



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS
RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO**

TUTOR:

MSC. MAX ALMEIDA FRANCO

AUTOR:

ANDRÉS ORDOÑEZ

GUAYAQUIL

2021



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Análisis del desempeño de pavimento flexible reemplazando el 10% de agregado grueso con llantas recicladas para vías nivel de tránsito uno	
AUTOR/ES: Andrés Ordoñez	REVISORES O TUTORES: MsC. Max Almeida Franco
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: Ingeniería, industria y construcción	CARRERA: Ingeniería Civil
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2021	N. DE PAGS: 149
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Hormigón, asfalto, polímero, diseño	
RESUMEN: El desecho de llantas es una de actividad con impacto en el medio ambiente, esto debido al desconocimiento de su reutilización, por tal motivo al concluir su período de vida útil son consideradas basura, con base a ello se plantea el uso de caucho de llantas recicladas en el diseño de pavimento flexible, de manera que se establece un análisis del desempeño	

de pavimento flexible reemplazando el 10% de agregado grueso con llantas recicladas para vías nivel de tránsito uno, de manera que se establece inicialmente un análisis de criterios para la implementación del agregado de caucho del cual se pudo identificar que los requerimientos más importantes son la gravedad Bulk y el Rice, con la realización de esta investigación se busca el modo de delimitar los posibles usos de concreto asfáltico y para ello fue necesario emplear una metodología de trabajo mediante un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, de tipo descriptivo y exploratorio, con modalidad de campo, además de realizar ensayos de laboratorio, con briquetas de diferentes adiciones de caucho, correspondiente a 10%, 7.5%, 5%, 2.5%, 2%, 1.5% y 1%, de los cuales se conoció que los resultados respecto a VAM, de VFA, la gravedad Bulk y el Rice no coincidieron con los establecidos por norma, por lo cual se obtuvo valores por encima y debajo de los valores establecidos en norma, lo que concluye que el uso de caucho reciclado no proporciona una mejora de alguna propiedad que ya contenga el diseño tradicional del pavimento.

Palabras claves: llantas recicladas, pavimento, gravedad Bulk.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR: ANDRÉS ORDOÑEZ	Teléfono: 0981748357	E-mail: andres24081981@gmail.com aordonezd@ulvr.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	MSC. Ing. Alex Bolívar Salvatierra Espinoza Decano de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción. Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

DESEMPEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE

por Andres Ordoñez

Fecha de entrega: 21-ene-2021 11:07a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1491510914

Nombre del archivo: tesis_Andr_s_Ord_ez_septiembre_15-1.docx (2.6M)

Total de palabras: 16451

Total de caracteres: 83745

Firma:



MSC. ING. MAX DARIO ALMEIDA FRANCO

C.C. 0906706981

DESEMPEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

qdoc.tips 1
Fuente de Internet

1%

creativecommons.org 2
Fuente de Internet

1%

baixardoc.com 3
Fuente de Internet

1%

core.ac.uk 4
Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 1%



MSc Max Almeida Franco
Profesor Tutor.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El (Los) estudiante(s) egresado(s) Andres Wenceslao Ordoñez Diaz, declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación **ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VÍAS NIVEL DE TRANSITO UNO**, corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Andres Wenceslao Ordoñez Diaz

Firma:



C.I. 0918940164

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación **ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VÍAS NIVEL DE TRANSITO UNO**, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: **ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VÍAS NIVEL DE TRANSITO UNO**, presentado por los estudiantes ANDRES WENCESLAO ORDOÑEZ DIAZ como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

MSC. ING. MAX DARIO ALMEIDA FRANCO

C.C. 0906706981

AGRADECIMIENTO

A Dios,

mis padres

Nora Diaz Mosquera y Rene Ordoñez Escobar,

mis hermanos y

mis sobrinos Jeremy y Sofia

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios y mis padres por inspirarme y darme la fuerza para poder concluir uno de mis anhelos.

INDICE GENERAL

Contenido

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES	vi
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
INTRODUCCION.....	2
1.1. Tema.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.4. Sistematización del problema.....	3
1.5. Objetivo general.....	3
1.6. Objetivos específicos.....	3
1.7. Justificación de la investigación.....	4
1.8. Delimitación o alcance de la investigación.....	4
1.9. Delimitación espacial: Guayaquil – Ecuador.....	4
1.10. Hipótesis o idea por defender.....	4

1.11. Línea de investigación institucional.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Marco Teórico.....	5
2.1.1.1. Antecedentes de la información.....	5
2.1.1.2. Caucho.....	6
2.1.2. Pavimento.....	7
2.1.3. Métodos de diseño de pavimentos flexibles.....	11
2.1.4. Criterios de diseño.....	13
2.2. Marco Conceptual.....	18
CAPITULO III	20
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
3.1 Metodología.....	20
3.2 Diseño de investigación.....	20
3.2.1 Experimental.....	20
3.2.2. Técnicas.....	20
3.2.3. Instrumentos.....	22
3.3 Tipo de investigación.....	23
3.3.1. Investigación descriptiva.....	23
3.3.2. Exploratoria.....	23

3.4	Modalidad de la investigación	24
3.5	Enfoque de la investigación	24
3.6	Metodología aplicada en la ejecución de ensayos	25
3.6.1.	Caracterización de materiales granulares	25
3.6.2.	Caracterización de asfaltos	26
CAPITULO IV		27
4.1	Diseño de mezcla asfáltica método Marshall	27
4.1.1	Materiales a utilizar	27
4.1.2	Parámetros de diseño de la mezcla asfáltica.....	27
4.1.3	Diseño de la mezcla Asfáltica	27
4.1.4	Mezcla Asfáltica modificada agregando 1% de caucho de llantas triturado.....	28
4.1.5	Mezcla Asfáltica modificada agregando 1.5 % de caucho de llantas triturado.....	28
4.1.6	Mezcla Asfáltica modificada agregando 2 % de caucho de llantas triturado.....	29
4.1.7	Mezcla Asfáltica modificada agregando 2.5 % de caucho de llantas triturado.....	30
4.1.8	Mezcla Asfáltica modificada agregando 5 % de caucho de llantas triturado.....	30
4.1.9	Mezcla Asfáltica modificada agregando 7.5 % de caucho de llantas triturado.....	31
4.1.10	Mezcla Asfáltica modificada agregando 10 % de caucho de llantas triturado.....	32
4.2.	Estabilidad Marshall	32
4.2.1.	Fluencia Marshall	33
4.2.2.	Análisis de densidad y vacíos.....	33

INFORME FINAL	34
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	36
CONCLUSIONES.....	41
RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXOS	46
1. ANEXOS DE TABLAS	46
2. NEXO FOTOGRAFICO	88

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos de calificación del PCI.....	10
Table 2 Ecuación de deformidad	14
Table 3 Coeficiente de Poisson de diferentes materiales	17
Tabla 4 <i>Requisitos Granulométricos para mezclas asfálticas en Planta</i>	26
Table 5 <i>Ensayo Rice de 0% de agregado</i>	46
Table 6 <i>Extracción de asfalto de 0% de agregado</i>	47
Tabla 7 <i>Granulometría de 0% de agregado</i>	48
Table 8 <i>Método Marshall de 0% de agregado</i>	50
Table 9 <i>Propiedades de la carpeta asfáltica</i>	51
Tabla 10 <i>Ensayo Rice de 1% de agregado</i>	52
Table 11 <i>Extracción de asfalto de 1% de agregado</i>	53
Table 12 <i>Granulometría de 1% de agregado</i>	54
Table 13 <i>Método Marshall de 1% de agregado</i>	56
Table 14 <i>Ensayo Rice de 1,5% de agregado</i>	57
Table 15 <i>Extracción de 1,5% de agregado grueso</i>	58
Table 16 <i>Granulometría de 1,5% de agregado grueso</i>	59
Table 17 <i>Método Marshall de 1,5% de agregado</i>	61
Table 18 Ensayo Rice de 2% de agregado	62
Table 19 <i>Extracción de 2% de agregado grueso</i>	63
Table 20 <i>Granulometría de 2% de agregado grueso</i>	64
Tabla 21 <i>Método Marshall de 2% de agregado</i>	66
Tabla 22 <i>Ensayo Rice de 2,5% de agregado</i>	67

Table 23 <i>Extracción de 2,5% de agregado grueso</i>	68
Table 24 <i>Granulometría de 2,5% de agregado grueso</i>	69
Table 25 <i>Método Marshall de 2,5% de agregado</i>	71
Table 26 <i>Propiedades de la carpeta asfáltica desde 2,5 % hasta 10%</i>	72
Table 27 <i>Ensayo Rice de 5% de agregado</i>	73
Table 28 <i>Extracción de 5% de agregado grueso</i>	74
Table 29 <i>Granulometría de 5% de agregado grueso</i>	75
Table 30 <i>Método Marshall de 5% de agregado</i>	77
Tabla 31 <i>Ensayo Rice de 7,5% de agregado</i>	78
Table 32 <i>Extracción de 7,5% de agregado grueso</i>	79
Table 33 <i>Granulometría de 7,5% de agregado grueso</i>	80
Tabla 34 <i>Método Marshall de 7,5% de agregado</i>	82
Tabla 35 <i>Ensayo Rice de 10% de agregado</i>	83
Tabla 36 <i>Extracción de 10% de agregado grueso</i>	84
Tabla 37 <i>Granulometría de 10% de agregado grueso</i>	85
Tabla 38 <i>Método Marshall de 10% de agregado</i>	87

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Polímeros de caucho.....	6
<i>Figura 2</i> Diagrama de pavimento flexible	8
<i>Figura 3</i> Diagrama de pavimento rígido	8
<i>Figura 4</i> Sistema estructural multicapa empleado Shell	12
<i>Figura 5</i> Nomograma de Diseño Simplificado	14

INDICE DE GRAFICOS

<i>Gráfico 1</i> Curva granulométrica de 0% de agregado	49
<i>Gráfico 2</i> Curva granulométrica de 1% de agregado	55
<i>Gráfico 3</i> Curva granulométrica de 1,5% de agregado	60
<i>Gráfico 4</i> Curva granulométrica de 2% de agregado	65
<i>Gráfico 5</i> Curva granulométrica de 2,5% de agregado	70
<i>Gráfico 6</i> Curva granulométrica de 5% de agregado	76
<i>Gráfico 7</i> Curva granulométrica de 7,5% de agregado	81
<i>Gráfico 8</i> Curva granulométrica de 10% de agregado	86

ABREVIATURAS

Gcm: grano de caucho modificado

Per: polvo de caucho reciclado

PCI: Pavement Condition Index

ϵ_z : Deformación de la unidad vertical por compresión en la parte superior de la subrasante.

ϵ_r : Deformación unitaria por tensión en la parte inferior de las capas asfálticas

Vb: Porcentaje de betún en volumen

E: Módulo de la mezcla en Mega pascales.

N: Número de aplicaciones de carga.

a_1 = Coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltico.

e_1 = Espesor en pulgadas de la capa de mezcla asfáltica

a_2 = Coeficiente estructural de la capa de base granular

e_2 = Espesor en pulgadas de la capa de base granular

m_2 = Coeficiente de drenaje de la capa de base granular

a_3 = Coeficiente estructural de la capa de subbase granular

e_3 = Espesor en pulgadas de la capa de mezcla asfáltica

m_3 = Coeficiente de drenaje de la capa de subbase granular

ASTM: Sociedad Americana para pruebas y materiales (American Society for Testing and Materials)

IS: cemento Portland de escoria de alto horno

IP: cemento puzolánico Portland

PM: puzolana – modificado con cemento Portland

SM: cemento Portland modificado con escoria

GU: cemento de uso general

HE: cemento de alta resistencia inicial

MS: cemento con resistencia moderada a los sulfatos

HS: cemento con alta resistencia a los sulfatos

LH: cemento con bajo calor de hidratación

VMA: Porcentaje de vacíos en los agregados mineral

VFA: Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto

TPDA: tráfico promedio diario

INTRODUCCIÓN

A medida que el tiempo avanza, la ciencia aporta variedad de recursos que yacen en la naturaleza, pudiendo observar los distintos productos que surgen del procesamiento de materias primas, así como también el uso por el cual se fabricó, dentro de estas se encuentra el caucho de las llantas; material del cual se desconoce un posterior uso al culminar su periodo de vida útil, por lo que es desechado a gran escala, resultando como un contaminante potencial sin posible solución.

Partiendo de esta premisa es importante dar una a conocer como la adicción de este polímero elástico puede contribuir en el área la construcción, específicamente en la elaboración de pavimento flexible, al agregar el 10% caucho de llantas recicladas a la dosificación de la mezcla asfáltica, para esto será necesario llevar a cabo una investigación, que será estructurada por capítulos que serán desarrollados de la siguiente manera:

Capítulo I: se indica el tema en cuestión, seguido del planteamiento del problema, el mismo que dará inicio a conocer la situación, asimismo la formulación del problema en concreto, seguido de los objetivos de la investigación y su respectiva justificación que expresa la importancia en el ámbito de la construcción. Así como la delimitación del problema y por último la hipótesis o idea a defender.

Capítulo II: se establece inicialmente investigaciones relacionadas con el hecho de estudio en el tiempo y por ende la literatura correspondiente a partir de otros investigadores. De igual forma también se definen los conceptos básicos o fundamentos teóricos que permiten orientar al lector en el tema, así como dilatar definiciones que conduzcan al alcance y comprensión de la investigación, culminando con lo que refiere a los artículos de basamento legal.

Capítulo III: este espacio establece el diseño que corresponde a un procedimiento metodológico que maneja la recopilación y la información esencial para la investigación, describiendo el tipo de la misma, el enfoque y además de esto las técnicas e instrumentos a utilizar.

Capítulo IV: se observa los resultados de la investigación, fundamentándose en los resultados obtenidos por medio de los ensayos registrados y culminando con las conclusiones y recomendaciones pertinentes a la investigación.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. Tema

Cómo influye el polvo de caucho reciclado (caucho de llantas recicladas) incorporado por vía seca en las propiedades de una mezcla asfáltica convencional.

1.2. Planteamiento del problema

A lo largo de los años, la deforestación y la extracción de agregados naturales de los lechos de los ríos, lagos, canteras han provocado enormes problemas medioambientales, por ende, para prevenir la contaminación, las autoridades aplican restricciones cada vez más estrictas sobre la extracción de áridos naturales y su trituración. En consecuencia, la reducción de desechos y el reciclaje son elementos muy importantes en un marco de gestión de residuos, porque ayudan a conservar los recursos naturales y a reducir la demanda de un valioso espacio en los vertederos.

Las propiedades de estas nuevas emulsiones permiten el uso de muchos tipos de materiales pétreos, cualquiera que sea su composición química y su aplicación para trabajar en condiciones atmosféricas anteriormente imposibles. Ante la carencia de contar con productos que tengan un mejor comportamiento bajo la acción del tránsito vehicular y de los distintos factores ambientales, se pretende analizar el comportamiento de asfaltos de mayor durabilidad, mediante la adición de caucho de llantas recicladas.

La utilización de llantas recicladas en la preparación de mezclas asfálticas va a ser agregado en un 10% y para conocer el comportamiento de estas mezclas asfálticas modificadas, se harán a través de pruebas de laboratorio. El empleo de asfaltos con caucho de llantas recicladas va a tener un costo mayor sobre la mezcla asfáltica convencional, pero a su vez podría reducir los costos de mantenimiento. Está plenamente comprobado que los asfaltos convencionales poseen propiedades tanto mecánicas como de adherencia en una amplia gama de aplicaciones y bajo distintas condiciones climáticas y de tránsito.

Sin embargo, el auge de volumen de tránsito, la magnitud de las cargas y la necesidad de optimizar las inversiones provoca que, en algunos casos, las propiedades de los asfaltos convencionales resulten insuficientes, por ejemplo, con los asfaltos convencionales no es posible eliminar el problema de las deformaciones producidas por el tránsito canalizado, especialmente cuando se deben afrontar condiciones de alta temperatura.

Con ciertas mezclas abiertas (alternativa generada por razones de confort y seguridad), con los ligantes convencionales no se alcanzaría una resistencia mecánica satisfactoria a causa de

una insuficiente cohesión y adherencia, lo que, unido a un bajo contenido de ligante de estas mezclas, podría conducir a una disminución en su durabilidad. Ante las situaciones mencionadas, se plantea evidenciar una solución como lo es el asfalto, tal es el caso del uso de polímeros, logrando de esta manera mejorar el comportamiento de los pavimentos con el consecuente beneficio al obtener periodos de diseño y de vida útil mayores que el de los pavimentos convencionales.

1.3. Formulación del problema

¿Cómo ayudara el análisis del desempeño de hormigón asfaltico agregando el 10% de caucho de llantas recicladas para vías de transito uno?

1.4. Sistematización del problema

¿De qué manera se puede analizar el caucho para considerarla en la mezcla asfáltica?

¿Cómo se elaboraría las mezclas asfálticas con caucho?

¿Cuál sería la dosificación optima de la mezcla asfáltica con caucho para mejorar su estabilidad y deformabilidad?

1.5. Objetivo general

Diseñar una mezcla asfáltica con caucho de llanta reciclada.

1.6. Objetivos específicos

- 1.- Determinar la resistencia requerida de la mezcla asfáltica modificada agregando el diferentes % del caucho.
- 2.- Describir que mezcla asfáltica realizada se utilizara para mejorar la estabilidad y deformabilidad
- 3.- Contrastar los resultados de las mezclas de asfáltica agregándole caucho con la mezcla asfáltica tradicional.

1.7. Justificación de la investigación

La incorporación del polvo de caucho como agregado en las mezclas asfálticas, ayudará al mejoramiento de las propiedades mecánicas frente al asfalto convencional.

1.8. Delimitación o alcance de la investigación

Campo: Educación superior

Área: Ingeniería Civil

Aspecto: Investigación experimental

Tema: “Análisis del desempeño de pavimento flexible con llantas recicladas para vías de tránsito de nivel uno”

1.9. Delimitación espacial: Guayaquil – Ecuador

1.10. Hipótesis o idea por defender

El caucho reciclado mejorara la resistencia y deformación de la mezcla asfáltica tradicional

1.11. Línea de investigación institucional

Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción

Territorio/Materiales de construcción

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico

2.1.1.1. Antecedentes de la información

Según Carlos Magno Alvarado y Wendy Muños (2016) autores ecuatorianos de la tesis titulada “Estudio de la utilización de polvo de neumático Reciclados en mezclas asfálticas en Caliente en proceso por vía húmeda” para obtener el título de Ingenieros Civiles de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil. El propósito de esta investigación es analizar el caucho reciclado para utilizarlo como polímero en mezclas asfálticas en caliente.

De acuerdo con Valeria Marcillo Piña (2018) autora ecuatoriana de la tesis titulada “Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden” para obtener el título de Ingeniera Civil de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil. El propósito de esta investigación es mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica con la adición de plástico reciclado.

En constancia con Ana María Dueñas Rodríguez y Sinuhe Alejandro Calume Figueroa (2017) autores colombianos de la tesis titulada” Recopilación y análisis sobre el uso del grano de caucho modificado (gcm) para la utilización por vía seca en el diseño de carpetas asfálticas en Bogotá” para obtener el título de Ingenieros Civiles de la Universidad Santo Tomás. El propósito de esta investigación es determinar por vía seca determinar el uso de caucho en el diseño de asfaltos para vías secundarias, primarias o carreteras

Según Danilo Sebastián Vega Zurita, (2017). Autor ecuatoriano de la tesis “*Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico*” epara obetener el tirulo de Ingeniero Civil en la Universidad Tecnica de Ambato. El proposito de este trabajo de investigacion e analizar el comportameinto a compresion del asfalto conformado por caucho reciclado de llantas desechadas

Esta investigación se realizará comenzando desde la caracterización de los materiales, seguido del diseño y estudio de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas con polvo de caucho incorporado por vía seca dentro de la mezcla asfáltica, y comparando sus mejoras en la vida útil de este material ya colocado en vía.

Para el mejoramiento de las mezclas asfálticas se estudiará la incorporación del polvo de caucho reciclado en la mezcla asfáltica convencional.

