.

Asimismo, se puede inferir el comportamiento estructural que presentaría el pavimento reforzado con geotextiles puesto que en la tabla N° 18 se indica que en comparación al pavimento de mezcla asfáltica convencional la deflexión característica se reduce en un 21.9% (de 57.21×10^{-2} mm a 44.70×10^{-2} mm), lo que se traduce que distribuye de mejor forma las cargas vehiculares o que las dispersa en un área mayor gracias al refuerzo del geotextil. En ese sentido, un pavimento con refuerzo de geotextil se comportaría de mejor manera durante su periodo de servicio que un pavimento convencional, o que puede soportar mayor trafico vial. De la misma forma según lo obtenido del contraste de estabilidad, flujo (y demás propiedades físico-mecánicas) y también del análisis deflectométrico, se puede indicar que reforzar el pavimento con geotextil mejoraría la durabilidad de la mezcla asfáltica y así como también reduciría su predisposición a sufrir deformaciones o fallas estructurales.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que reforzar con geotextil un pavimento flexible de mezcla asfáltica convencional si produce cambios relevantes y favorables en el comportamiento de las propiedades estructurales y físico-mecánicas de la mezcla en caliente.
2. Con respecto a las deflexiones máximas del pavimento reforzado con geotextil, la deflexión característica se reduce un 21.9% con respecto al pavimento convencional, lo que significa que mejora la distribución de cargas y su comportamiento estructural ante el tráfico vehicular.
3. De acuerdo a las propiedades físico mecánicas de la mezcla asfáltica, la estabilidad se ha visto afectada por el refuerzo con geotextil, disminuyendo esta propiedad a 1129 kg demostrando así en una variación porcentual de -4.24% en relación a la mezcla convencional, valor que aun cumple satisfactoriamente con los requisitos de la EG-2013.
4. En relación a las propiedades físico mecánicas de la mezcla asfáltica, la fluencia se ve influenciada por el refuerzo con geotextil, disminuyendo su capacidad de deformación puesto que el flujo de 3.1 mm demuestra una reducción de 20.51% con respecto a la mezcla convencional, no obstante, este valor se encuentra dentro de rango indicado en la EG-2013.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer el estudio de los agregados para llevar el adecuado control de calidad, además de que cumpla con los requerimientos que establece la (EG – 2013) Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.
2. Se recomienda hacer el uso de la norma para realizar los ensayos de manera correcta, además de cumplir con los parámetros que se requieren.
3. Se recomienda hacer el uso adecuado de los implementos de seguridad en el momento de realizar los ensayos.
4. Se recomienda tener cuidado al momento de tomar los resultados que se obtienen de cada ensayo para luego no tener inconvenientes al momento de procesarlos.
5. Se recomienda que al realizar el ensayo Marshall se tome en cuenta la calidad de los agregados a emplearse y un porcentaje óptimo respecto al cemento asfáltico.
6. Se recomienda realizar más estudios de la adición de geotextil en las mezclas asfálticas en caliente en distintos porcentajes de cemento asfáltico para así poder ver cuál es su comportamiento dentro de sus propiedades físico mecánicas y poder contrastar con los datos obtenidos en la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beltran Calvo, G. I. (2017). *Evaluación estructural de pavimentos flexibles con métodos de inteligencia artificial y auscultación no destructiva*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, México.
- Chavez Peña, J. F. (2015). *Evaluación estructural de pavimentos flexibles usando el deflectómetro de impacto en la carretera Tarma- La Merced*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Civil, Huancayo.
- Dávila Dávila, M. J., & Gómez Rosales, J. D. (2018). *Aplicación de geotextiles en pavimentos flexibles para su diseño, Carretera Oxapampa - San Jorge: km 14+000 - km15+000, Pasco, 2018*. Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima.
- Gavilanes Davila, N. E. (2012). *"Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintéticos aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua-La Maná*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de civil, Quito.
- Guataquirá Nuñez, M. N. (2020). *Análisis comparativo entre el geotextil convencional y el geotextil de yute químicamente tratado empleado para mejorar la capacidad portante en obras viales, y su evaluación como alternativa de uso en Colombia*. Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- Huetto Guerrero, A. M., & Montoya Manjarres, A. F. (2018). *Adición de geotextil tejido T-2400 a la estructura intrínseca de diferentes tipos de materiales para*

