



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Incorporación De Material Reciclado De Asfalto En Mezcla  
Asfáltica Para Diseño De Pavimento, Jirón Ayacucho  
km1, Talavera, Andahuaylas, 2020”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

**AUTORES:**

Carpio Garcés, Staysi Heydi (ORCID: 0000-0002-5791-2305)

Mosqueira Niño De Guzman, Evert Christopher (ORCID: 0000-0001-5113-2896)

**ASESOR:**

Mg. Ing. Suarez Alvites ,Alejandro (ORCID: 0000-0002-9397-057X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

LIMA-PERÚ

2020

## Dedicatoria

Este informe de investigación va dedicado principalmente a Dios, a nuestros padres por habernos dado su apoyo incondicional, en este proceso de formación profesional.

Agradecimiento:

Agradecemos este informe de investigación, primeramente, a Dios, a nuestro asesor , y a nuestros padres ya que gracias a ellos se llevó a cabo .

## Índice de Contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>39</b>
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	40
3.2 Variables y operacionalización .....	41
3.3 Población, muestra y muestreo: .....	41
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	42
3.5 Procedimientos:.....	42
3.6 Método de análisis de datos.....	43
3.7 Aspectos éticos .....	43
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>62</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de granulometría .....	16
Tabla 2	Tabla de clasificación de suelos según índice de plasticidad.....	17
Tabla 3	Tabla de mecánica de suelos.....	17
Tabla 4	Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos .....	18
Tabla 5	Requisitos para los agregados gruesos .....	22
Tabla 6	Requisitos para agregados finos .....	23
Tabla 7	Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC) .....	23
Tabla 8	Características de la mezcla mejorada.....	31
Tabla 9	Requisitos para ensayo Marshall según MTC 2013.....	31
Tabla 10	Requisitos para ensayo marshall según RNE CE010.....	32
Tabla 11	Factores de distribución direccional y de carril .....	33
Tabla 12	Calculo de ejes equivalentes.....	35
Tabla 13	Datos Mathcad.....	44
Tabla 14	Análisis de varianza .....	46
Tabla 15	Diseño de Mezcla con RAP .....	47
Tabla 16	Granulometría de la Mezcla con RAP.....	48
Tabla 17	Características de la mezcla con RAP .....	49
Tabla 18	Conteo vehicular .....	50
Tabla 19	Factores de distribución direccional y de carril .....	51
Tabla 20	Peso por el tipo de ejes.....	52
Tabla 21	Calculo de factor de ejes equivalentes .....	53
Tabla 22	ESAL .....	54
Tabla 23	Variables de tiempo .....	55
Tabla 24	Variable de tránsito .....	55
Tabla 25	Subrasante .....	56
Tabla 26	Desviación estándar .....	56
Tabla 27	Factor de confiabilidad .....	57
Tabla 28	Serviciabilidad inicial.....	58
Tabla 29	Serviciabilidad final .....	58

Tabla 30 Coeficientes estructurales .....	60
Tabla 31 Coeficiente de drenaje para las capas .....	60
Tabla 32 Espesores de capa .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema general de gestión de pavimentos .....	13
Figura 2 Estructura de Pavimento flexible .....	14
Figura 3 Manual de ensayo de Materiales .....	15
Figura 4 Clasificación de Vehículos.....	33
Figura 5 Promedio de Valores .....	45
Figura 6 Estabilidad en relación al porcentaje de RAP .....	45
Figura 7 Graficas RAP vs Vacíos y VFA.....	46
Figura 8 Gráficas RAP vs Flujo .....	47

## Resumen

En este trabajo se realizaron los cálculos de una carpeta asfáltica de un pavimento flexible, utilizando conceptualmente material asfáltico reciclado (RAP). La cantidad de asfalto fresco sustituido por el reciclado en el análisis correspondiente fue del 40%. La información recopilada fue tratada estadísticamente la cual derivó en tres modelos de segundo orden de vacíos, vacíos llenos de asfalto (VFA) y flujo, como funciones de RAP. Los datos se obtuvieron para un amplio rango de RAP entre 15 a 50%. Para el 40% de RAP se alcanzó un límite máximo de vacíos de 3.4 %; el vacío lleno de asfalto alcanzó el 75%; y el flujo limite fue de 3.8 mm. Con estos datos y el estudio de suelos con CBR de 7.2% se realizaron los cálculos para un pavimento flexible obteniéndose 9cm de espesor de la capa asfáltica, base de 15cm y subbase de 20cm. Estos resultados indican que el pavimento reciclado incorporado en fresco puede utilizarse en nuevos pavimentos que puedan soportar cargas intermedias vehiculares estimadas en  $10^6$  unidades vehiculares. Nuevas alternativas de diseño pueden elaborarse utilizando los resultados de este trabajo, abriendo nuevas oportunidades de investigación:

Palabras clave: Pavimento flexible, asfalto, asfáltico reciclado.



## **Abstract**

In this work, the calculations of an asphalt layer of a flexible pavement were carried out, conceptually using recycled asphalt material (RAP). The amount of fresh asphalt replaced by recycled in the corresponding analysis was 40%. The information collected was statistically treated which resulted in three second order models of voids, voids filled with asphalt (VFA) and flow, as functions of RAP. Data were obtained for a wide range of RAP between 15 to 50%. For 40% of RAP a maximum void limit of 3.4% was reached; the asphalt-filled void reached 75%; and the limit flow was 3.8 mm. With these data and the study of soils with CBR of 7.2%, the calculations were made for a flexible pavement, obtaining a 9cm thickness of the asphalt layer, a 15cm base and a 20cm subbase. These results indicate that fresh-incorporated recycled pavement can be used in new pavements that can support intermediate vehicle loads estimated at 106 vehicle units. New design alternatives can be elaborated using the results of this work, opening up new research opportunities.

Keywords: flexible pavement, asphalt, recycled asphalt.

# **I. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se darán alcances generales, como la realidad problemática que atraviesa nuestro país respecto a este método de diseño, justificaciones de la investigación, así como el problema general conjuntamente con sus problemas específicos, enlazados con sus objetivos .

Hoy en día los pavimentos representan gran parte de los activos viales , por ende, su aplicación ha ido evolucionando y perfeccionándose mediante diseños y tecnologías por todo el mundo, primero con ensayos AASHO 1956 y que ahora está el de AASHTO93 elaborado en Estados Unidos. Según la Universidad de la concepción (2013) Los pavimentos fueron explorados desde Roma. El día de hoy existen más de 12 métodos de diseño elaborados por países como Holanda, Australia y el Reino Unido. (p.17).

Países como Japón y potencias han elaborado propios diseños , pero países como Perú se ven en la necesidad de usar estos métodos, en este caso se usa la de AASHTO93, elaborado en Estados Unidos.

El uso de del reciclado en la construcción de pavimentos asfálticos, es una técnica ya usada desde años atrás, Winkle (2015) afirma “ El pavimento de asfalto reciclado (RAP) se ha utilizado durante muchos años en los Estados Unidos y en el mundo es el producto más reciclado”(p.01).

Para tal método se vuelve cada vez más indispensable en el procedimiento de diseño de pavimento, en el que se incluye el asfalto envejecido o reciclado (RAP), Winter (2020), expone que la aplicación de asfalto recuperado es cada vez más importante en el mundo como por ejemplo en la Red Europea de Carreteras. Además de muchos métodos de reciclaje convencionales (es decir, mezclas de asfalto caliente), el reciclaje en frío se ha aplicado con éxito en numerosas estructuras viales dentro de la red vial secundaria y principal.(p.01)

Así como indica la cita , de igual manera la aplicación de asfalto recuperado, es también importante en América latina.

En una época como en la que nos encontramos es inevitable realizar actividades sin pensar en el factor ambiental, es por ese motivo que hoy en día se están generando estrategias, metodologías e implementando tecnologías para disminuir el impacto negativo ambiental, una de estas tecnologías y metodologías es el uso de materiales reciclados para nuevos diseños o para mantenimientos, en este caso se usa material reciclado de asfalto para proponer un nuevo diseño, Marcozzi (2017) indica que el desarrollo de mezclas asfálticas recicladas combinan las técnicas enunciadas precedentemente (WAM-RAP) y que facilitan la fabricación de pavimentos flexibles de alta calidad incorporando grandes ventajas de reciclabilidad y trabajabilidad, así como se mejora la huella de carbono, gracias al menor consumo energético.(p.02)

Es posible lograr fabricación de mezclas de alta calidad usando asfalto reciclado, además que brinda ventajas en el proceso de aplicación.

Para Apurímac, específicamente Andahuaylas, es de gran importancia, así como para todo el Perú, acceder a este método de diseño de pavimento flexible, ya que es un país que cuenta con infraestructuras viales en mal estado, y que mejor manera de usarlas como RAP, para futuros diseños. Cabe resaltar que el Perú es un país que no acostumbra usar métodos innovadores en la construcción vial, el uso de asfalto reciclado está casi dejado de lado, pero se necesita mayor divulgación , mayor conocimiento acerca de esta aplicación en el diseño.

Específicamente la vía usada en este informe de investigación, cuenta con reparaciones excesivas , tramos en mal estado con la exposición de las bases y desprendimiento de material asfáltico, es por ello que se propone la elaboración de un diseño en el kilómetro 1, usando la carpeta existente, como material (RAP).

Demostrando un posible éxito en tal diseño, se espera que vías aledañas y en general en todo el Perú, tomen en consideración el uso de esta técnica. Se pretende diseñar y caracterizar un sistema dentro de la construcción de infraestructuras viales, incentivar a la investigación y la aplicación de materiales

recicladados, ya que el método tradicional incluye, desgastes energéticos, y lo más importante de todos, el impacto negativo al medio ambiente que este factor causa. Según la Editorial de la Universidad Jaime Bausate y Meza (2016) señala que, en la sustentación teórica, se detalla el fin teórico de la investigación, el complementar a una teoría existente, el buscar respuestas a algún vacío en el conocimiento, especificar el modelo teórico que se sigue al mencionar los aportes que se dará. (p.27) Basados en datos de investigadores que miden experimentalmente las propiedades de mezclas asfálticas, es posible elaborar modelos de mezclas que sustituyan los análisis extensos de laboratorio y usar lo predictivo con fuente confiable para elaborar concreto residual mezclado con fresco para pavimentos actuales.

Cuenta con una justificación práctica, ya que se integra principios básicos de diseño de carpeta asfáltica con la alternativa de la incorporación de asfalto residual al asfalto fresco con el fin de resolver los problemas viales y reducir la acumulación de material asfáltico residual. Además, el aporte está alineado con el ahorro de energía que fue aplicada originalmente al pavimento residual. Según la Editorial de la Universidad Jaime Bausate y Meza (2017), la justificación práctica es el aporte de la investigación para la realidad a la que se orienta, ya sea para la explicación, la solución, mejora o reducción del problema, abriendo nuevas oportunidades de investigación para los profesionales o instituciones interesadas por el estudio.(p.27)

La investigación cuenta con una justificación social ya que busca la solución de problemas para la comunidad referentes al reciclado de asfalto, ya que la sociedad demanda un bajo impacto en el ambiente , costos reducidos. Según Sampieri (2014), para la justificación social responde a las siguientes preguntas ¿Cuál es la trascendencia para la sociedad?, ¿Quiénes se beneficiarán con los resultados de la investigación? ¿qué alcance o proyección social tiene?(p.40).

También busca proporcionar información que será útil a toda la comunidad profesional del área de ingeniería civil, para así mejorar el conocimiento sobre promover el reciclado en la infraestructura vial.

El problema actualmente es los sobrevalores, mantenimientos hechos con periodos largos, y con una técnica tradicional que posiblemente podría ser reemplazada con

una nueva, como sería el uso de material reciclado de asfalto para el diseño de una nueva mezcla asfáltica, se busca demostrar que las cualidades de dicho material sean semejantes al sistema tradicional, además que reduce costos, tiempos, y promueve el reciclaje de pavimentos.

Para tal caso se realizará un análisis de ambos factores como son la del sistema tradicional y la de carpeta asfáltica reciclada. Este estudio se basará también en puntualizar agentes como son el reciclado, para luego demostrar por métodos de laboratorio la factibilidad del uso de esta técnica dentro del país.

El trabajo cuenta con una utilidad metodológica, ya que se realizarán futuras investigaciones que usarán metodologías compatibles.

Para tal caso nos planteamos el siguiente problema general:

¿En qué medida el diseño de pavimentos con material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica, es una alternativa para diseño de pavimento y aplicarse en el Jirón Ayacucho km1, Talavera, ¿Andahuaylas – 2020?

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Cómo influye la cantidad de material reciclado, estabilidad y flujo, mediante el método Marshall, para la incorporación de material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica, para diseño de pavimento en Jirón Ayacucho km 1 -Talavera- Andahuaylas – 2020?
- **PE2:** ¿Cómo influye el volumen de carga vehicular al Diseño de pavimento, para, para la incorporación de material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica, para diseño de pavimento en Jirón Ayacucho km 1 -Talavera- Andahuaylas – 2020?
- **PE3:** ¿Cuáles son las variables, criterios de comportamiento de diseño de pavimento, para, para la incorporación de material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica, para diseño de pavimento en Jirón Ayacucho km 1 -Talavera- Andahuaylas – 2020?

A partir de los problemas generales, así como los específicos se realizan objetivos que responden de manera precisa a los ya mencionados, de igual manera se dividen en el objetivo general y los específicos:

El objetivo general fue: Analizar en qué medida el diseño de pavimentos con material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica, para diseño de pavimento es una alternativa para ser aplicado en el Jirón Ayacucho km 1 -talavera- Andahuaylas – 2020.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Determinar la cantidad de material reciclado, estabilidad y flujo mediante el método Marshall utilizado para la incorporación de material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica, para diseño de pavimento, Jirón Ayacucho km 1 -Talavera- Andahuaylas – 2020.
- **OE2:** Realizar y determinar el volumen de carga vehicular para el diseño de pavimento con la incorporación de material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica, para diseño de pavimento, Jirón Ayacucho km 1 -Talavera- Andahuaylas – 2020.
- **OE3:** Determinar las variables y criterios de comportamiento de diseño de pavimentos, para la incorporación de material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica, para diseño de pavimento, Jirón Ayacucho km 1 -Talavera- Andahuaylas – 2020.

