



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Mejoramiento del pavimento flexible con polímero
de la carretera Huaraz-Recuay-Ancash, 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Arnido Huaman, Lisseth Shayury (ORCID: 0000-0003-0247-8764)

De La Cruz Lozano, Nayberson Elifáz (ORCID: 0000-0002-4483-9006)

ASESOR:

Mg. Castañeda Sánchez, Willy Alex (ORCID: 0000-0002-4421-4778)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

HUARAZ - PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo en primera instancia:

A nuestros Padres ejemplos de inspiración para nosotros, por sus sacrificios, esfuerzos y amor incondicional; por su confianza en nosotros sin cuyo apoyo no hubiera sido posible llegar a este momento.

A nuestro Profesor Ing. Monja Ruiz Pedro Emilio, por el tiempo incondicional que nos brinda sus conocimientos hacia nosotros y por su desempeño laboral, para llegar hacer un buen profesional. Al grupo por el desempeño demostrado en la realización del trabajo y el esfuerzo por la superación del mismo. Para darle el mejor entendimiento a cada uno de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios por habernos guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar, a cada uno de los que son parte de mi vida a nuestros padres y al profesor ING. MONJA RUIZ PEDRO EMILIO y MAGTR. CASTAÑEDA SANCHEZ WILLY ALEX por brindarnos su apoyo, conocimiento y tiempo guiándonos en el desarrollo de la presente investigación que será de gran utilidad para nuestra vida profesional.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	16
3.2. Variables y operacionalización.....	16
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.5. Procedimientos.....	17
3.6. Método de análisis de datos.....	18
3.7. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN.....	34
VI. CONCLUSIONES.....	37
VII. RECOMENDACIONES.....	40
REFERENCIAS.....	41
ANEXOS.....	48

Índice de tablas

Cuadro 01: Comportamiento de la carpeta asfáltica frente a la mezcla modificada.....	19
Cuadro 02: Características de la mezcla asfáltica modificada.....	19
Cuadro 03: Contenido de humedad total de agregado grueso por secado MTC E 215.....	20
Cuadro 04: Contenido de humedad total de agregado fino por secado MTC E-215.....	21
Cuadro 05: Contenido de humedad total de agregado grueso por secado MTC E 215.....	22
Cuadro 06: Contenido de humedad total de agregado fino por secado MTC E-215.....	23
Cuadro 07: Contenido Optimo (%)......	30
Cuadro 08: Características de diseño (Convencional vs Modificado).....	30
Cuadro 09: comparación del ahorro de producción entre el asfalto convencional y asfalto modificado.....	33
Cuadro 10: Plantilla de cálculo para diseño de mezcla asfáltica convencional.	49
Cuadro 11: Plantilla de cálculo para diseño de mezcla asfáltica modificado.....	50
Cuadro 12: Plantilla de cálculo para el análisis económico de asfalto modificado.	51
Cuadro 13: Plantilla de cálculo para el análisis económico de asfalto convencional.	51
Cuadro 14: Especificaciones técnicas para el diseño de mezcla por el Método Marshall ASTM D-1559.....	61
Cuadro 15: Peso específico y absorción de los agregados gruesos ASTM C 127.....	62
Cuadro 16: Peso específico y absorción de los agregados finos ASTM C 127.....	62
Cuadro 17: Insumos del diseño MAC.....	63

Cuadro 18: Dosificación para el diseño Marshall.....	64
Cuadro 19: Diseño de Mezcla Asfáltica Tradicional (5% C.A).....	65
Cuadro 20: Diseño de Mezcla Asfáltica Tradicional (5.5% C.A).....	66
Cuadro 21: Diseño de Mezcla Asfáltica Tradicional (6% C.A).....	67
Cuadro 22: Dosificación para el diseño Marshall (1% Plástico).....	68
Cuadro 23: Dosificación para el diseño Marshall (2% Plástico).....	68
Cuadro 24: Dosificación para el diseño Marshall (3% Plástico).....	68
Cuadro 25: Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada (5% C.A – 1% PET).....	69
Cuadro 26: Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada (5.5% C.A – 2% PET).....	70
Cuadro 27: Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada (6% C.A – 3% PET).....	71
Cuadro 28: Cálculo para el análisis económico de asfalto convencional.....	72
Cuadro 29: Cálculo para el análisis económico de asfalto modificado.....	72
Cuadro 30: Muestra de ensayos establecidos.....	73
Cuadro 31: Ensayos para el desarrollo de la investigación.....	73

Índice de gráficos y figuras

Figura 01: Curva Granulométrica A.G.....	21
Figura 02: Curva Granulométrica A.F.....	22
Figura 03: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.....	24
Figura 04: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de vacíos.....	24
Figura 05: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de VMA.....	25
Figura 06: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de V.LL.C.A.....	25
Figura 07: Porcentaje de Cemento asfáltico vs estabilidad.....	26
Figura 08: Porcentaje de Cemento asfáltico vs flujo.....	26
Figura 09: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.....	27
Figura 10: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de vacíos.....	27
Figura 11: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de VMA.....	28
Figura 12: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de V.LL.C.A.....	28
Figura 13: Porcentaje de Cemento asfáltico vs estabilidad.....	29
Figura 14: Porcentaje de Cemento asfáltico vs flujo.....	29
Figura 15: Tipo de Mezcla vs Estabilidad.....	31
Figura 16: Tipo de Mezcla vs Flujo.....	31
Figura 17: Tipo de Mezcla vs Índice de Rigidez.....	32
Figura 18: Tipo de Mezcla vs Vacíos.....	32
Figura 19: Certificado de validez de contenido del instrumento.....	52
Figura 20: Informe de Análisis Granulométrico de Agregados Grueso.....	55
Figura 21: Informe de Análisis Granulométrico de Agregados Finos.....	56
Figura 22: Informe de Método de Ensayo para Contenido de Humedad total de los Agregados por Secado.....	57
Figura 23: Informe de Peso específico y Absorción de Agregados Gruesos y Finos.....	58
Figura 24: Informe de Ensayo Marshall ASTM D-1559 – Mezcla Tradicional.....	59
Figura 25: Informe de Ensayo Marshall ASTM D-1559 – Mezcla Modificada.....	60

RESUMEN

Nuestra investigación, tiene como objetivo general analizar el comportamiento de la carpeta asfáltica con el uso del polímero en el asfalto convencional de la carretera Huaraz-Recuay-Ancash, 2019; sector Tacllan. Este análisis fue realizado a través de ensayos hechos en laboratorio usando como instrumento las plantillas de cálculo las cuales ayudaron a cumplir nuestros objetivos.

El tipo de investigación es de tipo cuantitativa experimental, así mismo estuvo representada por una población y muestra de 18 briquetas.

Según los resultados obtenidos la carpeta asfáltica presenta modificaciones en sus propiedades físico-mecánicas son el uso del polímero presentando mayor durabilidad debido a una reducción del 2.20% de vacíos, mayor rigidez en un 7.49% y mayor resistencia; las cuales cada una de ellas cumplen con las especificaciones técnicas para el desarrollo de ensayo de mezclas; así mismo se obtuvo el contenido óptimo de C.A (5.9%) y polímero (1%) y finalmente; realizando un análisis económico la mezcla modificada nos dio un costo de 441.56 soles y la mezcla convencional un costo de 458.57 representando la mejor factibilidad de ahorro el uso del polímero.

Se concluye que la carpeta asfáltica de un asfalto convencional tiende a mejorar su comportamiento con el uso del polímero.

Palabras clave: Polímeros, pavimento flexible, asfalto.

ABSTRACT

Our research has the general objective of analyzing the behavior of the asphalt binder with the use of the polymer in the conventional asphalt of the Huaraz-Recuay-Ancash highway, 2019; Tacllan sector. This analysis was carried out through laboratory tests using the calculation templates as an instrument, which helped to meet our objectives.

The type of investigation is of an experimental quantitative type; likewise, it was represented by a population and sample of 18 briquettes.

According to the results obtained, the asphalt binder presents modifications in its physico-mechanical properties. They are the use of the polymer, presenting greater durability due to a reduction of 2.20% of voids, greater rigidity by 7.49% and greater resistance; which each of them comply with the technical specifications for the development of mixing tests; Likewise, the optimum content of C.A (5.9%) and polymer (1%) was obtained, and finally; Performing an economic analysis, the modified mixture gave us a cost of 441.56 soles and the conventional mixture a cost of 458.57, representing the best feasibility of saving the use of the polymer.

It is concluded that the asphalt binder of conventional asphalt tends to improve its behavior with the use of the polymer.

Keywords: Polymers, flexible pavement, asphalt.

I. INTRODUCCIÓN

Llamamos pavimento, aquella estructura constituida por distintas capas formadas con material seleccionado; estas son construidas sobre la subrasante del camino las cuales reciben directamente las cargas causadas por la transitabilidad que son transmitidas a los estratos subalternos, proveyendo una superficie de rodamiento; es así que esta estructura tiene como fin soportar y repartir esfuerzos que son producidos por los vehículos; asimismo perfeccionar y brindar seguridad y bienestar a los usuarios.

Al hablar de pavimentos siempre se mencionaran dos tipos; los flexibles y rígidos, cada tipo de pavimento tiene una función establecida, en este caso nosotros trataremos sobre los pavimentos flexibles las cuales son las de mayor uso debido a su bajo costo durante su construcción, pero a la vez costoso debido a que necesitan mantenimiento constante y así pueda cumplir su vida útil, el periodo de vida de un pavimento de tipo flexible varía entre 10 años y 15 años, las cuales no se cumplen debido al rápido desgaste y deterioro del pavimento. Las capas que conforman este tipo de pavimento son; la carpeta asfáltica, base y sub base, todas estas son construidas sobre la capa subrasante como se mencionó anteriormente.

Es así que las carreteras ocupan un lugar fundamental dentro de la rama de diseño de infraestructura vial debido a que aportan al desarrollo económico y cultural de un país, región, provincia o distrito; es así que depende mucho del estado en el que se encuentren, por ello nuestro propósito fue mejorarlo; es así que se tomó como muestra una de las vías que se encuentran entre las provincias de Huaraz - Recuay; debido a que se encuentra en estado crítico de deterioramiento, observándose todo tipo de daños.

Las cuales van afectando al pavimento durante su utilidad debiéndose tener así un mantenimiento adecuado y optimo paraqué las vías cumplan con su periodo de diseño para las cuales fueron diseñadas; es por ese motivo que se buscó la manera de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas y así se obtuvo mejores resultados para su diseño y construcción, cabe destacar que estos problemas son originados no solamente debido a las cargas vehiculares, sino también a la deficiencia de los materiales, deficiencia en los procesos constructivos y deficiencia en el diseño.

Si bien se sabe; ante estas situaciones el gobierno siempre opta por la vía más fácil que es la realización de tratamientos triviales, que si son realizados de forma correcta mejorarán los deterioros en el pavimento, pero en la mayoría de casos solamente se

realiza un parcheo de espesor que al poco tiempo de realizarse las fallas volverán a surgir; es por ello que se recomienda que cuando el pavimento presente fallas en su estructura se haga necesario una rehabilitación completa y/o un nuevo diseño en toda la infraestructura, la cual no la realizan; solo toman medidas temporales ya que el costo que pueda generar son altos. Es así que el problema va aumentando y surgiendo a corto plazo.