- rellenos*. Tesis de Pregrado, Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Cartagena de India.
- Llauce Noriega, A. E. (2019). *Aplicación de geomallas de bambú en el diseño de pavimentos flexibles de la avenida Bauzate y Meza en el Distrito De La Victoria*. Tesis de Pregrado, UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS, FACULTAD DE INGENIERÍA , Lima.
 - Lopez Grandez, J. D. (2018). *Evaluación estructural de pavimentos flexibles empleando geotextiles, Carretera Cajamarca – Chachapoyas, tramo Calla Calla – Leymebamba, Amazonas – 2018*. Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima.
 - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015). *Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Lima.
 - Nuñez Condori, A. (2015). *Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geosintéticos*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Puno.
 - Taipe Sarmiento, W., & Salas Tocasca, E. (2012). *Comportamiento del Pavimento Flexible con el uso de Geomallas en el distrito de Lircay KM 0+010 Camino a Ocopa departament de Huancavelica*. Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de ingeniería de Minas - Civil, Huancavelica.
 - Valderrama Aparicio, P. F. (2013). *Modelo para la gestión del riesgo asociado a los costes globales en fase de postconstrucción en edificios plurifamiliares destinados a arrendamiento*.

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de consistencia



Anexo 1 – Matriz de consistencia

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA TRANSMISIÓN DE CARGAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON REFUERZO DE GEOTEXILES TIPO GT320P

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cómo es el comportamiento estructural en la transmisión de cargas de pavimentos flexibles con incidencia de geotextiles?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el comportamiento estructural en la transmisión de cargas de pavimentos flexibles con incidencia de geotextiles.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La transmisión de cargas en pavimentos flexibles con incidencia de geotextiles reduce su comportamiento estructural.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Geotextiles en Pavimentos flexibles</p>	<p>Resistencia Mecánica</p> <p>Elongación</p> <p>Modulo Elástico</p>	<p>Tipo de fibra</p> <p>Módulo de elasticidad</p> <p>Módulo de elasticidad</p>	<p>Método de investigación: Cuantitativo. Tipo de investigación: Aplicado. Nivel de investigación: Descriptivo Diseño de investigación: El diseño de investigación utilizará un esquema experimental, considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema. OE ⊕SA ⊕XP ⊕CE ⊕RE Donde: OE = Objeto de Estudio SA = Pavimento flexible XP = Transmisión de cargas CE = Geotextil Tipo GT320P RE = Resultados y Conclusiones Cuando: 2020. Población y muestra: Población. La población está constituida por 150 briquetas de asfalto y a un tramo de prueba de 5x3 m. Muestra: La muestra es de acuerdo al método no probabilístico intencional, en este caso corresponde a 15 briquetas con el mejor comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente y el cálculo de las deformaciones en el tramo de prueba. Técnicas e instrumentos: Recolección de datos Técnicas de procesamiento de datos: Estadístico.</p>
<p>Problemas específicos:</p> <p>a) ¿Cómo es la incidencia de los geotextiles en la deflectometría de los pavimentos flexibles?</p> <p>b) ¿De qué manera el tipo de geotextil distribuye la carga en el pavimento flexible?</p> <p>c) ¿De qué manera interviene las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en la transmisión de cargas con incidencia de geotextiles?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>a) Identificar la incidencia de los geotextiles en la deflectometría de los pavimentos flexibles.</p> <p>b) Evaluar el tipo de geotextil en la distribución de las cargas en el pavimento flexible.</p> <p>c) Determinar las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en la transmisión de cargas con incidencia de geotextiles.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a) Los geotextiles mejora la deflectometría de los pavimentos flexibles.</p> <p>b) El geotextil reduce uniformemente las cargas en el pavimento flexible.</p> <p>c) Las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica intervienen directamente en la transmisión de cargas con incidencia de geotextiles.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Comportamiento Estructural de la Transmisión de Cargas</p>	<p>Estabilidad</p> <p>Flujo</p> <p>Deflectometria</p>	<p>Ensayo Marshall</p> <p>Ensayo Marshall</p> <p>Deflexión característica</p>	

Anexo N°02: Panel fotográfico

TRAMO DE PRUEBA EN CHUPACA CON IMPRIMACION ASFALTICA

Fotografía N° 1: Ensayo de imprimación en el tramo con 8 x 5m.