## **II. MARCO TEÓRICO**



El reciclado de carpeta asfáltica , es uno que se le podría considerar una buena alternativa en el diseño y rehabilitación en nuestro país , en cuanto a lo que es impacto ambiental y otros factores, habiendo trabajos de investigación referidos a este tema ,resaltando sus cualidades o exponiendo su diseño, se puede contar con antecedentes nacionales e internacionales:

## **2.1. Antecedentes**

Escobar, Luis; Huincho, Jesús (2017), esta investigación efectúa la evaluación estructural de un pavimento flexible, mediante diferentes ensayos de laboratorio y cálculo de ecuaciones del método AASHTO93 y el Instituto de Asfalto, regidas por las normas peruanas, tales como son el Manual de carreteras, suelos, pavimentos, etc. para ello el proyecto desarrolla una investigación profunda de las infraestructuras viales y de esta forma poder conservar la vida útil de los pavimentos, y a su vez descubrir el porqué de la baja serviciabilidad del pavimento en la carpeta asfáltica, también determinando la influencia de los parámetros en el diseño de pavimentos flexibles.

Yangali, Geoffrey (2015), señala la influencia de las características físico mecánicas de los materiales mediante el comportamiento estructural, siendo estas propiedades el análisis granulométrico, limite líquido, limite plástico y el CBR, precisadas en la norma EG-2013 indicando el parámetro de calidad. A su vez haciendo uso del método mecanístico empírico de pavimentos. La muestra que se utiliza es una carpeta de rodadura deteriorada que posteriormente se le realizaran los ensayos correspondientes, mediante este método de reciclado podremos conocer acerca del comportamiento estructural que con el incremento del CBR de un 45.8 a 60 ( $\pm 12.07\%$ ) nos da unos 11 años y 8 meses sin problemas de serviciabilidad que es similar al recapeo tradicional hasta la fecha de falla, pero luego se podrá apreciar el gran aporte estructural del asfalto.

López, Harly (2018), realizo estudios sobre el comportamiento de mezclas asfálticas empleando asfalto reciclado con emulsión asfáltica y agregándole cemento portland. El asfalto que cubre calles con el paso del tiempo va

desgastándose y generando disminución en las propiedades iniciales por ende se precisan de un cambio urgente. El RAP que se utilizó en este proyecto es reciclado, sujeto a pruebas de laboratorio de granulometría, lavado asfáltico, ejecutando dichos exámenes, verificamos el comportamiento, estimando la adición de cemento portland para aumentar la resistencia y comprobando su eficacia.

Rengifo, José; Vargas, Miguel (2017), la finalidad de este proyecto fue principalmente demostrar los beneficios tanto económicos como técnicos en los pavimentos flexibles, haciendo uso del asfalto reciclado en pro de las vías en rehabilitación, de esta manera habiendo estudiado sus propiedades físicas se hace una mezcla del pavimento antiguo con un pavimento nuevo, obteniendo un ahorro del 40% en agregado pétreo, que posteriormente se usó en la mejora de la carpeta asfáltica, demostrando dicho ahorro mediante ensayos de laboratorios, así también guiándose en el manual de carreteras del MTC y especificaciones técnicas de construcción EG – 2013.

Argumedo, Luis (2019), analizó las ventajas del empleo de la carpeta asfáltica y base granular reciclada para el agrupamiento de una subbase granular perfecta, en la avenida próceres, Distrito de Chilca – Huancayo, esto con el objetivo de mejorar el grado de serviciabilidad de la avenida mencionada anteriormente, la cual se halla en condiciones favorables, al mismo tiempo esta investigación intenta una alternativa de solución, generando una reducción de costos en el desarrollo de un nuevo pavimento, reduciendo de gran manera el impacto ambiental generado.

Gonzales, Angela; Oliveros, William (2016), muestran la forma como se realiza la mezcla asfáltica, sustituyendo algunos agregados con un porcentaje de asfalto reciclado (RAP), desarrollando pruebas de Marshall, de estabilidad y flujo para luego compararlas con mezclas tradicionales, originalmente se realizó las pruebas de granulometría y el contenido de asfalto para el modelo que se necesita para ajustar a la curva granulométrica agregando un porcentaje de 20%, 25% y 30% de asfalto reciclado, posteriormente se halla el contenido de asfalto solicitado para completar los distintos porcentajes de asfalto ( 4.5%, 5.0%, 5.5% y 6%) con el

objetivo que cumpla con las especificaciones dadas por el INVIAS para mezclas en caliente.

Teran, Luis(2015), para obtener el diseño óptimo de la mezcla asfáltica, en el ensayo de laboratorio se calculó el tamaño de partícula del agregado y la proporción adecuada del cemento asfáltico. Las vías de transporte son como una columna vertebral del transporte, ahí yace su importancia, de esta manera llevando a un desarrollo del país, tanto en construcción como en mantenimiento, la duración a largo plazo se dará dependiendo de la mezcla asfáltica en caliente realizada en el diseño, la apropiada elección de los materiales para la construcción del sistema del pavimento, finalmente se genera la formula con una proporción de 5,63%, agregado fino 61,34% y agregado grueso 33,03%.

Balbín y Chochon (2019) Construyen diseños con materiales reciclados para mejorar el comportamiento mecánico del caucho. La metodología realizada se basa en una investigación cuantitativa ya que se realizaron encuestas y análisis de línea base para la medir sus propiedades. Finalmente, una nueva almohadilla que es aceptado con los parámetros establecidos en la almohadilla anterior. A este material reciclado se le han añadido otros áridos para mejorar su comportamiento mecánico. Esto significa mayor rigidez y estabilidad de la deformación. También demostró que el agregado de material reciclado en un 40% minimiza costos , y agregados , además que se ajusta a las normas establecidas en el MTC( 2013).

Darquea Córdova, Francisco José (2017) Caracterizar los materiales, así como su distribución granulométrica, tasa de absorción, peso específico de los agregados, y caracterizarlos según los métodos establecidos por las normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. Se realizaron pruebas Marshall para encontrar la cantidad exacta de asfalto en la mezcla de asfalto y concreto, y se analizaron un total de 108. Finalmente, se realizó un análisis de costos de fabricación. La relación entre la absorción de agregados y el costo de producir una mezcla asfáltica se determinó con base en el origen del material agregado.

Crispin, Eber; Helguero, Leslie (2019), en este proyecto se analizó la estabilización convencional de una base granular, adicionando el reciclado de la carpeta asfáltica mediante el mejoramiento y rehabilitación de la infraestructura vial, esto se determinó a partir de los diferentes ensayos que se realizó para poder especificar las condiciones en la que se encuentra el pavimento a tratar y posteriormente se hizo una comparación entre un pavimento con una base granular tradicional y uno estabilizado, de esta forma analizando las variación en costos y tiempo de ejecución, conjuntamente con las ventajas positivas que trae al medio ambiente la incorporación del RAP.

Medina, Paola (2019), presentó los criterios para la fabricación de bases estabilizadas con material reciclado mediante el fresado de las capas de rodadura, así como también realizó la caracterización de material residual derivados de las capas de rodadura del pavimento flexible, teniendo en cuenta la disponibilidad del lugar, también la gran variedad de diseños que posee, los tipos de agregados minerales, los porcentajes de ligantes, etc. esto será realizado mediante pruebas y ensayos de laboratorio, como es el ensayo de Marshall regidos por cada país, con el fin de obtener mejores resultados en el diseño del pavimento.

## **2.2. Pavimentos:**

El pavimento se ha convertido en un factor crucial en el avance tecnológico, social ,etc. , de un estado, se define en dos puntos: Desde el punto de vista de los usuarios y desde el punto de vista de la ingeniería. Para Rodríguez y Rodríguez (2009) Muestra que, desde la perspectiva del usuario, el asfalto es la superficie que debe ser cómoda y segura para caminar. Debe proporcionar servicios de alta calidad de manera cause un impacto positivo de la forma en que vive la gente. (p. 11)

Es entonces que la denominación de pavimentos recae sobre la estructura apoyada sobre la subrasante, conformado a su vez con unas capas ( base y sub base) y, por último, la carpeta asfáltica.

### **2.3. Gestión de Pavimentos:**

Conservar una infraestructura vial en buenas condiciones es crucial, ya que de este modo se reducen los mantenimientos, se reducen costos en la movilización de personas. En un país los costos destinados a infraestructuras viales son de bastante consideración, también tomándose en cuenta una red vial en un país, tiene que tener las mejores condiciones constructivas, para así garantizar la comodidad y seguridad de los usuarios.

Delgado Alamilla, (2018), Afirma que la finalidad principal de la gestión vial es utilizar información segura y consistente para desarrollar criterios de toma de decisiones, habilitar opciones de inversión realistas y contribuir a aumentar la efectividad en la toma de decisiones. La gestión adecuada de las carreteras estrechas suele ser más fácil, pero para las grandes redes de carreteras, el inventario de daños en la red de carreteras es un aspecto importante que puede dificultar esta tarea. (p.224)

La gestión de pavimentos desarrolla facilidades para poder administrar las infraestructuras, más aún las de redes extensas, ya que en estos se concentran los grandes capitales, etc. A comparación de las redes pequeñas que llegan a ser más simples.

## ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

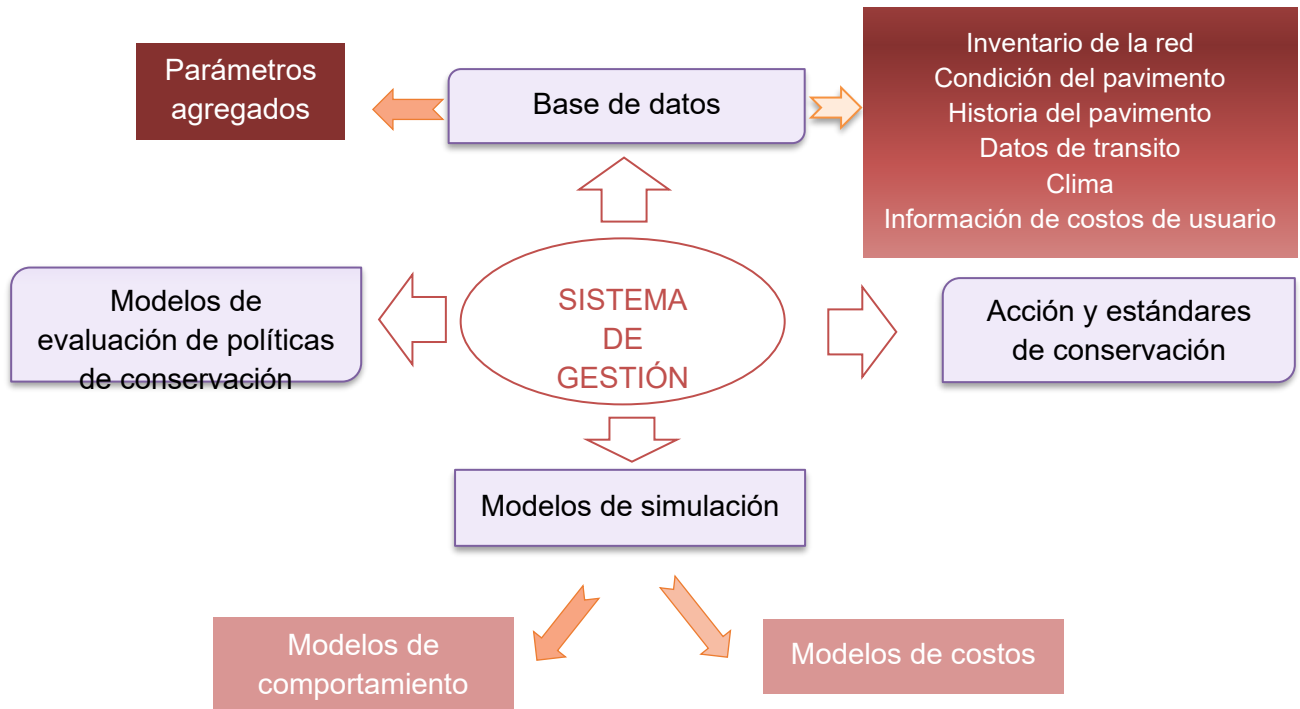


Figura N°1 Elaboración propia

### 2.4. Pavimentos Flexibles :

Son aquellos constituidos por una capa de rodadura denominada carpeta asfáltica, la misma situada sobre capas de material granular (base, subbase). La distribución de cargas se da disipándolas a las capas granulares, del mismo modo con la carpeta asfáltica, como su propio nombre lo indica "flexible". Se dan ondulaciones incapaces de ser observadas, las mismas que generan fisuraciones al ser de maneras repetitivas, motivo principal de los procesos de mantenimiento y conservación.

Para Lizcano (2015) Las estructuras de pavimento de tipo flexible consisten en capas de asfalto soportadas por una capa menos rígida de material granular no tratado o encolado (base, base, pavimento y posiblemente material mejorado de base o de ajuste) Se puede definir como una estructura vial. Está sobre el suelo natural o subsuelo. (p.40)

Estos pavimentos se aplican en tramos donde el tráfico vehicular es abundante, como pueden ser vías, aceras y parkings.

### Estructura de un Pavimento flexible

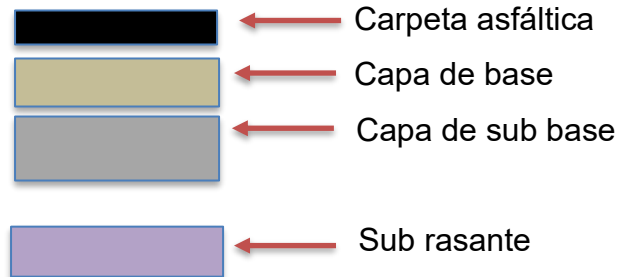


Figura N°2. Elaboración propia (Estructura de Pavimento flexible)

### 2.5. Estudio de suelos:

Para el estudio de suelos en primer lugar, se realizan calicatas viales o perforaciones para llevarlo al laboratorio y hacer los estudios correspondientes, llegar a la clasificación y propiedades del suelo (SUCS) de acuerdo al lugar.

Según Macha, Ricardo (2019), la ubicación y cantidad de calicatas que se van a realizar son de acuerdo a los las necesidades e intereses del proyecto y las actividades llevadas a cabo, toda perforación se ejecutara mediante un planteamiento para la exploración de pavimento. (p. 35).