Para obtener la mezcla óptima se procederá de la siguiente forma:

Se diseñará una mezcla asfáltica convencional por el Método Marshall, mediante este diseño obtendremos un porcentaje óptimo de asfalto, el cual será la base sobre el que se realizará las modificaciones con PCR incorporado por los dos métodos ya mencionados

En la mezcla convencional obtenida se realizará los siguientes ensayos:

Extracción de Asfalto

El ensayo de Peladura, se procederá a incorporar diferentes porcentajes de PCR a distintas mezclas.

Una vez realizado los ensayos en la mezcla asfáltica sin modificar y también realizadas en las mezclas asfálticas modificadas por vía seca incorporado el PCR, se realizará los análisis pertinentes para conocer los cambios o mejoras en las propiedades mecánicas obtenidas incorporando el PCR en cada diseño de mezcla.

2.1.1.2. Caucho

Denominado como polímero, su origen puede provenir de forma natural o crearse de forma sintética, la primera por un látex denominado látex, proveniente de diferentes plantas vegetales que se hallan en las zonas tropicales, cuando se hace mención de la composición sintética esta se crea por el procesamiento de los hidrocarburos, su composición química depende del carbono que posea, cuando se habla del uso comercial, es importante aclarar lo amplio que es y los principales polímeros de caucho que representan. Como son los siguientes:

Caucho natural	→	Usos generales; no resistente al aceite, se hincha con los disolventes; no resistente al oxígeno, ozono y luz UV.
Polisopreno (IR)	→	Usos generales; caucho natural sintético, propiedades similares
Estireno-butadieno (SBR)	→	Usos generales; sustituyó al caucho natural durante la segunda Guerra Mundial; baja resistencia al aceite y disolventes.

Figura 1 Polímeros de caucho

Fuente: Slidershare, Jhader Cardozo Cañizares (2012. Junio 16)

- Al permanecer a bajas temperatura el caucho se endurece, si es congelado en este estado la estructura se vuelve fibrosa.
- Si el caucho es calentado por temperatura mayor a 100 °C se puede ablandar y sufrir alteraciones de forma permanente.

- El caucho en su forma bruta toma deformación permanente debido a su naturaleza plástica.
- La plasticidad del caucho varía según el árbol, sin embargo esta se puede modificar por medio de productos químicos.

2.1.2. Pavimento

Se denomina como el conjunto de diferentes capas que funcionan de forma directa para cargas de tránsito, siendo que estas cargas se transmiten a los estratos que se encuentran debajo de manera disipada, suministrando una superficie de rodamiento eficiente al tránsito, todo esto siendo funcional sobre el terreno de fundación. Cuando los esfuerzos en un pavimento decrecen por la profundidad, por ello los materiales con mayor capacidad de carga deben ir en la parte superior del pavimento y los de menor capacidad en la parte inferior, funcionando como relleno, estos se conocen como capa de rodadura, base, sub-base y subrasante.

Según Montejo Fonseca (tal como lo cita Peñaloza Guillén & Calle Palomeque 2017), señala que las características principales que debe reunir un pavimento son las siguientes:

- Resistencia a cargas aplicadas por el tránsito.
- Resistencia a agentes de interperismo.
- Textura adecuada conforme a la velocidad de diseño demandada.
- Resistencia al desgaste producido por efecto abrasivo de llantas de vehículos.
- Durabilidad y economía.
- Coloración adecuada para evitar reflejos y deslumbramientos.
- Buenas condiciones de drenaje
- Control en ruido de rodadura.

2.1.2.1. Clasificación de los Pavimentos.

La clasificación de los pavimentos se divide en dos categorías, puesto que son las que se conoce, como se describe a continuación:

- Pavimento flexible
- Pavimento rígido

Pavimento flexible: se denominan flexible puesto que toda su superficie se deflecta con la variación de cargas que transitan por él, sin embargo la duración de vida útil es mucho menor en comparación a los rígidos, pero es más económico, Estos pavimentos se encuentran conformados desde la zona inferior a la superior que contiene subrasante, sub-base y/o base

hidráulica estabilizada con su respectiva superficie de rodadura, este tipo de carpeta asfáltica se puede construir en frío o en caliente (Peñaloza Guillén & Calle Palomeque , 2017).

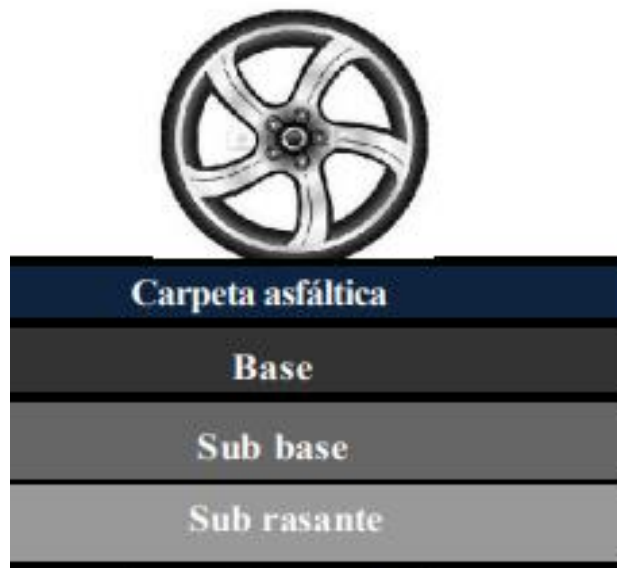


Figura 2 Diagrama de pavimento flexible

Fuente: Peñaloza Guillén & Calle Palomeque, (2017)

Pavimento rígido: se denomina de ese modo ya que se construye como una losa hidráulica que comprende una resistencia de $F'c$ en un rango de 280Kg/cm^2 a 450 kg/cm^2 , ya que posee una rigidez mayor que permite distribuir las cargas verticales en grandes áreas con menor presión. Estos pavimentos se encuentran conformados desde la parte inferior a la superior por: una subrasante, una base hidráulica o sub-base y por último una losa de concreto hidráulico (Peñaloza Guillén & Calle Palomeque , 2017).

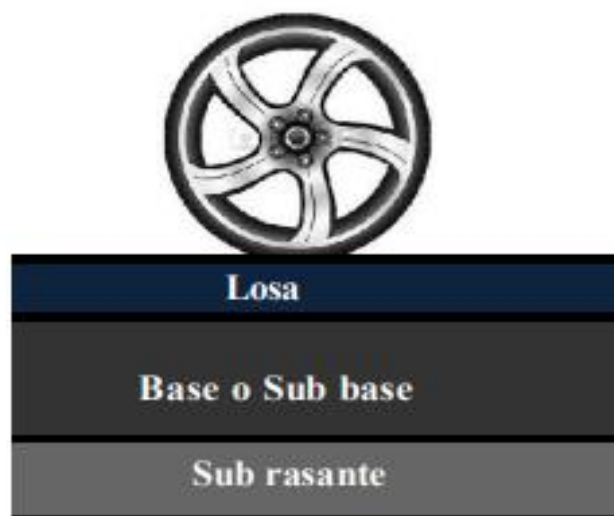


Figura 3 Diagrama de pavimento rígido

Fuente: Peñaloza Guillén & Calle Palomeque, (2017)

2.1.2.2. Tipos de falla de pavimento flexible.

Dentro de las fallas que poseen los pavimentos se tienen los descritos a continuación:

Agrietamientos: considerada como una falla muy característica que ocurre en los pavimentos flexibles, para ello las medidas correctivas de este tipo de falla poseen variación según avanza y de acuerdo a la creación de las causas, como las que se observan a continuación:

Grietas en forma de piel de cocodrilo: estas grietas se conectan entre ellas, formando polígonos pequeños que se parecen a la piel de cocodrilo, esto ocurre cuando se crean fallas de deflexión excesivas en la superficie del pavimento, debido a una casi nula capacidad de estabilidad de las capas en la zona inferior del suelo de fundación al ser saturado.

Grietas de borde: denominadas como grietas longitudinales cerca del borde del pavimento, estas a su vez pueden ir acompañadas de las grietas transversales dirigidas al hombrillo, originadas por falla en un drenaje incorrecto, además de un suelo circundante.

Grietas de reflexión: ocurren al igual que las anteriores en la superficie del pavimento, originadas por la repavimentación que crea grietas existentes en el pavimento original, sus concurridas fallas son frecuentes en capas asfálticas, puesto que el patrón de grietas puede ser diagonal, longitudinal y transversal entre otros más.

Grietas de juntas de borde: estas ocurren entre la calzada y el hombrillo, se inicia principalmente por la alternación entre el humedecimiento y secado del suelo, bajo los hombrillos y el drenaje incorrecto de la elevación mayor de estos, al igual que el hundimiento del pavimento tanto del borde y el obstáculo que provoca un estancamiento del agua incluyendo la infiltración.

Grietas de juntas de trocha: originadas previamente por la separación entre las trochas, a lo largo de una línea de costura, originado por la extenuación de la misma, entre las capas cercanas al pavimento.

Grietas de encogimiento: se denominan por la conexión entre series o secciones que tienen esquina con ángulos pronunciados. Su creación ocurre de forma frecuente por la variación de volumen de la mezcla de agregados finos con un porcentaje de asfalto de penetración baja.

Grietas de deslizamiento: son las grietas que poseen forma de luna, las mismas crecen en dirección al empuje que realiza las ruedas, estas mismas ocurren por la falta de adherencia en las diferentes capas del pavimento (Briceño, Figueredo, Hernández, & Davila, 2016).

2.1.2.3. Índice de condición del pavimento (PCI-Pavement Condition Index).

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres

factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

Tabla 1 Rangos de calificación del PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Vásquez, A. (2002)

2.1.2.4. Ventajas del pavimento asfáltico.

Las ventajas de las vías de asfalto proporcionan beneficios, dentro de esto existe la eficiencia en el costeo, al igual que la disminución en el efecto de contaminación acústica, todo esto considerando que permite mejorar la movilidad de las personas del mismo modo con los servicios, siendo importante mantener el progreso en los países, principalmente de las carreteras que propician el impulso del avance socioeconómico. Por ello es importante tener presente las siguientes características:

- **Fácil de construir y mantener:** teniendo claro que el pavimento flexible se construye por medio de varias capas que permiten un flujo continuo del mismo material que se encuentra en movimiento, la textura de la superficie y los ups son dos factores que se disminuyen en el uso de este tipo de pavimento.
- **Es flexible:** la superficie del pavimento permite que estas sean formuladas y diseñadas de modo que permita soportar las distintas cargas que genera el tráfico y por ende las condiciones climáticas del lugar donde se establezca.
- **Reutilizable 100%:** el asfalto en la construcción es posible reciclarlo, esto se debe a que los pavimentos de asfalto son sostenibles, lo que incurre en menos uso de betún para crear nuevo asfalto, puesto que es posible crear casi un 100% de asfalto regenerado.

2.1.3. Métodos de diseño de pavimentos flexibles.

Para identificar si la estructura de un pavimento es adecuada, es necesario conocer si este alcanza la falla funcional posterior al tránsito de diseño resistido, para esto se debe clasificar los pavimentos luego de esto es importante clasificarlo según las capas que los constituyen. Una estructura de pavimento puede considerarse apropiada si se alcanza una falla funcional después de resistir el tráfico de diseño hasta que se alcance una tasa de rechazo al menor costo posible.

Una forma de clasificar el pavimento es por las capas que lo componen, y en el estudio actual, la clasificación del pavimento se presenta de acuerdo con los criterios de si se genera una estructura clasificando estos de la siguiente manera:

- Capas estructurales
- Capas de protección

La capa estructural, dependiendo de los requisitos de material y espesor, forma una estructura resistiva que se puede calcular en el diseño del espesor total de la estructura del pavimento, proporcionando una capacidad de carga considerable y resistencia a la estructura del pavimento.

La capa de protección es un tratamiento de asfalto que no proporciona estructura al pavimento, dependiendo de las condiciones de mezcla y espesor, y solo protege el pavimento y proporciona una gran resistencia al desgaste del tráfico y la impermeabilidad de la superficie.

Pavimento flexible: el pavimento flexible se define como una estructura construida con producto bituminoso y material granular. Se caracterizan por elementos continuos con la peculiaridad de que se deforman considerablemente en un área relativamente pequeña cuando se cargan. Por lo general, consisten en aglomerantes de asfalto construidos sobre dos capas casi siempre granulares: base y subbase, a veces granulares con cemento, cal, asfalto o productos químicos, según los requisitos específicos del diseño. Las capas se pueden estabilizar, pero estas capas son resistentes a la deformación que disminuye con la profundidad, así como a una disminución de la presión transmitida desde la superficie por las cargas de tráfico.

Las siguientes son las metodologías existentes comúnmente utilizadas para el diseño de pavimento flexible:

Método Shell-784

El método Shell de 1978 toma en cuenta la estructura del pavimento como un modelo multicapa linealmente elástico sujeto a la acción de las repeticiones de las cargas producidas por los vehículos que transitan en ella. Los materiales que constituyen las diferentes capas de la estructura de un pavimento se distinguen por el módulo de elasticidad de Young (E) y la relación de Poisson (μ). A los materiales se los toma como isótropos y homogéneos y las capas poseen dimensiones horizontales infinitas. El tránsito se representa como cargas de diseño regularizadas que actúan de forma normal sobre la superficie, repartidas homogéneamente sobre un área circular y está representada por N .

La Figura 3 muestra el sistema de tres niveles que es la base de la metodología de diseño. La capa inferior se considera infinita en la dirección vertical y corresponde al lecho de la carretera. La capa intermedia representa la subbase, base y / o cemento, cal, asfalto o químico, y la capa superior representa la capa de asfalto. Todas las capas se consideran con total fricción entre las interfaces.

Este diseño consiste en seleccionar el espesor del asfalto y las capas granulares y sus propiedades de material (E , μ) para que se cumplan ciertos criterios de deformación y en cualquier punto de la estructura se usa el programa informático BISAR que determina el máximo esfuerzo y deformación.

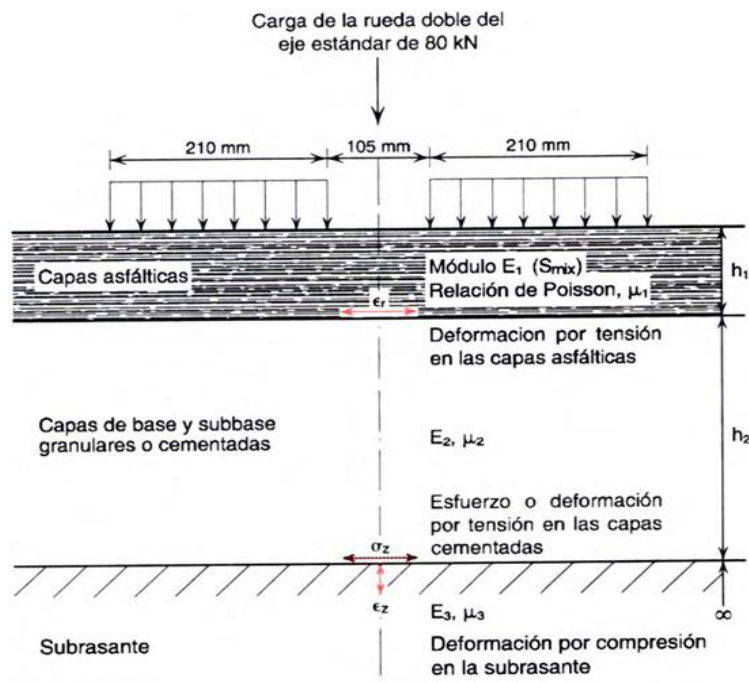


Figura 4 Sistema estructural multicapa empleado Shell
Fuente: Manual para el diseño de carreteras pavimentadas

2.1.4. Criterios de diseño

Este método tiene en consideración dos criterios fundamentales para el diseño estructural

- Deformación de tracción horizontal de la capa de subrasante, generalmente en la parte inferior, si es excesiva, la capa se agrietará (ϵZ)
- Deformación de compresión vertical en la subrasante. Si esto es excesivo, se producirá una deformación permanente en el lecho de la subrasante y una deformación en la superficie del pavimento (ϵr).

Otros criterios incluyen tensiones y deformaciones por tracción permitidas en capas a base de cemento, y deformaciones permanentes que se acumulan en la superficie del pavimento debido a deformaciones en cada capa.

Con base en estos criterios, el método Shell desarrolla una tabla de diseño y considera la capa y base de asfalto, teniendo en cuenta el módulo de la plataforma, el tipo de mezcla de asfalto, la temperatura promedio ponderada y la cantidad de cargas de eje de diseño estándar que se espera que se apliquen anualmente. Se eligió la combinación de espesores de capa. La vida útil del pavimento para que la deformación crítica no exceda la tolerancia de diferentes materiales.

En el método de Shell, puede seleccionar una combinación de espesor de material y propiedades (E, μ) de varias capas de pavimento para que la deformación permanezca dentro de los límites aceptables durante el diseño del pavimento.

Como se muestra en la figura, una curva de diseño especial generalmente está formada por dos curvas para relacionar los dos criterios de diseño ($\epsilon Z, \epsilon r$).

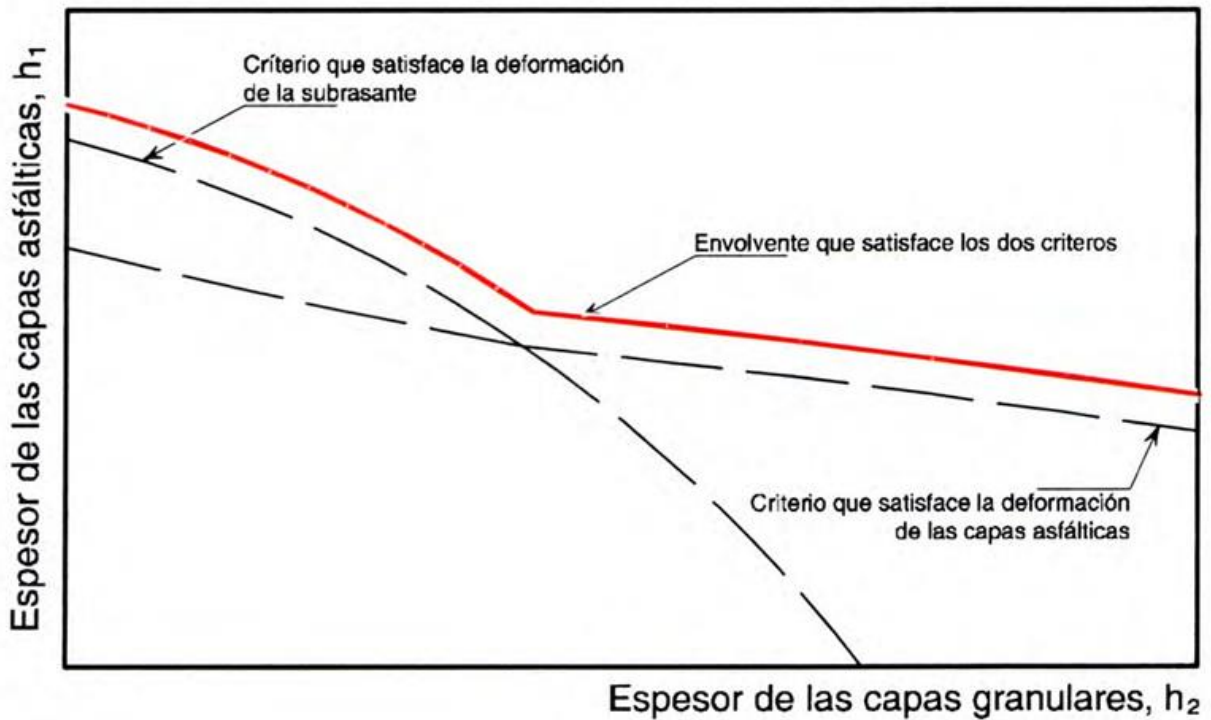


Figura 5 Nomograma de Diseño Simplificado
 Fuente: Diseño del pavimento (2016)

Deformación de la unidad vertical (ϵ_z) debido a la compresión en la parte superior de la plataforma: según la información obtenida del programa informático BISTRO y la Prueba de carretera AASHO, se creó la siguiente ecuación para determinar la deformación de la unidad debido a la compresión en la parte superior de la plataforma.