IMPRIMACION DE LA EMULSION CATIONICA TIPO CSS 1H

Fotografía N° 2: Imprimación con la emulsión catiónica CSS-1H de rotura lenta reforzada con geotextil en el lado derecho.



Fotografía N° 3: Imprimación con la emulsión catiónica CSS-1H de rotura lenta convencional. En el lado izquierdo.



**TRAMO DE PRUEBA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE REFORZADO CON
GEOTEXTIL EN EL LADO DERECHO**

Fotografía N° 4: Tramo de prueba del pavimento flexible reforzado con geotextil en el lado derecho.



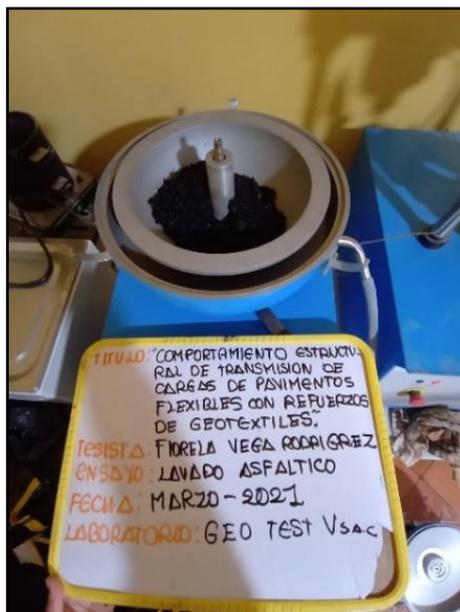
TRAMO DE PRUEBA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL EN EL LADO IZQUIERDO

Fotografía N° 5: Tramo de prueba del pavimento flexible en el lado izquierdo.



LAVADO ASFALTICO

Fotografía N° 6: El ensayo determina el porcentaje de asfalto con el tricloroetileno, según la norma ASTM D 2172.



Fotografía N° 7: Pesado de la muestra lavada para el desarrollo de la granulometría.



ENSAYO DE LA VIGA BEMKELMAN

Fotografía N° 8: Presentación del tramo de prueba según la subsección 415.06, EG-2013 ensayo de reflectometría.



Fotografía N° 9: Ensayo de reflectometría - ASTM D 4695.



Fotografía N° 10: Ensayo de reflectometría – presentación del camión de carga de pesaje 8.2Tn



Fotografía N° 11: Ensayo de reflectometría – Registro de lecturas de los diales de la viga benkelman.



EXTRACCION DE NUCLEOS (DIAMANTINA)

Fotografía N° 12: Determinación del grado de compactación de una mezcla bituminosa-Extracción de núcleos cilíndricos en el punto 03.



Fotografía N° 13: Determinación del grado de compactación de una mezcla bituminosa (MTC E 509)



Anexo N°04: Certificado de los Ensayos

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ANÁLISIS - COMBINACION GRANULOMETRICA DE AGREGADOS

TITULO: "Comportamiento estructural de transmision de cargas de pavimentos flexibles con refuerzo de geotextiles."