A continuacion se muestra una tabla de clasificacion de suelos:

## Manual de ensayos de materiales

GW	Gravas bien mezcladas arena, grava con poco o nada de material fino, variación en tamaños granulares.	SM	Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja.
GP	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco nada de material fino.	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcillas.
GM	Gravas limosas mezclas de grava arena limosa.	ML	Limas orgánicas y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas o limas arcillosas con ligera plasticidad.
GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla grava con material fino cantidad apreciable de material fino.	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o mediana, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras.
SW	Arena bien graduada, arenas con grava, poco o nada de material fino. Arenas limosas poco o nada, amplia variación en tamaño granulares y cantidades de partículas en tamaño intermedios.	OL	Limas orgánicas y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad.
SP	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias.	MH	Limas inorgánicas sueltas finas gruesas o limosas, micáceas o distorbetáceas, limas silíceas.

CH	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasas.
OH	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limas orgánicas.
Pt	Turba, suelos considerablemente orgánicos.

Figura N°3. Fuente manual de ensayos de materiales. MTC E101

### 2.5.1. Granulometría:

Se refiere al proceso de laboratorio que nos posibilita calcular la proporción de participación de los granos del terreno, de acuerdo a sus diferentes tamaños, esa cantidad se denomina gradación, este término es diferente al usado en geología el cual se refiere a gradación como construcción y degradación como destrucción del relieve por desarrollos tales como el vulcanismo, tectonismo, erosión, etc.



TAMIZ #	PESO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCIENTO PASANDO
2"	A	$\frac{A}{I} \times 100 = J$	J	100-J
1"	B	$\frac{B}{I} \times 100 = K$	J+K=R	100-R
3/8"	C	$\frac{C}{I} \times 100 = L$	R+L=S	100-S
N° 4	D	$\frac{D}{I} \times 100 = M$	S+M=T	100-T
N° 10	E	$\frac{E}{I} \times 100 = N$	T+N=U	100-U
$\sum I$				

Tabla1 .Fuente: (MTC, 2013)

### 2.5.2. Cálculo de índice de Plasticidad (IP):

Esta propiedad nos indica la estabilidad de suelos hasta cierto límite de humedad sin separarse, por esta razón la plasticidad no depende de elementos grueso sino solamente de elementos finos. Y como el análisis granulométrico no nos proporciona esa información de las características, es necesario realizar los cálculos para determinar los límites de Atterberg. (MTC).

Se calcula como la diferencia entre el límite líquido y limite plástico.

$$\text{Indice de plasticidad} = LL - LP \quad (1)$$

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelo muy arcilloso
IP ≤ 20 IP > 7	Media	Suelo arcilloso
IP < 7	Media	Suelo poco arcilloso
IP = 0	No plástico (NP)	Suelo extensos de arcilla

Tabla 2. Elaboración propia. Fuente, Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos.

Limite liquido (LL): cuando pasa de un estado semilíquido a plástico y puede ser moldeado.

ENSAYO N°	1	2	3	4
N° de golpes				
Tara N°				
Peso del suelo húmedo + tara				
Peso del suelo seco + tara				
Peso del agua				
Peso de la tara				
Peso del suelo seco				
Contenido de humedad (%)				

Tabla 3. Elaborado por la fuente : ASTM,2013

Limite plástico (LP): cuando pasa de un estado plástico a semisólido y sufre agrietamiento.

$$\text{l\u00edmite pl\u00e1stico} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso del suelo secado al horno}} \times 100 \quad (2)$$

### 2.5.3. CBR:

Es una prueba de penetraci\u00f3n que se lleva a cabo para determinar las caracter\u00edsticas mec\u00e1nicas del suelo, tanto de la subrasante, de la sub base y la base de pavimentos a estudiar, tambi\u00e9n calcula la resistencia al esfuerzo cortante del terreno, este ensayo se realiza bajo condiciones \u00f3ptimas de humedad y densidad.

Seg\u00fan Escobar y Huincho (2017), al realizar el estudio de suelo de al menos 6 valores de sectores, de acuerdo al tipo de suelo representativa de determinar\u00e1 las caracter\u00edsticas homog\u00e9neas del terreno y de acuerdo a eso se podr\u00e1 calcular el valor del CBR de la subrasante, en caso haya valores similares o parecidos se tiene que realizar un promedio y tomar ese valor. (p. 17).

Una vez calculado el valor del CBR para el dise\u00f1o, el sector con caracter\u00edsticas similares, ser\u00e1 clasificado en la categor\u00eda que corresponde la subrasante mediante esta tabla de acuerdo al sector al que pertenece:

$$CBR = \frac{\text{carga unitaria de ensayo}}{\text{carga unitaria patron}} \times 100 \quad (3)$$

CATEGOR\u00cdAS DE SUBRASANTE	CBR
$S_0 = \text{Subrasante inadecuada}$	$CBR < 3\%$
$S_1 = \text{Subrasante pobre}$	$De\ CBR \geq 3\% \quad A\ CBR < 6\%$
$S_2 = \text{Subrasante regular}$	$De\ CBR \geq 6\% \quad A\ CBR < 10\%$
$S_3 = \text{Subrasante buena}$	$De\ CBR \geq 10\% \quad A\ CBR < 20\%$
$S_4 = \text{Subrasante muy buena}$	$De\ CBR \geq 20\% \quad A\ CBR < 30\%$
$S_5 = \text{Subrasante excelente}$	$CBR \geq 30\%$

Tabla 4. Elaboraci\u00f3n propia. Fuente MANUAL DE CARRETERAS SUELO, GEOLOG\u00cdA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS.

## **2.6. Pavimento Asfáltico reciclado:**

Los pavimentos están destinados a cargas que a lo largo del tiempo infringen daños y hacen que la capa de rodadura sufra desgaste, es por eso que se requieren renovaciones o hasta nuevas construcciones.

El desecho de estos materiales envejecidos produce factores negativos, en su vertido, analizándolos , resulta contraproducente, ya que además de estar envejecidos aún conservan cualidades, que hacen que al ser reutilizados exija menores cantidades de materiales vírgenes.

Paucar y Calderón (2019) El reciclaje o “reutilización” del pavimento asfáltico conocido como RAP, obtenido por tratamiento in situ, es una tecnología de última generación que puede mejorar significativamente la capacidad estructural y la homogeneidad con un mínimo aporte de materiales. (p.25)

## **2.7. Mezcla asfáltica en caliente:**

Es una mezcla que contiene asfalto o betún caliente, una combinación de árido y aglomerante. La cantidad relativa de aglutinante y agregado determina las propiedades físicas de la mezcla. Durante el proceso de fabricación, la piedra y el aglomerante se calientan a una temperatura mucho más alta que la temperatura ambiente. Esta mezcla se pone inmediatamente en funcionamiento. Para Sheriff A. y El Sharkawy(2016), menciona que, durante la construcción de pavimentos de asfalto, normalmente se necesitaban altas temperaturas de producción para hacer que el aglutinante de asfalto sea fluido durante la mezcla y tener una buena trabajabilidad durante el transporte, la colocación y la compactación. Se realizaron técnicas para manipular la temperatura. Una de estas tecnologías fue la tecnología de asfalto de mezcla en caliente (WMA).(p.02)

Este método tiene ventajas como la reducción de costos en pavimentación, mejorar la unión y compactación de asfalto, mejorando así las condiciones de trabajo.

## **2.8. Evaluación del Cemento Asfáltico:**

El propósito de este primer paso es investigar el grado de envejecimiento del cemento asfáltico en la mezcla asfáltica durante muchos años de uso y determinar qué tratamientos se pueden aplicar para restaurar las propiedades originales. Existe un sistema de separación de cemento asfáltico para cemento asfáltico. Solución solvente.

El propósito de comparar los resultados del cemento asfáltico de partida y el cemento asfáltico producto del sistema de separación es que ambos tienen propiedades estadísticamente similares, por lo que el sistema de separación Método Modificado de Abson (MMA) asegura cualquier cemento asfáltico extraído. se puede evaluar. Mezcla asfáltica.

## **2.9. Diseño de Mezcla Asfáltica empleando mezcla reciclada:**

Para lograrlo, se siguió el método tradicional de diseño de mezclas asfálticas con diferentes contenidos de mezclas asfálticas tipo RAP envejecidas utilizadas en Estados Unidos y Europa. Se realiza muestreo de material RAP vial y se envía proceso de extracción de cemento asfáltico. Se obtuvo el tipo de cemento asfáltico y la granulación del material RAP

Comprenda el grado y el tipo de cemento asfáltico RAP, agregue el agregado requerido, ajuste el grado al grado de diseño y ajuste la cantidad de cemento asfáltico necesario para mantener el grado óptimo de la mezcla asfáltica.

Las mezclas asfálticas elaboradas a diferentes dosis se prueban y evalúan de la siguiente manera: estabilidad Marshall y comportamiento de flujo, estrés húmedo y seco indirecto, y relación TSR entre los dos. También se determina el comportamiento de deformación plástica

Para verificar la cantidad de asfalto reciclado, primero se debe determinar el porcentaje de asfalto que tiene la mezcla asfáltica reciclada y realizar el análisis granulométrico de la misma.

### 2.9.1. Porcentaje de Asfalto:

Para Balbin y Chochon (2019), exponen que, el porcentaje de asfalto en el material reciclado establece que indica la cantidad de asfalto fresco que se necesita agregar para lograr un desempeño óptimo con el cemento asfáltico.(p.52)

Dicho porcentaje será diseñado de acuerdo a la mezcla en caliente y el método Marshall.

El porcentaje de cemento asfáltico recuperado del Jirón Ayacucho km1, será calculado según norma, y se halló con la siguiente operación:

$$\% \text{ contenido de humedad} = \frac{(W_1 - W_2 + W_3)}{W_1} \quad (4)$$

$W_1$  = Peso de la muestra

$W_2$  = Peso del agregado mineral extraído

$W_3$  = Finos recuperado

### 2.9.2. Análisis granulométrico del material reciclado:

Este análisis determina la curva granulométrica del asfalto regenerado y revela las condiciones en las que se detecta el asfalto (árido pétreo). Para luego corregir los parámetros en los cuales se perdió material con material pétreo de adición.

El MTC (2016), en su norma MTC E 107, y en el ASTM D422, luego de realizar el lavado asfáltico de material reciclado, se procede con el ensayo granulométrico y se comprueba la escasez de material pétreo. El propósito es determinar la cantidad de aditivos de piedra para modificar el uso óptimo y adecuado de las mediciones de distribución de tamaño de partículas.

$$\% \text{ pasa} = \frac{\text{Peso total} - \text{peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} \times 100 \quad (5)$$

### 3.0. Agregados pétreos:

Como su nombre lo indica son provenientes de rocas, como por ejemplo los agregados gruesos, arena, etc. Son usados en las bases, subbases y en carpetas asfálticas.

Sera usado para la incorporación de material de asfalto reciclado en el diseño de pavimento Jirón Ayacucho km1 ,Talavera, Andahuaylas. Balbin y Chochon (2019), establecen que los agregados de piedra o conglomerados de partículas inertes como arena, grava, rocas, escoria y rellenos minerales se usan comúnmente en bases, subbases y rellenos de carreteras. (p.35)

Requisitos para los agregados gruesos

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (msnm)	
		≤ 3000	> 3000
Durabilidad (sulfato de magnesio)	MTC E 209	18% máx	15% máx
Abrasión de los ángeles	MTC E 207	40% máx	35% máx
Peso específico y absorción	MTC E 206	1.0% máx	1.0% máx
Partículas chatas y alargadas	MTC E 223 – ASTM D-4791	10% máx	10% máx
Porcentaje de caras fracturadas	MTC E 210	85/50% min	90/70% min
Adherencia de ligantes bituminosos	MTC E 517	+95	+95
Sales solubles	MTC E 219	0.5% máx	0.5% máx

Tabla 5. Elaborado con datos de Fuente: MTC, 2013, p. 560

Requisitos para los agregados finos

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (msnm)	
		≤ 3000	> 3000
Durabilidad (sulfato de magnesio)	MTC E 209	18% máx	-
Equivalente de arena	MTC E 114	40% máx	-
Peso específico y absorción	MTC E 205	0.5% máx	0.5% máx
Índice de plasticidad (malla N.º40)	MTC E 111	-	-
Lavado en agregado	NTP 400.018	15%	-
Riedel Weber	MTC E 220	5	-
Sales solubles	MTC E 219	0.5% máx	0.5% máx
Azul de metileno	ASSTHO 330-07	8 máx	8 máx

Tabla 6. Elaborado con datos de fuente: MTC, 2013, p. 560

Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA		
	MAC - 1	MAC - 2	MAC - 3
25.0 mm (1")	100		
19.0 mm (3/4")	80 - 100	100	
12.5 mm (1/2")	68 - 85	80 - 100	
9.5 mm (3/8")	60 - 77	70 - 88	100
4.75 mm (N.º4)	43 - 54	51 - 68	65 - 87
2.00 mm (N.º10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61
425 µm (N.º40)	14 - 25	17 - 28	16 - 29
180 µm (N.º80)	8 - 17	8 - 17	9 - 19
75 µm (N.º200)	4 - 8	4 - 8	5 - 10

Tabla 7. Elaborado con datos de fuente: RNE. CE010



### **3.1. Agregado de Adición:**

Es el material de cantera que cubre la escasez del material reciclado, estos a la vez deben de cumplir con ciertas especificaciones por el MTC(2013), del mismo modo también que coincida con las mismas características mineralógicas del reciclado.

Luego se evalúa la calidad de estos por medio de la granulometría, se comprenderá de dos agregados:

. huso 67 (3/4")

.confitillo

Según el MTC (2016) en su norma MTC E 204, y la NTP 400.012 (2015) se debe proceder con un cuarteo de ambos materiales, para luego ser tamizado y analizar los porcentajes pasantes.

#### **3.1.1. Calidad de agregado grueso:**

##### **3.1.1.1. Granulometría de agregado grueso:**

Se usa dos tipos de granulometría, para huso 67 y confitillo.

Antes de iniciar con el ensayo de granulometría se debe fragmentar el material, según el MTC (2016), en su norma MTC E 204, y la NTP 400.012, (2015), para así contar con el peso de toda la muestra. Para la piedra huso 67 , se usan las mallas 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y n.º 4, y para el confitillo, 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y de los números 4, 6, 8, 10 y 16.

De esta manera se tienen el porcentaje de retenidos y porcentaje que pasa por las mallas, de tal modo se halle la calidad del agregado.