Table 2 **Ecuación de deformidad**

Confiabilidad del 50%.	$\epsilon_z = 2.8 * 10^{-2} * N^{-0.25}$
Confiabilidad del 85%.	$\epsilon_z = 2.1 * 10^{-2} * N^{-0.25}$
Confiabilidad del 95%.	$\epsilon_z = 1.8 * 10^{-2} * N^{-0.25}$

Elaborado por: Ordoñez, A. (2020)

Donde:

ϵ_z : Deformación de la unidad vertical por compresión en la parte superior de la subrasante.

N: Número de aplicaciones de carga.

Deformación unitaria por tensión simple (ϵ_r) debajo de la capa de asfalto: determinar la ley de fatiga de la mezcla de bituminosa es un tema complejo y requiere muchas pruebas de laboratorio y la posterior calibración del modelo de campo. Por esta razón, la investigación general suele ser utilizada por laboratorios u organizaciones nacionales con grandes recursos.

La fórmula simplificada establecida por SHELL para definir la ley de fatiga de una mezcla bituminosa es:

$$\epsilon_r = (0.856 * V_b + 1.8) * E^{-0.36} * N^{-0.2}$$

Donde:

ϵ_r : Deformación unitaria por tensión en la parte inferior de las capas asfálticas

V_b : Porcentaje de betún en volumen

E : Módulo de la mezcla en Mega pascales.

N : Número de aplicaciones de carga.

2.1.4.1.Método AASHTO 19936

La metodología AASHTO supone una estructura de múltiples capas donde la estructura se obtiene mediante la evaluación del número de estructura (SN) requerido de acuerdo con las condiciones del tráfico, la resistencia de la calzada y el nivel de confianza seleccionado. El procedimiento de diseño es necesario para respaldar el tránsito N específico esperado durante el período de diseño, teniendo en cuenta la probabilidad de obtener resistencia de subrasante, índices de servicio inicial y final, valores de desviación y errores variables de diseño. Consiste en determinar el número de estructura, de acuerdo con el método establecido en el manual de diseño de AASHTO.

Para diseños de pavimentos flexibles, se utilizan fórmulas generales o básicas de AASHTO para determinar el número de estructura (SN). El número de estructura es un valor que representa la resistencia requerida para el piso construido en la subrasante con módulos M_r , para que pueda soportar el tráfico de N bajo ciertas condiciones ambientales y ciertos niveles de servicios de terminal.

$$SN = a_1 * e_1 + a_2 * e_2 * m_2 + a_3 * e_3 * m_3 \text{ Donde:}$$

a_1 = Coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltico.

e_1 = Espesor en pulgadas de la capa de mezcla asfáltica

a_2 = Coeficiente estructural de la capa de base granular

e_2 = Espesor en pulgadas de la capa de base granular

m_2 = Coeficiente de drenaje de la capa de base granular

a_3 = Coeficiente estructural de la capa de subbase granular

e_3 = Espesor en pulgadas de la capa de mezcla asfáltica

m_3 = Coeficiente de drenaje de la capa de subbase granular

2.1.4.2.Método racional de diseño de pavimento flexible

El método racional de pavimentos flexibles comprende los siguientes pasos:

1. **Estimación del tránsito de diseño:** variables de tránsito se cuantifican para fines de diseño y se representan en el eje equivalente de la carga de referencia. Se utiliza información del tráfico durante el período de diseño utilizando información sobre conjuntos de tráfico pasados y el correspondiente análisis de tendencias o tasa de crecimiento del tráfico, y luego se considera la composición del tráfico comercial, el factor de equivalencia para cada tipo de vehículo, dirección de diferentes factores de distribución, factores de distribución específicos del carril y factores de proyección, el número de ejes equivalentes en el carril de diseño se determinará durante el período de diseño.
2. **Velocidad y tiempo de operación de la aplicación de carga:** se deben considerar las variables relacionadas con la velocidad de operación del vehículo y el tiempo de aplicación de la carga que circulan en la ruta prevista y el tiempo para aplicar las cargas puesto que con ellas se podrá establecer la incidencia de cargas sobre la estructura del pavimento relacionada con tensiones, deformaciones y deflexiones.
3. **Condiciones climáticas y regionales:** es necesario determinar las condiciones de humedad y densidad de la subrasante, estimar su capacidad estructural, conocer la información climática relativa de las condiciones de temperatura ambiente y luego determinar el comportamiento de la mezcla de asfalto.
4. **Caracterización del material:** El objetivo principal de esta actividad es obtener un suelo granular no tratado y un módulo resiliente del material. Esto se puede estimar de la siguiente manera:
 - Pruebas triaxiales dinámicas a nivel de laboratorio
 - Medición in situ mediante prueba de placa, impacto de propagación de olas, medición de deflexión.
 - Relación empírica general
5. **Determinación de módulos resilientes:** si no hay un dispositivo triaxial que pueda determinar los módulos elásticos del suelo en el laboratorio, estos módulos se obtienen a partir de correlaciones desarrolladas por organizaciones internacionales reconocidas en el campo de la pavimentación. La metodología más conocida es la metodología de Shell y la de Barker.
6. **Capa de asfalto:** es necesario determinar el módulo dinámico de la mezcla de asfalto. Este módulo establece una relación funcional que vincula el esfuerzo aplicado y la

deformación resultante para cada condición específica de temperatura y tiempo o frecuencia de carga. El módulo de rigidez de la mezcla es función de los siguientes parámetros:

- Propiedades agregadas y características de los áridos y del ligante y concentración de volumen
 - Grado de densificación adoptado en el proyecto.
 - Temperatura de la capa de asfalto
 - Acciones de carga y tráfico en términos de intensidad de movimiento, frecuencia y velocidad promedio.
7. **Asignación de razón de Poisson:** Se supone que la razón de Poisson de un material es: mezclas asfálticas con un valor de $\mu = 0.35$, para suelos granulares con un valor de $\mu = 0.40$ y para suelos finos de subrasante con un valor de $\mu = 0.50$.

Table 3 Coeficiente de Poisson de diferentes materiales

Material	Rango	Valor típico
Concreto asfáltico	0.35 –0.40	0.35
Base granular o subbase	0.30 –0.40	0.40
Material granular tratado con cemento	0.10 –0.20	0.15
Suelos finos con granulares	0.30 –0.50	0.40
Arcilla normal	0.42	0.42
Material estabilizado con cal	0.10 –0.25	0.20
Hormigón, cemento Portland	0.12 –0.20	0.15

Fuente: Aristizabal, Hoyos, Gil, Gomez, & Gomez, (2014).

8. **Modelo de falla del material:** el comportamiento del pavimento flexible se define por tres criterios de falla: grietas por fatiga, deformación permanente y desviación estructural de los aglomerantes de asfalto. Es importante controlar estas degradaciones limitando el valor de la deformación permitida según el volumen de tráfico esperado durante el período de diseño. Esto se logra mediante un estudio de las leyes de fatiga o el comportamiento del material de la carretera en uso.
9. **Modelado estructural:** después de la caracterización dinámica de los materiales, se obtienen los valores del módulo y las relaciones de Poisson, y se suponen diferentes espesores de capa.

10. **Cálculo de esfuerzo y deformación:** Una vez que se define el modelo estructural, se calculan los valores de tensión y deformación de la estructura del pavimento. Los programas de computadora se utilizan para facilitar estos cálculos.
11. **Validación de solicitudes calculadas con una aceptable:** Después de calcular el esfuerzo y la deformación de la estructura del pavimento, estos valores se comparan con los límites de tolerancia establecidos por la ley de fatiga del material.
12. **Diseño definitivo de la estructura:** una vez que se logra la convergencia de tolerancias y valores calculados, se define la estructura de carga, transporte, clima y condiciones del material consideradas dentro del dimensionamiento.

2.2. Marco Conceptual

Adherencia: Capacidad del material para ser fijado al soporte.

Mezcla asfáltica, se la conoce también como hormigón bituminoso hormigón asfáltico, concreto bituminoso, consiste en un agregado de asfalto y materiales pétreos (mezcla de varios tamaños de áridos y finos) que se mezclan juntos, se las extienden en capas y se compactan sobre una capa de base y una capa de sub-base y normalmente son de material granular.

Pavimento estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales, que tiene como función permitir el tránsito vehicular, aportando seguridad, comodidad y costo óptimo de operación

Base granular: considerada como base conformada, específicamente por mezcla de suelos, que habitualmente cumple con requisitos de granulometría.

Sub-base granular: definida como un material de calidad y espesor determinado, situado entre la subrasante y la base

Aditivos: componentes orgánicos e inorgánicos que se adicionan al concreto en su estado fresco, para alterar las propiedades.

Bombeo: pendiente que se configura junto con las superficies de rodamiento

Calle: vía vehicular de cualquier tipo que comunica con otras vías, que comprende calzadas y aceras, tanto de uso público como privado.

Calzada: sección de la vía destinada al tránsito de los vehículos.

Peralte: denominada como la inclinación del perfil transversal de un camino en los tramos de curvatura horizontal, lo que permita contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga actuante sobre el vehículo en movimiento.

Rasante: se denomina la superficie de la carretera.

Capacidad de carga: denominado como el número máximo de usuarios en kilogramos por unidad de garantía de seguridad.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Metodología

Para el desarrollo de la investigación es importante destacar el tipo de metodología a la que pertenece, identificando la información que se posee y los rasgos relevantes que aporten mayor conocimiento a todo lo referente al objeto de estudio. Con respecto a esta investigación científica es importante señalar que es de tipo exploratoria y descriptiva, con modalidad de campo y experimental, de enfoque cuantitativo.

3.2 Diseño de investigación

3.2.1 Experimental.

Este diseño se basa en colocar a prueba el objeto de estudio, el mismo que estará sometido bajo condiciones que permitan conocer cómo se desarrolla dicho proceso. “La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)” (Fidias, 2016, pág. 34). Esta investigación se caracteriza por diseñar o replicar un fenómeno cuyas variables son manipuladas en condiciones controladas, de manera que se pueda identificar el comportamiento del pavimento flexible al agregar el 10% de llantas recicladas.

3.2.2. Técnicas.

Normativas

Normas ASTM

Estándar internacional para materiales de prueba (ASTM) para productos fabricados con llantas de desecho. Muchos de estos estándares proporcionan definiciones claras de tecnología, aplicaciones y métodos de prueba. Los ejemplos relacionados con los productos de llantas de desecho incluyen lo siguiente:

En la norma ASTM C 150 encontramos las especificaciones para el cemento Portland tipo I, II, III, IV y V.

En la ASTM C 595 observamos las especificaciones para los cementos adicionados hidráulicos, el tipo IS cemento Portland de escoria de alto horno, tipo IP cemento puzolánico Portland, tipo P cemento Portland puzolánico para su uso cuando no se requieren mayores

resistencias a edades tempranas, tipo I (PM) puzolana – modificado con cemento Portland, tipo I (SM) cemento Portland modificado con escoria, tipo S cemento de escoria para su uso en combinación con cemento Portland en la fabricación de hormigón y en combinación con cal hidratada en la fabricación de mortero de albañilería. En la norma ASTM C 845 encontramos las especificaciones para los cementos hidráulicos expansivos con sus requerimientos físicos y químicos.

En la ASTM C 1157 tenemos las especificaciones de desempeño para cemento hidráulico, tipo GU cemento de uso general, tipo HE cemento de alta resistencia inicial, tipo MS cemento con resistencia moderada a los sulfatos, tipo HS cemento con alta resistencia a los sulfatos, tipo MH cemento con moderado calor de hidratación, tipo LH cemento con bajo calor de hidratación; se establecen requerimientos solo para los ensayos físicos y se hace referencia a los ensayos químicos sin hacer mención de los requerimientos.

- **ASTM D6270-98 Práctica estándar para el uso de neumáticos de desecho en aplicaciones de ingeniería civil**

Esta práctica está destinada a describir el uso de llantas de desecho, llantas de desecho trituradas, mezclas de astillas / tierra de llantas y paredes laterales de llantas. Las aplicaciones de ingeniería civil incluyen relleno de terraplén liviano, relleno ligero de pared de retención, capas de drenaje, aislamiento térmico para limitar la penetración de heladas debajo de las carreteras, relleno aislante para limitar la pérdida de calor de los edificios y reemplazo de suelo o roca en otras aplicaciones de relleno. Se proporcionan propiedades y datos de diseño relacionados para facilitar el uso de estos materiales.

- **ASTM D5603-01 Clasificación estándar para materiales compuestos de caucho particulado vulcanizado reciclado**

Esta clasificación estándar permite la definición de propiedades críticas para el caucho particulado vulcanizado reciclado, con el producto derivado de llantas de desecho comúnmente conocido como caucho de migajas. El uso de estos materiales es importante como relleno en compuestos de caucho para disminuir los costos de los compuestos y / o mejorar las características de rendimiento.

- **ASTM D5644-01 Método de prueba estándar para materiales compuestos de caucho: determinación de la distribución del tamaño de partículas particuladas vulcanizadas**

Estos métodos de prueba describen procedimientos mejorados para definir con precisión

la distribución del tamaño de partícula en el caucho de miga, especialmente en productos de malla fina. El control de calidad puede ser un parámetro crítico en aplicaciones innovadoras exitosas en las que el caucho para migas desplaza materias primas vírgenes que se monitorean cuidadosamente para lograr una calidad consistente. Estos procedimientos están ganando aceptación entre los productores de caucho de miga de calidad que buscan mercados de mayor valor, pero en general no se aplican.

- **ASTM D6814-02 e1 Método de prueba estándar para la determinación del porcentaje de des vulcanización del caucho de miga basado en la densidad de reticulación**

Este método permite a los mezcladores definir el grado de des vulcanización logrado durante el procesamiento para determinar el uso apropiado de los agentes de curado durante las operaciones de composición. Muchos procesadores históricamente han reclamado des vulcanizar el caucho de migajas, mejorando así su capacidad de unirse químicamente con otros compuestos y mejorar las características de rendimiento. Un beneficio secundario importante de este método es permitir que un evaluador diferencie entre las reclamaciones del procesador y la realidad.

3.2.3. Instrumentos.

Equipos por utilizar:

Máquina de Marshall (capacidad mín. 28 KN.)

Molde de compactación ($\varnothing < 101,6 \pm 0,1$ mm h: 80 mm)

Martillo de compactación de $(4,515 \pm 15$ gr.

Pedestal de compactación

Extractor de probetas

Sujetador de molde

Mordaza de ensayo

Baño de agua (profundidad min. 150mm)

Equipo misceláneo (termómetro; balanzas, espátulas, cubeta etc.

Bomba de vacío

Extractor centrifugo de asfalto

Picnómetro de vacíos (ensayo rice)

3.3 Tipo de investigación

3.3.1. Investigación descriptiva.

La investigación descriptiva se utiliza como un proceso que accede a conocer las características del fenómeno de estudio, al igual que el comportamiento, independientemente de cuál sea la actividad más predominante, así lo señala Martínez (2013):

Una investigación descriptiva es un procedimiento usado para determinar las características de un fenómeno, sujeto o población que se desea estudiar, como también se puede decir que consiste en establecer conocimiento acerca de las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción (pág. 1)

Dentro de este trabajo de titulación es necesario conocer y diferenciar los datos resaltantes del objeto de estudio, pues esto puede dar indicios de lo que se necesita considerar dentro de la investigación, pues es importante conocer el comportamiento de los pavimentos flexibles agregando llantas recicladas.

3.3.2. Exploratoria

Dentro de las diferentes investigaciones que se relacionan con esta investigación se tiene la exploratoria, con el fin de poder lograr todo Este tipo de investigación se emplea para conocer de forma clara el problema subyacente del estudio, este permite comprender la información recaudada, enfocándose en conocer el objeto de estudio. “Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Fernández, Baptista, & Hernández, 2014, pág. 92). La aplicación de esta investigación esta fundada en las características y propiedades que se evidencian en este estudio, el comportamiento del pavimento flexible agregando el 10% de caucho de llantas recicladas.

3.4 Modalidad de la investigación

Investigación de campo

Este tipo de investigación radica en identificar de la información que se observa en el lugar de estudio o lo que es In situ, es así como lo explica Rojas (2015) determina que: “La investigación de campo es la que permite recopilar datos desde donde se desencadena el problema. Por ello, es importante que el investigador sea un observador de todas las acciones para que pueda extraer conclusiones relevantes y alcanzar los objetivos establecidos” (pág. 115).

Realizar este tipo de investigación proporciona los datos reales de la situación subyacente, por esto el investigador necesita tener suficiente capacidad de observación, ya que es importante definir cada rasgo. Conociendo esto se puede identificar qué es lo más conveniente para proponer en pro de la mejora por medio de la implementación de un sistema de reciclaje.

3.5 Enfoque de la investigación

Esta se usa para conocer el tipo de naturaleza en la que se basa la población de estudio, quien por medio de la muestra nos expresará la opinión más fiel de estos, es este aspecto se identifica que la modalidad que se aplicará será cuantitativa y cualitativa, ya que se realizará una encuesta cerrada y una entrevista a expertos.

Investigación cuantitativa

Este tipo de investigación se utiliza por medio de una encuesta dirigida a la muestra de población que se va a trabajar y del que se desea conocer información importante, Jensen (2015) lo afirma: “El método cuantitativo tiene como ventaja, el hecho que puede proporcionar información fiable y estructurada, permitiendo conocer la realidad de la problemática estudiada, además permite la generación de resultados más amplios” (pág. 10). En base a los resultados que se obtengan se plantea dimensionar un sistema de reciclaje de los residuos sólidos.

3.6 Metodología aplicada en la ejecución de ensayos

Ensayo del método Marshall:

Concepto del método Marshall en el diseño de mezclas para pavimentación fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. El Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, a través de una extensiva investigación y estudios de correlación, mejoró y adicionó ciertos aspectos al procedimiento de prueba Marshall, a la vez que desarrolló un criterio de diseño de mezclas.

El método original únicamente es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación, que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1”) o menor. El método Marshall modificado se desarrolló para tamaños máximos arriba de 38 mm (1.5”), y está pensado para diseño en laboratorio y control en campo de mezclas asfálticas en caliente, con graduación densa.

Debido a que la prueba de estabilidad es de naturaleza empírica, la importancia de los resultados en términos de estimar el comportamiento en campo se pierde cuando se realizan modificaciones a los procedimientos estándar. (Paul Garnica Anguas, 2005)

Los dos aspectos principales del método Marshall son:

- La densidad-análisis de vacíos
- La prueba de estabilidad y flujo de los especímenes compactados

3.6.1. Caracterización de materiales granulares

Para la caracterización de materiales granulares se realizará los siguientes ensayos en los laboratorios de suelos de la EPMMOP:

- Porcentaje de caras fracturadas en los agregados (ASTM D 5821-95).
- Equivalente de arena (ASTM D-2419).
- Abrasión de agregado grueso máquina de los Ángeles (ASTM-131).
- Determinación del peso específico del agregado fino (ASTM D-128).
- Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM D-127).
- Análisis granulométrico (ASTM D-422).
- Partículas planas y alargadas (ASTM D-4791).

3.6.2. Caracterización de asfaltos

Para la caracterización del asfalto se tomará en cuenta las propiedades de la tabla N° 1 que son “Requisitos de los Cementos asfálticos (especificaciones técnicas)

3.6.2.1. Preparación de las muestras (briquetas) de ensayo

Las briquetas de ensayo de las posibles mezclas asfálticas son preparadas haciendo que cada una contenga un ligero porcentaje diferente de asfalto. El margen de contenidos de asfalto usado en las briquetas de ensayo se determinará mediante la utilización de la siguiente ecuación del instituto de asfalto tomando este resultado como punto de partida para la realización de las briquetas.