Debido al aumento de este problema se hace necesario conocer productos que mejoren el comportamiento del asfalto y estas puedan responder de manera positiva generando resultados óptimos bajo la acción del tránsito vehicular, aspectos ambientales, o alguna de las causas que afecten a la estructura del pavimento, es así que se hizo uso de un producto que ayudo a restablecer el daño; uno de ellos es el polímero la cual fue nuestra fuente de mejoramiento, estas son sustancias de un peso molecular demasiado elevado las cuales están conformadas por la combinación de monómeros; llamados así debido a su tamaño pequeño.

Los polímeros a comparación de los materiales formados por moléculas de tamaño normal son mejores; ya que presentan propiedades que ayudan a crear un impacto positivo; una excelente resistencia mecánica, y no es la única estas mejoran el comportamiento a la fatiga, mejoran la flexibilidad y elasticidad a bajas temperaturas, disminuyen la susceptibilidad térmica, mayor adherencia, mayor rigidez, mayor estabilidad, mejora la resistencia y la compactación, y lo más importante es de menor costo. Existen tres tipos de polímeros, pero para nuestro proyecto de investigación usaremos el Tipo III que es el Plastómero; la cual es un polímero de fácil obtención. Es así que el uso de polímeros tiene como fin obtener un mejoramiento de la carpeta asfáltica del pavimento flexible con respecto a su comportamiento.

En la región Ancash, provincia de Huaraz, sector Tacllan entre las progresivas KM00+000.000 al KM00+325.000, se pudo observar claramente un crecimiento en el volumen de tránsito debido a ser una vía principal, las cuales son fuentes de riesgo ya que la estructura se va dañando con el tiempo y de manera muy rápida, creando un problema para la perdurabilidad, transitabilidad y en si para toda la población, Tacllan es un sector con una población extensa, las cuales es un motivo para ayudar a restablecer la vía y sean de provecho para el sector.

Es finalmente así que incentivamos la práctica de esta aplicación, la de presentar una nueva mezcla asfáltica teniendo en cuenta los beneficios que éstas presentan y a su

vez resulte beneficioso con el mejoramiento de la carpeta asfáltica de todo tipo de pavimento.

Este proyecto de investigación tuvo como finalidad proponer el uso de polímeros como una fuente de mayor impacto y mejora hacia los pavimentos con asfaltos convencionales, el cual nos generó la siguiente interrogante ¿De qué manera el uso de polímeros en el asfalto influye en el comportamiento del pavimento flexible de la carretera Huaraz-Recuay-Ancash, 2019?

Este informe de investigación queda justificado debido a la búsqueda de nuevas tecnologías que contribuyan a la construcción de vías, ya que se observó un incremento de fallas en los pavimentos ya sea en la carretera Huaraz-Recuay, sector Tacllan, y en distintos puntos del país encontrándose fisuras, grietas, ahuellamientos, baches y deterioros de la superficie, evidenciando el gran malestar de todos los usuarios y del transporte vehicular, ya que no pueden circular de manera segura por los efectos negativos que puedan causar; es así que este proyecto de investigación se realizó debido a la necesidad que tiene la población como es la confortabilidad en el tránsito y por los diferentes daños ya mencionadas que tiene el pavimento flexible del sector Tacllan.

La conveniencia de la investigación que nosotros realizamos es que el asfalto con PET nos proporcionó mejores propiedades como son; mayor durabilidad para una buena transpirabilidad, mayor rigidez, mayor estabilidad y mayor resistencia; los más beneficiados serán la población del sector Tacllan, con el asfalto modificado la economía fue menor, de acuerdo que el asfalto común tiende a tener fallas a corto plazo y se necesita de mantenimiento constante eso quiere decir mayor inversión; es así que el uso del polímero redujo el costo de mantenimiento.

En la carretera Huaraz-Recuay, se encontró a este sector del cual se visualizó que es el más crítico; este sector se encuentra entre las progresivas KM00+000.000 al KM00+325.000, llegando a evidenciar que esta investigación permitió evaluar y analizar la integración de polímeros para reducir los daños en todo el pavimento, reiteradamente encontramos todo tipo de patologías, el cual a simple vista se observa el mal diseño de su estructura o no se realizó de manera adecuada el proceso constructivo, llegando a tener como consecuencia un sinnúmero de daños.; es así que mediante el uso del polímero en el pavimento flexible de la carretera Huaraz-Recuay, sector Tacllan, mejoro el comportamiento del pavimento flexible convencional.

El objetivo general de nuestro proyecto fue Analizar el comportamiento de la carpeta asfáltica con el uso de polímero en una carpeta asfáltica convencional en la carretera Huaraz-Recuay-Ancash, 2019. Así también tenemos a nuestros objetivos específicos; i) Evaluar las características físico-mecánicas del asfalto a base de polímero, respecto a las especificaciones determinadas. ii) Determinar el porcentaje óptimo de polímero en el nuevo diseño de la mezcla asfáltica. iii) Evaluar las modificaciones físico-mecánicas de la mezcla asfáltica con polímero frente a la mezcla asfáltica convencional. iv) Realizar un análisis económico entre la mezcla modificada con polímero y la mezcla con asfalto tradicional. Asimismo, en nuestro proyecto de investigación nos propusimos la siguiente hipótesis; El uso de polímeros en el asfalto influye significativamente en el comportamiento del pavimento flexible de la carretera Huaraz-Recuay-Ancash, 2019.

II. MARCO TEÓRICO

Durante el desarrollo de nuestro proyecto se halló algunos trabajos de investigación que infirieron de manera directa con el tema que se trató las cuales mencionan lo siguiente:

Los trabajos previos a nivel internacional tenemos, Aimacaña (2017), presenta un estudio la cual tuvo como objetivo analizar la diferencia que existe entre el pavimento de asfalto convencional y el asfalto con polímero elaborando una consistencia donde se adhiere el elastómero con el fin de obtener la cantidad óptima de mejora. En una investigación experimental, teniendo como muestra de campo a las briquetas cilíndricas de asfalto, por lo cual no se puede cuantificar el universo. Concluyéndose que el precio de un metro cubico para la mezcla tradicional en caliente es de 103,20 dólares, mientras que para la mezcla modificada es de 103,90 dólares, siendo este un factor que se debe considerar al tomar esta alternativa en el diseño, así también se consiguió que el 1% de polímero de tipo (P.E) agregado a la mezcla es el porcentaje óptimo, con un agregado grueso de 60%, un agregado fino de 39% y con un asfalto de 6%.

Asimismo, Collarte (2015), en su estudio cuyo objetivo general, fue realizar la comparación del pavimento tradicional y el pavimento modificado con polímero usando el Ensayo Marshall, realizar una comparación de costos de cada mezcla, así también observar los cambios que se producirán en las propiedades físico – mecánicas de la mezcla con polímero y de la mezcla convencional. En una investigación experimental donde la población la conformo briquetas de los dos tipos de pavimentos para la durabilidad y la resistencia. Concluyéndose que los asfaltos con polímero obtienen un mejor comportamiento a comparación de la mezcla tradicional, en la durabilidad; los años de vida útil para la mezcla con polímero son de 10 a 15 años a diferencia de la mezcla asfáltica tradicional la cual llega de 3 a 5 años según los estudios realizados en el laboratorio, por ende, modifica en características físico – mecánicas, de igual manera el costo que se reduce en un gran porcentaje con el uso del polímero.

Los trabajos a nivel nacional tenemos, Valdivia (2017), presenta un estudio cuyo objetivo general, fue realizar un análisis en las mezclas asfálticas en caliente con respecto a su comportamiento mecánico añadiendo polímeros SBS la cual debe de

restablecer el comportamiento del asfalto, también analizar la incorporación del polímero SBS para observar su trabajabilidad, resistencia y de qué manera interviene dentro de la estructura del pavimento. En una investigación experimental donde se consideró como la población a las briquetas de ensayo. Llegando a la conclusión que el uso del polímero perfecciona la trabajabilidad, facilita la estabilidad e incrementa su capacidad de resistencia de las cargas sumamente pesadas, así como también se observó la disminución de la mezcla asfáltica que no varía mucho con la mezcla modificada, así mismo en las deformaciones y desplazamientos que se puede tener con las cargas de transpirabilidad.

Asimismo, Paucar (2013), en su estudio cuyo objetivo general fue reducir los daños y fallas de las vías con asfalto modificado, de igual forma se muestran los demás objetivos que son; evaluar las propiedades físicas y propiedades mecánicas del pavimento y comparación del costo adicional que produce el polímero. En una investigación de tipo experimental donde la población fueron las briquetas que se usaron en prueba con el nuevo componente. Donde se concluyó que el uso del polímero aporta a las propiedades del asfalto, en la elasticidad, solidez, la resistencia, las deformaciones y se obtiene mayor durabilidad.

Por otra parte, Silvestre (2017), presenta un estudio cuyo objetivo general fue hacer la evaluación de las características físico-mecánicas con polímero de acuerdo a las especificaciones aplicadas, además realizar un diseño modificado a la mezcla cambiada y evaluación de sus características. En una investigación de tipo experimental, donde la población fueron las briquetas que se tienen con las mezclas modificadas. Concluyendo a que la utilización de agregados que se usó para el diseño de la mezcla cumplió con todas las normativas impuestas en las especificaciones técnicas para la edificación de vías y puentes (pavimentos flexibles con asfalto), así que la adición de polímero elastómero aumenta la firmeza a la alteración plástica.

Finalmente; Goicochea (2019), presenta un estudio donde su objetivo general fue determinar cuáles son los efectos de la incorporación de caucho de neumáticos al asfalto a cada una de ellas (160 °C, 180 °C y 200°C). En una investigación experimental donde se consideró como población el tramo total de Chachapoyas llegando a la conclusión que la agregación de caucho presenta las siguientes ventajas; técnicas, mayor cohesión, impermeabilización del pavimento y por ende no

permite las deformaciones y los agrietamientos, alta suficiencia de elasticidad, reducción de la susceptibilidad térmica evitando a que el pavimento sufra algún fisuramiento y mejoramiento de la transpirabilidad como también económicamente ya que se utiliza la reciclación de los cauchos PEN 60/70.

De la misma manera se obtuvo información con respecto a los aspectos teóricos y enfoques conceptuales que enmarcan nuestra investigación. Según Rodríguez (2004), es llamado pavimento a aquella base constituida por el suelo la cual está compuesta por distintos tipos de capas de material seleccionado que sirven de apoyo para cualquier tipo de carga; estas cargas son transmitidas directamente a los estratos que se reparten uniformemente, funcionan para la circulación de personas y vehículos para su transporte, es así que estas vías deben de funcionar eficientemente.

Para Chávez (2018), las condiciones adecuadas que deben de considerarse en un pavimento flexible son las siguientes: anchura, trazo horizontal, trazo vertical, presentar una alta solidez al recibir cargas y esfuerzos destructivos de la intemperie, del tránsito y del agua para así evitar daños, además de una adherencia adecuada entre el pavimento y los vehículos ya sea en condiciones húmedas o secas, debe tener una adecuada visibilidad y estética para no provocar fatigas.