##### **3.1.1.2. Inalterabilidad de agregados usando sulfato de sodio, para la durabilidad:**

Tomando el agregado huso 67 se toma los porcentajes retenidos en las mallas mencionadas, se saca el peso, luego se evalúa por ciclos, se le agrega el Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

y se deja hasta el día posterior , lo cual simulará la altura a la cual se encontrará la infraestructura ( Andahuaylas ), ya que se encontrará saturado, luego se procede a introducir al horno , este último simulará el calor de día. Una vez terminado todo esto, se le quita el sulfato y se procede a zarandear de nuevo para observar qué cantidad de material se perdió, para lo cual se sacará un peso final :

(A): Peso antes del ensayo

(B) : Peso después del ensayo

C: % de pérdida después del ensayo

$$\% C = \frac{A-B}{A} \times 100 \quad (6)$$

Este ensayo tiene como propósito observar la diferencia de material que hay al finalizar dicho ensayo para subsanar la pérdida generada del agregado grueso con el fino.

Resistencia de agregado grueso de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles:

Tal como indica el MTC (2016), norma E207, primero se tiene que definir la resistencia del agregado grueso, observando la cantidad de material por cada malla, finalmente procediendo a alojar en la máquina de los ángeles con 11 billas , , por 15 minutos o 500 revoluciones, de esta manera se observa el desgaste del material-

Para hallar el porcentaje de pérdida por desgaste se usa la malla n 12:

% pérdida por desgaste =  $\frac{\text{peso material pasante malla 12}}{\text{peso material retenido}} \times 100\%$ .

### **3.1.1.3. Peso específico y absorción del agregado grueso:**

Se someterá a el agregado grueso a diferentes etapas, como el lavado del mismo, el sumergirlo en agua por 16 horas y secado todo esto de acuerdo al MTC(2016) en su norma MTC E 206, y la NTP 400.021 (2013)

Según Balbin y Chochon (2019), se expone lo siguiente, un peso sumergido superficialmente seco, un peso inicial y un peso seco, luego de obtener todos estos datos se nos será posible realizar el cálculo para obtener la cantidad de absorción que tiene el material grueso” (p.65).

Para el agregado grueso de piedra huso 67:

Peso de material saturado y superficialmente seco (en aire) **(A)**

Peso de material saturado y superficialmente seco (sumergido) **(B)**

Volumen de la masa + volumen de vacíos **(C)**

Peso de material seco **(D)**

Volumen de la masa **(E)**

$$E = C - (A - D) \quad (7)$$

$$\text{Peso específico bulk (base seca): } D/C \quad (8)$$

$$\text{Peso específico bulk (base saturada): } A/C \quad (9)$$

$$C = A - B \quad (10)$$

$$\text{Peso específico bulk (base seca): } D/E \quad (11)$$

$$\text{Absorción} = (A - D)/D \times 100 \quad (12)$$

#### **3.1.1.4. Chatas y alargadas del agregado grueso:**

Según MTC (2016) en la norma MTC E 223, se realiza el ensayo en relación 1 a tres entre el ancho y longitud.

Se selecciona y se clasifica de acuerdo a su forma, de esta manera se determinará según la condición de chatas y alargadas, usando los tamices, generalmente de acuerdo al peso retenido.

#### **3.1.1.5. Porcentaje de caras fracturada en el agregado grueso:**

Este procedimiento está indicado según MTC (2016) , norma MTC E, se debe clasificar el agregado de acuerdo a las mallas, el manual exige el peso de las que tengan de dos a más caras de fractura y se sacará el porcentaje con fórmulas ya indicadas.

#### **3.1.1.6. Adherencia de los ligantes bituminosos al agregado grueso:**

En base a la norma MTC E Y AAshto t-182, el ensayo es para hallar la afinidad de agregado con el ligante bituminoso, en la cual se tomará 100 g de agregado grueso y 5g de cemento asfáltico, son mezclados y luego introducidos al baño María por 16 horas a una temperatura de 25<sup>a</sup>c, luego de retirado el material se analiza la muestra si es que están completamente cubiertas por asfalto , tiene que ser mayor al 95% para ser clasificado como buena.

### **3.1.2. Calidad del agregado fino**

#### **3.1.2.1. Análisis granulométrico del agregado fino :**

Para Balbin y Chochon (2019), se rigen en la norma MTC E 204 del MTC (2016) y la NTP 400.012 (2015) , que para su ensayo usaron el mismo procedimiento que la

granulometría de agregado grueso, utilizando las mallas de 1/4" y de números 4, 6, 8, 10, 16, 20, 30, 40, 50, 80, 100 y 200. (p.74)

### **3.1.2.2. Inalterabilidad de los agregados finos por medio del sulfato de sodio (durabilidad):**

Basándonos en la norma MTC E 209 del MTC(2016) y la NTP 400.016 (2016), después de análisis granulométrico , se obtiene una muestra de 100g se procede a lavar y se le agrega el Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para ser preparado y se realiza los procedimientos correspondientes, para determinar la durabilidad y resistencia a los sulfatos.

luego conocemos el peso final del agregado fino después de ser mezclados con el sulfato.

para el agregado fino se realiza los siguientes cálculos:

N° de recipiente x:

Antes de ensayo, peso = (A)

Después de ensayo, peso = (B)

Pérdida después del ensayo (%) = (c)

$$\% C = \frac{A-B}{A} \times 100 \quad (13)$$

### **3.1.2.3. Equivalente de arena de suelos y agregado fino**

Según la norma MTC E 114 del MTC(2016) y en la NTP 339.146 (2014), esta prueba se realiza pasando la muestra por la malla N° 4 y se realiza el procedimiento correspondiente y finalmente se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Equivalente arena (P)} = (\text{altura material fino})/(\text{altura arena}) \times 100\% \quad (14)$$

$$\text{promedio de equivalente de arena} = (p_1 + p_2 + p_3) / 3 \times 100\% \quad (15)$$

#### 3.1.2.4. Peso específico y absorción del agregado fino

Mediante norma NTP 400.002 (2013) nos dice que debemos usar el material pasado por la malla N° 4, la fiola se calibra hasta llegar al raz del recipiente.

peso de fiola (calibrada con agua) : A

peso del material : (B)

$$A - B = X \quad (16)$$

después la dejamos saturar en un tiempo de 18 horas hasta el día siguiente

peso de fiola + agua + material S.S.S. =(C)

Volumen de la masa + volumen de vacíos = (D)

$$D = B - C \quad (17)$$

Peso del material seco: E

Volumen de la masa (**E**)

$$E = C - (A - D) \quad (18)$$

$$\text{Peso específico bulk (base seca): } D/C \quad (19)$$

$$\text{Peso específico bulk (base saturada): } A/C \quad (20)$$

$$C = A - B \quad (21)$$

$$\text{Peso específico bulk (base seca): } D/E \quad (22)$$

$$\text{Absorción} = (A - D)/D \times 100 \quad (23)$$

### 3.2. Diseño de la mezcla con material reciclado

#### 3.2.1. Peso específico de mezclas asfálticas (RICE)

Se realizará para 5 proporciones de cemento asfáltico, todo esto en base a la norma MTC(2016) - MTC E508.

consta de un matraz tarado, luego se llena con la muestra de asfalto más agua destilada, seguidamente se extrae el aire con una electrobomba de vacío, posteriormente con una aguja que se encuentra ubicada en la parte superior del matraz hasta que este se llene suficiente agua, y así conseguir el nuevo volumen.

A: Peso muestra suelta (en aire) .

B: Agua + peso matraz (25 °C) .

C: Agua + peso frasco (25 °C) + muestra suelta .

D: Agua + peso frasco (25 °C) + muestra suelta después del ensayo

$$\text{Volumen} = D - C \quad (24)$$

$$\text{Gravedad específica (rice)} = A / \text{Volumen} \quad (25)$$

Este procedimiento para cada porcentaje de asfalto.

#### 3.2.2. Diseño de mezcla en caliente usando método Marshall

Se basa en diseños y aplicado a mezclas asfálticas en caliente, Para Balbin y Chochon (2019), el método de Marshall nos expone a cerca de la formulación y diseño de mezclas asfálticas en caliente. Dicho método es indicado, según el MTC

(2013), en el ensayo del MTC E - 504, resistencia de mezclas bituminosas mediante la aplicación del método Marshall.(p.37)

Se elaboran probetas con diferentes porcentajes de asfalto, proponiendo características volumétricas:

- Cálculo del porcentaje de vacíos del mineral.
- Cálculo de porcentaje de vacíos de aire.
- Medición del peso específico aparente.
- Cálculo del porcentaje de vacíos presente en el cemento asfáltico.

Luego se usará el aparato Marshall para hallar, Estabilidad y flujo.

La nueva mezcla con asfalto reciclado arrojará las siguientes características:

<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA MEJORADA</b>
N.º de golpes por cara
Contenido óptimo de cemento asfáltico (%)
Vacíos (%)
Peso específico bulk (g/cm <sup>3</sup> )
Vacíos llenos con cemento asfáltico (%)
V.M.A. (%)
Estabilidad (kg), (kN)
Flujo (mm) (10-2 pulg)
Absorción de asfalto (%)
Relación de estabilidad / Flujo (kg/cm), (lb/pulg)
Temperatura de la mezcla (°C)

Tabla8.Fuente: Elaboración propia (2020)



Requisitos para ensayo Marshall , según el manual de carreteras del MTC 2013:

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla			
	A	B	C	
<b>Marshall MTC E 504</b>				
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35	
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN	
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20	
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5	
<b>Inmersión – Compresión (MTC E 518)</b>				
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4	
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75	
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3	
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000			
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	80 Mín.			
AASHTO T 283				

Tabla 9. Fuente: Manual de carreteras MTC2013

Del mismo modo se sigue las especificaciones del reglamento Nacional de edificaciones (RNE) CE.010 Pavimentos Urbanos:

Criterio en el Método Marshall de Diseño de Mezclas*	Vías locales	Vías Colectoras y Arteriales	Vías Expresas
	EAL < 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> ≤ EAL < 10 <sup>6</sup>	EAL ≥ 10 <sup>6</sup>
	Tránsito Liviano	Tránsito Mediano	Tránsito Pesado
Números de golpes en cada cara de la probeta	35	50	75
Estabilidad mínima, kN	3,4	5,44	8,16
Flujo, 0,25 mm (min - max)	8 - 18	8 - 16	8 - 14
Porcentaje de vacíos llenos de aire**, (min - max)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
Porcentaje de vacíos, en el agregado mineral***, VMA (min - max)			

Porcentaje de vacíos llenos de asfalto, VFA (min - max)	70 - 80	65 -78	65 -75
---	---------	--------	--------

Tabla 10. Elaborado según datos del RNE CE010

### 3.3. Estudio de Tráfico:

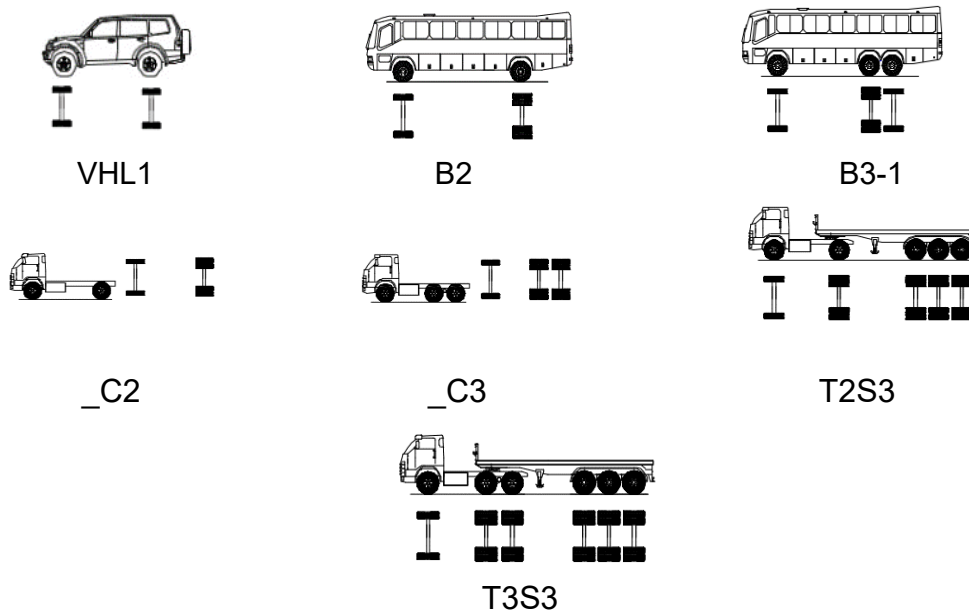
El tráfico cumple un papel muy importante, ya que serán las cargas a las cuales estará expuesta nuestra estructura, según Paucar y Calderón (2019), La verificación física del trabajo del flujo de vehículos de carretera se realiza para determinar la importancia del tráfico y el uso de la carretera bajo investigación, lo que da como resultado la realización de un diseño de carretera flexible. (p.83).

#### 3.3.1. Conteo Vehicular

Se hace un conteo presencial de vehículos que recorren por dicha vía asignada a el proyecto de investigación, clasificando por tipo de vehículos.

Para este estudio se observó los siguientes vehículos:

#### Clasificación de Vehículos



Gráfica N°4. Fuente MTC

### 3.3.2. Factores de distribución direccional y de carril

Para obtener el factor de distribución se debe tener en cuenta que es una relación expresado como el cantidad de vehículos pesados que transitan en una dirección, regularmente es la mitad del total de tránsito recorrido en diferentes direcciones pero hay casos en el que una dirección puede ser mayor que la otra, que finalmente será definido por el conteo de tráfico.

NUMERO DE CALZADAS	NÚMERO DE SENTIDOS	NÚMERO DE CARRILES POR SENTIDO	FACTOR DIRECCIONAL (FD)	FACTOR DE CARRIL (FC)	FACTOR PONDERADO (FD x FC)
1 calzada	1 sentido	1	1	1	1
	1 sentido	2	1	0.8	0.8
	1 sentido	3	1	0.6	0.6
	1 sentido	4	1	0.5	0.5
	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
2 calzadas	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
	2 sentidos	3	0.5	0.6	0.3
	2 sentidos	4	0.5	0.5	0.25

Tabla 11. Elaborado con datos del MTC

### 3.3.3. Tasa de Crecimiento y proyección












El aumento de tráfico se calcula usando fórmulas separadas para el componente de incremento de tráfico de vehículos y el componente de tráfico de camiones, se usará un periodo de diseño n= 20 años.