TESISTA: Vega Rodriguez Fiorela

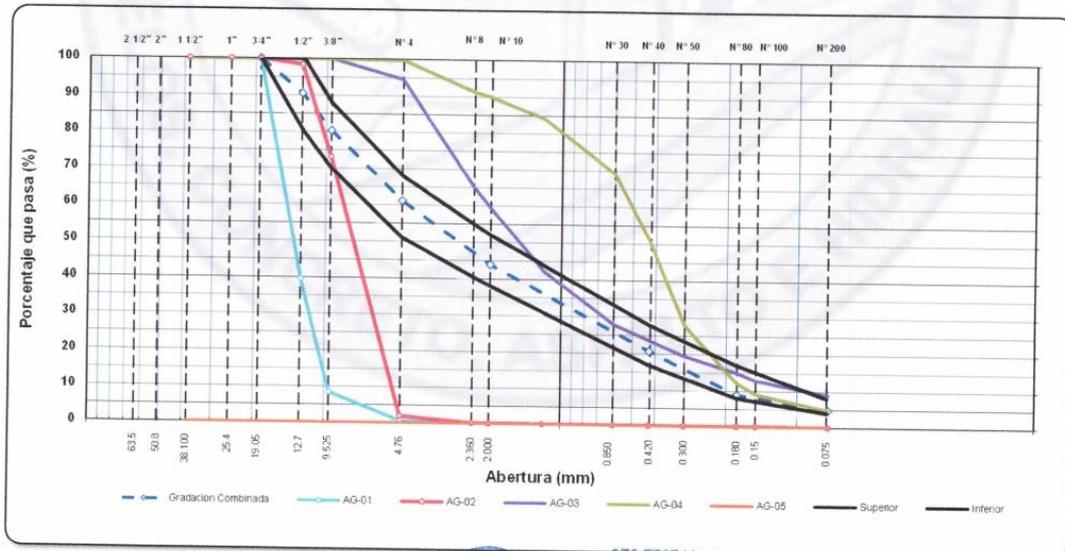
HECHO POR: A.Y.G.

CANTERA: Apata

FECHA: Octubre-2021

TAMIZ	ABERTURA (mm)	GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS										ESPECIFICACION		
		AG-01		AG-02		AG-03		AG-04		% COMBI	100	MIN	MAX	
		Grava 3/4"		Grava 1/2"		Arena Chancada		Arena Natural						
		% Aporte	15	% Aporte	22	% Aporte	42	% Aporte	21					
1 1/2"	38.100	100.0	15.00	100.0	22.00	100.0	42.00	100.0	21.00		100.0	-	-	
1"	25.400	100.0	15.00	100.0	22.00	100.0	42.00	100.0	21.00		100.0	-	-	
3/4"	19.050	100.0	15.00	100.0	22.00	100.0	42.00	100.0	21.00		100.0	100	100	
1/2"	12.700	39.6	5.94	98.4	21.65	100.0	42.00	100.0	21.00		90.6	80	100	
3/8"	9.525	8.4	1.27	73.1	16.09	100.0	42.00	100.0	21.00		80.4	70	88	
N° 4	4.760	0.7	0.10	2.0	0.44	94.5	39.70	99.7	20.95		61.2	51	68	
N° 8	2.360	0.3	0.04	0.3	0.06	65.1	27.34	91.3	19.18		46.6			
N° 10	2.000	0.2	0.03	0.2	0.05	59.4	24.95	89.9	18.88		43.9	38	52	
N° 16	1.190	0.2	0.03	0.2	0.04	42.3	17.78	84.1	17.67		35.5			
N° 30	0.600	0.2	0.03	0.2	0.04	27.9	11.70	69.2	14.52		29.3			
N° 40	0.425	0.2	0.03	0.2	0.04	23.6	9.93	50.8	10.67		20.7	17	28	
N° 50	0.300	0.2	0.03	0.2	0.04	19.4	8.16	27.9	5.86		14.1			
N° 80	0.180	0.2	0.03	0.2	0.04	15.0	6.29	12.2	2.55		8.9	8	17	
N° 100	0.150	0.2	0.03	0.2	0.04	12.8	5.39	9.1	1.91		7.4			
N° 200	0.074	0.1	0.01	0.1	0.02	9.0	3.77	4.8	1.02		4.8	4	8	

CURVA GRANULOMETRICA



GEO TEST V S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

 ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-2
<p>TÍTULO: "Comportamiento estructural de transmisión de cargas de pavimentos flexibles con refuerzo de geotextiles." TESISTA: Vega Rodriguez Fiorela MATERIAL: Mezcla Asfáltica CANTERA: Apata</p>
<p>HECHO POR: A.Y.G. FECHA: Octubre-2021</p>