Según Pérez (2018), el pavimento se encuentra constituida por distintas capas las cuales son; Superficie subrasante; la que funciona como fundación para todo el pavimento, Sub base; son aquellos materiales granulares colocadas encima de la subrasante, Base; hecha de material pétreo, combinación de piedra triturada y suelo cemento que va por encima de la sub base, la capa de rodamiento; formada por una mezcla la cual puede ser bituminosa o de concreto esta la observamos sobre la base, la carpeta de desgaste o también llamada sello; esta se presenta encima de la capa de rodadura, la carpeta se encuentra formada por una mezcla bituminosa y por ultimo sobre el sello al revés se coloca ya sea arena o piedra picada menuda. Pero es necesario saber que los pavimentos no siempre se componen de todas las capas mencionadas, ya que la falta de alguna de ellas va a depender de la característica del terreno, el material que se usará dependerá por el tipo de pavimento, la carga, tipo de diseño, etc.

Para Becerra (2012), pavimento lo conceptualiza, como una solución de una configuración de un camino, siendo ejecutadas para conservar la óptima calidad de una transpirabilidad durante toda su vida útil, así mismo son estructuras conformadas por diferentes capas granulares, las cuales son diseñadas para que puedan transferir, distribuir uniformemente y eficazmente las cargas vehiculares.

Según Vásquez (2016), los pavimentos se dividen en dos; pavimentos flexibles y rígidos, los pavimentos flexibles llevan una carpeta asfáltica, su costo inicial es menor pero su mantenimiento es mayor, además la capa de rodadura es constante y el periodo de su construcción es realizado en mayor plazo; por otro lado el pavimento rígido está conformada por una losa de hormigón armado la cual abstrae la fatiga, su costo inicial es mayor pero su mantenimiento es de menor costo, además se produce una discontinuidad en la capa de rodadura llamada juntas y el periodo para su construcción es de menor tiempo.

En el Perú el desarrollo de la vialidad es una importante necesidad para todo ciudadano es por ello que conocer las diferencias que existen entre cada pavimento ayuda a tener mayor conocimiento acerca de un pavimento que tenga propiedades que brinden mayor tiempo de durabilidad, es por ello que se tiende a elegir la solución más económica sin atender las necesidades de la obra en sí.

Asimismo; según Miranda (2010), las capas que conforman un pavimento flexible son; la carpeta asfáltica, sub base y base, las que se ejecutan encima de la capa subrasante, un pavimento flexible pueden presentar ciertas ventajas así como desventajas las cuales mencionaremos; como ventajas tenemos que; al realizarse su construcción esta resulta más económica es decir menos inversión para el cliente, y su periodo de vida según el diseño es de entre 10 y 15 años; como desventajas tenemos; que a pesar de tener un periodo de vida mayor estas no cumplen con su vida útil ya que requieren de un mantenimiento periódico y constante, produciéndose gastos y mayor inversión para su rehabilitación, se sabe que el pavimento recibe todo tipo de cargas ya sean cargas pesadas o cargas livianas afectando a la carpeta asfáltica produciéndose dislocamientos y roderas las que pueden ser un peligro constante en la población.

Esto crea un grave daño en los distintos puntos de control de la vía, casetas donde cobran el peaje, lugar donde el transito está regularmente frenado y descontrolado.

Para Bellido (2017), un problema frecuente en pavimentos son las roderas; las que se pueden encontrar llenas de agua debido a las lluvias, pudiendo causar algún deslizamiento de rocas, despiste de los vehículos trayendo como consecuencia tragedias, accidentes y traumas personales, es así que un pavimento flexible presentan lesiones que pueden ser vistos por los usuarios ya que los daños se presentan de manera muy extrema; es por eso que estos involucran un tratamiento que se realice reiteradamente a base de recubrimientos y selladores.

Así mismo según Rebolledo (2010), otro problema que se observan son las huellas, y esto porque; estas huellas se producen por el exceso de carga, debido a la imposibilidad del asfalto de resistir presiones y volúmenes de tráfico, mala compactación o baja estabilidad de la mezcla durante la construcción y estas pueden reaparecer con el tiempo a pesar de que se coloque una sobrecarpeta de asfalto sobre este pavimento, sabiendo así que el transito no es la única causa que pueda afectar al pavimento, se trata también de tener una adecuada supervisión durante los procesos constructivos y calidad de materiales.

Para Cáceres (2015), los factores que predominan como fuentes de afectamiento al pavimento son las características de los materiales; las que se deben de obtener de un estudio de Mecánica de Suelos y deben de encontrarse en óptimas condiciones para su trabajo dentro del pavimento; el clima; dentro de ella encontramos la precipitación pluvial la cual afecta a la estructura del pavimento; transito; donde el pavimento soporta la carga total de esta pudiendo producir fallas al pavimento, por ello se debe de realizar un mantenimiento general de estas vías, drenaje; este es uno de los factores que más problemas trae al pavimento producto del agua debido a que disminuye la resistencia de la estructura. En consecuencia, se puede decir que realizar un buen drenaje hará que el pavimento muestre resultados positivos.

También es importante saber qué; según Pajares (2014), la falla es una degradación producida en el pavimento las cuales se presentan cuando la composición del pavimento, es decir los materiales sufren agrietamientos relacionados a la desintegración de la base de cada capa; un factor que infiere continuamente en el comportamiento del pavimento es el tipo de carga que esta implique al pavimento presentándose en los componentes de la estructura; es decir en sus capas, las fallas se dividen en 2 grupos; la primera es la falla por defecto constructivo donde a pesar de ser construidas con material de calidad el pavimento sufre daños por algún error

o defecto producido durante los procesos constructivos; la segunda es la falla por fatiga; donde se producen deterioramientos, grietas, fisuras, agrietamientos, etc.

Para Ferro (2017), los pavimentos cumplen distintas funciones las cuales son: Otorgar calidad y bienestar con una adecuada resistencia y rugosidad a la ciudadanía, otorgar acceso ilimitado a todo tipo de vehículo frente a cualquier clima, reducir accidentes de tránsito y costos de mantenimiento, la estructura debe de distribuir uniformemente las cargas para que así no dañen el suelo de fundación, la estructura debe de tener la suficiente capacidad de resistir cargas, la estructura debe de tener un adecuado drenaje, presentar mayor durabilidad para que así llegue a su vida útil, cumplir con las normativas medioambientales, presentar un color adecuado y así no se produzcan reflejos ya que contrarrestarían la seguridad vial y finalmente debe de ser factiblemente económico.

El pavimento presenta frecuentes problemas en su estructura es por ello que se usa modificadores, sustancias que ayudan a cambiar el comportamiento del pavimento. Según Wulf (2008), los polímeros son sustancias de mayor peso molecular que se encuentran conformadas por la mezcla de millones de monómeros (moléculas simples). Es así que se crean moléculas inmensas que toman distintas formas: ya sean cadenas en forma de escalera, termo fijas o unidas que al calentarse no se ablandan.

Asimismo, según Dina (2014), los polímeros están conformados por moléculas de gran tamaño y estas así mismas se encuentran formadas por pequeñas unidades continuas. Un polímero es producido por monómeros, los monómeros son materia prima las cuales se van formando en cadenas y estas se van agrupando de dos a mas monómeros para que así produzca una reacción de polimerización.

Es así que actualmente los polímeros son sustancias muy usadas que han sido aplicadas en distintos rubros debido a las características que estas sustancias presentan, como, por ejemplo: alta resistencia y baja densidad.

Es así también que; para Cuenca (2015), los polímeros son usados para el cambio de asfaltos ya que estas brindaran mayor sostenibilidad al pavimento; según sus propiedades mecánicas se dividen en dos; polímeros de tipo elastómeros y polímeros de tipo plastómero; los elastómeros son aquellos que siendo estirados se excede la tensión de fluencia, regresando está a su tamaño normal quiere decir que presenta

un alto índice de elasticidad, así mismo el plastómero es un polímero hecho de plástico triturado la cual presenta características y propiedades de mejoramiento hacia el pavimento tales como: alta susceptibilidad térmica, mayor resistencia a cargas pesadas y evitan que el pavimento presente deformaciones o desintegraciones.

Según Beltrán (2018), el polímero de tipo plastómeros se puede clasificar en: Naturales (caucho natural, celulosa, ceras y arcillas) las cuales son modificadores que se adicionan directamente al cemento asfáltico aumentando resistencia y flexibilidad así mismo disminuye la susceptibilidad térmica, SBS es un modificador hecho a base de estireno y pueden ser utilizadas en carpetas asfálticas de distintos espesores; esta mejora al pavimento en su mejoramiento ya sea en altas o bajas temperaturas, SBR (estireno butadieno) tiende a presentar alta permeabilidad, resistente a la rotura, al envejecimiento y desgaste, por último tenemos al Látex es un modificador que incrementa la trabajabilidad de la mezcla a bajas temperaturas además ayuda a mejorar el comportamiento del pavimento ante climas extremos.

Para Maila (2013), los plastómeros son sustancias que al estirarlos se sobrepasa la tensión es decir son altamente fluentes, ya que están al encontrarse en tensión no vuelven a su posición normal al terminar la presión. Presenta deformaciones pseudo plásticas, pero con muy limitada flexibilidad, dentro de los plastómeros tenemos: EVA, es un modificador la cual favorece a la funcionalidad de la estructura del pavimento; el PVC, este tipo de polímero no muestra demasiada compatibilidad con el asfalto ya que no resiste al calor y debido a ello se descompone el pavimento.

Asimismo, para Salazar (2012), los polímeros de tipo plastómeros, que es la inferencia de plásticos triturados, son materiales reciclables que sirven para rehacer nuevos materiales de este tipo, la cual se emplea directamente al asfalto previo a ser mezclados con los materiales. También nos dice que el polímero va pasando diferentes estudios en laboratorio para así evaluar el efecto de modificación del asfalto, fraccionando los materiales y quitando en porcentaje para poder agregar el polímero en alguna de ellas, según los estudios los aportes realizados son; la mejora en la propiedades físico – mecánicas (resistencia, son más duros, flexibles, disminuye la susceptibilidad térmica y aumenta su cohesión, el uso del plástico hace que las calzadas sean más ligeras reduciendo así la carga sobre el suelo, el costo

económico será menor; ya que fácilmente se obtiene en el mercado y genera ganancias al ciudadano, mayor adherencia y mayor vida útil.

Según Iza (2017), el plastómero puede presentar inconvenientes por ejemplo; la insuficiencia de plásticos para carreteras de gran envergadura, tener mayor cuidado al realizar la mezcla debido a que debe hacerse a una temperatura determinada para que el endurecimiento sea más rápido, las deformaciones en ligantes, pero son menores a un asfalto convencional, la carga cíclica es la carga o deformación que se puede presentar a la resistencia del asfalto modificado, se demuestra que a las altas temperaturas los ligantes o mezclas son muy sensibles a la deformación, se presentan fatigas debido a que no se correlacionan adecuadamente; por ello es importante realizar un análisis del tipo de polímero a usar.