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \quad (26)$$

r: tasa de crecimiento poblacional / tasa de crecimiento económico.

### 3.3.4. Cálculo de ejes equivalente

También denominado ESAL, es la cantidad estimada de repeticiones del eje de carga equivalente en un periodo.

NOMENCLATURA	CONJ. DE EJES	SIMBOLOGIA	Nº DE NEUMATIC.	GRÁFICO	PESO
_1VL	SIMPLE		2		1
_2VL	SIMPLE		2		2
_4VL	SIMPLE		4		4
_1RS	SIMPLE		2		7
_1RD	SIMPLE		4		11
_1RS_1RD	TANDEM		6		16

_2RS	TANDEM		4		12
_2RD	TANDEM		8		18
_3RS	TRIDEM		6		16
_1RS_2RD	TRIDEM		10		23
NOMENCLATURA	CONJ. DE EJES	SIMBOLOGIA	Nº DE NEUMATIC.	GRÁFICO	PESO
_3RD	TRIDEM		12		25
_1RD_1RD	SIMPLE		8		22

Tabla 12.Elaborado con datos del MTC

Para calcular los ejes equivalentes se usará una fórmula para pavimentos flexibles diseñada por Aashto93:

$$\log\left(\frac{1}{FEE}\right) = 4.79$$

$$\times \log(18 + 1)$$

$$- 4.79 \times \log(L_x + L_2) + 4.33 \times \log(L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$
(27)

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.081 \times (L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} \times L_2^{3.23}}$$
(28)

$$G_t = \log\left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right) \quad (29)$$

Dónde:

FEE: factor de ejes equivalentes.

Lx: peso del eje en kips (kilo libras)

L2: código del eje: (simple=1, tándem=2, trídem=3)

Bx: factor que depende del tipo y código de eje y del número estructural.

Pt: Índice de serviciabilidad final.

Sn: Número estructural en pulgadas. D= espesor de la losa en pulgadas.

### 3.3.5. Cálculo de números de repeticiones de eje equivalente (ESAL)

$$ESALs = \left( \sum_{i=1}^m p_i \cdot F_i \cdot P \right) \cdot (TDP) \cdot (FC) \cdot Fd \cdot Fc \cdot 365 \quad (30)$$

pi: Porcentaje del total de repeticiones para el i-ésimo grupo de vehículos o

cargas. Fi: Factor de equivalencia de carga por eje, del i-ésimo grupo de eje de

carga(Tablas). P: Promedio de ejes por camión pesado. TPD: Tránsito promedio

diario. FC: Factor de crecimiento para un período de diseño en años. Fd: Factor

direcciona. Fc: Factor de distribución por carril.

### 3.3.6. Diseño de pavimento Flexible

Según el MTC, el diseño de pavimentos incluye una diversidad de factores tales como: características de los suelos, tráfico, clima, servicialidad, capacidad de carga, nivel, en caso del grado de confiabilidad esta estrictamente relacionado con el grado de importancia de dicha vía. Todos estos factores mencionados son de vital importancia ya que dependerá de estos el comportamiento eficaz de dicha

carretera y para posteriormente prevenir el colapso por tiempo de vida de servicio de dicho pavimento.

Dichos datos , como también el espesor de carpeta asfáltica serán hallados usando el simulador de diseño de pavimentos flexibles del MTC.

### **III. METODOLOGÍA**



### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

Esta Investigación es del tipo cuantitativo, según Rivero Daniel (2008), reúne información empírica sobre cosas que se pueden contar, pesar, medir y, por su naturaleza, siempre arrojan como resultado valores numéricos.

Se cuenta con una investigación cuantitativa de alcance descriptivo, ya que se detallarán las variables, el material reciclado de asfalto será caracterizado en términos de sus propiedades mecánicas.

Según Fernández, Sampieri (2014), indican que el objetivo de todo investigador es especificar situaciones, contextos, fenómenos ,etc, vale decir indicar como se desarrollan los hechos. Ahora en caso de los estudios descriptivos lo que se busca es encontrar las características, propiedades ,perfiles, grupos, objetos y todo aquel fenómeno que pueda ser sometido a análisis.(p.92)

De la misma manera es de tipo Correlacional, ya que se asocian las variables, por ejemplo, a mayor porcentaje del material reciclado de asfalto se medirá que tanto influirá en las características de la nueva mezcla asfáltica.

La Investigación es Aplicada, ya que la presencia de materiales asfálticos reciclados dentro de la infraestructura vial ya se ha dado, en tal caso ya existen investigaciones realizadas con este método, en este trabajo de investigación se buscará aplicarla en un tramo ya previsto.

Se cuenta con un Diseño del tipo no Experimental, Para Escamilla (2013), es denominado así porque el uso de variables se da sin que sean manipulados anteriormente, basado principalmente en la observación, para posteriormente sea analizado.(p.20)

### **3.2 Variables y operacionalización**

El presente trabajo de investigación consta de dos variables:

#### **Variable independiente:**

Según indica, (Hernandez, Fernandez , & Baptista, 2014), la manipulación o variación de la variable independiente ocurre más de una vez. El nivel mínimo de funcionamiento es:

Al frente Cada nivel o nivel de operación contiene un grupo de experimentos.  
(p.123)

Variable : Asfalto reciclado.

#### **Variable dependiente:**

(Hernandez, Fernandez , & Baptista, 2014), mencionan que, para ver el efecto de adulterar la variable independiente sobre ella, la variable dependiente no se manipula.p.124)

Variable: Diseño de pavimento flexible

### **3.3 Población, muestra y muestreo:**

#### **Población:**

La población de este trabajo de investigación es el material reciclado de asfalto que se encuentra en la capa de rodadura del km 1 Jirón Ayacucho, Talavera ,Andahuaylas provincia del departamento de Apurímac.

Según Jimenez (1998) indica que generalmente los investigadores toman un problema de manera global, dicho problema afecta a una cierta población , pero lo que se va ejecutar es en base a una parte de esa población, viendo las consecuencias de dicha observación, la población que se está tomando como

objeto de estudio es en la cual va caer los resultados y conclusiones de dicho trabajo.(p.74)

**Muestra:**

Se usará una muestra probabilística estratificado , será recolectada del material reciclado de asfalto en tres puntos con dimensiones de 1 x 1m, de tal manera sea representativo de todo el tramo, Jirón Ayacucho Km 1, Talavera , Andahuaylas-Apurímac.

Según Sampieri (2014), La muestra es básicamente un subconjunto de la población. Supongamos que es un subgrupo de los elementos que pertenecen a este subconjunto definido por sus características. Esto se llama la población. (P.175)

Muestreo no aleatorio, ya que la muestra fue seleccionada por conveniencia.

**3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se usarán técnicas de recolección de datos , como, por ejemplo , el fresado, para luego realizar ensayos de laboratorio, como también extracción de materiales de cantera, asfalto virgen, todos estos listos para realizar los correspondientes ensayos y propuesta de diseño de una nueva carpeta asfáltica.

Se comprende entre instrumentos, a los insumos y protocolos para los ensayos que se realizarán en laboratorio ( Marshall ).

**3.5 Procedimientos:**

Para la recolección de los datos se utilizaron diversas pruebas de laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones correspondientes al Manual de Carreteras EG2013. Además, se realizaron las siguientes pruebas en mezclas asfálticas con materiales reciclados.

Porcentaje de asfalto (limpieza de asfalto): MTC E 502 – Test 2016. Extracción cuantitativa de asfalto en mezcla de pavimento.

Análisis granulométrico de materiales reciclados: Test MTC E107-2016.

Granulometría de suelo por tamizado. Las siguientes pruebas se realizaron en la cubierta nueva (reciclado).

Densidad máxima teórica de la mezcla asfáltica (arroz).

Diseño de mezcla asfáltica en caliente (método Marshall).

Simulador para diseño de pasaje flexible MTC.

### **3.6 Método de análisis de datos**

Existen varios métodos comprendidos en la investigación científica, en este caso se usa un método analítico, descriptivo que se relaciona a la hipótesis.

Tomando en cuenta a esta técnica, se empleara un análisis de regresión lineal, de tal forma que se realizará un análisis de la manera cómo influye la carpeta asfáltica reciclada en una nueva mezcla asfáltica.

Siguiendo las Norma y manual del MTC , así como también la norma AASHTO 93, en el estudio de tráfico, por ejemplo.

### **3.7 Aspectos éticos**

Los principios éticos serán los que sustenten la veracidad y transparencia del presente estudio de investigación, teniendo reserva de los datos obtenidos de manera confidencial, respetando los datos de autores y de nuestra autoría. Se respetará la veracidad de la información brindada en el estudio y la preservación y cuidado del medio ambiente.

## **IV. RESULTADOS**

En este capítulo se redactan los resultados obtenidos en la investigación, tanto como la obtención de análisis hechos y evaluados por otros autores, referentes al uso de asfalto reciclado en el diseño de una carpeta asfáltica, se seleccionó un promedio y se evaluó los resultados mediante la herramienta de Mathcad 15.

Todo esto en relación a las hipótesis General y específicas :

- Se determinó las variables de diseño, criterios de comportamiento en la incorporación de material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica, para diseño de pavimento, Jirón Ayacucho km 1 -Talavera- Andahuaylas – 2020  
Se efectuó un nuevo análisis de pavimento para la zona, considerando también el estudio de tráfico previo, todo esto representado por cálculos en Excel basado en normas AASHTO93.  
Se elaboró cuadros Excel donde se recopiló datos de 20 autores y sus resultados en base al ensayo Marshall, partiendo del porcentaje de material reciclado, su estabilidad obtenida y flujo.

% RAP	15	20	20	25	25	25	30	30	30	30
ESTABILIDAD (KG)	1004	1652.00	1553.03	1461.40	1422.50	1230.00	1140.00	2672.82	2533.99	2000.00
%VACIOS	3	3.8	3.99	3.3	3.7	4	2	3.6	4	3.5
VFA %	76	75	72.2	80.4	71	77.2	87	73	73.5	67
FLUJO (mm)	2.32	3.7	2.54	3.8	2.49	3.22	3	3.77	4.48	4.5

30	35	40	40	40	40	40	50	50
1145.00	1091.00	2771.00	1315.40	1427.60	2244.90	1203.26	1170.00	1450.23
3.7	3	2	4.1	3.7	2.98	3	4	4.3
71.1	84.6	75	70.6	73.4	76.3	82	78.6	69.27

3.73	2.3	3.76	3.5	3.73	3	5	3.25	3.2
------	-----	------	-----	------	---	---	------	-----

Tabla 13. Elaboración propia

Luego se sacó un promedio a todos los valores :

**Promedio de Valores**

% RAP	15	20	25	30	40	50
ESTABILIDAD (KG)	1004	1602.52	1441.00	1898.36	1792.43	1310.12
%VACIOS	3	3.90	3.67	3.36	3.156	4.15
VFA %	76	73.59	76.2	74.32	75.46	76.62
FLUJO (mm)	2.32	3.12	3.17	3.90	3.80	3.225

Figura N°5. Elaboración propia

Con los datos promedios, de cada autor, se pasó a analizar mediante Mathcad, sus resultados, y de este modo simular los ensayos que se realizaron:

**Estabilidad en relación al porcentaje de RAP**

$$y1(x) := -671.612 + 147.362 \cdot x - 2.152 \cdot x^2$$

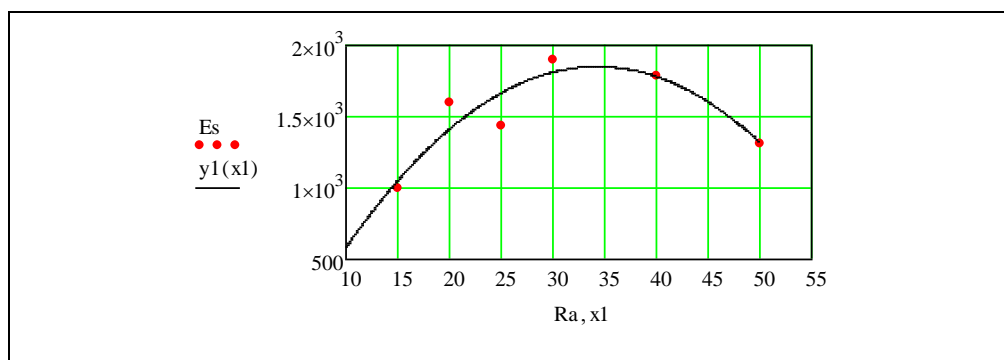


Figura N°6. . Elaboración propia.

El porcentaje RAP resultante según el cálculo en Mathcad es de 40%, así respectivamente trabaja con estabilidad de 1792 Kg siendo el valor máximo según la ecuación, de 1851.106 Kg, de esta manera se comprueba que trabaja de acuerdo al rango establecido por norma MTC 2013.

VALOR CRÍTICO	F	F0
$F < qF$	$qF(0.95, 2, 5) = 5.786$	6.884
$F0 > F$	Se rechaza la hipótesis nula $H_0$ , y se acepta la alternativa $H_1$	
$H_1 =$ La estabilidad del pavimento flexible depende del porcentaje de asfalto reciclado RAP		

Tabla 14. Elaboración propia. Análisis de Varianza

### Gráficas RAP vs Vacíos y VFA

$$y_n(x_1) := 5.899 - 0.156x_1 + 2.36 \times 10^{-3} \cdot x_1^2$$

$y_v :=$  vacíos

$y_{2vfa} :=$  vfa

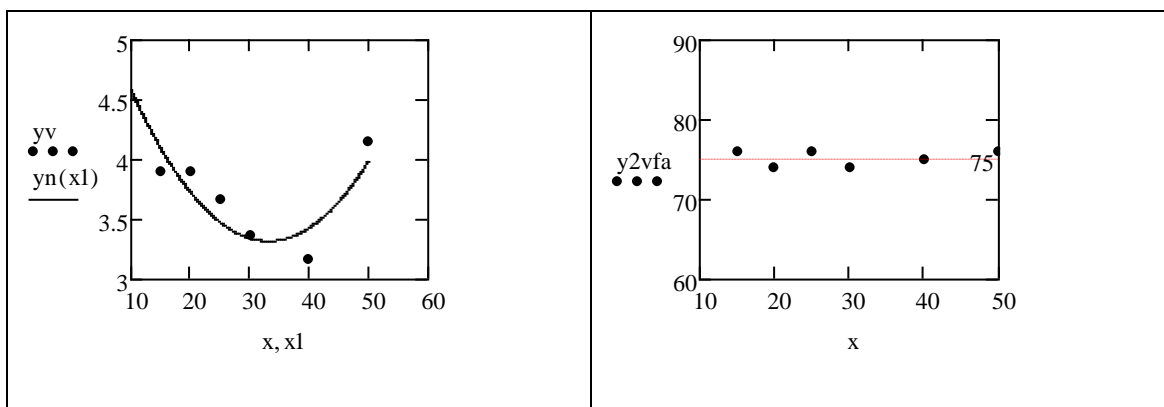


Figura N°7. Elaboración propia.