Este margen permite establecer un punto de partida para determinar el porcentaje óptimo de asfalto en la mezcla final. La cantidad de agregado en las mezclas está formulada por los resultados del análisis granulométrico y los requisitos Granulométricos para mezclas asfálticas en planta se pueden apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 4 *Requisitos Granulométricos para mezclas asfálticas en Planta*

TAMIZ		Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
		3/4	1/2	3/8	N°4
1	25.4mm	100	-----	-----	-----
¾	19mm	90-100	100	-----	-----
½	12.7mm	-----	90-100	100	-----
3/8	9.50mm	56-80	-----	90-100	100
N°4	4.75mm	35-65	44-74	55-85	80-100
N°8	2.36mm	23-49	28-58	32-67	65-100
N°16	1.20mm	-----	-----	-----	40-80
N°32	0.60mm	-----	-----	-----	25-65
N°50	0.30mm	5-19	5-21	7-23	7-40
N°100	0.15mm	-----	-----	-----	3-20
N°200	0.075mm	2-8	2-10	2-10	2-10

Fuente: Especificaciones MTOP. Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 13, núm. 3, (2019)

CAPITULO IV

4.1 Diseño de mezcla asfáltica método Marshall

4.1.1 Materiales a utilizar

La mezcla asfáltica está compuesta por agregados pétreos finos, medios, gruesos y cemento asfáltico que son en parte de los que depende el tiempo de vida útil de la vía. La mezcla asfáltica la obtenemos de mezclar cemento asfáltico y agregados pétreos con la dosificación indicada.

Para la mezcla asfáltica utilizamos materiales de la cantera roca azul ubicada en la parroquia Chanduy el titular el ministerio de transporte y obras públicas tiene 42 hectáreas, arena del Río Chimbo y asfalto con grado de viscosidad AC20, que es un asfalto vial de la refinera de Pétreo Ecuador

4.1.2 Parámetros de diseño de la mezcla asfáltica

Granulometría con el método a utilizar es Marshall no puede ser mayor a 2.54 mm

Compactación (número de golpes con martillo de Marshall por cada lado 75 unds.

Estabilidad 1800

Flujo 8-14 mm

Porcentaje de vacíos de 3 a 5 %

Porcentaje de vacíos en los agregados mineral (VMA) de acuerdo con el contenido de la mezcla asfáltica

Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto (VFA) de 65 a 75 %.

4.1.3 Diseño de la mezcla Asfáltica

Se obtuvo los siguientes datos en el Laboratorio de suelos, cuyo porcentaje óptimo de asfalto es de 6.20 % (434.0 gr), los porcentajes de los agregados son:

12 % de agregado grueso (646,1 gr)

68 % de agregado medio $\frac{3}{8}$ (4049,8 gr)

20 % de agregado fino. (1242.2gr)

6.32% de asfalto viscosidad AC 20

Número de golpes con el martillo de Marshall 75 por cada lado.

Luego de realizado el diseño de mezcla asfáltica, se procedió a realizar 1 juego de briquetas en el que obtuvimos los siguientes resultados:

Una estabilidad de Marshall de 2674 kg/cm²

Una Fluencia de 14

En el análisis de densidad obtuvimos:

Una probeta se Bulk de 2.384 y un Rice de 2.492

En el análisis de vacíos obtuvimos 4.31 %

Un V.A.M de 16.1 %

Un V.F.A. de 73%

4.1.4 Mezcla Asfáltica modificada agregando 1% de caucho de llantas triturado

Después de realizar el ensayo de asfalto empezamos agregando el 1 % de caucho para nuestro siguiente juego de briquetas con los siguientes porcentajes de los agregados son:

10% de agregado grueso (775.3 gr)

62,68 % de agregado medio $\frac{3}{8}$ (4393.5 gr)

20 % de agregado fino. (1242.2gr)

6.32% de asfalto

AC 20

1 % de caucho triturado

Número de golpes con el martillo de Marshall 75 por cada lado.

Luego de realizado el diseño de mezcla asfáltica, se procedió a realizar 6 juegos de briquetas agregando el caucho en diferentes porcentajes hasta llegar agregarle el 10% y empezamos agregando el 1 % de caucho obteniendo los siguientes resultados:

Una estabilidad de Marshall de 2108 kg/cm²

Una Fluencia de 11

En el análisis de densidad obtuvimos:

Una probeta se Bulk de 2.301 y un Rice de 2.431

En el análisis de vacíos obtuvimos 5.36 %

Un V.A.M de 18.8 %

Un V.F.A. de 71%

4.1.5 Mezcla Asfáltica modificada agregando 1.5 % de caucho de llantas triturado

Después realizamos el ensayo de asfalto empezamos agregando el 1 % de caucho para nuestro siguiente juego de briquetas con los siguientes porcentajes de los agregados son:

10 % de agregado grueso (775.3 gr)
61,18 % de agregado medio $\frac{3}{8}$ (4393.5 gr)
20 % de agregado fino. (1242.2gr)
6.32% de asfalto viscosidad AC 20
1.5 % de caucho triturado

Número de golpes con el martillo de Marshall 75 por cada lado.

Agregando el 1.5 % de caucho triturado a nuestro siguiente juego de briquetas obtuvimos los siguientes resultados:

Una estabilidad de Marshall de 2211 kg/cm²
Una Fluencia de 13

En el análisis de densidad obtuvimos:

Una probeta se Bulk de 2.301 y un Rice de 2.400
En el análisis de vacíos obtuvimos 4.13 %
Un V.A.M de 16.57 %
Un V.F.A. de **75 %**

4.1.6 Mezcla Asfáltica modificada agregando 2 % de caucho de llantas triturado

Después realizamos el ensayo de asfalto agregando el 2 % de caucho para nuestro siguiente juego de briquetas con los siguientes porcentajes de los agregados son:

12 % de agregado grueso (775.3 gr)
68 % de agregado medio $\frac{3}{8}$ (4393.5 gr)
20 % de agregado fino. (1242.2gr)
6.32% de asfalto viscosidad AC 20
2 % de caucho triturado

Número de golpes con el martillo de Marshall 75 por cada lado.

Agregando el 2 % de caucho triturado a nuestro siguiente juego de briquetas obtuvimos los siguientes resultados:

Una estabilidad de Marshall de 2084 kg/cm²
Una Fluencia de 14
En el análisis de densidad obtuvimos:
Una probeta se Bulk de 2.273 y un Rice de 2.351

En el análisis de vacíos obtuvimos 3.32 %

Un V.A.M de 20.31 %

Un V.F.A. de 84 %

4.1.7 Mezcla Asfáltica modificada agregando 2.5 % de caucho de llantas triturado

Después realizamos el ensayo de asfalto agregando el 2.5 % de caucho para nuestro siguiente juego de briquetas con los siguientes porcentajes de los agregados son:

12 % de agregado grueso (775.3 gr)

68 % de agregado medio $\frac{3}{8}$ (4393.5 gr)

20 % de agregado fino. (1242.2gr)

6.32% de asfalto viscosidad AC 20

2.5 % de caucho triturado

Número de golpes con el martillo de Marshall 75 por cada lado.

Agregando el 2.5 % de caucho triturado a nuestro siguiente juego de briquetas obtuvimos los siguientes resultados:

Una estabilidad de Marshall de 1265 kg/cm²

Una Fluencia de 16

En el análisis de densidad obtuvimos:

Una probeta se Bulk de 2.177 y un Rice de 2.463

En el análisis de vacíos obtuvimos 11.62 %

Un V.A.M de 25.47 %

Un V.F.A. de 54

4.1.8 Mezcla Asfáltica modificada agregando 5 % de caucho de llantas triturado

Después realizamos el ensayo de asfalto agregando el 5 % de caucho para nuestro siguiente juego de briquetas con los siguientes porcentajes de los agregados son:

12 % de agregado grueso (775.3 gr)

68 % de agregado medio $\frac{3}{8}$ (4393.5 gr)

20 % de agregado fino. (1242.2gr)

6.32% de asfalto viscosidad AC 20

5 % de caucho triturado

Número de golpes con el martillo de Marshall 75 por cada lado.

Agregando el 5 % de caucho triturado a nuestro siguiente juego de briquetas obtuvimos los siguientes resultados:

Una estabilidad de Marshall de 621 kg/cm²

Una Fluencia de 22

En el análisis de densidad obtuvimos:

Una probeta se Bulk de 2.021 y un Rice de 2.415

En el análisis de vacíos obtuvimos 11.62 %

Un V.A.M de 31.06 %

Un V.F.A. de 47

4.1.9 Mezcla Asfáltica modificada agregando 7.5 % de caucho de llantas triturado

Después realizamos el ensayo de asfalto agregando el 7.5 % de caucho para nuestro siguiente juego de briquetas con los siguientes porcentajes de los agregados son:

12 % de agregado grueso (775.3 gr)

68 % de agregado medio $\frac{3}{8}$ (4393.5 gr)

20 % de agregado fino. (1242.2gr)

6.32% de asfalto viscosidad AC 20

7.5 % de caucho triturado

Número de golpes con el martillo de Marshall 75 por cada lado.

Agregando el 7.5 % de caucho triturado a nuestro siguiente juego de briquetas obtuvimos los siguientes resultados:

Una estabilidad de Marshall de 584kg/cm²

Una Fluencia de 40

En el análisis de densidad obtuvimos:

Una probeta se Bulk de 1.888y un Rice de 2.304

En el análisis de vacíos obtuvimos 18.05 %

Un V.A.M de 35.49 %

Un V.F.A. de 49

4.1.10 Mezcla Asfáltica modificada agregando 10 % de caucho de llantas triturado

Por último, realizamos el ensayo de asfalto agregando el 10 % de caucho para nuestro siguiente juego de briquetas con los siguientes porcentajes de los agregados son:

12 % de agregado grueso (775.3 gr)

68 % de agregado medio $\frac{3}{8}$ (4393.5 gr)

20 % de agregado fino. (1242.2gr)

6.32% de asfalto viscosidad AC 20

10 % de caucho triturado

Número de golpes con el martillo de Marshall 75 por cada lado.

Agregando el 10 % de caucho triturado a nuestro siguiente juego de briquetas obtuvimos los siguientes resultados:

Una estabilidad de Marshall de 527 kg/cm²

Una Fluencia de 47

En el análisis de densidad obtuvimos:

Una p robeta se Bulk de 1.567 y un Rice de 2.248

En el análisis de vacíos obtuvimos 21.42 %

Un V.A.M de 39.77 %

Un V.F.A. de 46

4.2. Estabilidad Marshall

El ensayo de estabilidad está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. La fluencia mide la deformación, bajo carga que ocurre en la mezcla.

El valor de estabilidad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una briqueta cede o falla totalmente.

Debido a que la estabilidad Marshall indica la resistencia de una mezcla a la deformación existe una tendencia a pensar que, si un valor de estabilidad es bueno, entonces un valor más alto será mucho mejor, sin embargo, este no es necesariamente el caso de las mezclas asfálticas en caliente. Las estabilidades extremadamente altas se obtienen a costa de durabilidad.

4.2.1. Fluencia Marshall

El flujo Marshall, medido en centésimas de pulgada o milímetro representa la deformación de la briqueta.

4.2.2. Análisis de densidad y vacíos

Los vacíos son las pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto.

INFORME FINAL

De acuerdo con el control de la mezcla asfáltica modificada con caucho y sin modificar se obtuvo por medio de los resultados de los ensayos realizados a la mezcla asfáltica con materiales de la cantera roca azul y arena del Río Chimbo y asfalto AC20, de la refinería de Pétreo Ecuador.

Se obtuvo los siguientes datos en el Laboratorio de suelos, cuyo porcentaje óptimo de asfalto es de 6.20 % (434.0gr), los porcentajes de los agregados son:

- 12 % de $\frac{3}{4}$ (775.3 gr)
- 68 % de $\frac{3}{8}$ (4393.5 gr)
- 20 % de fino. (1242.2gr)
- 1.5 % de caucho (105.0 gr).

Luego de realizado el diseño de mezcla asfáltica, se procedió a realizar siete juegos de briquetas, aumentado a esta mezcla de agregados porcentajes de caucho de 0% -1% - 1.5 % 2 % - 5 % - 7.5% y 10 % de acuerdo con el siguiente detalle:

- 1 juego (3) briquetas sin modificar
- 1 juego (3) briquetas con el 1 % de caucho
- 1 juego (3) briquetas con el 1.5 % de caucho
- 1 juego (3) briquetas con el 2 % de caucho
- 1 juego (3) briquetas con el 5 % de caucho
- 1 juego de briquetas con el 7.5% de caucho
- 1 juego de briquetas con el 10% de caucho

A estas briquetas se les realizo los ensayos con el objeto de conocer los resultados de las propiedades Marshall

Resultado de briquetas con el 1 % de caucho: esta mezcla no cumple con los siguientes parámetros:

- El porcentaje de vacíos
- La estabilidad del diseño que es mayor a 2200

Resultados de briquetas con el 1.5% de caucho: esta mezcla no cumple con los siguientes parámetros:

- NO cumplen con el VMA ni el VFA.

Resultados de briquetas con el 2% de caucho: esta mezcla no cumple con los siguientes parámetros:

- El porcentaje de vacíos
- La estabilidad del diseño que es mayor a 2200
- El flujo se encuentra en el nivel superior de 8 a 14

De acuerdo a la información que se obtuvo por medio de la aplicación de diferentes ensayos con porcentaje de caucho adicionado, se puede observar las siguientes tablas y gráficos.

Descripción de resultados de briquetas con el 5%, 7.5% y 10 % de caucho

De acuerdo con las observaciones obtenidas a través de los resultados de las propiedades Marshall, los diseños de pavimentos con porcentajes de 5, 7.5 y 10% no cumplen con las especificaciones, por lo que la Densidad Bulk y la Estabilidad sufren un descenso cuando se incorpora caucho, es decir, que si la estabilidad si es menor de 1000 kg ya no cumple con especificaciones, tampoco para utilizarla en un camino vecinal en donde el tráfico proyectado TPDA debe ser menor de 100.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos a través de los ensayos aplicados a las briquetas, se pudo conocer los diferentes resultados que se ajustan a los agregados sustituidos, la misma que depende de los porcentajes considerados, siendo estos porcentajes de 1%, 1.5% y 2% de caucho, para evaluar cada porcentaje fue necesario tomar 3 juegos de briquetas siendo un total de 12 muestras con las otras 3 briquetas sin agregado modificado.

En la realización de los ensayos se pudo identificar los datos proporcionados a las briquetas, para el primer porcentaje de 1.0% de caucho se pudo observar que esta briketa no cumple los estándares establecidos, obtenido un Rice de 2431, un porcentaje de asfalto de 6,09%, ocurriendo lo mismo con el porcentaje de vacíos de 5,69 y la estabilidad de 2108, valores no aceptables para un diseño de asfalto en carretera.

El porcentaje de 1.5% de caucho proporciono resultados diferentes a las muestras anteriores, obteniendo un Rice de 2400, un porcentaje de asfalto 6,74% y una estabilidad que corresponde a 2211, pese a que las briquetas evaluadas poseían mayor cantidad de caucho, este no fue suficiente para cumplir con los estándares especificados por norma, pues el porcentaje de volumen de agregado de mineral (VAM) y los vacíos llenos de asfalto (VFA) corresponde a 19,39% y 79% respectivamente.

En cuanto a la última serie de briquetas de 2,0% de caucho se pudo conocer los siguientes datos, un Rice de 2351, un porcentaje de asfalto de 6,70% y una estabilidad de 2084, estos valores presentan datos no aceptables como el porcentaje de vacíos de 3,32%, así como un flujo de 14, resultados que no cumplen con los estándares, siendo evidente en la estabilidad de diseño que es menor a la aceptable de 2200.

Al realizar un análisis comparativo de los resultados de las briquetas modificadas y sin modificar se pudo conocer que ninguna de las muestras con agregado de caucho poseen una resistencia válida, situación que tampoco ocurre con el porcentaje de asfalto, pues para ser aceptable debe ser de 6.20% y como se expuso anteriormente todas las briquetas presentaron valores muy por encima y por debajo del optimo, ocurriendo lo mismo con la gravedad Bulk y la estabilidad que presentaron resultados muy por debajo de lo aceptado.

En base a la información ya expuesta, es necesario señalar que el estudio concluye con resultados en los cuales nuestra hipótesis de investigación no cumple con lo establecido



Gráfico 1 Curva comparativa
Elaborado por: Ordoñez Andrés (2021)

Interpretación: La mezcla asfáltica modificada con caucho sometida al ensayo de Marshall al agregar el caucho reciclado de llantas decrece la estabilidad en los rangos con 1% de caucho decrece a 2108,00 lbs. como máximo y con 10% de caucho decrece a 527,00 lbs. la estabilidad como mínima muy por abajo del requerimiento de diseño del presente trabajo.

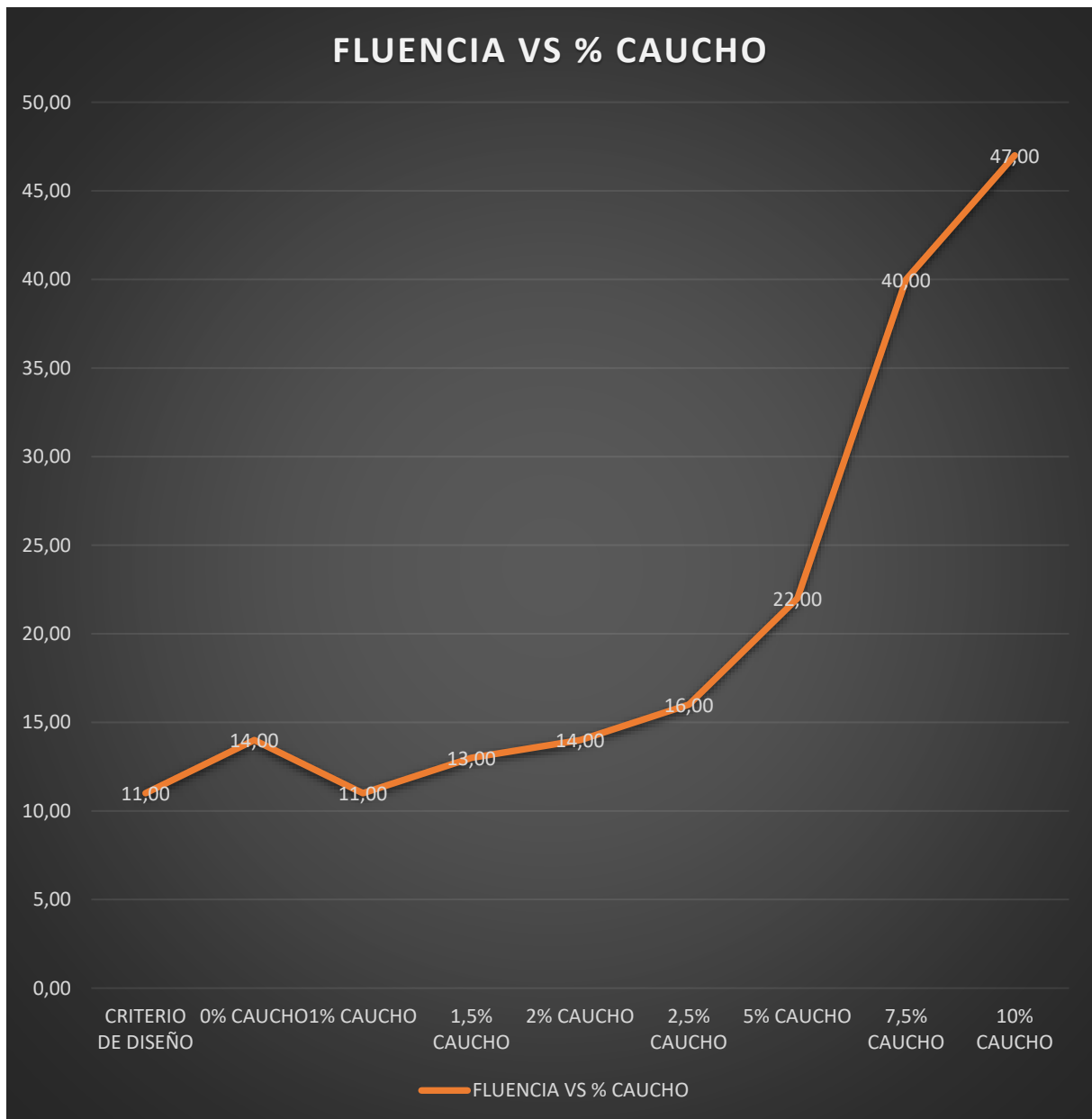


Gráfico 2 Curva comparativa
 Elaborado por: Ordoñez Andrés (2021)

Interpretación: La mezcla asfáltica modificada con caucho sometida al ensayo de Marshall al agregar el caucho de llantas recicladas se mantiene en el rango hasta cuando se le agrega el 2% de caucho la fluencia llega a 14 en los rangos entre 1% y 2% de caucho, al agregar el 2,5% de caucho aumenta a 16mm y alcanza el valor máximo con 10% de caucho que llega a 47 mm superando el requerimiento de diseño del presente trabajo.