Así también tenemos que según Jiménez (2017), Los elastómeros, que es el caucho de neumáticos, han ido desempeñando un rol importante dentro la sociedad como material. El caucho presenta propiedades elásticas y es por esto que destacan dentro de todos los materiales poliméricos, el caucho es un tipo de polímero, estas presentan propiedades y características únicas las cuales son: el elastómero presenta un alto peso molecular, la cadena de la molécula tiende a extenderse en el momento en que una fuerza se aplique en ella, pues hace que responda inmediatamente ante cualquier tipo de esfuerzo y su comportamiento es viscoelástico. Es importante saber que para que se obtengan las propiedades del elastómero tiene que pasar un proceso de vulcanización que es un grado de entrecruzamiento bajo.

Para Sierra (2014), los polímeros pueden ser usados en edificaciones ya que estas reducen patologías debido a que al ser agregadas en las áreas del concreto éstas producen estructuras duraderas, más económicas y que sean más sostenibles, esto consiste en que el cemento es sustituida por una cierta cantidad de polímero, que haya sido previamente estudiada y esta agregación hace que el hormigón modifique sus propiedades; así mismo el polímero es una alternativa muy usada para la reparación de fallas patológicas en el hormigón.

Así también Rosales (2018), la utilización del polímero dependerá de las propiedades y costos que se puedan tener de su uso, el costo depende del proceso de polimerización; se sabe que los polímeros son obtenidos de materia prima en plantas

especializadas; el proceso para qué se produzca es la polimerización ya mencionada la cual son de dos tipos: polimerización en cadena y polímeros de reacciones por paso. El polímero debe presentar compatibilidad con cualquier agregado, aditivo, etc. con la que se trabajara, es así que los polímeros han sido usados distintamente reemplazando a materiales que se creían ser irremplazables.

El asfalto es una parte importante para los proyectos de carretera debido a sus propiedades dentro de la estructura del pavimento. Para Villacorta (2018), el asfalto es utilizado para la construcción de pavimentos, es un material oscuro que cambia su consistencia dependiendo de la condición de temperatura, es llamado también cemento asfáltico es cual es añadido dentro de la mezcla de agregados, previo a esto el asfalto se calienta y se vuelve líquido. Es importante saber que el asfalto cambia cuando este es calentado o haya envejecido, es por ello que durante la construcción del pavimento se tomen en cuenta las recomendaciones y las medidas necesarias las cuales garanticen que el pavimento obtenga propiedades que brinden un impacto positivo al pavimento.

Según Velásquez (2017), el asfalto es un material aglomerado compuesto por agregados de petróleo tipo betún, las cuales proporcionan características de ductilidad, consistencia y aglutinación; el asfalto es muy usado en la ejecución de proyectos de pavimentación, esta se usa para revestir e impermeabilizar toda la estructura del pavimento.

Por consiguiente, Martínez (2013), el asfalto se clasifica en cementos asfálticos, es un material denso, la cual es fabricada en caliente, son usadas en la construcción de vías pavimentadas debiendo cumplir con las características basadas dentro del manual de ensayos del MTC y asfaltos líquidos, las cuales son disueltas en el petróleo. Se forman en clases de (RC: curado rápido, MC: curado medio y SC: Curado lento) con un grado de viscosidad cinemática.

Asimismo para Zapata (2015), las propiedades físicas del asfalto son: la durabilidad que es la medida en la que el pavimento puede mantenerse en un estado óptimo y estas se observan mediante el comportamiento del pavimento; la adhesión y cohesión es una propiedad que hace referencia a la capacidad que tiene el asfalto de adherirse al agregado durante el proceso de mezcla, la susceptibilidad térmica esta varía dependiendo de la temperatura en que se encuentra ya sean altas o bajas

y por último el endurecimiento y envejecimiento donde la mezcla tiende a endurecerse durante la construcción.

Según Torres (2013), existe una diversidad de asfaltos modificados con polímeros; y se ha vuelto una preferencia en la construcción de carreteras, debido a la mejora de propiedades para ello se necesita una investigación de las consecuencias que pueda causar el polímero en el asfalto; asimismo los asfálticos modificados se producen por la combinación o agregación de un polímero dentro del asfalto ya sea de plásticos o de hule molido de neumáticos o de cualquier tipo de modificador, estas son sustancias bastante estables durante un largo tiempo y no se afectan a los cambios de temperatura, agregar estas sustancias influyen al comportamiento de la carpeta asfáltica significativamente.

Así mismo según Peña (2019), los modificadores establecen una actividad superficial iónica, que intensifican la adherencia entre el material asfáltico y el material pétreo, preservándola aun en disposición del agua. Además, aumenta la resistencia de estas mezclas a la alteración y a los esfuerzos de tensión y por lo tanto a la fatiga y disminuyen el agrietamiento. Por lo particular se imputan directamente al asfalto, previo a ser mezclado con el material pétreo.

Para realizar un mejoramiento a nuestro asfalto se necesita una herramienta que ayude a procesar todo el material dentro de la mezcla y observar su comportamiento y ese es el Ensayo Marshall. Para Panqueva (2015), el método Marshall es un experimento que se realiza para hacer el diseño de mezclas asfálticas, por este medio se hace un análisis de su fluencia, estabilidad, vacíos de aire y densidad, es así que este ensayo garantiza las propiedades que presentan las mezclas; así mismo asegurar que cumplan con las normativas y rangos e intervalos adecuadas para cada parámetro de diseño y así puedan cumplir de que se obtendrá una mezcla durable.

Así mismo para Portilla (2015), el ensayo al asfalto se realiza para verificar que cumplan con las propiedades de diseño de la mezcla, el método usado es el Marshall la cual establece el porcentaje óptimo de asfalto, este método solo es usado en mezclas asfálticas en caliente. Para realizar un diseño de mezcla asfáltica en caliente se necesita realizar previamente ensayos de granulometría que ayuden a estudiar los agregados ya sea el tipo y las propiedades que estas presenten.

Tenemos también que Córdova (2018), los principales objetivos del Método de ensayo Marshall son realizar la evaluación de las relaciones existentes entre la densidad y volumen de vacíos y determinar la estabilidad (máxima carga que puede resistir la briqueta a 60°C cuando se hace el ensayo de rotura a compresión) y flujo de las briquetas compactadas (deformación total en la briqueta durante el ensayo de estabilidad).

Así mismo Barrantes (2017), el equipo que se requiere para el ensayo de Método Marshall son: prensa, anillo de carga y medidor (Estabilidad), medidor de deformaciones (flujo), mordaza para briquetas, 3 moldes, placas de base y collares de extensión, 2 martillos de compactación, pedestal de compactación, balanza de 2 kg de capacidad con sensibilidad de 0.1 gr, balanza de 5 kg de capacidad con sensibilidad de 0.5 gr y apta para suspender muestras en agua, plato caliente eléctrico, termómetro tipo dial con sensibilidad de 2 °C, cronómetro, vernier, gato para extraer las muestras de los moldes, bandeja de 60x60x5 cm, cuchara de albañil, cuchara grande, espátula grande, marcador y un par de guantes de asbesto, de tal forma que para obtener el óptimo contenido de asfalto, se hacen briquetas con distintos contenidos de asfalto, de tal manera que las curvas en las cuales serán observados en los resultados se visualice un valor óptimo bien definido, se sabe también que para obtener resultados adecuados en este tipo de ensayo las briquetas deben de triplicarse para cada contenido de asfalto.

Según Parí (2007), el realizar un diseño de mezclas en caliente no solo es realizar el Ensayo Marshall es también efectuar previamente un proceso, es decir un estudio a los agregados que serán combinados dentro de la mezcla tradicional; los ensayos de agregados son realizados para constatar todas las condiciones de calidad y parámetros técnicos ya sea de resistencia y durabilidad. Estipulando como constancia a las normas peruanas (MTC, ASTM y el AASHTO), los ensayos que se realizan son Análisis granulométrico por tamizado las cuales tienen como fin precisar en forma cuantitativa la división de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de investigación, el presente estudio pertenece al tipo cuantitativo, experimental, puesto que la variable independiente fue manipulada.

Nivel de investigación, aplicada y longitudinal debido a que el estudio tuvo como fin establecer las propiedades físicas y mecánicas en la elaboración de una mezcla asfáltica convencional empleando el uso del polímero en su composición ya que se buscó considerar al polímero como alternativa de solución para la ejecución de futuras obras de pavimentación y estas cumplan con su fin.

Diseño de investigación.

GE: O₁ ----- X -----O₂

Dónde:

GE: Grupo Experimental

O₁: Pruebas realizadas en el asfalto convencional

O₂: Pruebas realizadas en el asfalto con polímero

X: Módulo a desarrollarse

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1 Variable Dependiente: Polímeros

- **Definición conceptual:** Angarita (2012), refiere a que el polímero es una molécula constituida por pequeñas unidades químicas simples las cuales se repiten de manera continua. Se observa que en algunos casos la repetición es lineal, que es similar a una cadena las cuales forman sus eslabones.
- **Definición operacional:** Estos polímeros mejoran las características físico-mecánicas aumentando la resistencia de la carpeta asfáltica.
- **Dimensiones:** Las dimensiones fueron las características mecánicas y características económicas.
- **Indicadores:** Los indicadores fueron la resistencia y el grado del costo económico.
- **Escala de medición:** Presenta una escala de medición nominal.

3.2.2. Variable Dependiente: Mejoramiento del Pavimento Flexible.

- **Definición Conceptual:** Bustamante (2014), define al mejoramiento del pavimento flexible como construcción de obras que son requeridas para aumentar el estándar de la vía por medio de actividades que influyen en el cambio sustancial de la estructura y geometría del pavimento.

- **Definición operacional:** Mejoramiento del pavimento flexible es perfeccionar las condiciones en las que se encuentra la vía, ya que aporta a calidad de vida de los habitantes, contar con vías que se encuentren en óptimas condiciones, aportando así de manera positiva a la transitabilidad y condiciones de seguridad.
- **Dimensiones:** Las dimensiones fueron las propiedades físicas.
- **Indicadores:** Los indicadores fueron la estabilidad, la durabilidad y la trabajabilidad.
- **Escala de medición:** Presenta una escala de medición ordinal.

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo y unidad de análisis

Población: La población se encuentra conformada por las 18 briquetas elaboradas en laboratorio, así también la muestra cuenta con la misma cantidad que la población.

- **Criterio de inclusión:** La población considerada fueron las 18 briquetas, ya que en estas se aplicaron el estudio experimental.
- **Criterio de exclusión:** En nuestra investigación se hace exclusión a las briquetas que no se establezcan con las especificaciones determinadas para este tipo de ensayo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para efectuar nuestro trabajo se llevó a cabo la técnica visual, debido a que los datos tomados fueron correspondientes a los trabajos hechos en laboratorio, es así que cada ensayo cuenta con su respectivo instrumento de medición, donde en cada una de ellas se plasmó el procedimiento realizado, las cuales fueron validadas por especialistas profesionales.

Los ensayos para evaluar las variables, fueron efectuadas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Cesar Vallejo en la Sede Trujillo. Es así que se muestra en los anexos el certificado de validación de los resultados adquiridos de cada ensayo referido, así como la confiabilidad de equipo y procedimientos emitidos por el especialista encargado del laboratorio.