Y3=flujo

$$y_3f(x_3) := -0.594 + 0.247x_3 - 3.417 \times 10^{-3} \cdot x_3^2$$



### Gráficas RAP vs Flujo

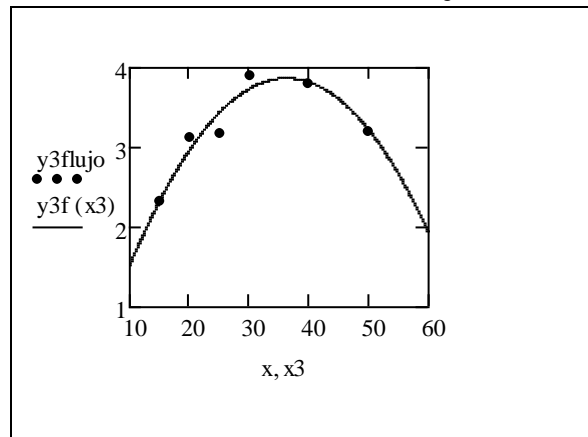


Figura N°8. Elaboración propia.

Según las gráficas también se verifica los resultados de vacíos, flujo y VFA, funcionales y validados por norma para el agregado de 40% de material reciclado (RAP).

Tabla 15. Diseño de Mezcla con RAP – Elaboración propia

Flujo= 3.8mm

Vacíos= 3.435%

VFA= 75%

#### 4.1 DISEÑO DE MEZCLA CON RAP

Para este trabajo de investigación se muestra el cuadro con los porcentajes del material reciclado, como otros componentes detallados en la siguiente tabla:

## 4.2 Granulometría de la mezcla con rap

En esta tabla se muestra la granulometría respectiva al porcentaje pasante por cada tamiz:

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA RESULTANTE DE LA MEZCLA ELABORADA CON RAP				
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)	GRADACION MAC-2	
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,050	<b>DISEÑO DE MEZCLA CON RAP</b>		100	
1/2"	12,700	6.1	93.9	80 – 100	
a	Confitillo			10%	
3/8"	9,525	13.0	80.9	70 – 88	
b	1/4"	6,350	8.1	72.8	10%
		Piedra huso 67			
	N.º 4	4,760	13.2	59.6	51 – 68
c	N.º 6	3,300	6.8	52.8	40%
		Material reciclado			
	N.º 8	2,380	6.5	46.3	
d		Arena para pavimento			
	N.º 10	2,000	3.0	43.3	38 – 52
	N.º 16	1,190	8.4	34.9	
	N.º 20	0.840	4.4	30.5	
	N.º 30	0.590	4.3	26.2	
	N.º 40	0.426	4.3	21.9	17 – 28
	N.º 50	0.297	3.4	18.5	
	N.º 80	0.177	4.0	14.5	8 – 17
	N.º 100	0.149	2.9	11.6	
	N.º 200	0,074	3.6	8.0	4 – 8
	N.º 200		8.0	-	

Tabla 16. Granulometría de la mezcla con RAP, Elaboración propia

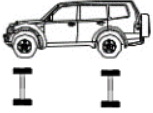
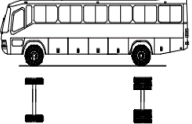
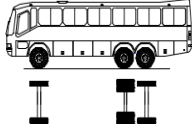


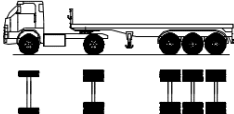
### 4.3 Características Marshall de la mezcla con rap

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA MEJORADA		
N.º de golpes por cara	75	
Contenido óptimo de cemento asfáltico (%)	4.1	
Peso específico bulk (g/cm <sup>3</sup> )	2.459	
Vacíos (%)	3.435	
Vacíos llenos con cemento asfáltico (%)	75	
V.M.A. (%)	13.9	
Estabilidad (kg), (kN)	1792	(12.90)
Flujo (mm) (10-2 pulg)	3.5	(13.8)
Absorción de asfalto (%)	0,05	
Relación de estabilidad / Flujo (kg/cm), (lb/pulg)	3748.0	(9.0)
Temperatura de la mezcla (°C)	140 - 145	

Tabla 17. Características de la mezcla con RAP. Elaboración propia

#### 4.4. Conteo Vehicular:

Respecto a un punto se realiza un conteo vehicular por día. La cual se representa de la siguiente manera:

<b>CONTEO VEHICULAR</b>												
<b>VEHÍCULO</b>		<b>CONTEO</b>							<b>TOTAL</b>	<b>IMDs</b>	<b>%</b>	
<b>COD</b>	<b>GRÁFICO</b>	<b>DIR</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>V</b>				<b>S</b>
VHL1_		IDA								0	50	0.00%
		VUE.	20	50	45	55	46	60	70	346		100.00%
B2_		IDA								0	16	0.00%
		VUE.	10	15	13	17	19	17	20	111		100.00%
B3_1		IDA								0	10	0.00%
		VUE.	7	10	12	9	11	10	11	70		100.00%
_C2		IDA								0	17	0.00%
		VUE.	10	20	15	16	18	20	16	115		100.00%
_C3		IDA								0	12	0.00%
		VUE.	9	12	15	13	12	10	13	84		100.00%
T2S3		IDA								0	7	0.00%
		VUE.	3	7	5	6	5	10	8	44		100.00%

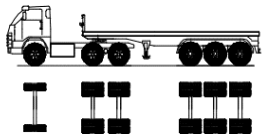
T3S3		IDA								0	5	0.00%
		VUE.	2	5	4	4	5	7	6	33	100.00%	

Tabla 18. Elaboración propia. Según AASHTO93

#### 4.5. Factores de distribución direccional y de carril :

Es la relación de la cantidad de camiones pesados que recorren en una sola dirección.

NUMERO DE CALZADAS	NÚMERO DE SENTIDOS	NÚMERO DE CARRILES POR SENTIDO	FACTOR DIRECCIONAL (FD)	FACTOR DE CARRIL (FC)	FACTOR PONDERADO (FD x FC)
	1 Sentido	2	1	0.8	0.8

Tabla 19. Elaborado según los datos ASSHTO 93 Guide for Design of pavement Structures 1993

Número de Calzadas : 1 calzada  
 Número de Sentidos : 1 sentido  
 Número de Carriles : 2 carriles

Factor de Dirección (FD)  
 = 1.00  
 Factor de Carril (FD) = 0.80

#### 4.6. Crecimiento y proyección:

Se calculó utilizando una fórmula de progresión geométrica:

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Se utilizó un periodo de diseño de 20 años, así como la tasa de incremento poblacional y la tasa de crecimiento económico fueron extraídos de INEI:

Crecimiento poblacional r1= 1.40%      Fca. = 22.897

Fator de crecimiento económico r2 = 2.90%      Fca2 = 26.599

#### 4.7. Ejes Equivalentes:

Según el manual AASHTO 93 se usó la siguiente fórmula, hecha para pavimentos flexibles :

$$\log\left(\frac{1}{FEE}\right) = 4.79 \times \log(18 + 1) - 4.79 \times \log(L_x + L_2) + 4.33 \times \log(L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \log\left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right) \quad \beta_x = 0.40 + \frac{0.081 \times (L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} \times L_2^{3.23}}$$

Para el peso por el tipo de ejes se usa la siguiente tabla :

NOMENCLATURA	CONJ. DE EJES	SIMBOLOGÍA	Nº DE NEUMATIC.	GRÁFICO	PESO
_1VL	SIMPLE		2		1
_2VL	SIMPLE	-	2	-	2
_4VL	SIMPLE	-	4	-	4
_1RS	SIMPLE	-	2	-	7
_1RD	SIMPLE	-	4	-	11
_1RS_1RD	TANDEM	-	6	-	16
_2RS	TANDEM	-	4	-	12
_2RD	TANDEM	-	8	-	18
_3RS	TRIDEM	-	6	-	16
_1RS_2RD	TRIDEM	- EJETRIPLE2	10	-	23
_3RD	TRIDEM	-	12	-	25
_1RD_1RD	SIMPLE	-	8	-	22

Tabla 20. Peso por el tipo de ejes según AASHTO 93

Y Los resultados para cada nomenclatura y con su respectivo factor de ejes equivalentes












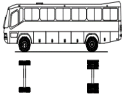
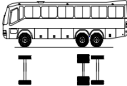


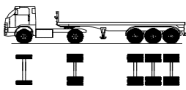
CÁLCULO DE FACTOR DE EJES EQUIVALENTES										
NOMENCLATURA	GRÁFICO	Peso (ton)	Lx kips	L2	$\beta_x$	$\beta_{18}$	$G_t$	$\log\left(\frac{1}{FEE}\right)$	FEE	
_1VL		1	2.2	1	0.401	0.6546	0.2009	3.5112	0.0003	
_2VL		2	4.4	1	0.404	0.6546	0.2009	2.4272	0.0037	
_4VL		4	8.8	1	0.430	0.6546	0.2009	1.2174	0.0606	
_1RS		7	15.4	1	0.560	0.6546	0.2009	0.2544	0.5566	
_1RD		11	24.2	1	1.042	0.6546	0.2009	0.4734	2.9744	
_1RS_1RD		16	35.2	2	0.641	0.6546	0.2009	0.1009	1.2615	
_2RD		18	39.6	2	0.745	0.6546	0.2009	0.2894	1.9472	
_1RS_2RD		23	50.6	3	0.611	0.6546	0.2009	0.1133	1.2979	
_3RD		25	55	3	0.673	0.6546	0.2009	0.2474	1.7677	
_1RD_1RD		22	48.4	2	1.042	0.655	-0.201	-0.473	5.949	

Tabla 21. Cálculo de factor de ejes equivalentes .Según AASHTO93

#### 4.8. Esal:

Es la carga de eje equivalente y se usó la siguiente fórmula

$$\log_{10} ESAL = ZrSo + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} Mr - 8.07$$

TIPO	VEHICULO GRÁFICO	FACTORES DE EJE EQUIVALENTE POR EJE						F.E.E TOT AL	FACT OR DIREC · (FD)	FACT OR CARR IL (FC)	AÑ O	(Fca)	ES AL
		IMD s	DELA NT.	EJE N° 01	EJE N° 02	EJE N° 03	EJE N° 04						
VHL 1_		50	0.000 31	0.0003 1				0.00 06	100.0 0%	0.8	36 5	22.8 97	206
B2_			16	0.55661	2.97443		3.5310	100.00%	0.8	365	22.897	377738	
B3_1			10	0.55661	1.26150		1.8181	100.00%	0.8	365	22.897	121560	
_C2			17	0.55661	2.97443		3.5310	100.00%	0.8	365	26.599	466225	
_C3			12	0.55661	1.94719		2.5038	100.00%	0.8	365	26.599	233359	
T2S 3		7	0.5566 1	2.9744 3	1.7676 9		5.298 7	100.00 %	0.8	36 5	26.59 9	28808 0	



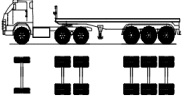
T3S3		5	0.5566	1.9471	1.7676	4.271	100.00	0.8	365	26.59	16588
		1	9	9	5	%	9				

Tabla 22. Elaboración propia. Según AASHTO93

#### 4.9. Diseño de Pavimento:

Involucró el análisis de varios factores, como las variables de diseño, el tiempo, tránsito, subrasante, confiabilidad, criterios, propiedades, coeficientes estructurales y cálculos de espesores de capa.

#### 5. Variable de tiempo:

Para estos efectos de diseño se usó el periodo de vida útil, se utilizó la siguiente tabla :

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	PERIODO DE ANÁLISIS
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25

Tabla 23. Elaborado según los datos ASSHTO 93 Guide for Design of pavement Structures 1993

Urbana de bajo volumen de tráfico = 20 años

#### 5.1 Variable de Tránsito:

Según el método Aashto93 el pavimento está diseñado para soportar un determinado número de cargas, estas compuestas por vehículos ligeros y pesados , estos mismos generan deformaciones y tensiones en el pavimento:

De acuerdo a nuestro estudio de tráfico el número de repeticiones es 165304

CATEGORÍA	RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE
	De 1500001 A 3000000	TP6

Tabla 24. Elaborado según los datos ASSHTO 93 Guide for Design of pavement Structures 1993

Corresponde TP6 de acuerdo al número de repeticiones.

#### 5.2 Subrasante

La capacidad de soporte CBR de la subrasante es, 7.20%

CBR DE LA SUBRASANTE		CATEGORÍA DE LA SUBRASANTE	DESCRIPCIÓN DE LA SUBRASANTE
De CBR = 6%	A CBR < 10%	S2	Subrasante Regular

Tabla 25. Elaborado según los datos ASSHTO 93 Guide for Design of pavement Structures 1993

Para esta investigación y en relación a la mecánica de suelos correspondió categoría S2

### 5.3. Confiabilidad

Es la posibilidad de que el pavimento tenga un comportamiento satisfactorio frente a las diferentes condiciones, todo esto dentro del periodo de diseño.

#### 5.3.1 Desviación estándar (So)

Esta desviación es obtenida por AASHTO y en la siguiente tabla se muestran valores :

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTANDAR	
	PAV. RÍGIDO	PAV. FLEXIBLE
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.35	0.40
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.40	0.50

Tabla 26. Elaborado según los datos ASSHTO 93 Guide for Design of pavement Structures 1993

Se tomo  $S_o = 0.45$  para pavimento flexible.

#### 5.3.2. Factor de confiabilidad $R$

Es el uso esperado de la carretera, la siguiente tabla trae niveles mencionados en recomendados por AASHTO:

TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE	RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	NIVEL DE CONFIABILIDAD
---------------------------------	---	------------------------

<b>TP6</b>	De 1500001	A 3000000	<b>85%</b>
------------	------------	-----------	------------

Tabla 27. Elaborado según los datos ASSHTO 93 Guide for Design of pavement Structures 1993

Para el tipo de tráfico TP6, y dependiendo también del rango de tránsito , el nivel de confiabilidad fue 85%.