Diseño C.A. 5.0 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	<N°200	Peso Mat. S/Lavar	gr.
ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.826	4.760	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO		4700.0	4990.0	9700.0	153.0	191.0	100.0	35.0	41.0	Peso Mat. Lav.+Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	9.4	10.0	19.4	18.0	22.5	11.8	4.1	4.8	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	9.4	19.4	38.8	56.8	79.3	91.1	95.2	100.0	Peso inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	90.6	80.6	61.2	43.2	20.7	8.9	4.8	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACIÓN	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 62	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Filler	gr.
ASFALTO LÍQUIDO										FRACCIÓN	gr.
TRAMO ASFALTADO										PESO TOTAL	gr.
Metros Lineales:											
											528.0
											6000.0



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.9	6.0	6.0	6.0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	36.84	36.84	36.84	36.84	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	58.16	58.16	58.16	58.16	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.015	1.015	1.015		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.608	2.608	2.608		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.573	2.573	2.573		
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE						
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	1231.3	1235.7	1218.0		
10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr.	1238.2	1241.4	1223.1		
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr.	700.9	702.9	693.9		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	537.3	538.5	529.2		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	537.3	538.5	529.2		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.292	2.296	2.296	2.296	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.460	2.460	2.460		
18 VACÍOS (17-16)*100/17	%	6.8	6.7	6.4	6.7	3 - 5
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	%	2.586	2.586	2.586		
20 V.M.A. 100*(2+3+4)/(16/19)	%	16.8	16.7	16.5	16.7	Min. 14
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	96.8	97.3	98.4	97.5	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((100/17)-(1/5))		2.659	2.659	2.659		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*5*(22-19))/(22*19)	%	1.070	1.070	1.070		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	3.98	3.98	3.98		
25 FLUJO	mm	2.6	2.6	2.7	2.6	2 - 4
26 LECTURA DEL EQUIPO		11.426	12.488	12.800		
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1165	1273	1305		
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
29 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1165	1273	1305	1248	Min. 815
30 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	4481	4896	4833	4737	1700 - 4000

OBSERVACIONES:

Grava triturada 3/4"	15%
Grava triturada 1/2"	22%
Arena triturada 1/4"	42%
Arena natural	21%
Aditivo mejorador de adherencia	0.0%
Cemento asfáltico	PEN 85 - 100



GEO TEST V. S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

DENSIDAD MAXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

TITULO: "Comportamiento estructural de transmisión de cargas de pavimentos flexibles con refuerzo de geotextiles."

TESISTA: Vega Rodriguez Fiorela

MATERIAL: Mezcla Asfáltica

CANTERA: Apata

HECHO POR: A. Y. G.

FECHA: Octubre-2021

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-2

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5	6
Cemento Asfáltico	%	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	6.10
Peso del material	gr	1543.50	1548.20	1534.70	1521.10	1520.20	1535.80
Peso del agua + frasco Rice	gr	8054.00	8058.10	8056.00	8057.00	8050.20	8055.80
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	9597.50	9606.30	9590.70	9578.10	9570.40	9591.60
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8970.00	8971.00	8959.00	8949.00	8934.00	8957.00
Volumen del material	cc	627.50	635.30	631.70	629.10	636.40	634.60
Peso Específico Máximo	gr/cc	2.460	2.437	2.429	2.418	2.389	2.420
Temperatura de ensayo	°C	25	25	25	25	25	25
Grava triturada 3/4"	%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Grava triturada 1/2"	%	22%	22%	22%	22%	22%	22%
Arena triturada 1/4"	%	42%	42%	42%	42%	42%	42%
Arena natural	%	21%	21%	21%	21%	21%	21%
Tiempo de ensayo	Min.	15	15	15	15	15	15
Factor de Corrección							



GEO TEST V S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

(Firma)
ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-2

TÍTULO: "Comportamiento estructural de transmisión de cargas de pavimentos flexibles con refuerzo de geotextiles."
 TESISISTA: Vega Rodríguez Fiorela
 MATERIAL: Mezcla Asfáltica
 CANTERA: Apata