3.5. Procedimientos

Nuestro informe de investigación se desplegó en tres etapas; la primera fue la etapa preliminar la cual consistió en la búsqueda del plástico reciclado, el tipo de plástico

usado fue el PET triturado, la cual se consiguió de la empresa INDUSTRIAS PET S.A.C, el plástico se obtuvo del reciclado de botellas donde estas fueron lavadas y limpiadas de toda impureza y colocadas en un molino donde se encargaron de reducir los fragmentos de plástico, la segunda es la etapa de laboratorio; donde se empleó los ensayos a las muestras experimentales, los ensayos a realizar fueron el método de Ensayo Marshall y el Ensayo de Análisis Granulométrico y por último la fase de gabinete; donde se hizo el desarrollo, interpretación y análisis de los resultados conseguidos en nuestra investigación, con la ayuda del Software Microsoft Excel, se procesó los datos conseguidos en laboratorio, siendo analizados mediante tablas y/o gráficos comparativos.

3.6. Método de análisis de datos

Se efectuaron todos los ensayos requeridos para cumplir con los objetivos propuestos es así que se tomaron los datos las cuales por efecto nos dieron un resultado, donde estas fueron analizadas mediante tablas y gráficos de barra para efectuar cuanto de mejora existe entre el asfalto modificado y el asfalto tradicional.

3.7. Aspectos éticos

Se tomó en cuenta los valores éticos ya sea para el proceso de investigación de manera teórica y para los resultados que se obtuvo de laboratorio, la cual se efectuó de manera cuidadosa y responsable en la toma de datos ya que fue de utilidad e importancia para cumplir con los objetivos indicados en la investigación, asimismo se tomó en cuenta distintas tesis ya sean nacionales e internacionales, donde las autorías de cada texto se respetaron de manera íntegra, es así que como autores de este proyecto acatamos los parámetros dictaminados por la universidad para así lograr resultados óptimos y estas sean de gran ayuda en el futuro.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados de los Objetivos de Estudio

4.1.1. Resultados según Objetivo general:

Analizar el comportamiento de la carpeta asfáltica con el uso de polímero en una carpeta asfáltica convencional en la carretera Huaraz-Recuay-Ancash, 2019.

Cuadro 01: *Comportamiento de la carpeta asfáltica frente a la mezcla modificada.*

Tipo de Mezcla	Propiedades Físico-Mecánicas	Carpeta Asfáltica
Mezcla Modificada con el uso de PET	Estabilidad	Resistencia a las cargas de Tránsito.
	Durabilidad	Previene la desintegración de las capas y dar espacio a la densificación producidas por el tránsito.
	Rigidez	Soporta esfuerzo sin adquirir grandes deformaciones elásticas.
	Resistencia	Resistencia a las deformaciones y compresión.

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

4.1.2. Resultados según Objetivos específicos:

Evaluar las características físico-mecánicas del asfalto a base de polímero, respecto a las especificaciones determinadas.

Cuadro 02: *Características de la mezcla asfáltica modificada.*

PARÁMETROS DE DISEÑO	MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON PET
% CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO	5.90
PESO ESPECÍFICO (GR/(CM³))	2.450
VACÍOS (%)	3.80
VACÍOS AGREGADO MINERAL (%)	16.10

VACÍOS LLENADOS CON CEMENTO ASFÁLTICO (%)	71.30
FLUJO (MM)	3.30
ESTABILIDAD (KG)	1507.70
FACTOR DE RIGIDEZ	4568.79

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Se realizó la evaluación de las características de la mezcla modificada con respecto a las especificaciones técnicas del diseño de mezcla Método Marshall ASTM D-1559 en el cuadro 14 (Ver Anexo 05).

Es así que se muestra que la mezcla modifica con PET realizada si cumple con las especificaciones que se debe de tener para realizar el diseño de mezcla con el Método Marshall.

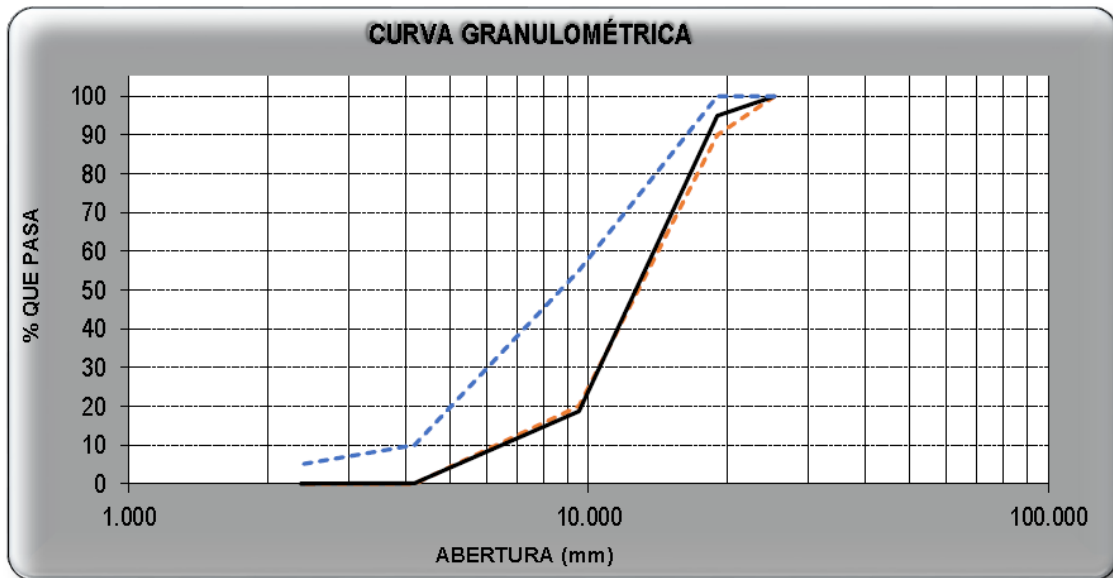
Determinar el porcentaje óptimo de polímero en el nuevo diseño de la mezcla asfáltica.

Cuadro 03. Análisis granulométrico de agregado grueso ASTM C33-03.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % Que Pasa	Contenido de Humedad
4 plg	100.000	0.00	0.00	0.00	100.00	-	0.27%
3 1/2 plg	90.000	0.00	0.00	0.00	100.00	-	
3plg	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	-	Módulo de Finura
2 1/2 plg	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	-	
2 plg	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	-	6.86
1 1/2 plg	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	-	
1 plg	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	-	Tamaño Máximo
3/4 plg	19.050	125.80	5.03	5.03	94.97	100 - 100	
1/2 plg	12.700	1391.50	55.66	60.69	39.31	90 - 100	1 plg
3/8 plg	9.525	515.70	20.63	81.32	18.68	-	
Nª 4	4.178	462.60	18.50	99.82	0.18	20 - 55	Tamaño Máximo Nominal
Nª 8	2.360	3.00	0.12	99.94	0.06	0 - 10	
Nª 16	1.180	0.10	0.01	99.95	0.05		
PLATO		1.30	0.05	100.00	0.00	-	3/4 plg = 19.050mm
Total		2500.00	100.00				HUSO 67

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Figura 01: Curva Granulométrica A.G.



Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

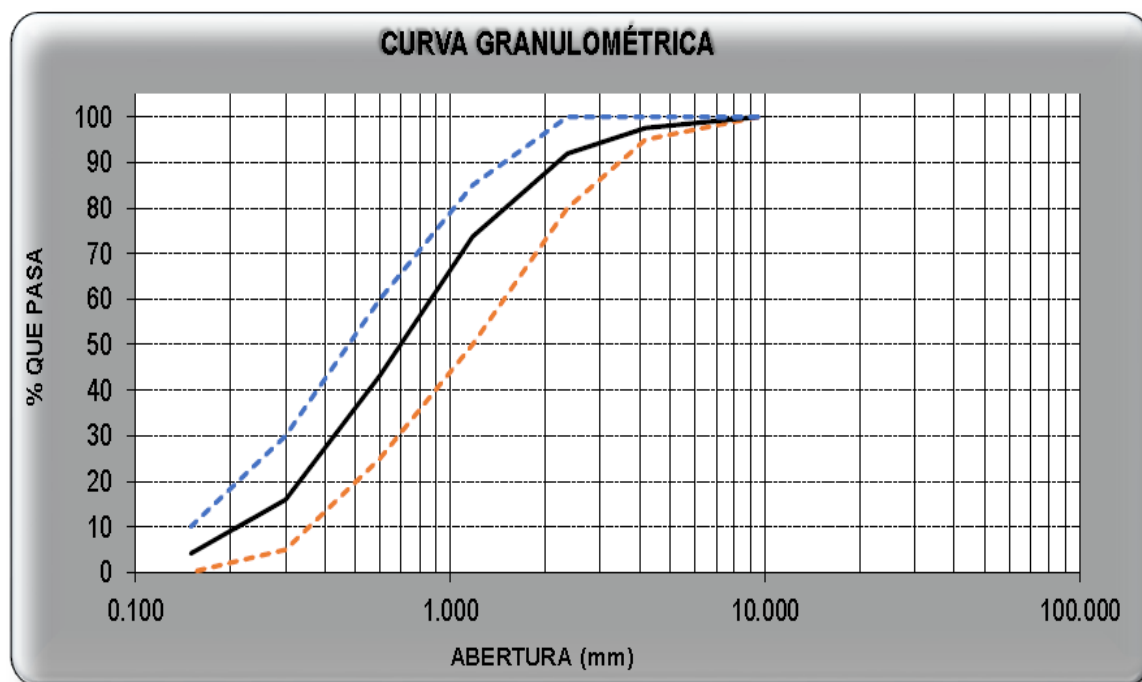
Descripción: Se verifica en la Figura 01 degradación del agregado grueso; el cual si cumple con la granulometría especificada en la norma MAC de mezclas asfálticas.

Cuadro 04: Análisis granulométrico de agregados finos ASTM C33-03.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % Que Pasa	Contenido De Humedad
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	4.49 %
Nª 4	4.178	12.33	2.47	2.47	97.53	95 - 100	
Nª 8	2.360	27.80	5.56	8.03	91.97	80 - 100	Módulo de Finura
Nª 16	1.180	91.36	18.27	26.30	73.70	50 - 85	2.73
Nª 30	0.600	152.07	30.41	56.71	43.29	25 - 60	Tamaño Máximo
Nª 50	0.300	136.62	27.32	84.04	15.96	5 - 30	3/8"
Nª 100	0.150	59.26	11.85	95.89	4.11	0 - 10	Tamaño Máximo Nominal
PLATO		20.56	4.11	100.00	0.00		
Total		500.00	100.00				Nª 4 = 4.178 mm

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Figura 02: Curva Granulométrica A.F.



Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se verifica en la Figura 02 degradación del agregado fino; el cual si cumple con la granulometría requerida en la norma MAC para mezclas asfálticas.

Cuadro 05: Contenido de humedad total de agregado grueso por secado MTC E215.