#### 5.4 Criterios de Comportamiento

Se medirá por la serviciabilidad , se relaciona con la comodidad y la seguridad que brinda al usuario.

##### 5.4.1 Serviciabilidad inicial (Po)

Es la condición inicial después de ser construida , para esto AASHTO elaboro una tabla :

TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE	RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (P0)
<b>TP6</b>	De 1500001    A 3000000	<b>4.0</b>

Tabla 28. Elaborado según los datos ASSHTO 93 Guide for Design of pavement Structures 1993

Po= 4.0

##### 5.4.2. Serviciabilidad final (Pf)

Este valor dado cuando la infraestructura ya no cumple con expectativas de comodidad:

TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE	RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PF)
<b>TP6</b>	De 1500001    A 3000000	<b>2.5</b>

Tabla 29. Elaborado según los datos ASSHTO 93 Guide for Design of pavement Structures 1993

## 5.5 Propiedades de los materiales

### 5.5.1. Modulo resiliente (Mr)

Se determina por el ensayo T274 de la AASHTO, viene a ser muy inaccesible de ejecutar, pero existen relaciones que calculan el módulo aproximado

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

CBR=7.2%

Mr= 9038 psi

SN Requerido	G <sub>t</sub>	N18 Nominal	N18 Calculado
3.46	-0.255	6.218	6.225

### 5.5.2 Coeficientes estructurales

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

D<sub>i</sub>= espesores de capa en pulgadas.

a<sub>i</sub>= Coeficiente estructural de la capa.

M<sub>i</sub>= coeficiente de drenaje de la capa.

Los coeficientes estructurales de las capas a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>, se detallan los requerimientos en las siguientes tablas:

COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA CAPA SUPERIOR DEL PAVIMENTO		
COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a1)	OBSERVACIÓN
Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	0.170	Capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico

COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA BASE		
COMPONENTE DE LA BASE	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a2)	OBSERVACIÓN
Base granular tratada con cemento (f'c= 35 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días)	0.070	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico

COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA SUB-BASE		
COMPONENTE DE LA SUB-BASE	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a3)	OBSERVACIÓN
Sub-Base granular 40% CBR compactada al 100% de la MDS	0.047	Capa de base recomendada para tráfico menor a 15'000,000 EE

Tabla 30. Elaborado según los datos ASSHTO 93 Guide for Design of pavement Structures 1993

Por lo tanto, se tomó:

$$a_1 = \underline{\underline{0.170}} \qquad a_2 = \underline{\underline{0.070}} \qquad a_3 = \underline{\underline{0.047}}$$

### 5.5.3 Coeficientes de drenaje para las capas

$C_d$	Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación			
		< 1%	1 - 5%	5 - 25%	>25%
<b>CALIFICACIÓN</b>					
BUENO	1 día	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00

Tabla 31. Elaborado según los datos ASSHTO 93 Guide for Design of pavement Structures 1993

Los coeficientes de drenaje para la base y subbase serán :

$$M1 = 1.00$$

$$M2 = 1.00$$

#### 5.5.4. Cálculo de espesores de la capa

TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE	ESPELOR DE CAPA SUPERFICIAL	ESPELOR DE BASE
TP6	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C 90 mm	200 mm

Tabla 32. Elaborado según Manual MTC 2016

#### 5.5.5 Cálculo de espesores

SN Requerido= 3.46

SN Calculado= 3.52

Y los espesores hallados serán:

D1=9 cm

D2=15cm

## **V. DISCUSIÓN**

En este capítulo a partir de los resultados obtenidos del diseño de pavimento flexible con asfalto reciclado se realiza una comparación de datos recopilados de los antecedentes y teorías relacionadas tanto nacionales como internacionales, mediante el método Marshall, analizando sus valores como son, los porcentajes de asfalto que se utilizó, la estabilidad, % vacíos, % vfa y flujo, iniciando por las hipótesis específicas 1, 2, 3 y concluyendo en la hipótesis general, de esta manera hacer una contrastación de datos con los autores estudiados en la investigación y poder analizar la similitud o diferencia de los resultados con algunos autores de acuerdo a los ensayos o pruebas realizadas en función del porcentaje de asfalto reciclado.

A partir de los resultados obtenidos se acepta la hipótesis que nos dice el porcentaje de material reciclado, la estabilidad y flujo Marshall hallados satisfacen el diseño de la incorporación de material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica, para diseño de pavimento ya que todas las variables mencionadas anteriormente están relacionadas de manera directa, de esta forma nosotros haciendo uso del simulador mathcad 15, llegamos a la siguientes conclusiones, se va hacer uso del 40% de asfalto reciclado, con una estabilidad de 1851.106 kg, un % de vacíos de 3.435, % vfa de 75 y un flujo de 3.8 mm y tiene una similitud en los resultados obtenidos en, Balbin y Chochon (2017) que trabaja con un 40% de asfalto reciclado, 1315kg de estabilidad, % de vacíos de 4.1, % vfa 70.6 y flujo de 13.8, estos datos obtenidos por los autores ya mencionados son muy semejantes a los nuestros ya que también se encuentran en los rangos establecidos por la MTC E 504 y están estipulados de la siguiente manera, la estabilidad es de 554kg como mínimo, % de vacíos esta entre 3 – 5 % y el flujo que oscila entre 8 – 16 pulg.

También se pueden apreciar que los resultados de la tesis de Gonzales y Oliveros (2016), y de acuerdo a los resultados obtenidos no concuerda con nuestra investigación ya que utiliza un asfalto reciclado al 25%, ya que es un porcentaje muy bajo, el cual el ahorro en agregados seria también bajo, al igual el tema económico, acotando que el porcentaje de asfalto reciclado que se usa es de acuerdo a las características que aún mantenga el asfalto a trabajar, por ende no



precisamente es posible utilizar la misma cantidad de asfalto para todos los casos, ya que algunos pavimentos están más desgastados que otros.

De acuerdo a los estudios realizados por los diferentes autores se puede deducir que el porcentaje óptimo de asfalto reciclado para el diseño de un pavimento flexible es de 40%, ya que con ese porcentaje su estabilidad queda en el rango establecido por la MTC E 504.

Pero en este otro caso, Terán (2015), obtuvo una estabilidad de 1043.262kg, con un porcentaje de 5.6% de asfalto reciclado, y un flujo de 3.45mm, estos valores evidencian que no concuerdan con nuestros datos obtenidos ya que los resultados son muy bajos tanto en el asfalto utilizado como la estabilidad obtenida, por ende, ese diseño tiene valores muy pobres que solo llegan a los mínimos valores exigidos por las normas exigidas en el diseño de pavimentos.

Mediante los ensayos obtenidos se determinó la carga vehicular para el diseño de pavimento, mediante el cálculo del conteo vehicular, haciendo el estudio de tráfico nos da un valor numérico del ESAL de  $1.65E + 06$  y ya de acuerdo a eso podemos determinar el tipo de suelo, en este caso sería el caso nos da un tipo de tráfico TP6, esta investigación no concuerda con los resultados de Argumedo (2019) ya que su estudio de tráfico es mucho mayor a nuestra investigación porque el ESAL es de  $7.476E+06$ , y esto nos lleva a deducir que tiene un tránsito muy pesado, por ende, los valores de diseño que se van a tomar van a ser diferentes que en una vía de poco tránsito.

Medina (2019), en su investigación mediante sus datos obtenidos menciona que obtuvo un ESAL de 1'800.000, que coincide con nuestra investigación con un ESAL de 1'653.048, que se obtuvo a partir del estudio de tráfico realizado, cálculos de ejes equivalentes, factor direccional, factor carril, etc; y de igual manera se sitúa en un tráfico TP6, pero en el caso del CBR la conclusión es muy diferente ya que esa variable tiene que ver con el tipo de suelo del proyecto a trabajar, por ende ahí no concuerda con nuestra investigación porque tiene un CBR del 6% es muy baja por ende no llega al rango establecido por la MTC de una subrasante buena, debido a

esto se desprende que es indispensable decidir por otros métodos de estabilización que en nuestro caso no es necesario, porque se contó con un suelo de subrasante regular, pero también se sabe que el CBR solo afecta a los espesores de la subrasante y no tiene nada que ver con el diseño del pavimento flexible en general.

En el proyecto de Escobar y Huincho (2017) se puede observar mediante los cálculos realizados que se determinó las variables de diseño, criterios de comportamiento en la incorporación de material reciclado de asfalto, tales como son el CBR, la confiabilidad, el índice de serviciabilidad, espesores de las capas, etc.; en este caso en particular los autores concuerdan totalmente con nuestros resultados ya que están utilizando un 7.2% de CBR al igual que nuestra investigación, así como lo estipula la MTC se encontrarían en el rango de  $CBR=6\%$  a  $CBR<10\%$ , por ende se encuentran en una categoría S2 de acuerdo al estudio de suelos que vendría ser un tipo de subrasante regular, tendría un factor de confiabilidad del 85% y un índice de serviciabilidad inicial de 4.0 y final de 2.5, como se puede comparar en los datos obtenidos por los autores se llega a la conclusión de que tenemos un suelo y un tránsito similar de las vías estudiadas, se deduce también que si tuviéramos un CBR menos del 6%, se tendría que incrementar el espesor de la subbase, ya que estas variables están inversamente relacionadas, porque a mayor CBR se disminuye la subbase y a menor CBR se aumenta el espesor de la subbase.

Haciendo la comparación con esta investigación de Macha (2019), se puede analizar que no concuerda con los resultados de nuestra investigación ya que habría una variación en la confiabilidad, debido a que según su estudio de tráfico tiene una confiabilidad del 95% y en nuestra investigación es del 85%, y como se puede observar en los resultados obtenidos la variación es bastante ya que es una vía de alto tránsito, por ende, el porcentaje de confiabilidad es mucho mayor.

En cambio en esta investigación concuerda con los resultados obtenidos en nuestra investigación, así como menciona Yangali (2015), en la que muestra que su periodo de diseño es de 20 años, ya que se encuentra en el rango establecido en la norma AASHTO 93 y es similar al nuestro ya que significa que tiene un bajo volumen de

tráfico y al igual también realiza el diseño de la carpeta asfáltica solamente, en la que se realiza un diseño del espesor de la carpeta asfáltica, teniendo en cuenta los espesores ya diseñados anteriormente como son la base y la subbase, que tienen las siguientes medidas la carpeta asfáltica es de 5cm, la base de 17cm y la subbase 30cm, similar a nuestros espesores que son 9cm en la carpeta asfáltica, 15 cm en la base y 20 cm en la subbase.

En estas investigaciones de Balbin y Chochon (2017), concuerda con la de nuestro proyecto, en el diseño con incorporación de material reciclado de asfalto en carpeta asfáltica demostró ser una alternativa para ser aplicado en la incorporación de material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica, para el diseño de pavimento, ya que utilizan un 40% de asfalto reciclado (RAP) y ese porcentaje de este material es un gran ahorro tanto económico, como un ahorro en recursos, optimizando los materiales a utilizarse, debido a que es un material reciclado el que se usa, de esta manera también ayudando a reducir el impacto ambiental negativo que generan en el Medio Ambiente, es una muy buena opción en comparación con un diseño tradicional así como lo mencionan los autores después de las investigaciones realizadas.

Así como nos mencionan Crispin y Helguero (2019) en este caso no concuerda con nuestra investigación porque estos autores usan un porcentaje muy bajo de asfalto reciclado, solo un 10% debido a su buena gradación en ese porcentaje, pero nosotros hacemos uso del 40% del asfalto reciclado se llega a los rangos establecidos por las normas regidas por el MTC, de acuerdo a las diferentes variables de diseño que se van a utilizar como son la estabilidad, flujo, etc. Y a la conclusión que se llegó también es que el máximo porcentaje de RAP que se puede utilizar después de los estudios realizados es de 40% ya que, si se usa más porcentaje de este material, las demás propiedades variarían en su efectividad y el pavimento no cumpliría con las especificaciones dadas por las normas establecidas por ende es recomendable este porcentaje de reciclado y agregándole el 60% de material virgen. Haciendo una excepción de países como Colombia en la que sí se puede utilizar un porcentaje del 50% de rap.

## **VI. CONCLUSIONES**

Las conclusiones de la investigación fueron las siguientes:

1. Dentro de la evaluación de la mezcla asfáltica realizada por varios autores, en el cual usaron distintos porcentajes de material reciclado, se verificó que para este tramo de estudio se usara un 40% de material reciclado (RAP), produciendo una estabilidad de 1792 Kg, así como también flujo de 3.8.mm.
2. Luego de verificar la validez del uso de material reciclado se procedió a realizar un análisis de carga vehicular la cual sale mayor a  $1 \times 10^6$  corresponde a clase de mezcla A, con 75 golpes por cara , los valores de estabilidad Marshall y flujo dentro de los parámetros permitidos.
3. Se realizo el diseño de pavimento flexible, hallando las variables y criterios de comportamiento, apoyado de fórmulas en Excel, de este modo se concluye los espesores de 9cm de carpeta de rodadura, 15 cm de sub base y 20cm de base.
4. Después de verificar que un asfalto o material reciclado puede cumplir con características de diseño, con un 40 % de RAP, produce estabilidad y flujo dentro del rango , se concluye que este método es una gran alternativa, para ser aplicado al diseño de pavimentos con material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica, para ser aplicado en el Jirón Ayacucho km 1 -talavera- Andahuaylas – 2020.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones para futuras investigaciones son las siguientes:

1. Se amplía el conocimiento , al usar investigaciones de varios países y en especial de otros continentes , para de este modo tener un análisis globalizado del método, por tal motivo se recomienda recoger información globalizada para poder contrastar de mejor manera los resultados, por ejemplo, en esta investigación se usó artículos de la India , Latinoamérica , y Estados Unidos.
2. Realizar un control de calidad riguroso a cada material reciclado o virgen, para que de este modo no afecte nuestro análisis en método Marshall, así como también cumplir las normas establecidas por el MTC 2013.
3. El reciclado de un 40% de asfalto (RAP), reduce costos, ya que el material virgen entra en menor proporción, así mismo reduce procesos y el impacto negativo ambiental. Tener en cuenta que el reciclado debe estar relacionado en base al método Marshall y regido a las normas del MTC 2013.
4. El uso de otras técnicas, para ayudar la viabilidad del proyecto, como en este caso por el Covid 19 se restringe el acceso a ensayos de laboratorio, pero se pudo trabajar con herramientas como es el Mathcad , estas mismas nos ayuden a simular ensayos .
5. Ampliar la base de datos, de este modo ser más precisos, en esta investigación se usó una recolección por fresado ( corte de material envejecido) , pero se podría apoyar de entrevistas a personas o profesionales conocedores del tramo, ya que dicha información ayuda a ser más puntuales en los objetivos.