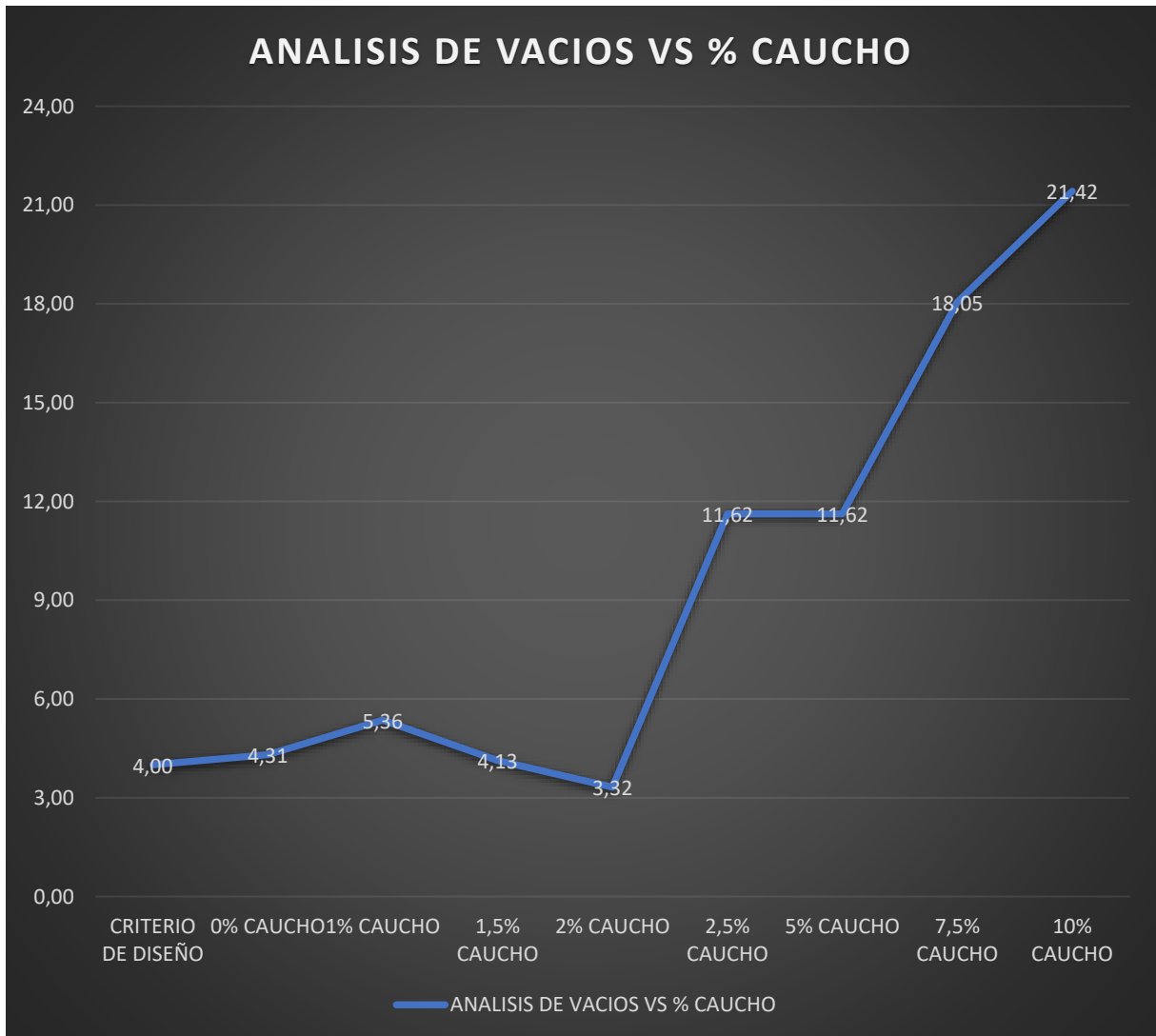


Gráfico 3 Curva comparativa
Elaborado por: Ordoñez Andrés (2021)

Interpretación: La mezcla asfáltica modificada con caucho sometida al ensayo de Marshall al agregar el caucho de llantas reciclado se mantiene en el rango hasta cuando se le agrega el 1,5% y 2% de caucho el análisis de vacíos llega a 4,13 y 3,32% de ahí en adelante se dispara alcanzando un análisis de vacíos de 21,42% cuando agregamos el 10% de caucho superando el requerimiento de diseño del presente trabajo.

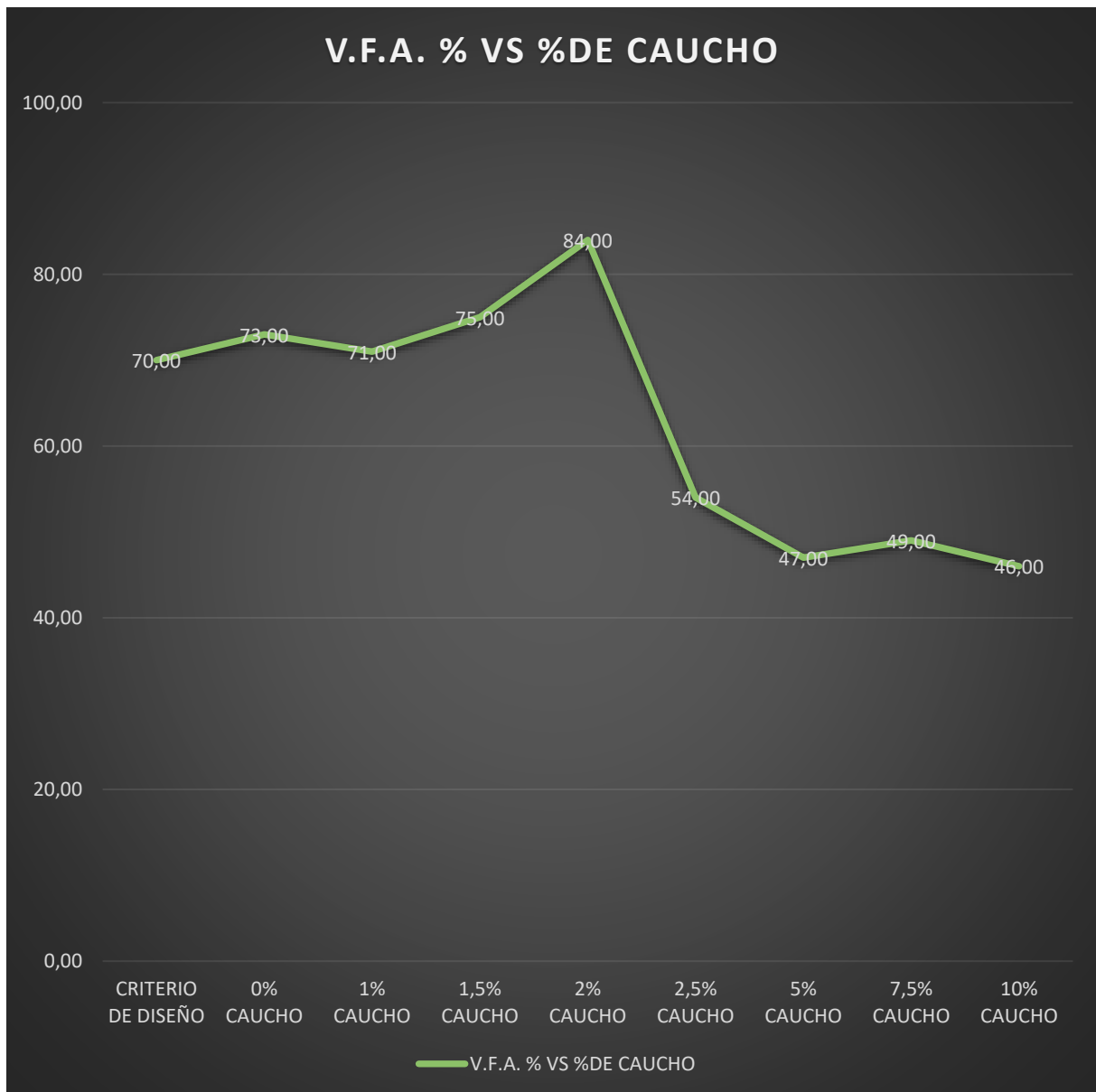


Gráfico 4 Curva comparativa

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2021)

Interpretación: La mezcla asfáltica modificada con caucho sometida al ensayo de Marshall al agregar el caucho de llantas recicladas se mantiene en el rango de criterio de diseño hasta cuando le agregamos el 1,5% de caucho alcanzando un V.F.A. de 75%, cuando le agregamos el 2% de caucho se eleva y alcanzamos un V.F.A. de 84% seguimos agregando caucho y decrece V.F.A. a 46% cuando le agregamos 10% de caucho quedando muy por abajo del requerimiento de diseño del presente trabajo.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el estudio realizado se pudo conocer que la mezcla asfáltica con caucho de llantas recicladas es una opción viable y disminuye la contaminación ambiental que son producidas por este ya que su periodo de degradación puede alcanzar los mil años si embargo podrían aplicarse para la construcción de vías de acceso, pues para ello es importante que la implementación del concreto asfáltico posea los estándares que solicita la norma, así como las características mecánicas y físicas que le aportan el conjunto de agregados.

Considerando el uso de agregados de caucho de llantas recicladas en la mezcla asfáltica para la construcción de vías, es importante indicar que este puede resultar contraproducente, pues los resultados que señala no son favorables a los diseños de pavimentos asfálticos, influyendo así en la resistencia como un reflejo de las características mecánicas del mismo.

La mezcla asfáltica de acuerdo al requerimiento de diseño debería tener los siguientes parámetros: la estabilidad superior a 2200 lbs, la fluencia se debe estar 8 y 14mm, el análisis de vacíos entre 3 y 5% y V.F.A. entre 65 y 75%.

En concordancia a las características especiales que presenta la adicción de caucho en el concreto asfáltico, se pudo evidenciar que no existe alguno relevante, sin embargo, la realización de ensayos pertinentes puso en evidencia como afecta la adicción de caucho, siendo visible en la gravedad y densidad específica de las briquetas modificadas.

La mezcla asfáltica modificada con caucho de llantas recicladas al agregar el 1,5% de caucho tuvo el mejor comportamiento: mejoro la estabilidad a 2211,00 lbs., la fluencia llego a 13mm y se mantuvo en el rango, el análisis de vacíos llego a 4,13 que esta en los permisible y el V.F.A. se mantuvo en 75% siendo la mezcla que mejor se comportó.

En relación con los resultados obtenidos, se pudo determinar que las ventajas de las características físicas y mecánicas que el caucho posee al ser empleado en llantas, no es transmitido en el uso de concreto asfáltico, al menos no en el modo utilizado dentro de la investigación, por lo cual no se recomienda usarlo para vías de tránsito pesado.

RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso del pavimento flexible agregando a la mezcla asfáltica el 1,5% de caucho, por las características mecánicas y físicas que posee en comparación al pavimento flexible agregando el 10% de caucho.

Se exhorta a todo profesional del área de vialidad a elaborar los diseños bajo las más estrictas normas que contempla ASTM.

Se recomienda realizar estudios por método Marshall vía, que permita conocer otros resultados de emplear el caucho de neumático y así poder implementarlo en futuros proyectos de vialidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, C. y Muñoz, W. (2016). *Estudio de la utilización de polvo de neumático Reciclados en mezclas asfálticas en Caliente en proceso por vía húmeda*. Guayaquil: Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.
- Marcillo, V. (2018) *Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden*. Guayaquil: Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.
- Dueñas, A., & Calume, S. (2017). Material constructivo del pavimento asfáltico modificado (GCM) para la utilización por vía seca en el diseño de carpetas asfálticas en Bogotá. Bogotá: Universidad Santo Tomás. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25264>
- Vega, D. (2017). Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico. Ambato: Universidad técnica de Ambato. Ambato. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25264/1/Tesis%201113%20-%20Vega%20Zurita%20Danilo%20Sebasti%C3%A1n.pdf>
- Aristizabal, L., Hoyos, J., Gil, L., Gomez, M., & Gomez, D. (2014). *Diseño de un pavimento flexible por los métodos AASTHO y racional*. Pereira: Universidad libre de Pereira.
- Briceño, M., Figueredo, Y., Hernández, A., & Davila, R. (2016). *Fallas presentes en los pavimentos flexibles que afectan la vialidad en el estado Mérida*. Mérida: Instituto Universitario politécnico Santiago Mariño. Obtenido de https://issuu.com/migu3linh0/docs/fallas_presentes_en_los_pavimentos__c1a25f03021080
- Carrizales, J. (2015). *Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles*. Uno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1888/Carrizales_Apaza_Jose_%20Javier.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Castro. (2014). *Materiales y compuestos para la industria del neumático*. Excellence.
- Dueñas, A., & Calume, S. (2017). *Material constructivo del pavimento asfáltico modificado (GCM) para la utilización por vía seca en el diseño de carpetas asfálticas en Bogotá*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Fajen, j. (2015). *Industria del caucho*. ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO.
- Fernández, C., Baptista, P., & Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Caracas: Mc Graw - Hill.
- Fidias, A. (2016). *El proyecto de investigación*. Caracas: Episteme.
- Jensen, K. B. (2015). *Lacomunicación y los medios: Metodologías de investigación cualitativa y cuantitativa*. México: Efe- Fondodeculturaeconomica.
- Martínez, C. (2013). *Investigación Descriptiva: Tipos y Características*. Obtenido de La investigación descriptiva: <http://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva/>
- Mena, C., & Valdez, Y. (2014). *Dosificación óptima de una mezcla de concreto*. Obtenido de http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/31480/Dosificacion_optima_mezcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Navas, A., & Reyes, E. (2015). Impactos ambientales asociados con el proceso de producción del concreto . *Enfoque UTE*, pp.67 – 80.
- Peñaloza Guillén, S. X., & Calle Palomeque , G. M. (2017). “*SISTEMA DE GESTIÓN SOSTENIBLE DE PAVIMENTOS APLICADO A LAS VÍAS Y PARQUEADEROS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA*”. CUENCA: UNIVERSIDAD DE CUENCA. Obtenido de <file:///C:/Users/JOSE/Downloads/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n%20Steeven%20Pe%C3%B1aloza.pdf>

Pinto, M., & Carrasco, C. (2018). Estudio y análisis en la dosificación del concreto. *Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible*.

Rojas, R. (2015). *Guía para realizar investigaciones sociales*. México: McGrawHill.

Sika. (2017). *Aditivos para concreto*. Green.

Vásquez, L. (2002). *Pavement condition Index (PCI)*. Manizales: Ingepav.

Vega, D. (2017). *Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico*. Ambato:



Universidad técnica de Ambato. Obtenido de

<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25264/1/Tesis%201113%20-%20Vega%20Zurita%20Danilo%20Sebasti%C3%A1n.pdf>

ANEXOS



1. ANEXOS DE TABLAS

Table 1 *Ensayo Rice de 0% de agregado*

	UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
LABORATORIO DE SUELOS		
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO		
TIPO DE MATERIAL:		
PROCEDENCIA:		
FECHA: 08/07/2020		
ABSCISAS		
ENSAYO RICE		
Peso del material	1500,00	
Peso del Picnómetro + Agua	7410,00	
Peso Picnómetro + Agua + Material	8308,00	
RICE:	1500,00	2,492
	1500+7410-8308	



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 2 Extracción de asfalto de 0% de agregado

 <div style="display: inline-block; text-align: center; margin-left: 100px;"> <p>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div> 				
LABORATORIO DE SUELOS				
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO				
PROCEDENCIA:				
FECHA: 08/07/2020				
ABSCISAS:				
EXTRACCION DE ASFALTO				
A = PESO MUESTRA ANTES DE LA EXTRACCION		1000,00		gr.
B = PESO DE FILTRO ANTES DE EXTRACCION		14,00		gr.
C = PESO FILTRO DESPUES		15,84		gr.
D = VOLUMEN DE DISOLVENTE x 0,001		2,0		ml
E= PESO DE LA MUESTRA DESPUES		934		gr.
F = PESO RETENIDO EN FILTRO		1,84		gr:
% ASFALTO =	A - (E+D+F)	x 100 =	6,22	%
	A			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Tabla 3 Granulometría de 0% de agregado

		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			 FACULTAD INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	
		LABORATORIO DE SUELOS				
GRANULOMETRÍA						
PROYECTO: Análisis del desempeño de pavimento flexible reemplazando el 10% de agregado grueso con llantas recicladas para vías nivel de tránsito uno					Norma: INEN 696	
TIPO DE MATERIAL:						
PROCEDENCIA:						
FECHA: 08/07/2020						
GRANULOMETRÍA						
TAMÍZ		Peso retenido	% Retenido	% Que pasa	ESPECIFICACIÓN	
No	mm	Acumulado			Lim. Infer.	Lim. Sup.
3"	76,20					
2 1/2"	63,50					
2"	50,80					
1 1/2"	38,10					
1"	25,40	0	0	100		
3/4"	19,10	0	0	100	100	100
1/2"	19,10	52	6	94	90	100
3/8"	9,50	90	10	90		
No4	4,76	389	42	58	44	74
PASA EL No4				0		
No8	2,360	511	55	45	28	58
No16	1,180	573	61	39		
No30	0,600	624	67	33		
No50	0,300	755	81	19	7	21
No100	0,150	853	91	9		
No200	0,074	860	92	8	2	10
PASA EL No200		74	8			
TOTAL, MUESTRA		934	100			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

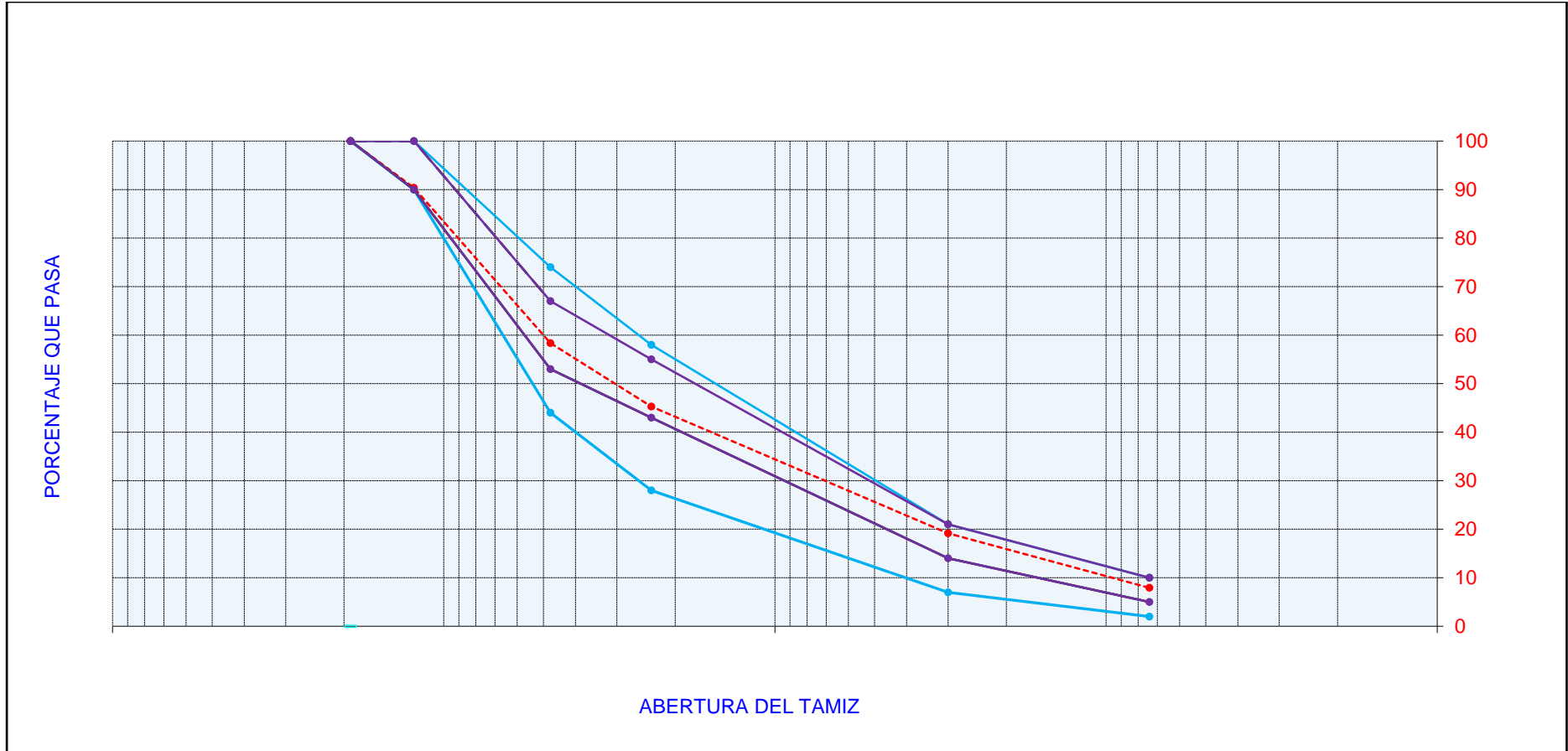




Gráfico 1 Curva granulométrica de 0% de agregado
 Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 4 Método Marshall de 0% de agregado