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	48.90	51.00	50.50
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	179.50	182.40	196.70
Peso del tarro + suelo seco (g)	179.16	182.05	196.28
Peso del suelo seco (g)	130.26	131.05	145.78
Peso del agua (g)	0.34	0.35	0.42
% de humedad (%)	0.26	0.27	0.29
% de humedad promedio (%)	0.27		

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Cuadro 06: *Contenido de humedad total de agregado fino por secado MTC E-215.*

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO				
Descripción		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro	(g)	50.50	45.90	48.90
Peso del tarro + suelo húmedo	(g)	158.70	154.70	154.20
Peso del tarro + suelo seco	(g)	153.98	149.89	149.48
Peso del suelo seco	(g)	103.48	104.08	100.90
Peso del agua	(g)	4.72	4.72	4.40
% de humedad	(%)	4.56	4.53	4.36
% de humedad promedio	(%)	4.49		

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020

Asimismo, se realizó el análisis del peso específico y absorción de los agregados gruesos y finos ASTM C 127 en el cuadro 15 y cuadro 16 (Ver Anexo 06).

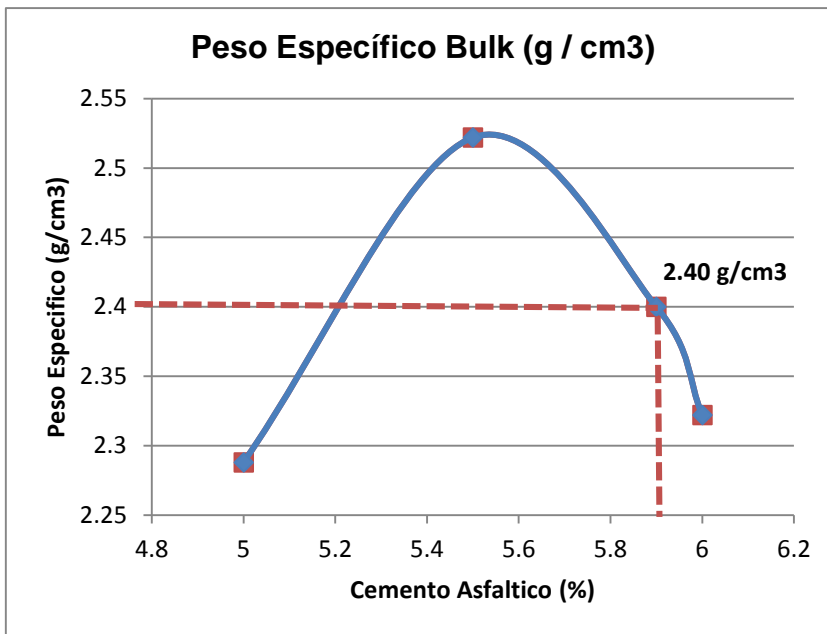
Para realizar el diseño MAC se utilizaron insumos las cuales se detallarán en el cuadro 17 (Ver Anexo 07).

Asimismo, para obtener el porcentaje óptimo de polímero y cemento asfáltico se realizó el Ensayo Marshall en la cual se hizo un diseño de la mezcla tradicional y diseño de la mezcla modificada con diferentes contenidos de cemento asfáltico y distintas cantidades de polímero.

Es así que, para realizar el análisis de la mezcla convencional se presentó las dosificaciones la cual se muestra detalladamente en el cuadro 18 (Ver Anexo 08).

Finalmente, luego de obtenido los datos en el cuadro 19, cuadro 20 y cuadro 21 (Ver Anexo 09), se realizó las gráficas respectivas para obtener el contenido óptimo de polímero y cemento asfáltico.

Figura 03: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.

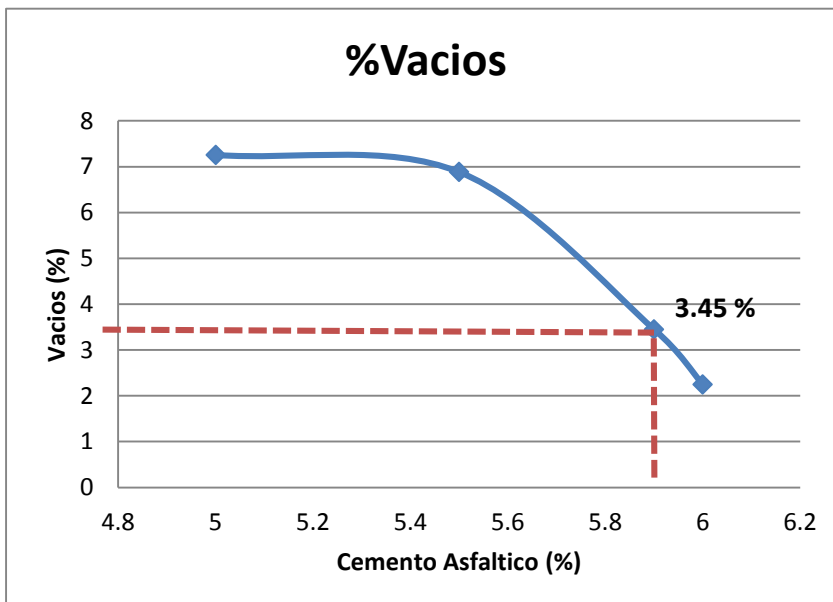


%C.A	P.E (g/cm ³)
5	2.288
5.5	2.522
5.86	2.400
6	2.322

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la Figura 03 el porcentaje de óptimo de cemento asfáltico, la cual es un 5.9% con un peso específico de 2.4 g/cm³.

Figura 04: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de vacíos.

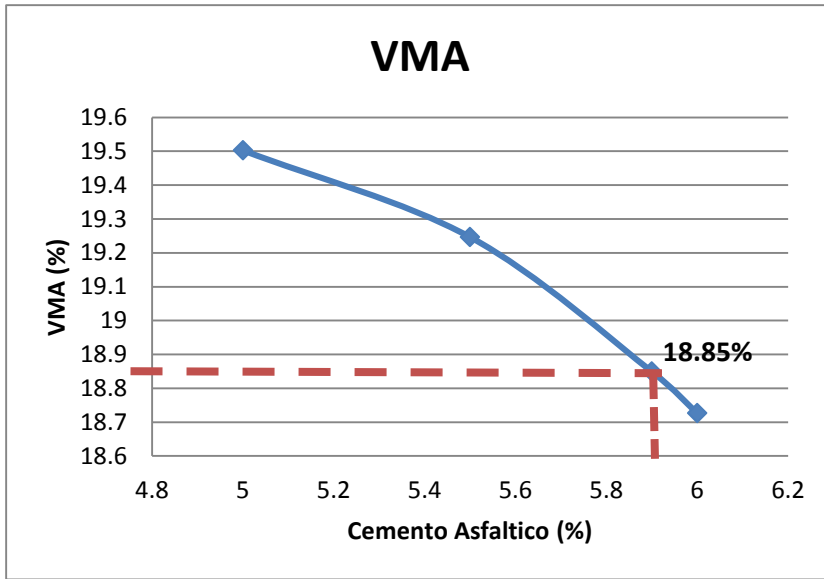


%C.A	%Vacíos
5	7.256
5.5	6.883
5.86	3.45
6	5.249

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la Figura 04 el porcentaje óptimo de cemento asfáltico de 5.9% con un % de vacíos de 3.45 %.

Figura 05: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de VMA.

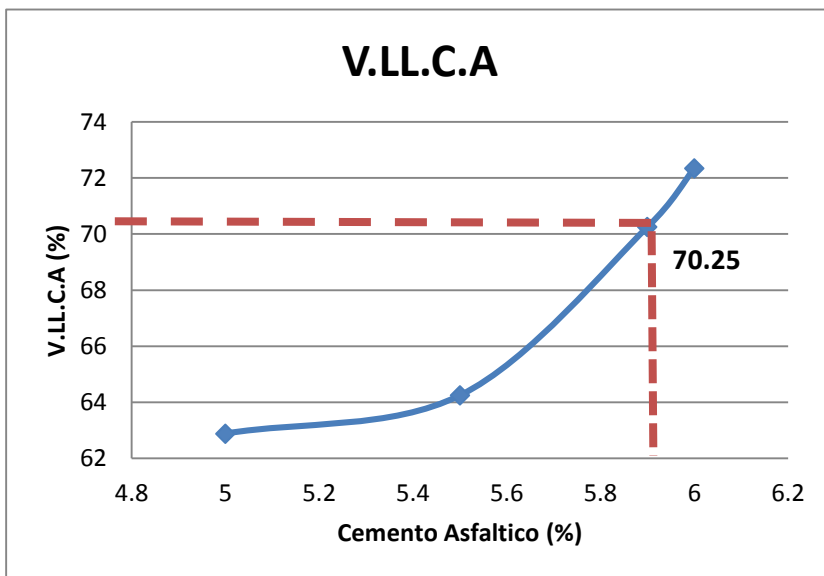


%C.A	VMA
5	19.503
5.5	19.247
5.86	18.85
6	18.727

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la Figura 05 el 5.9% (%Óptimo) de cemento asfáltico con un VMA de 18.85 %.

Figura 06: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de V.LL.C.A.

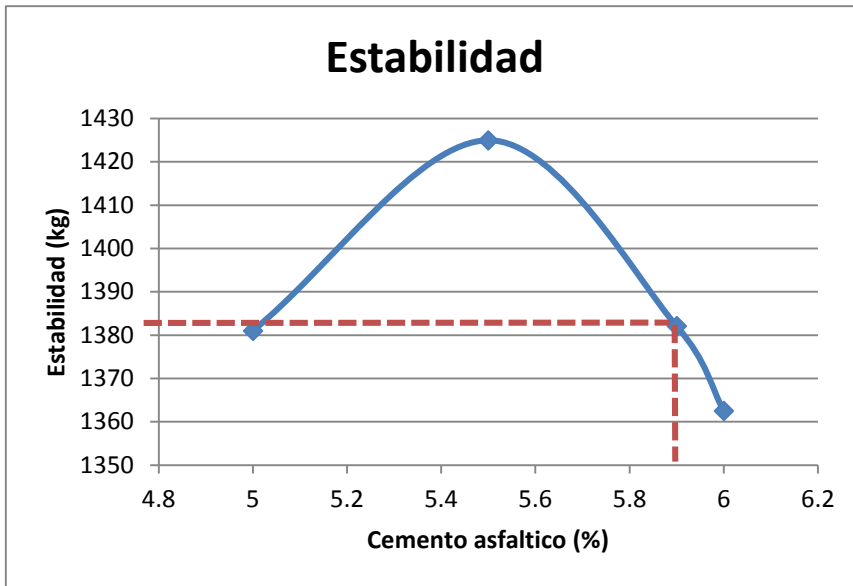


%C.A	VLLCA
5	62.888
5.5	64.248
5.86	70.25
6	72.343

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la Figura 06 el 5.9% (%Óptimo) de cemento asfáltico con un V.LL.C. A de 70.25 %.

Figura 07: Porcentaje de Cemento asfaltico vs estabilidad.