## **REFERENCIAS**



- \*Alvarado GUZMAN MARIO ALEJANDRO, A. T. (2019). Seminario de profundización reciclado, pavimentos flexibles: estudio de mezclas asfálticas recicladas modificadas con diferentes porcentajes de weo. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia.
- \*GONZALES GUZMAN DUHAMEL FERNANDO, E. A. (2019). COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON PAVIMENTO RECICLADO Y ACEITE USADO DE MOTOR COMO AGENTE REJUVENECEDOR. Ibagué: UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA .
- \*GUEVARA PALMA, M. R.-E. (2010). DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSAS EN FRÍO BASADOS EN EL MÉTODO MARSHALL, MODIFICADO EN LA UNIVERSIDAD DE ILLINOIS. SANTA ANA: UNIVERSIDAD DEL SALVADOR.
- \*Martínez REINOSO, J. L. (2018). ESTUDIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS RECICLADAS MODIFICADAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE WEO. Ibagué: UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA.
- \*ZHU, J. (2020). EXPERIMENTAL STUDY OF HIGH MODULUS ASPHALT MIXTURE CONTAINING RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT. JIANGSU: JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION.
- ALBERTO, \*. C. (2018). ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE CON FIBRAS DE POLIPROPILENO PARA CONDICIONES DE ZONAS DE ALTURA. Lima: UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA.
- ARGUMEDO SOLÓRZANO, L. A. (2019). CARPETA ASFÁLTICA RECICLADA PARA LA CONFORMACIÓN DE UNA SUBBASE GRANULAR ÓPTIMA EN LA AV. PROCERES DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO. HUANCAYO: UNIVERSIDAD CONTINENTAL.

Bahamondes, R. (2013). ANÁLISIS DE METODO DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE ADOQUINES DE HORMIGON. Chile: Universidad de Concepcion, Facultad de ingenieria. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-915X2013000300002](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2013000300002)

Balbin Archi, R. y. (2019). DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON MATERIAL RECICLADO PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MECANICO NDEL PAVIMENTO EN EL TRAMO KM 90 AL 95 DE LA CARRETERA CANTA A HUAYLLAY UBICADO EN EL DISTRITO Y PROVINCIA DE CANTA EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA 2019. Lima: UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES.

CANTA HUARCAYA, F. A.-V. (2018). DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS ADICIONANDO ELASTOMETROS Y PET RECICLADO PARA CARGAS DE TRANSITO PESADO EN VIAS METROPOLITANAS, LIMA 2018. LIMA: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

carpio. (s.f.).

Comas, J. .. (2017). CONTROL ESTADISTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS. Bachelors thesis.

Comunicaciones, M. d. (2013). MANUAL MTC. Lima.

Crispin Paucar, E. J.-H. (2019). ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO ASFALTICO EN MATERIAL RECICLADO PARA MEJORAR SUS MATERIALES INTEGRALES. Lima: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA.

DARQUEA CORDOVA, F. J. (2017). DETERMINACION DEL GRADO DE ABSORCION DE LOS MATERIALES ARIDOS PROVENIENTES DEL RIO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS. QUITO: UNIVERSIDAD DE CUENCA.

DAS, A. K. (2017). PAVEMENT DESING WITH CENTRAL PLANT HOT MIX RECYCLED ASPHALT MIXES. Canpur: CONTRUCTION AND BUILDING MATERIAL.

- Delgado Alamilla, H. -G.-C. (2018). DISEÑO DE BASES ESTABILIZADAS CON ASFALTO ESPUMADO. Sanfandila: Instituto Mexicano de Transporte.
- El Sharkawy, S. W. (2017). UTILISATION OF WARM-MIX ASPHALT TECHNOLOGY TO IMPROVE BITUMINOUS MIXTURES CONTAINING RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT. ROAD MATERIALS AND PAVEMENT DESIGN.
- Escobar Bellido, L. -H. (2017). DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE BAJO INFLUENCIA DE PARAMETROS DE DISEÑO DEBIDO AL DETERIORO DEL PAVIMENTO EN SANTA ROSA, SACHAPITE, HUANCAMELICA 2017. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- etal, G. H. (2016). EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS RECICLADAS MEDIANTE EL ENSAYO DE MARSHALL. Bogota: UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA.
- Forigua Orjuela, J. P. (2014). DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS MODIFICADAS MEDIANTE LA ADICION DE DESPERDICIOS PLASTICOS.
- FUSTAMANTE FUSTAMANTE, J. P. (2018). PROPUESTA TECNICA DE DISEÑO DE CARPETA ASFALTICA UTILIZANDO PAVIMENTO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA MESONES MURO KM+000-2+066 CHICLAYO. Lima: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.
- GALVAN HUAMANI, L. M. (2015). CRITERIOS DE ANALISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON PAVIEMNTO RECICLADO Y EMULSION ASFALTICA . LIMA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA .
- GONZALO HERNANDEZ, A. V.-O. (2016). EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFALTICAS RECICLADAS MEDIANTE EL ENSAYO DE MARSHALL. BOGOTA: UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA.
- Hernandez, R., Fernandez , C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigacion. México D.F.: Mc Graw Hill.

Lizcano F, R. Q. (2015). Pavimentos: Materiales, construcción y diseño. ECOE ediciones.

LOPEZ TRIGOSO, H. (2018). ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFALTICAS USANDO PAVIMENTO RECICLADO CON EMULSION ASFALTICA Y CEMENTO PORTLAND EN JICAMARCA - HUAROCHIRI, 2018. LIMA: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

Macha Zulueta, R. R. (2019). APLICACION DE METODOLOGIA ASSTHO 93 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CARRETERA TALAVERA-ANDAHUAYLAS REGION APURIMAC. Lima: UNIVERSIDAD FEDERICO VILLAREAL.

MARCOZZI ROSSANA GISELA- MOREA, F. (2017). Nuevas mezclas asfálticas tibias con reciclado: un enfoque sustentable dentro del medio vial. Argentina: Comisión de investigaciones científicas de la Provincia de Buenos Aires.

Medina Padilla, P. C. (2019). CRITERIOS DE ESTANDARIZACION DE EMULSIONES ASFALTICAS PARA EL RECICLADO EN FRIO DE PAVIMENTOS EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. Quito: UNIVERSIDAD DE SAN FRANCISCO DE QUITO.

Meza, U. J. (2016). GUIA PARA LA EVALUACION DE LA ELABORACION DE TESIS Y PROYECTO FINAL. Lima: Instituto de investigacion.

Paucar, C. -H. (2019). ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO ASFALTICO EN MATERIAL RECICLADO PARA MEJORAR SUS BENEFICIOS INTEGRALES.

(2019). REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Lima: INSTITUTO DE LA SEGURIDAD Y GERENCIA.

Rengifo Gonzales, J. -V. (2017). ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO FLXIBLE CONVENCIONAL Y PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO EN LAS CUADRAS 1-29 DE LA AVENIDA LA PAZ, SAN MIGUEL, LIMA. Lima: Universidad de San Martin de Porres.

- Rivero, D. (2008). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN. A.Rubeira. Obtenido de  
<http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf>
- Rodriguez, A. (2014). MEZCALS ASFALTICAS. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Rondon Quintana, H. -R. (2015). PAVIMENTO, MATERIALES, CONSTRUCCION Y DISEÑO. Bogotá, Colombia: ECOE ediciones. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=pavimentos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjM1KrFi6DIAhUstlkKHaqyCI8Q6AEIKDAA#v=onepage&q=pavimentos&f=false>
- SALIH, \*. K. (2019). RECYCLED ASPHALT PAVEMENT IMPACT ON MARSHALL PROPERTIES OF HOT MIXED ASPHALT. ERBIL POLYTECHNIC UNIVERSITY.
- Sampieri, R.-C. C. (2017). DISEÑO DE PAVIEMNTO FLEXIBLE, BAJO INFLUENCIA DE PARAMETROS DE DISEÑO DEBIDO AL DETERIORO DEL PAVIMENTO EN SANTA ROSA- SACHAPITE HUANCVELICA. Huancavelica.
- Solminihac, H. (2018). PROCESOS Y TECNICAS DE CONSTRUCCIÓN. Santiago: Universidad Catolica de Chile.
- TERAN MOLINA, L. A. (2015). DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS DE LA MINA CASHAPAMBA CON METODOLOGIA MASHALL. QUITO: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR.
- Yangali Limaco, j. O. (2015). INFLUENCIA DEL USO DE LA CARPETA ASFALTICA RECICLADA EN LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DE DISEÑO PARA REHABILITACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru.

# **ANEXOS**

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
V. Indep	DEFINICIÓN CONCEPTUAL Pakori, Franklin (2018) Se define como la recuperación de capas bituminosas de firmes dañados o de mezclas nuevas que no han sido utilizados, su ejecución consiste en retirar el pavimento envejecido mediante un fresado o demolición.	DEFINICIÓN OPERACIONAL (Solminihac, 2018) .El modo de reciclado consiste en utilizar los materiales del pavimento existente ( o una parte de ellos) como materia prima para el nuevo pavimento con esto se reducen los recursos necesarios para la reconstrucción. E l reciclado puede realizarse en planta o en sitio usando Método AASHTO y ensayo MARSHALL.	DIMENSIONES  Cantidad de agregados finos y gruesos	INDICADORES granulometría porcentaje
Asfalto reciclado			Método Marshall	contenido óptimo de asfalto (RAP) propiedades de la mezcla densidades contenidos óptimos de vacíos
V. Depen.				
Diseño de pavimento flexible	Rondón y Reyes (2015) son la combinación de agregados pétreos y un ligante asfáltico. Se elaboran normalmente en plantas mezcladoras, pero en algunos casos pueden fabricarse in situ.	Rodríguez Alejandro (2015) Las mezclas asfálticas están constituidas aproximadamente por un 90% de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral(filler) y otro5% de ligante asfáltico. Los componentes mencionados son de gran importancia para su correcto funcionamiento, Las cualidades funcionales residen en su superficie, y se debe tener en cuenta aspectos como: adherencia, desgaste, resistencia, propiedades opticas,etc.	variables de Diseño	Variables de tiempo tránsito CBR Confiabilidad
			criterios de comportamiento	Serviciabilidad propiedades de los materiales

Incorporación de material reciclado de asfalto en diseño de carpeta asfáltica para el pavimento, Jirón Ayacucho km1 ,Talavera, Andahuaylas, 2020

### ANALISIS DE VARIANZA ANOVA

$$\begin{aligned}
 \text{E. total} \quad SST &:= \sum_{i=0}^5 (y_i - \text{mean}(y))^2 & SST &= 1.616 \\
 \text{E. Modelo} \quad SS_{\text{reg}} &:= \sum_{i=0}^5 (y_{\text{modelo}_i} - \text{mean}(y))^2 & SS_{\text{reg}} &= 4.428 \times 10^5 \\
 & & SSe &= 9.648 \times 10^4 \\
 \text{E. Exp} \quad SSe &:= SST - SS_{\text{reg}}
 \end{aligned}$$

FUENTE DE ERROR	MAGNITUD	G. LIBERTAD	MEDIA DE ERRORES	FACTOR F0
SSreg	$4.428 \times 10^5$	$m - 1 = 2$	$\frac{SS_{\text{reg}}}{m - 1} = 2.214 \times 10^5$	$\frac{2.214 \times 10^5}{3.216 \times 10^4} = 6.884$
SSe	$9.648 \times 10^4$	$5 - 2 = 3$	$\frac{SSe}{5 - 2} = 3.216 \times 10^4$	
SST	1.616	$6 - 1 = 5$		
			+	
			+	
<b>VALOR CRITICO</b>		<b>F</b>	<b>F0</b>	

$F < qF$        $qF(0.95, 2, 5) = 5.786$       6.884      Fibra es significativa

$F0 > F$       Se rechaza la hipotesis nula H0, y se acepta la alternativa H1

H1 = La estabilidad del pavimento flexible depende del porcentaje de asfalto reciclado RAP





Jiron Ayacucho – Sector salinas

Gerente General "INSTITUTO VIAL PROVINCIAL DE ANDAHUAYLAS"

Ing. Quispe Gonzales, Filomon

Se otorga el permiso legal para el uso libre de datos, como es el estudio de mecánica de suelos, referentes al Jirón Ayacucho Andahuaylas, a los tesisistas Carpio Garcés , Staysi Heydi, DNI: 71129986 y Mosqueira Niño de Guzmán, Evert Christopher con DNI: 76168829, con el fin de elaborar su proyecto de tesis titulada "Incorporación de material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica para diseño de pavimento, Jirón Ayacucho km1 ,Talavera, Andahuaylas, 2020", de la universidad Cesar Vallejo filial Lima, con el fin de que esto les sirva de gran aporte.

Sin más que acotar.

Agradeciendo su atención prestada.

Andahuaylas 13 de Febrero del 2020



---

Ing. Quispe Gonzales, Filomon



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, CARPIO GARCES STAYSI HEYDI, MOSQUEIRA NIÑO DE GUZMAN EVERT CRISTOPHER estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "INCORPORACIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE ASFALTO EN MEZCLA ASFÁLTICA PARA DISEÑO DE PAVIMENTO, JIRÓN AYACUCHO KM1 ,TALAVERA, ANDAHUAYLAS, 2020", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
MOSQUEIRA NIÑO DE GUZMAN EVERT CRISTOPHER <b>DNI:</b> 76168829 <b>ORCID</b> 0000-0001-5113-2896	Firmado digitalmente por: EMOSQUEIRAN el 24-03-2021 15:10:44
CARPIO GARCES STAYSI HEYDI <b>DNI:</b> 71129986 <b>ORCID</b> 0000-0002-5791-2305	Firmado digitalmente por: SHCARPIOG el 11-05-2021 09:40:11

Código documento Trilce: INV - 0111118