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div>  <div style="text-align: right; font-size: small;"> FACULTAD INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN </div>																	
LABORATORIO DE SUELOS																	
Control diario de propiedades de mezclas asfálticas																	
METODO MARSHALL																	
Número de golpes por lado: 75						Anillo No.		Constante: 9,495				Gravedad Específica Máxima					
% de C.A.: 6,2 (5,9 - 6,5)						Gravedad Específica BULK promedio de agregados: 2,661											
Gravedad Específica del C.A. 1,018						Gravedad Específica del agregado						C.A. Absorbido por el agregado seco					
Muestra	Material	% asfalto	PESO MUESTRA			VOLUMEN c.c.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	FACTOR CORREC	ESTABILIDAD		FLUJO
			Aire seco	Agua	Aire s.s.s.		Bulk probeta	RICE	Agreg.	Vacios	C.A.				DIAL	CORREG.	
1	Ag. Grueso		1105	644	1105	461	2,397	SIN MODIFICAR					1,25	207	2457	12	
2	Ag. Medio		1107	644	1107	463	2,391						1,19	216	2441	13	
3	Ag. Fino		1102	640	1102	462	2,385						1,19	215	2429	12	
	% C.A.	6,022															
	Promedio						2,391	2,492	84,27	4,04	11,69	16	74		2442	12,3	



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 5 *Propiedades de la carpeta asfáltica*

LABORATORIO DE SUELOS																		
PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFALTICA																		
FECHA	ABCISA	GRANULOMETRIA % PASA TAMIZ								Extracción de asfalto	Densidad Bulk	% Vacíos	V.A.M.	V.A.F.	Estabilidad	Flujo	Bulk agregados	RICE
		1	3/4"	1/2"	3/8"	4	8	50	200									
	Sin modificar	100	100	94	90	58	45	19	8	6,32	2,384	4,31	16,06	73	0	14	2,661	2,492
	Caucho 1 %	100	100	97	88	69	58	26	5	6,09	2,301	5,36	15,99		2108	11	2,572	2,431
	Caucho 1,5 %	100	100	97	89	64	49	22	5	6,74	2,301	4,13	19,36	79	1958	13	2,661	2,400
	Caucho 2 %	100	100	97	88	61	47	21	5	6,70	2,273	3,32	20,31	81	2084	14	2,572	2,351
ESPECIFICACIONES																		
CARPETA	ASFALTICA		100	90- 100	56-80	44-74	28-58	5-21	2-10			3-5	>15	65/75	>2200	8-14		
T/N 1/2"																		



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Tabla 6 Ensayo Rice de 1% de agregado

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>  <p style="text-align: right; font-size: small;">FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p>		
LABORATORIO DE SUELOS		
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO		
TIPO DE MATERIAL:		
PROCEDENCIA:		
FECHA: 08/07/2020		
ABSCISAS		
ENSAYO RICE		
Peso del material	1500,00	
Peso del Picnómetro + Agua	7410,00	
Peso Picnómetro + Agua + Material	8293,00	
RICE:	1500,00	2,431
	1500+7410-8293	



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 7 Extracción de asfalto de 1% de agregado

 <div style="display: inline-block; text-align: center; margin-left: 100px;"> <p>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div> 					
LABORATORIO DE SUELOS					
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO					
PROCEDENCIA:					
FECHA: 01807/2020					
ABSCISAS:					
EXTRACCION DE ASFALTO					
A = PESO MUESTRA ANTES DE LA EXTRACCION			1000,00	gr.	
B = PESO DE FILTRO ANTES DE EXTRACCION			14,00	gr.	
C = PESO FILTRO DESPUES			15,84	gr.	
D = VOLUMEN DE DISOLVENTE x 0,001			2,0	MI	
E= PESO DE LA MUESTRA DESPUES			935	gr.	
F = PESO RETENIDO EN FILTRO			2,10	gr:	
% ASFALTO =	A - (E+D+F)		x 100 =	6,09	%
	A				

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 8 Granulometría de 1% de agregado

		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			 FACULTAD INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	
		LABORATORIO DE SUELOS				
GRANULOMETRÍA						
PROYECTO: Análisis del desempeño de pavimento flexible reemplazando el 10% de agregado grueso con llantas recicladas para vías nivel de tránsito uno					Norma: INEN 696	
TIPO DE MATERIAL:						
PROCEDENCIA:						
FECHA: 08/07/2020						
GRANULOMETRÍA						
TAMÍZ		Peso retenido	% Retenido	% Que pasa	ESPECIFICACIÓN	
No	mm	Acumulado			Lim. Infer.	Lim. Sup.
3"	76,20					
2 1/2"	63,50					
2"	50,80					
1 1/2"	38,10					
1"	25,40	0	0	100	100	100
3/4"	19,10	0	0	100	90	100
1/2"	19,10	25	3	97		
3/8"	9,50	112	12	88	56	80
No4	4,76	289	31	69	35	65
PASA EL No4			0	100		
No8	2,360	393	42	58	23	49
No16	1,180	462	49	51		
No30	0,600	524	56	44		
No50	0,300	689	74	26	5	19
No100	0,150	849	91	9		
No200	0,074	891	95	5	2	8
PASA EL No200		44	5			
TOTAL, MUESTRA		935	100			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

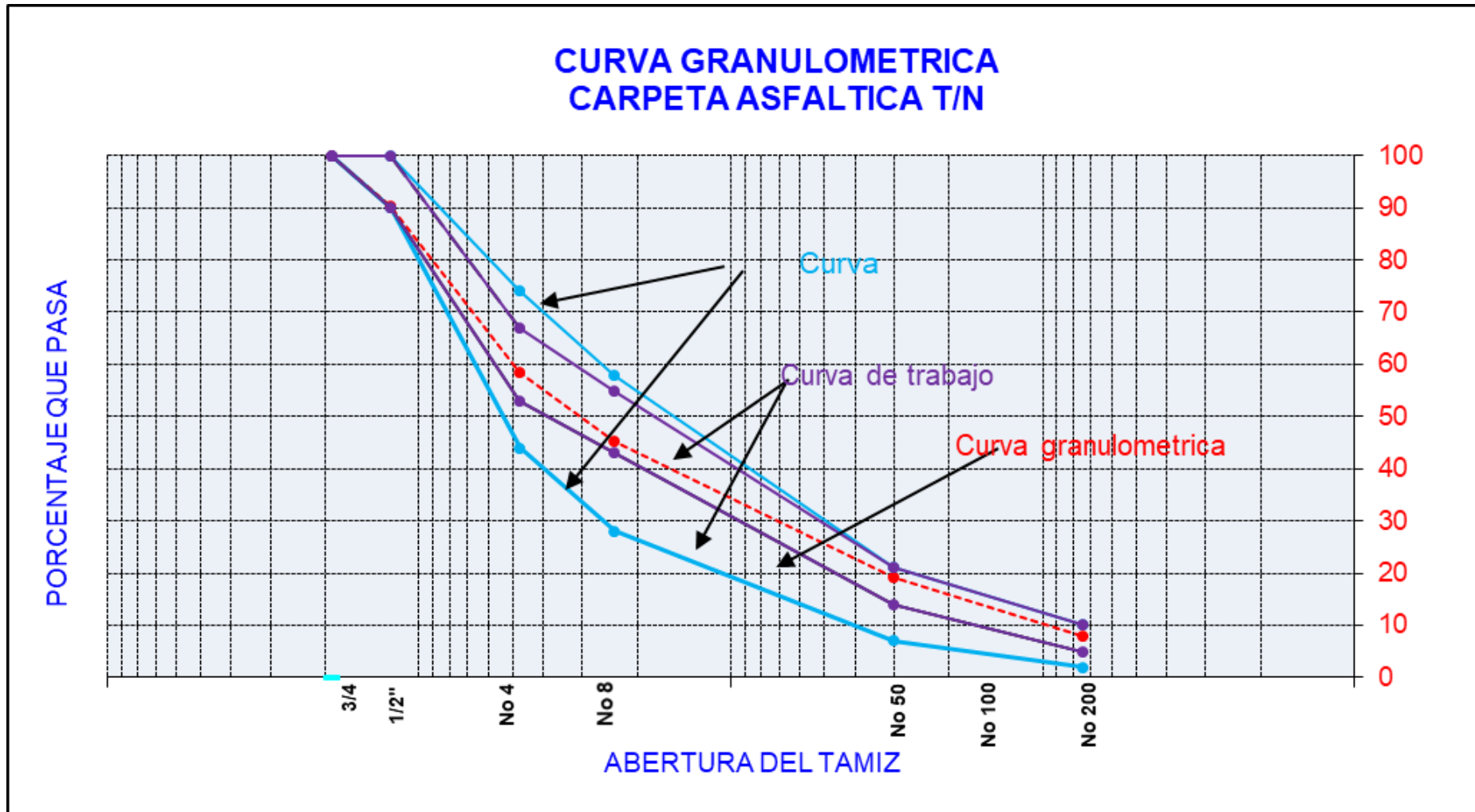






Gráfico 2 Curva granulométrica de 1% de agregado
 Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 9 Método Marshall de 1% de agregado

	UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										 FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN						
	LABORATORIO DE SUELOS																
	Control diario de propiedades de mezclas asfálticas																
	METODO MARSHALL																
Número de golpes por lado: 75				Anillo No.			Constante: 9,495			Gravedad Específica Máxima							
% de C.A.: 6,2 (5,9 - 6,5)				Gravedad Específica BULK promedio de agregados: 2,661													
Gravedad Específica del C.A. 1,018				Gravedad Específica del agregado						C.A. Absorbido por el agregado seco							
Muestra	Material	% asfalto	PESO MUESTRA			VOLUMEN c.c.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	FACTOR CORREC	ESTABILIDAD		FLUJO
			Aire seco	Agua	Aire s.s.s.		Bulk probeta	RICE	Agreg.	Vacíos	C.A.				DIAL	CORREG.	
1	Ag. Grueso		1115	632	1115	483	2,308	SIN MODIFICAR					1,09	194	2008	12	
2	Ag. Medio		1114	630	1114	484	2,302						1,19	250	0	13	
3	Ag. Fino		1130	638	1131	493	2,292						1,19	220	0	14	
	% C.A.	6,09															
	Promedio						2,301	2,431	81,20	5,36	13,44	18,80	71		2008	13	
1	Ag. Grueso																
2	Ag. Medio																
3	Ag. Fino																
	% C.A.																
	Promedio																
FECHA: 8 de julio 2020										PROCEDENCIA: 0							
PROYECTO: 0										ENSAYADO POR							
TIPO DE MATERIAL: 0										APROBADO POR							



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 10 *Ensayo Rice de 1,5% de agregado*

 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div> 		
LABORATORIO DE SUELOS		
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO		
TIPO DE MATERIAL:		
PROCEDENCIA:		
FECHA: 08/07/2020		
ABSCISAS		
ENSAYO RICE		
Peso del material	1500,00	
Peso del Picnómetro + Agua	7410,00	
Peso Picnómetro + Agua + Material	8285,00	
RICE:	1500,00	2,400
	1500+7410-8285	



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 11 *Extracción de 1,5% de agregado grueso*

 <div style="display: inline-block; text-align: center; margin-left: 100px;"> <p>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div> 					
LABORATORIO DE SUELOS					
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO					
PROCEDENCIA:					
FECHA: 08/07/2020					
ABSCISAS:					
EXTRACCION DE ASFALTO					
A = PESO MUESTRA ANTES DE LA EXTRACCION			1000,00	gr.	
B = PESO DE FILTRO ANTES DE EXTRACCION			14,00	gr.	
C = PESO FILTRO DESPUES			15,86	gr.	
D = VOLUMEN DE DISOLVENTE x 0,001			2,0	ml	
E= PESO DE LA MUESTRA DESPUES			929	gr.	
F = PESO RETENIDO EN FILTRO			1,64	gr:	
% ASFALTO =	A - (E+D+F)		x 100 =	6,74	%
	A				

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 12 Granulometría de 1,5% de agregado grueso

		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			 FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	
		LABORATORIO DE SUELOS				
GRANULOMETRÍA						
PROYECTO: Análisis del desempeño de pavimento flexible reemplazando el 10% de agregado grueso con llantas recicladas para vías nivel de tránsito uno					Norma: INEN 696	
TIPO DE MATERIAL:						
PROCEDENCIA:						
FECHA: 08/07/2020						
GRANULOMETRÍA						
TAMÍZ		Peso retenido	% Retenido	% Que pasa	ESPECIFICACIÓN	
No	mm	Acumulado			Lim. Infer.	Lim. Sup.
3"	76,20					
2 1/2"	63,50					
2"	50,80					
1 1/2"	38,10					
1"	25,40	0	0	100		
3/4"	19,10	0	0	100	100	100
1/2"	19,10	27	3	97	90	100
3/8"	9,50	99	11	89		
No4	4,76	333	36	64	44	74
PASA EL No4						
No8	2,360	475	51	49	28	58
No16	1,180	556	60	40		
No30	0,600	609	66	34		
No50	0,300	723	78	22	7	21
No100	0,150	843	91	9		
No200	0,074	880	95	5	2	10
PASA EL No200		49	5			
TOTAL, MUESTRA		929	100			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

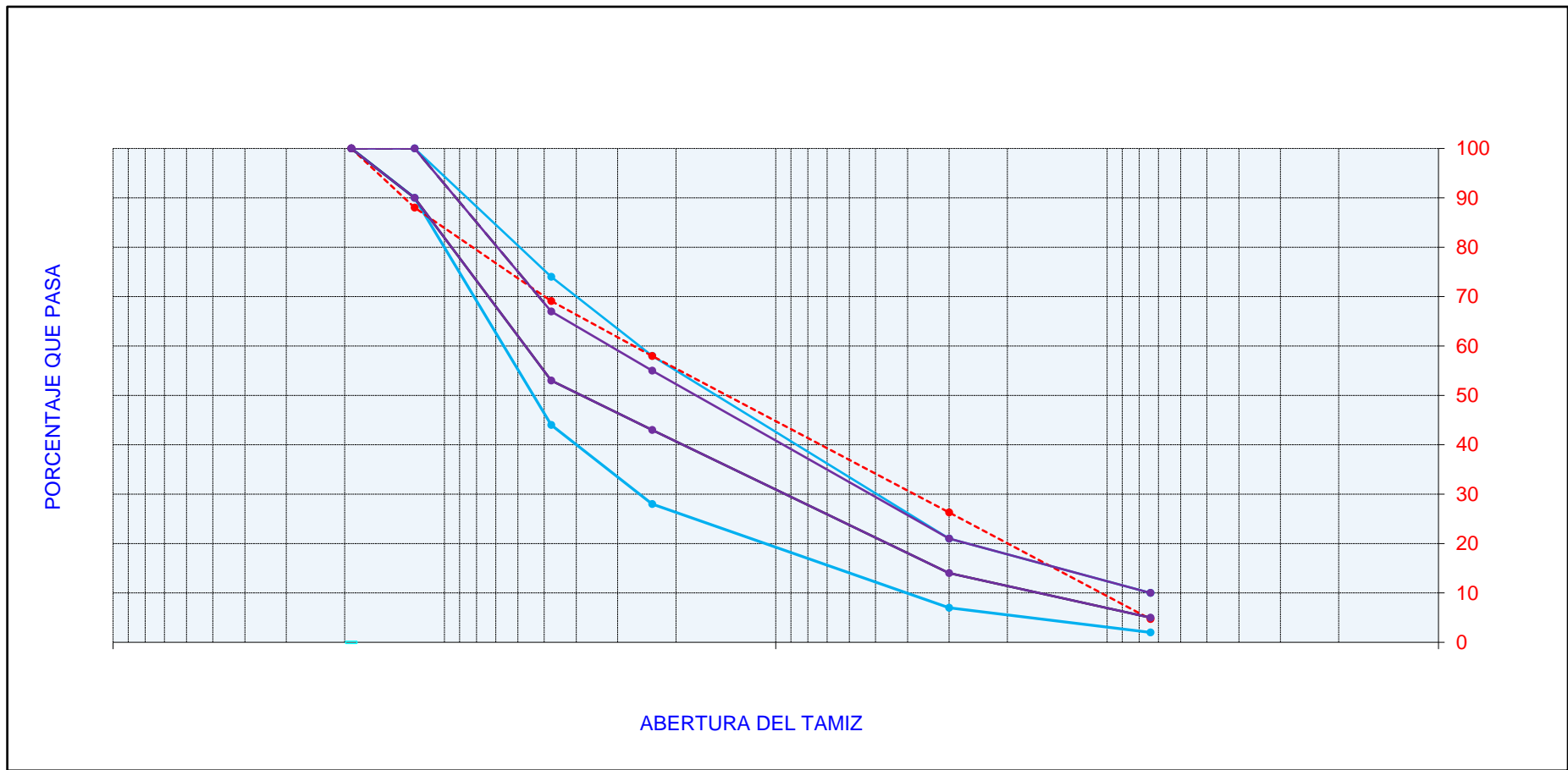





Gráfico 3 Curva granulométrica de 1,5% de agregado
 Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 13 *Método Marshall de 1,5% de agregado*

		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										 FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN					
		LABORATORIO DE SUELOS															
Control diario de propiedades de mezclas asfálticas																	
METODO MARSHALL																	
Número de golpes por lado: 75				Anillo No.			Constante: 9,495			Gravedad Específica Máxima							
% de C.A.: 6,2 (5,9 - 6,5)				Gravedad Específica BULK promedio de agregados: 2,661													
Gravedad Específica del C.A. 1,018				Gravedad Específica del agregado							C.A. Absorbido por el agregado seco						
Muestra	Material	% asfalto	PESO MUESTRA			VOLUMEN c.c.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	FACTOR CORREC	ESTABILIDAD		FLUJO
			Aire seco	Agua	Aire s.s.s.		Bulk probeta	RICE	Agreg.	Vacios	C.A.				DIAL	CORREG.	
1	Ag. Grueso		1104	625	1104	479	2,305	SIN MODIFICAR					1,14	180	1848	14	
2	Ag. Medio		1108	625	1108	483	2,294						1,09	165	1708	12	
3	Ag. Fino		1108	627	1108	481	2,304						1,14	205	2219	13	
	% C.A.	6,74															
	Promedio						2,301	2,400	80,64	4,13	15,23	19,36	79		1958	13	
1	Ag. Grueso																
2	Ag. Medio																
3	Ag. Fino																
	% C.A.																
	Promedio																
FECHA: 8 de julio de 2020										PROCEDENCIA: 0							
PROYECTO: 0										ENSAYADO POR							
TIPO DE MATERIAL: 0										APROBADO POR							



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 14 *Ensayo Rice de 2% de agregado*