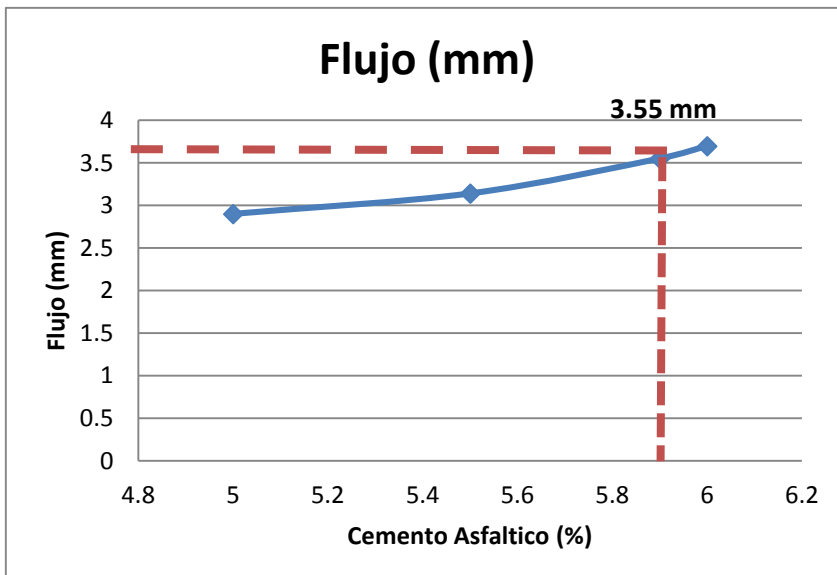


%C.A	Estabilidad
5	1381
5.5	1425
5.86	1382.10
6	1362.56

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la Figura 07 el 5.9% (%Optimo) de cemento asfaltico con una estabilidad de 1382.10 kg.

Figura 08: Porcentaje de Cemento asfaltico vs flujo.



%C.A	FLUJO
5	2.9
5.5	3.14
5.86	3.55
6	3.697

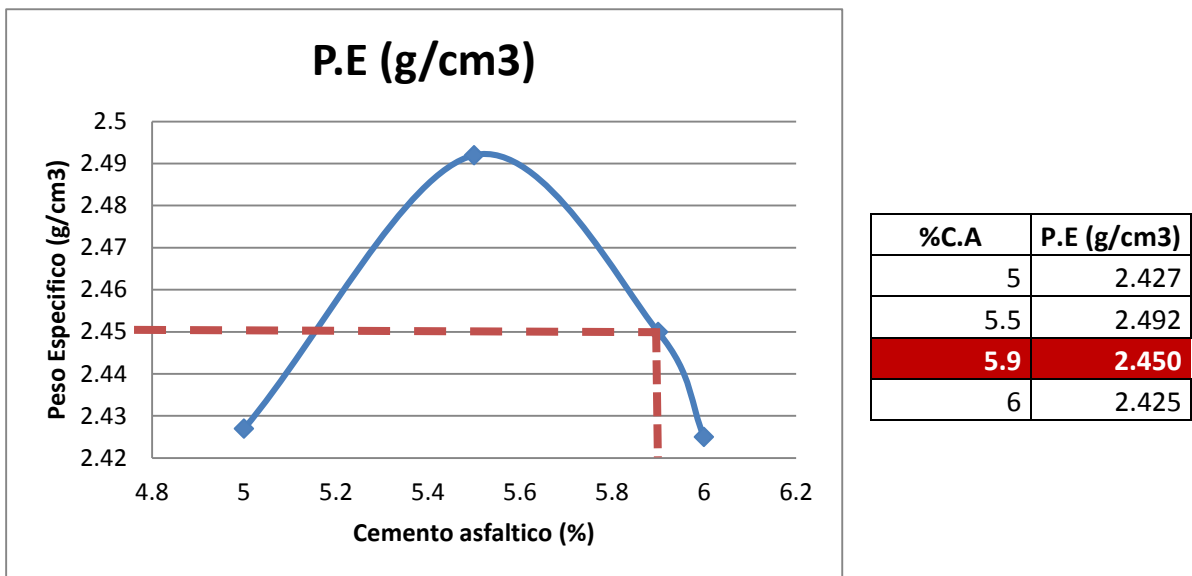
Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la Figura 08 el 5.9% (%optimo) de cemento asfaltico con un flujo de 3.55 mm.

Para realizar la mezcla asfáltica modificada, se muestra las dosificaciones correspondientes usando 3 cantidades diferentes de cemento asfáltico mostrados en el cuadro 22, cuadro 23 y cuadro 24 (Ver Anexo 10).

Luego de obtenido los datos de las distintas cantidades de polímero y cemento asfáltico en el cuadro 25, cuadro 26 y cuadro 27 (Ver Anexo 11), se mostrará las respectivas gráficas para obtener el contenido óptimo de polímero y cemento asfáltico.

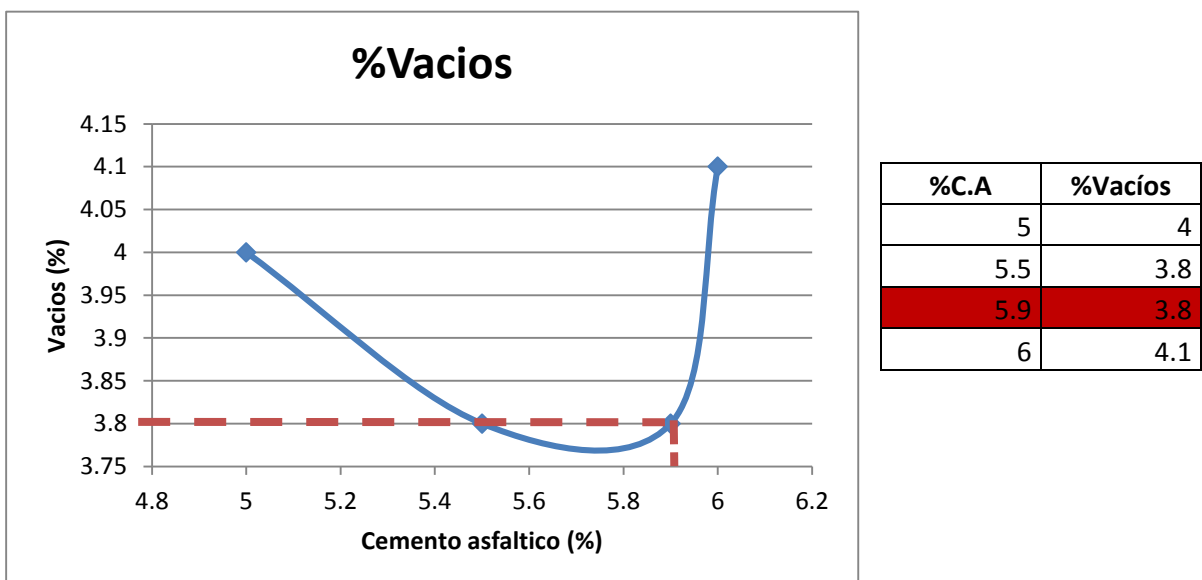
Figura 09: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.



Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la Figura 09 el 5.9% (%óptimo) de cemento asfáltico, con un peso específico de 2.45 g/cm³.

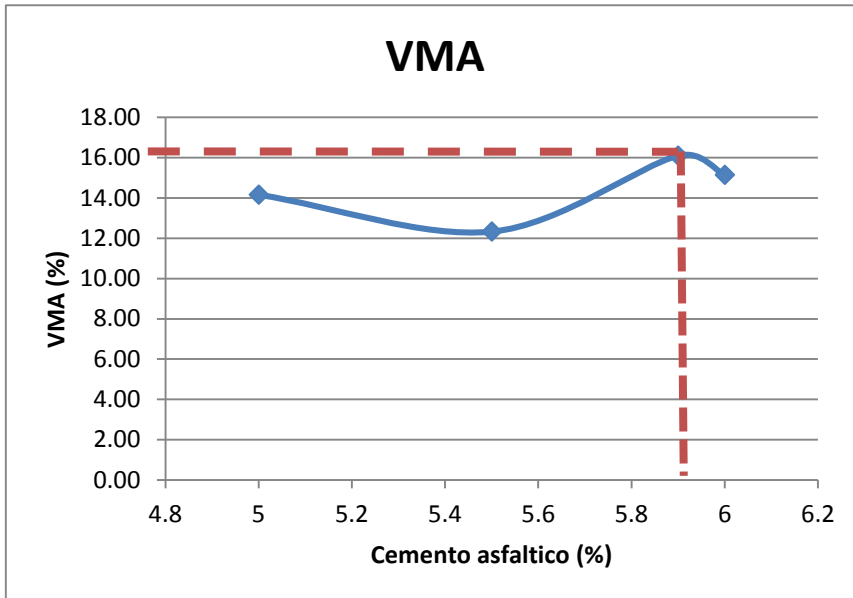
Figura 10: Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de vacíos.



Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la Figura 09 el 5.9% (%optimo) de cemento asfaltico con un porcentaje de vacíos de 3.80 %.

Figura 11: Porcentaje de Cemento asfaltico vs Porcentaje de VMA.

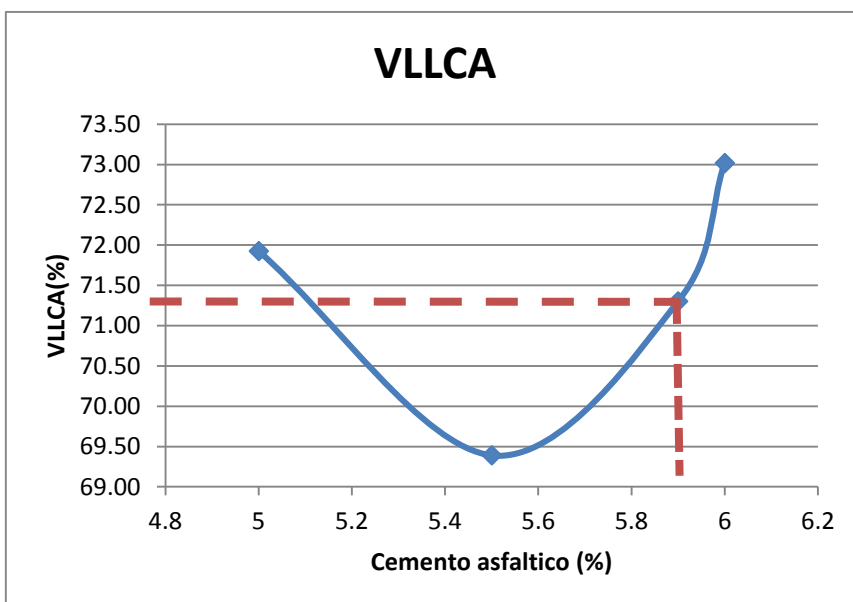


%C.A	VMA
5	14.17
5.5	12.33
5.9	16.10
6	15.15

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la Figura 10 el porcentaje óptimo que es 5.9% de cemento asfaltico con un VMA de 16.10 %.

Figura 12: Porcentaje de Cemento asfaltico vs Porcentaje de V.LL.C.A.