HECHO POR: A.Y.G.
 FECHA: Octubre-2021

Diseño C.A. 7.0 %Geotextil

ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO		
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	<N°200			
ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. S/Lav	gr	
PESO RETENIDO	gr.	4700.0	4960.0	9700.0	153.0	191.0	100.0	35.0	41.0	Peso Mat. Lavado	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	9.4	10.0	19.4	18.0	22.5	11.8	4.1		Peso Mat. Lav.+Filtro	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	9.4	19.4	38.8	56.8	79.3	91.1	95.2	100.0	Peso de Asfalto	gr	
PASA	%	100.0	90.6	80.6	61.2	43.2	20.7	8.9	4.8	Peso inicial de Filtro	gr	
ESPECIFICACIÓN	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso final de Filtro	gr	
ASFALTO LÍQUIDO										Peso de Filler	gr	
TRAMO ASFALTADO										FRACCIÓN	%	520.0
										PESO TOTAL	gr	50000.0

Metros Lineales:



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	7.0	7.0	7.0	7.0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	36.07	36.07	36.07	36.07	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	56.93	56.93	56.93	56.93	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.015	1.015	1.015		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.608	2.608	2.608		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.573	2.573	2.573		
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE						
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1218.0	1226.1	1202.3		
10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1218.7	1226.6	1203.1		
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	681.7	691.6	679.9		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	537.0	535.0	523.2		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	537.0	535.0	523.2		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.288	2.292	2.288	2.288	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.389	2.389	2.389		
18 VACÍOS (17-16)*100/17	%	6.0	4.1	3.8	4.3	3 - 6
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))		2.586	2.586	2.586		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	18.4	17.8	17.4	17.8	Min. 14
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-19)/20	%	72.6	78.9	78.1	76.9	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((100/17)-(1/15))		2.660	2.660	2.660		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*5*(22-19))/(22*19)	%	1.081	1.081	1.081		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	6.00	6.00	6.00		
25 FLUJO	mm	3.1	3.0	3.1	3.1	2 - 4
26 LECTURA DEL EQUIPO		10.380	11.882	10.888		
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1058	1222	1108		
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
29 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1058	1222	1108	1129	Min. 815
30 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3413	4073	3574	3687	1700 - 4000

OBSERVACIONES:

Grava triturada 3/4" 15%
 Grava triturada 1/2" 22%
 Arena triturada 1/4" 42%
 Arena natural 21%
 Geotextil
 Aditivo mejorador de adherencia 0.0%
 Cemento asfáltico PEN 85 - 100



GEO TEST V S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : P.sj. GRAU N°211 - CHILCA
 (Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.
 RUC : 20606529229

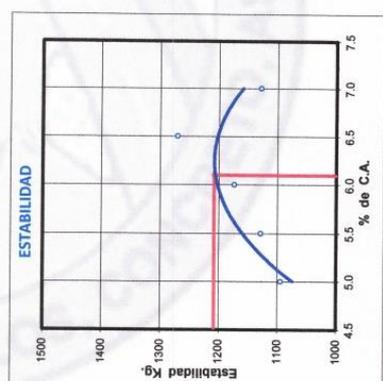
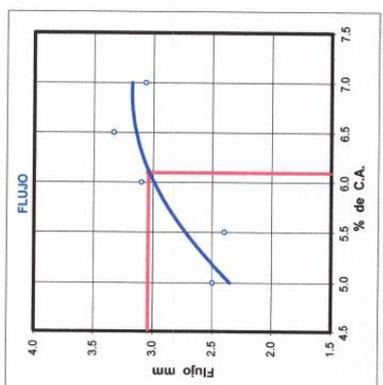
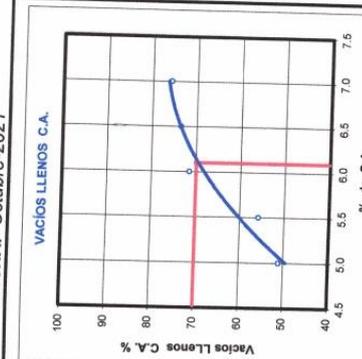
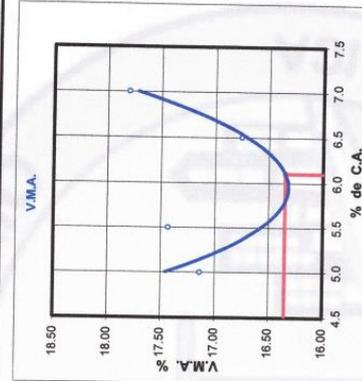
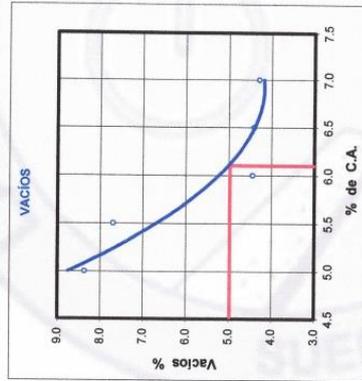
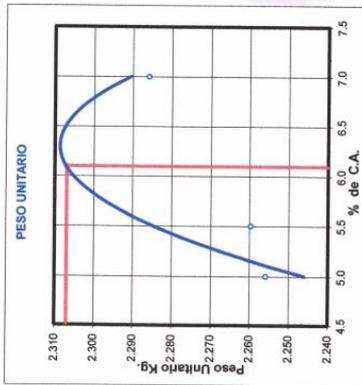
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-2