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>  <p style="text-align: right; font-size: small;">FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p>		
LABORATORIO DE SUELOS		
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO		
TIPO DE MATERIAL:		
PROCEDENCIA:		
FECHA: 08/07/2020		
ABSCISAS		
ENSAYO RICE		
Peso del material	1500,00	
Peso del Picnómetro + Agua	7410,00	
Peso Picnómetro + Agua + Material	8272,00	
RICE:	1500,00	2,351
	1500+7410-8272	



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 15 *Extracción de 2% de agregado grueso*

 <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div> 				
LABORATORIO DE SUELOS				
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO				
PROCEDENCIA:				
FECHA: 08/07/2020				
ABSCISAS:				
EXTRACCION DE ASFALTO				
A = PESO MUESTRA ANTES DE LA EXTRACCION		1000,00		gr.
B = PESO DE FILTRO ANTES DE EXTRACCION		14,00		gr.
C = PESO FILTRO DESPUES		15,96		gr.
D = VOLUMEN DE DISOLVENTE x 0,001		2,0		ml
E= PESO DE LA MUESTRA DESPUES		929		gr.
F = PESO RETENIDO EN FILTRO		1,96		gr:
% ASFALTO =	A - (E+D+F)	x 100 =	6,70	%
	A			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 16 Granulometría de 2% de agregado grueso

 <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div>  <div style="text-align: right;"> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p> </div>						
LABORATORIO DE SUELOS						
GRANULOMETRÍA						
PROYECTO: Análisis del desempeño de pavimento flexible reemplazando el 10% de agregado grueso con llantas recicladas para vías nivel de tránsito uno					Norma: INEN 696	
TIPO DE MATERIAL:						
PROCEDENCIA:						
FECHA: 08/07/2020						
GRANULOMETRÍA						
TAMÍZ		Peso retenido	% Retenido	% Que pasa	ESPECIFICACIÓN	
No	mm	Acumulado			Lim. Infer.	Lim. Sup.
3"	76,20					
2 1/2"	63,50					
2"	50,80					
1 1/2"	38,10					
1"	25,40	0	0	100		
3/4"	19,10	0	0	100	100	100
1/2"	19,10	31	3	97	90	100
3/8"	9,50	110	12	88		
No4	4,76	361	39	61	44	74
PASA EL No4						
No8	2,360	494	53	47	28	58
No16	1,180	573	62	38		
No30	0,600	621	67	33		
No50	0,300	731	79	21	7	21
No100	0,150	845	91	9		
No200	0,074	882	95	5	2	10
PASA EL No200		47	5			
TOTAL, MUESTRA		929	100			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

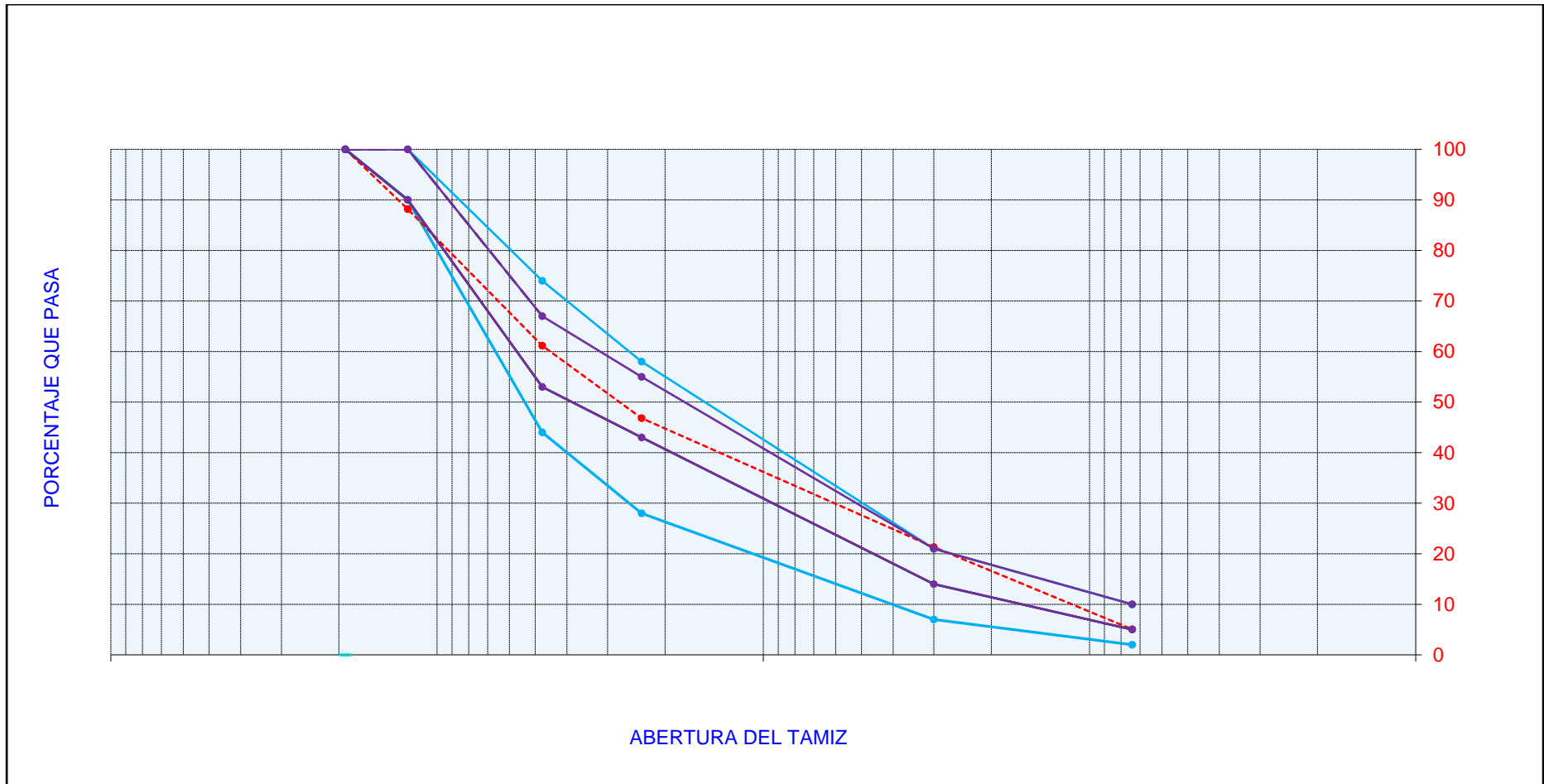






Gráfico 4 Curva granulométrica de 2% de agregado
 Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Tabla 57 Método Marshall de 2% de agregado

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> <div style="text-align: right;">  FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN </div>																	
LABORATORIO DE SUELOS																	
Control diario de propiedades de mezclas asfálticas																	
METODO MARSHALL																	
Número de golpes por lado: 75				Anillo No.			Constante: 9,495			Gravedad Específica Máxima							
% de C.A.: 6,2 (5,9 - 6,5)				Gravedad Específica BULK promedio de agregados: 2,661													
Gravedad Específica del C.A. 1,020				Gravedad Específica del agregado							C.A. Absorbido por el agregado seco						
Muestra	Material	% asfalto	PESO MUESTRA			VOLUMEN C.C.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	FACTOR CORREC	ESTABILIDAD		FLUJO
			Aire seco	Agua	Aire s.s.s.		Bulk probeta	RICE	Agreg.	Vacíos	C.A.				DIAL	CORREG.	
1	Ag. Grueso		1102	619	1102	483	2,282	SIN MODIFICAR					1,09	198	0	13	
2	Ag. Medio		1109	623	1109	486	2,282						1,09	209	0	13	
3	Ag. Fino		1103	615	1104	489	2,256						1,09	197	0	12	
	% C.A.	6,70															
	Promedio						2,273	2,351	79,69	3,32	16,99	20,31	84		0	13	
FECHA: 8 de julio de 2020										PROCEDENCIA: 0							
PROYECTO: 0										ENSAYADO POR							
TIPO DE MATERIAL: 0										APROBADO POR							



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Tabla 18 *Ensayo Rice de 2,5% de agregado*

 <p style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </p>  <p style="text-align: right; font-size: small;"> FIC <small>INSTITUTO</small> INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN </p>		
LABORATORIO DE SUELOS		
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO		
TIPO DE MATERIAL:		
PROCEDENCIA:		
FECHA: 08/07/2020		
ABSCISAS		
ENSAYO RICE		
Peso del material	1500,00	
Peso del Picnómetro + Agua	7410,00	
Peso Picnómetro + Agua + Material	8301,00	
RICE:	1500,00	2,463
	1500+7410-8301	



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 19 *Extracción de 2,5% de agregado grueso*

 <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div> 				
LABORATORIO DE SUELOS				
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO				
PROCEDENCIA:				
FECHA: 08/07/2020				
ABSCISAS:				
EXTRACCION DE ASFALTO				
A = PESO MUESTRA ANTES DE LA EXTRACCION		1000,00		gr.
B = PESO DE FILTRO ANTES DE EXTRACCION		14,36		gr.
C = PESO FILTRO DESPUES		15,94		gr.
D = VOLUMEN DE DISOLVENTE x 0,001		2,0		ml
E= PESO DE LA MUESTRA DESPUES		930		gr.
F = PESO RETENIDO EN FILTRO		1,58		gr:
% ASFALTO =	A - (E+D+F)	x 100 =	6,64	%
	A			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 20 Granulometría de 2,5% de agregado grueso

		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			 FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	
		LABORATORIO DE SUELOS				
GRANULOMETRÍA						
PROYECTO: Análisis del desempeño de pavimento flexible reemplazando el 10% de agregado grueso con llantas recicladas para vías nivel de tránsito uno					Norma: INEN 696	
TIPO DE MATERIAL:						
PROCEDENCIA:						
FECHA: 08/07/2020						
GRANULOMETRÍA						
TAMÍZ		Peso retenido	% Retenido	% Que pasa	ESPECIFICACIÓN	
No	mm	Acumulado			Lim. Infer.	Lim. Sup.
3"	76,20					
2 1/2"	63,50					
2"	50,80					
1 1/2"	38,10					
1"	25,40	0	0	100		
3/4"	19,10	0	0	100	100	100
1/2"	19,10	35	4	96	90	100
3/8"	9,50	107	12	88		
No4	4,76	269	29	71	44	74
PASA EL No4			0	100		
No8	2,360	466	50	50	28	58
No16	1,180	601	65	35		
No30	0,600	713	77	23		
No50	0,300	810	87	13	5	21
No100	0,150	868	93	7		
No200	0,074	886	95	5	2	10
PASA EL No200		44	5			
TOTAL, MUESTRA		930	100			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

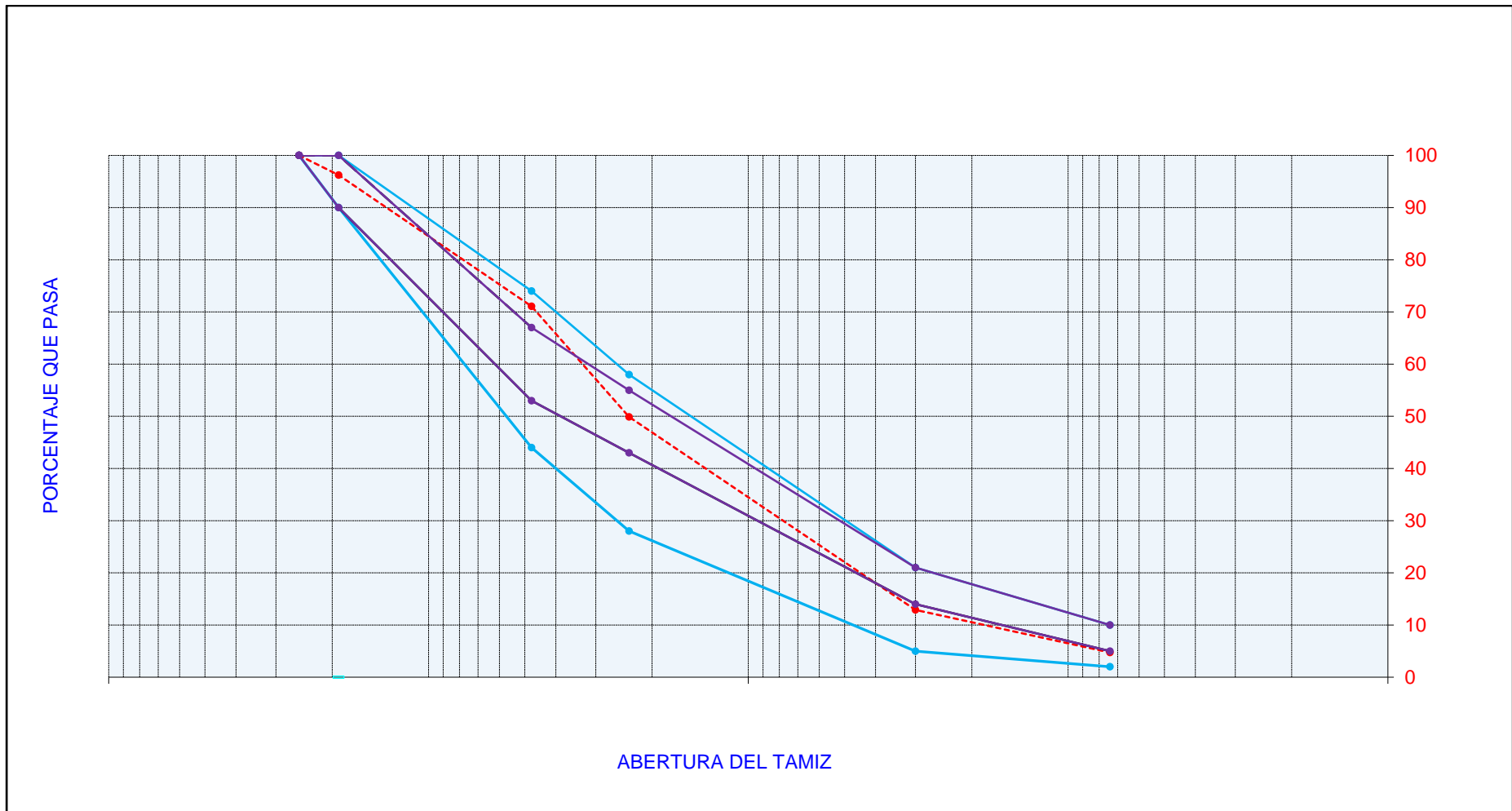




Gráfico 5 Curva granulométrica de 2,5% de agregado
 Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 21 *Método Marshall de 2,5% de agregado*

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div>  <div style="text-align: right; font-size: small;"> INSTITUTO INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN </div>																	
LABORATORIO DE SUELOS																	
Control diario de propiedades de mezclas asfálticas																	
METODO MARSHALL																	
Número de golpes por lado: 75							Anillo No.			Constante: 9,495			Gravedad Específica Máxima				
% de C.A.: 6,2 (5,9 - 6,5)							Gravedad Específica BULK promedio de agregados: 2,661										
Gravedad Específica del C.A. 1,020							Gravedad Específica del agregado							C.A. Absorbido por el agregado seco			
Muestra	Material	% asfalto	PESO MUESTRA			VOLUMEN C.C.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	FACTOR CORREC	ESTABILIDAD		FLUJO
			Aire seco	Agua	Aire s.s.s.		Bulk probeta	RICE	Agreg.	Vacios	C.A.				DIAL	CORREG.	
1	Ag. Grueso	09-ene-20	1155	645	1167	523	2,210	MODIFICADA CON 2,5 %CAUCHO					0,96	160	1458	14	
2	Ag. Medio		1181	651	1193	542	2,179						0,93	155	1369	16	
3	Ag. Fino		1169	642	1188	546	2,141						0,93	110	971	18	
	% C.A.	6,64															
	Promedio						2,177	2,463	74,53	11,62	13,86	25,47	54		1266	16	
FECHA: 8 de julio de 2020										PROCEDENCIA: 0							
PROYECTO: 0										ENSAYADO POR							
TIPO DE MATERIAL: 0										APROBADO POR							



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 22 *Propiedades de la carpeta asfáltica desde 2,5 % hasta 10%*

LABORATORIO DE SUELOS																		
PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFALTICA																		
FECHA	ABCISA	GRANULOMETRIA % PASA TAMIZ								Extracción de asfalto	Densidad Bulk	% Vacíos	V.A.M	V.A.F	Estabilidad	Flujo	Bulk agregados	RICE
		1	3/4"	1/2"	3/8"	4	8	50	200									
09-ene-20	MODIFICADA CON 2,5 %CAUCHO	100								6,64	2,177	11,62	25,47	54	1266	16	2,727	2,463
09-ene-20	MODIFICADA CON 5 %CAUCHO	100								6,97	2,021	16,33	31,06	47	621	22	2,727	2,415
09-ene-20	MODIFICADA CON 7,5 %CAUCHO	100								6,99	1,888	18,05	35,59	49	584	40	2,727	2,304
09-ene-20	MODIFICADA CON 10% CAUCHO	100								7,02	1,767	21,42	39,77	46	527	47	2,727	2,248
ESPECIFICACIONES																		
CARPETA ASFALTICA T/N 1/2"				90-	56-	44-	28-	5-	2-			3-5	>15	65/75	>2200	8-14		
				100	100	80	74	58	21	10								



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 23 *Ensayo Rice de 5% de agregado*

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> 		
LABORATORIO DE SUELOS		
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO		
TIPO DE MATERIAL:		
PROCEDENCIA:		
FECHA: 08/07/2020		
ABSCISAS		
ENSAYO RICE		
Peso del material	1500,00	
Peso del Picnómetro + Agua	7410,00	
Peso Picnómetro + Agua + Material	8289,00	
RICE:	1500,00	2,415
	1500+7410-8289	



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 24 *Extracción de 5% de agregado grueso*

 <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div> 				
LABORATORIO DE SUELOS				
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO				
PROCEDENCIA:				
FECHA: 08/07/2020				
ABSCISAS:				
EXTRACCION DE ASFALTO				
A = PESO MUESTRA ANTES DE LA EXTRACCION		1000,00		gr.
B = PESO DE FILTRO ANTES DE EXTRACCION		14,66		gr.
C = PESO FILTRO DESPUES		15,96		gr.
D = VOLUMEN DE DISOLVENTE x 0,001		2,0		ml
E= PESO DE LA MUESTRA DESPUES		927		gr.
F = PESO RETENIDO EN FILTRO		1,30		gr:
% ASFALTO =	A - (E+D+F)	x 100 =	6,97	%
	A			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 25 Granulometría de 5% de agregado grueso

 <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div> 						
LABORATORIO DE SUELOS						
GRANULOMETRÍA						
PROYECTO: Análisis del desempeño de pavimento flexible reemplazando el 10% de agregado grueso con llantas recicladas para vías nivel de tránsito uno					Norma: INEN 696	
TIPO DE MATERIAL:						
PROCEDENCIA:						
FECHA: 08/07/2020						
GRANULOMETRÍA						
TAMÍZ		Peso retenido	% Retenido	% Que pasa	ESPECIFICACIÓN	
No	mm	Acumulado			Lim. Infer.	Lim. Sup.
3"	76,20					
2 1/2"	63,50					
2"	50,80					
1 1/2"	38,10					
1"	25,40	0	0	100		
3/4"	19,10	0	0	100	100	100
1/2"	19,10	47	5	95	90	100
3/8"	9,50	92	10	90		
No4	4,76	249	27	73	44	74
PASA EL No4			0	100		
No8	2,360	448	48	52	28	58
No16	1,180	595	64	36		
No30	0,600	712	77	23		
No50	0,300	812	88	12	5	21
No100	0,150	868	94	6		
No200	0,074	897	97	3	2	10
PASA EL No200		30	3			
TOTAL, MUESTRA		927	100			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