TÍTULO: "Comportamiento estructural de transmisión de cargas de pavimentos flexibles con refuerzo de geotextiles."

TESISTA: Vega Rodríguez Fiorela
 MATERIAL: Mezcla Asfáltica
 CANTERA: Apata

HECHO POR: A. Y. G.
 FECHA: Octubre-2021



RESUMEN DE RESULTADOS	
	ÓPTIMO % C.A.
GOLPES POR LADO	75
CEMENTO ASFÁLTICO	6.1
PESO UNITARIO	2.320
VACÍOS	3.82
V.M.A.	14.27
VACÍOS LLENOS CON C.A.	73.2
ESTABILIDAD	2.40
ESTABILIDAD / FLUJO	957
ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD	3889
ESTABILIDAD RETENIDA	
DOSIFICACIÓN	
Grava triturada 3/4"	16.0%
Grava triturada 1/2"	22.0%
Arena triturada 1/4"	42.0%
Arena natural	21.0%
Geotextil	
Aditivo mejorador de adherencia	
Cemento asfáltico	



PER 85 - 100



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA : E-MAIL : labgotesiv02@gmail.com / gtestest.v@gmail.com
 (Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado) : FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.
 UJLAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 : RUC : 20606529229

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC E - 1002)																																																		
"COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE TRANSMISIÓN DE CARGAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON REFUERZO DE GEOTEXTILES."																																																		
MEDICIÓN DE DEFLEXIONES (ESTUDIO DE DEFLECTOMETRÍA)																																																		
TIPO DE PAVIMENTO (CARRETA ASFÁLTICA)																																																		
CARGA DE EJE DEL CAMIÓN 80 PSI																																																		
PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS 18.9" C																																																		
EQUIPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES VIGA BENKELMAN - RELACIÓN DE BRAZOS 1:4 (DEFLECTÓMETRO MARCA BAKER)																																																		
TEMPERATURA 18.9° C																																																		
FECHA NOVIEMBRE-2021																																																		
SOLICITADO POR VEGA RODRÍGUEZ FIORELA																																																		
MUESTRA CONVENCIONAL																																																		
PUNTO DE ENSAYO	LADO	N°	LECTURAS DEL DEFLECTÓMETRO			DEFLEXIONES PARCIALES (10 ⁻² mm)						DEFLEXIONES - RELACIÓN DE BRAZO DE VB 1:4 (10 ⁻² mm)		Rango de Curvatura (mm)																																				
			R0 = 0 cm	R1 = 23 cm	R2 = 56 cm	R3 = 75 cm	R4 = 100 cm	R5 = 200 cm	DO	D05	D10	D15	D20		D25	D30	D35	D40	D45	D50	D55	D60	D65	D70	D75	D80	D85	D90	D95	D100	D105	D110	D115	D120	D125	D130	D135	D140	D145	D150	D155	D160	D165	D170	D175	D180	D185	D190	D195	D200