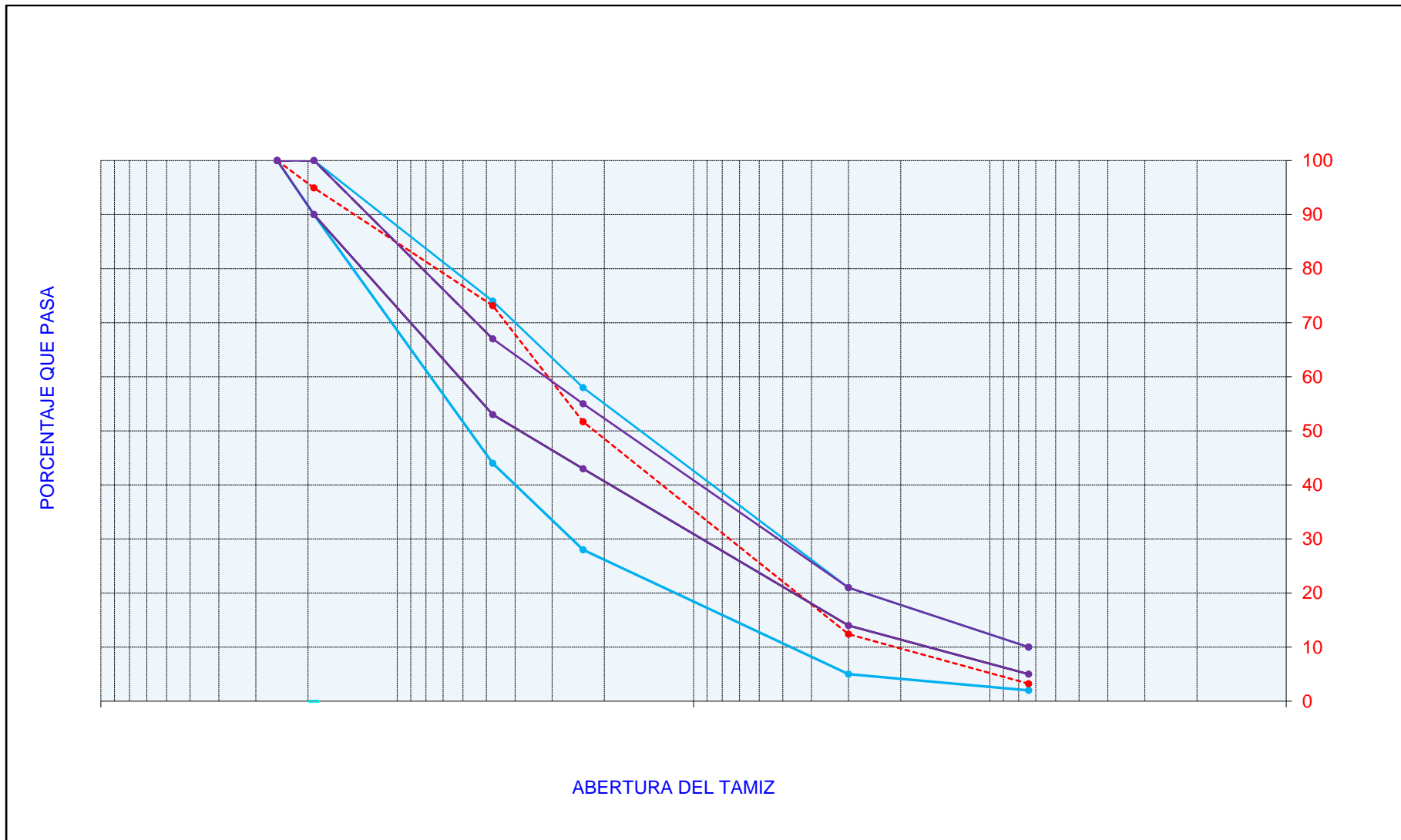




Gráfico 6 Curva granulométrica de 5% de agregado
 Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 26 Método Marshall de 5% de agregado

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div>  <div style="text-align: right; font-size: small;"> FACULTAD INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN </div>																	
LABORATORIO DE SUELOS																	
Control diario de propiedades de mezclas asfálticas																	
METODO MARSHALL																	
Número de golpes por lado: 75							Anillo No.			Constante: 9,495			Gravedad Específica Máxima				
% de C.A.: 6,2 (5,9 - 6,5)							Gravedad Específica BULK promedio de agregados: 2,661										
Gravedad Específica del C.A. 1,018							Gravedad Específica del agregado							C.A. Absorbido por el agregado seco			
Muestra	Material	% asfalto	PESO MUESTRA			VOLUMEN C.C.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	FACTOR CORREC	ESTABILIDAD		FLUJO
			Aire seco	Agua	Aire s.s.s.		Bulk probeta	RICE	Agreg.	Vacios	C.A.				DIAL	CORREG.	
1	Ag. Grueso	09-ene-20	1133	586	1156	570	1,988	MODIFICADA CON 5 %CAUCHO					0,86	60	490	20	
2	Ag. Medio		1143	596	1168	572	1,999						0,86	70	572	21	
3	Ag. Fino		1178	630	1198	568	2,076						0,86	98	800	24	
	% C.A.	6,97															
	Promedio						2,021	2,415	68,94	16,33	14,72	31,06	47		621	22	
FECHA: 8 de julio de 2020											PROCEDENCIA: 0						
PROYECTO: 0											ENSAYADO POR						
TIPO DE MATERIAL: 0											APROBADO POR						



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Tabla 27 Ensayo Rice de 7,5% de agregado

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> 		
LABORATORIO DE SUELOS		
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO		
TIPO DE MATERIAL:		
PROCEDENCIA:		
FECHA: 08/07/2020		
ABSCISAS		
ENSAYO RICE		
Peso del material	1500,00	
Peso del Picnómetro + Agua	7410,00	
Peso Picnómetro + Agua + Material	8259,00	
RICE:	1500,00	2,304
	1500+7410-8259	

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 28 *Extracción de 7,5% de agregado grueso*

 <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div> 				
LABORATORIO DE SUELOS				
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO				
PROCEDENCIA:				
FECHA: 08/07/2020				
ABSCISAS:				
EXTRACCION DE ASFALTO				
A = PESO MUESTRA ANTES DE LA EXTRACCION		1000,00		gr.
B = PESO DE FILTRO ANTES DE EXTRACCION		14,20		gr.
C = PESO FILTRO DESPUES		15,32		gr.
D = VOLUMEN DE DISOLVENTE x 0,001		2,0		ml
E= PESO DE LA MUESTRA DESPUES		927		gr.
F = PESO RETENIDO EN FILTRO		1,12		gr:
% ASFALTO =	A - (E+D+F)	x 100 =	6,99	%
	A			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Table 29 Granulometría de 7,5% de agregado grueso

TAMÍZ		Peso retenido	% Retenido	% Que pasa	ESPECIFICACIÓN	
No	Mm	Acumulado			Lim. Infer.	Lim. Sup.
3"	76,20					
2 1/2"	63,50					
2"	50,80					
1 1/2"	38,10					
1"	25,40	0	0	100		
3/4"	19,10	0	0	100	100	100
1/2"	19,10	26	3	97	90	100
3/8"	9,50	86	9	91		
No4	4,76	254	27	73	44	74
PASA EL No4			0	100		
No8	2,360	486	52	48	28	58
No16	1,180	630	68	32		
No30	0,600	739	80	20		
No50	0,300	830	90	10	5	21
No100	0,150	882	95	5		
No200	0,074	908	98	2	2	10
PASA EL No200		19	2			
TOTAL, MUESTRA		927	100			



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Tabla 30 Método Marshall de 7,5% de agregado

ULVR		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										FIIC FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN					
LABORATORIO DE SUELOS																	
Control diario de propiedades de mezclas asfálticas																	
METODO MARSHALL																	
Número de golpes por lado: 75						Anillo No.		Constante: 9,495				Gravedad Específica Máxima					
% de C.A.: 6,2 (5,9 - 6,5)						Gravedad Específica BULK promedio de agregados: 2,661											
Gravedad Específica del C.A. 1,018						Gravedad Específica del agregado						C.A. Absorbido por el agregado seco					
Muestra	Material	% asfalto	PESO MUESTRA			VOLUMEN c.c.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	FACTOR CORREC	ESTABILIDAD		FLUJO
			Aire seco	Agua	Aire s.s.s.		Bulk probeta	RICE	Agreg.	Vacíos	C.A.				DIAL	CORREG.	
1	Ag. Grueso	09-ene-20	869	438	891	453	1,918	MODIFICADA CON 7,5 %CAUCHO					1,25	55	653	38	
2	Ag. Medio		1043	532	1082	550	1,896						0,89	70	592	40	
3	Ag. Fino		1032	512	1069	557	1,851						0,89	60	507	41	
	% C.A.	6,99															
	Promedio						1,888	2,304	64,41	18,05	17,55	35,59	49		584	40	
FECHA: 8 de julio de 2020										PROCEDENCIA: 0							
PROYECTO: 0										ENSAYADO POR							
TIPO DE MATERIAL: 0										APROBADO POR							



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Tabla 6 *Ensayo Rice de 10% de agregado*

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> 		
LABORATORIO DE SUELOS		
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO		
TIPO DE MATERIAL:		
PROCEDENCIA:		
FECHA: 01/08/2018		
ABSCISAS		
ENSAYO RICE		
Peso del material	1500,00	
Peso del Picnómetro + Agua	7410,00	
Peso Picnómetro + Agua + Material	8242,60	
RICE:	1500,00	2,248
	1500+7410-8242,6	



Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Tabla 7 Extracción de 10% de agregado grueso

 <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div> 				
LABORATORIO DE SUELOS				
PROYECTO: ANALISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE REEMPLAZANDO EL 10% DE AGREGADO GRUESO CON LLANTAS RECICLADAS PARA VIAS NIVEL DE TRANSITO UNO				
PROCEDENCIA:				
FECHA: 08/07/2020				
ABSCISAS:				
EXTRACCION DE ASFALTO				
A = PESO MUESTRA ANTES DE LA EXTRACCION		1000,00		gr.
B = PESO DE FILTRO ANTES DE EXTRACCION		14,20		gr.
C = PESO FILTRO DESPUES		15,32		gr.
D = VOLUMEN DE DISOLVENTE x 0,001		2,0		ml
E= PESO DE LA MUESTRA DESPUES		926,7		gr.
F = PESO RETENIDO EN FILTRO		1,12		gr:
% ASFALTO =	A - (E+D+F)	x 100 =	7,02	%
	A			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (20

Tabla 8 Granulometría de 10% de agregado grueso

		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			 FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	
		LABORATORIO DE SUELOS				
GRANULOMETRÍA						
PROYECTO: Análisis del desempeño de pavimento flexible reemplazando el 10% de agregado grueso con llantas recicladas para vías nivel de tránsito uno					Norma: INEN 696	
TIPO DE MATERIAL:						
PROCEDENCIA:						
FECHA: 08/07/2020						
GRANULOMETRÍA						
TAMÍZ		Peso retenido	% Retenido	% Que pasa	ESPECIFICACIÓN	
No	Mm	Acumulado			Lim. Infer.	Lim. Sup.
3"	76,20					
2 1/2"	63,50					
2"	50,80					
1 1/2"	38,10					
1"	25,40	0	0	100		
3/4"	19,10	0	0	100	100	100
1/2"	19,10	45	5	95	90	100
3/8"	9,50	150	16	84		
No4	4,76	280	30	70	44	74
PASA EL No4						
No8	2,360	410	44	56	28	58
No16	1,180	520	56	44		
No30	0,600	720	78	22		
No50	0,300	850	92	8	5	21
No100	0,150	876	95	5		
No200	0,074	910	98	2	2	10
PASA EL No200		17	2			
TOTAL, MUESTRA		927	100			

Elaborado por: Ordoñez Andrés (20

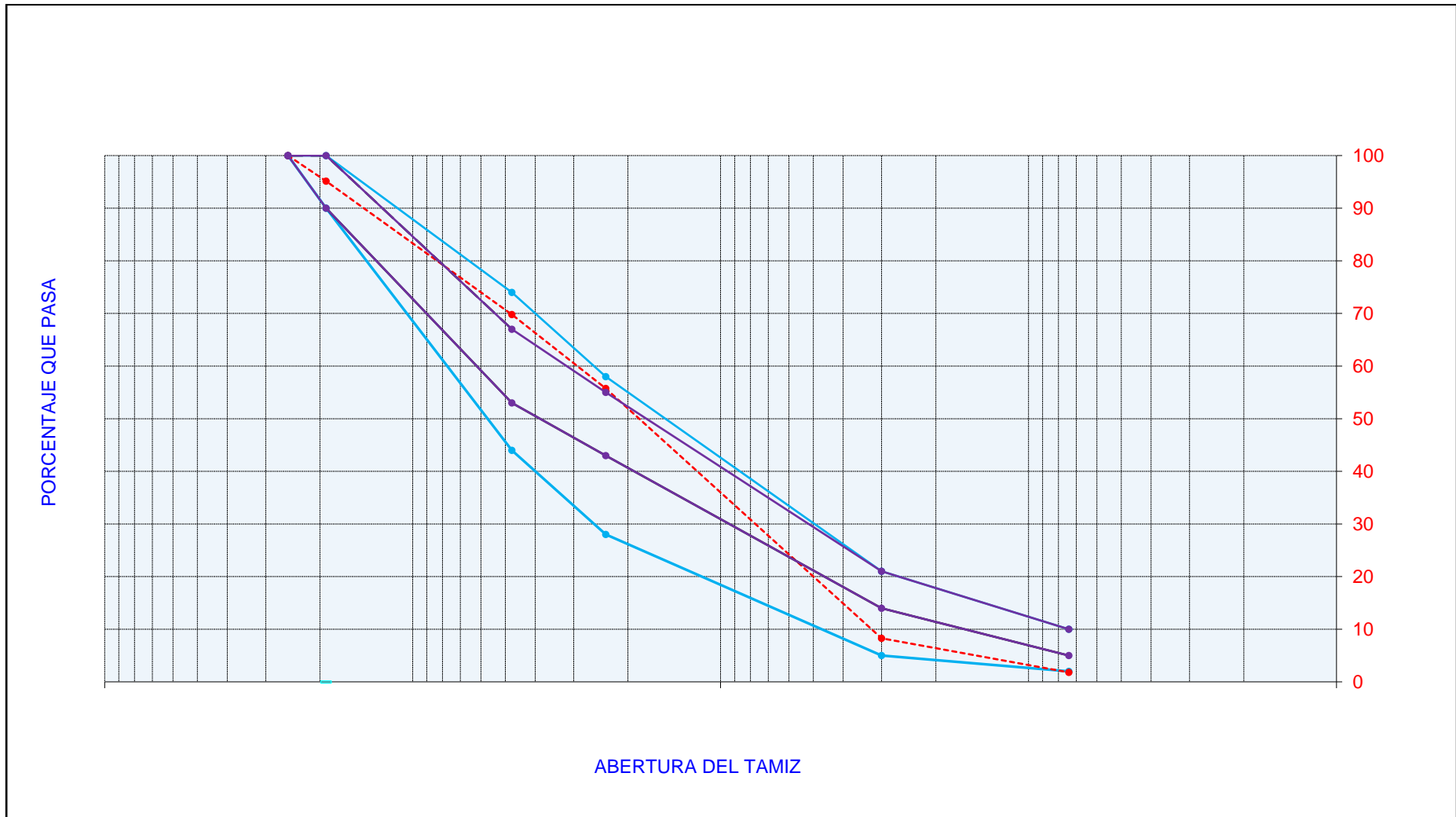




Gráfico 8 Curva granulométrica de 10% de agregado
 Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

Tabla 9 Método Marshall de 10% de agregado

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> <div style="float: right; text-align: right;">  <small>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</small> </div>																	
LABORATORIO DE SUELOS																	
Control diario de propiedades de mezclas asfálticas																	
METODO MARSHALL																	
Número de golpes por lado: 75							Anillo No.			Constante: 9,495			Gravedad Específica Máxima				
% de C.A.: 6,2 (5,9 - 6,5)							Gravedad Específica BULK promedio de agregados: 2,661										
Gravedad Específica del C.A. 1,018							Gravedad Específica del agregado							C.A. Absorbido por el agregado seco			
Muestra	Material	% asfalto	PESO MUESTRA			VOLUMEN c.c.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	FACTOR CORREC	ESTABILIDAD		FLUJO
			Aire seco	Agua	Aire s.s.s.		Bulk probeta	RICE	Agreg.	Vacios	C.A.				DIAL	CORREG.	
1	Ag. Grueso	09-ene-20	769	365	810	445	1,918	MODIFICADA CON 10 % CAUCHO						1,25	45	534	44
2	Ag. Medio		955	458	993	535	1,896						0,96	60	547	50	
3	Ag. Fino		945	451	980	529	1,851						0,96	55	501	48	
	% C.A.	7,02															
	Promedio						1,767	2,248	60,23	21,40	18,37	39,77	46		527	47	
FECHA: 8 de julio de 2020										PROCEDENCIA: 0							
PROYECTO: 0										ENSAYADO POR							
TIPO DE MATERIAL: 0										APROBADO POR							

Elaborado por: Ordoñez Andrés (2020)

2. NEXO FOTOGRAFICO

PROCESO DE TAMIZADO DE LOS AGREGADOS









SHOT ON MI 9 LITE
AI TRIPLE CAMERA



SHOT ON MI 9 LITE
AI TRIPLE CAMERA























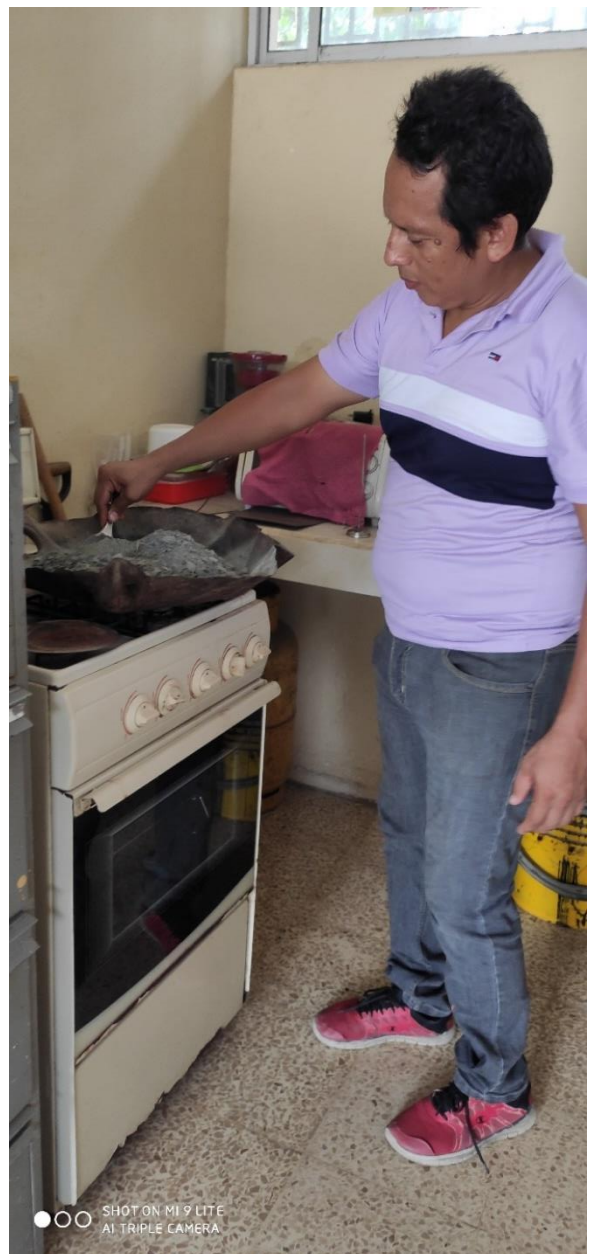


SHOT ON MI 9 LITE
AI TRIPLE CAMERA



SHOT ON MI 9 LITE
AI TRIPLE CAMERA

PROCESO DE PESADO Y MEZCLADO DE LOS AGREGADOS



PROCESO MEDISION DE TEMPERATURA ASFLATO



ELABORACION DE BRIQUETAS COMPACTADAS CON EL MASTILLO DE
MARSHAL



PESO ESPECIFICO DE BULK













DENSIDAD CON EL PICNOMETRO DE RICE









EXTRACCION



SHOT ON MI 9 LITE
AI TRIPLE CAMERA









EXTRACTOR CENTRIFUGO DE ASFALTO





SHOT ON MI 9 LITE
AI TRIPLE CAMERA



SHOT ON MI 9 LITE
AI TRIPLE CAMERA











ROTURA DE BRIQUETAS





SHOT ON MI 9 LITE
AI TRIPLE CAMERA



SHOT ON MI 9 LITE
AI TRIPLE CAMERA