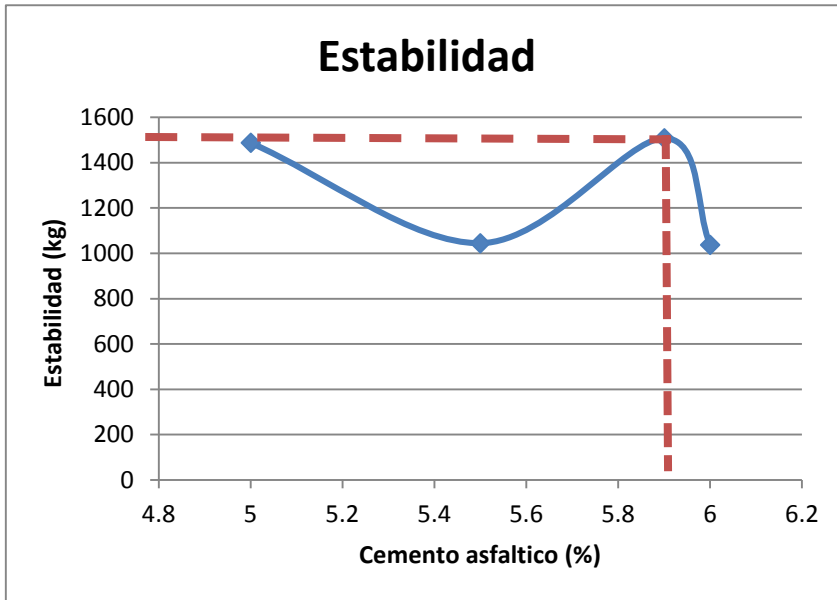


%C.A	VLLCA
5	71.93
5.5	69.39
5.9	71.30
6	73.02

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la Figura 11 el porcentaje optimo que es 5.9% de cemento asfaltico con un V.L.L.C. A de 71.30 %.

Figura 13: Porcentaje de Cemento asfaltico vs estabilidad.

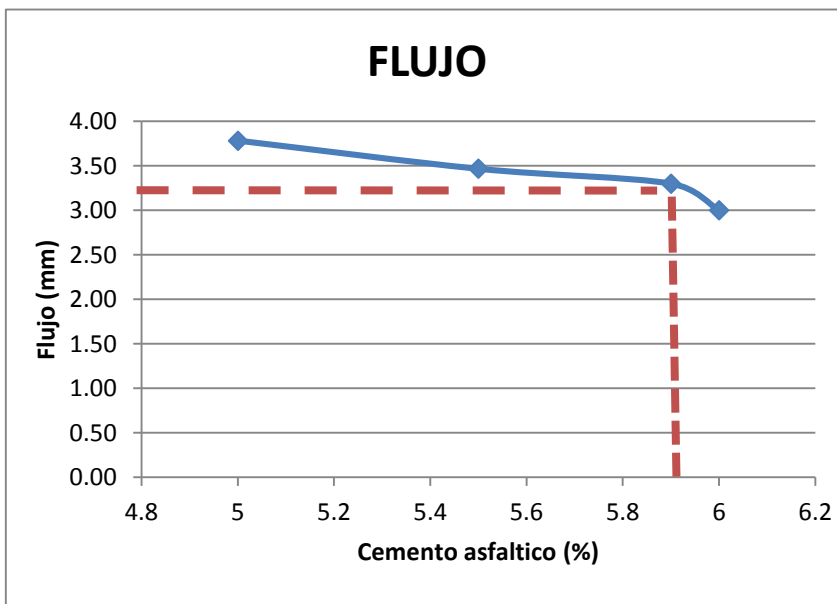


%C.A	Estabilidad
5	1487.556
5.5	1044.47
5.9	1507.70
6	1036.96

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la Figura 12 el porcentaje óptimo de 5.9% de cemento asfaltico con una estabilidad de 1507.70 kg.

Figura 14: Porcentaje de Cemento asfaltico vs flujo.



%C.A	FLUJO
5	3.78
5.5	3.47
5.9	3.30
6	3.00

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la Figura 13 el porcentaje óptimo de 5.9% de cemento asfáltico con un flujo de 3.30 mm.

Es así que se muestra el contenido óptimo para una mezcla modificada y una mezcla tradicional.

Cuadro 07: *Contenido Optimo (%)*

	Mezcla Convencional	Mezcla Modificada con PET
Contenido Óptimo (%)	5.86 %	5.9 %
Contenido Óptimo Polímero (%)	--	1%

Evaluar las modificaciones físico-mecánicas de la mezcla asfáltica con polímero frente a la mezcla asfáltica convencional.

A continuación, se muestran los parámetros de diseño de la mezcla tradicional frente al diseño de mezcla con PET.

Cuadro 08: *Características de diseño (Convencional vs Modificado).*

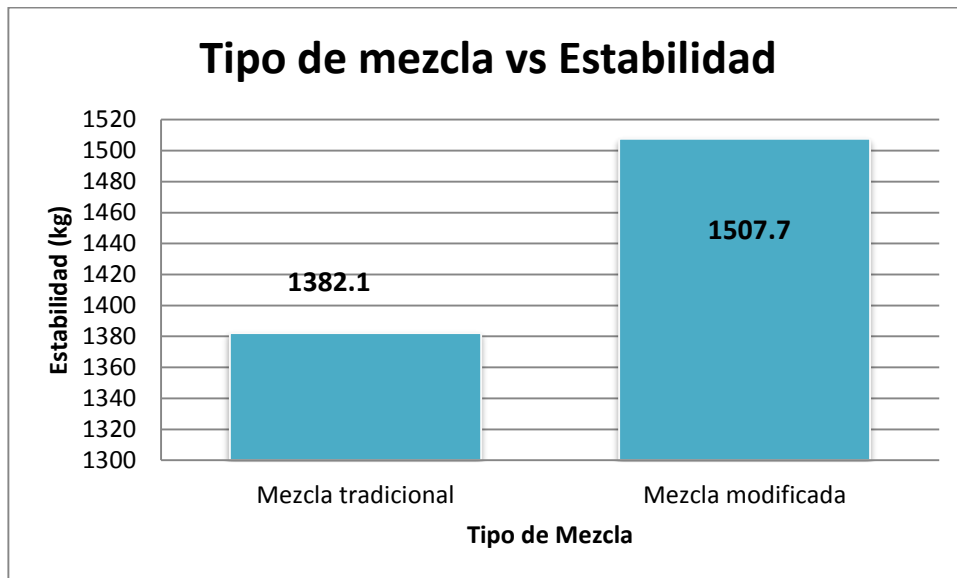
PARÁMETROS DE DISEÑO	Mezcla Convencional	Mezcla Modificada con PET
% Cemento Asfáltico en peso	5.86	5.90
Peso específico (gr/(cm³))	2.400	2.450
Vacíos (%)	5.00	3.80
Vacíos Agregado Mineral (%)	18.85	16.10
Vacíos llenados con cemento asfáltico (%)	70.25	71.30
Flujo (mm)	3.55	3.30
Estabilidad (kg)	1382.10	1507.70
Factor de rigidez	3893.24	4568.79

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

En el cuadro mostrado se puede observar las diferencias que existen en los parámetros de cada diseño, como por ejemplo el flujo, la estabilidad y el factor de rigidez.

Asimismo, evaluamos las modificaciones de la mezcla con polímero frente a la mezcla tradicional.

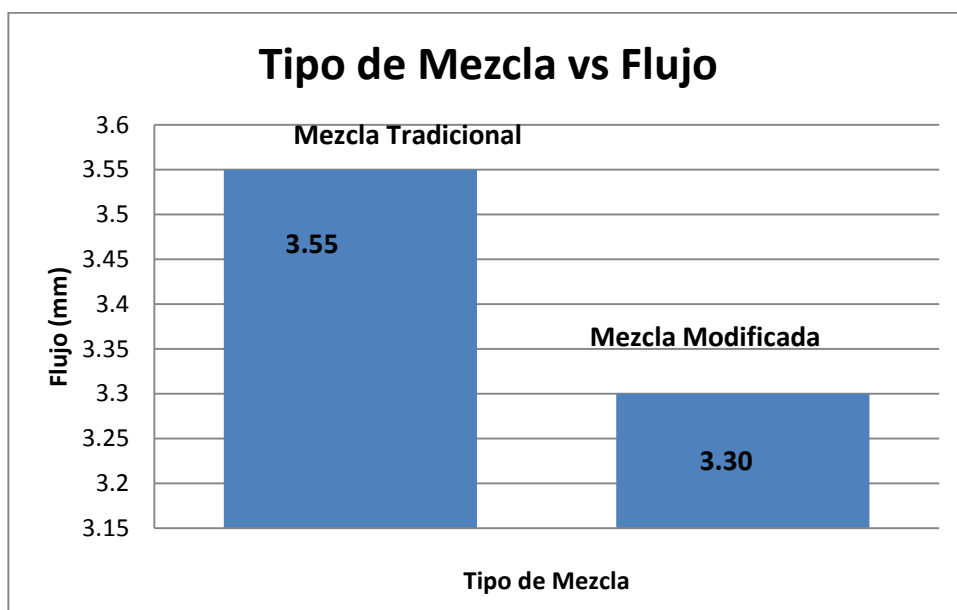
Figura 15: Tipo de Mezcla vs Estabilidad



Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: En la figura mostrada se puede visualizar que la mezcla modificada con PET resiste una carga adicional de 125.6 kilogramos aumentando su estabilidad; es por ello que la mezcla muestra alta resistencia a deformaciones.

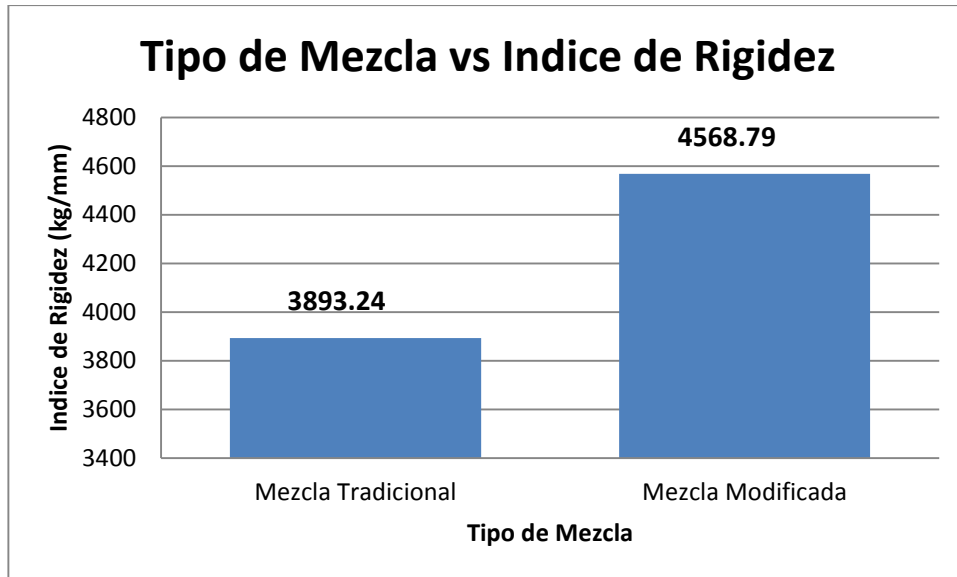
Figura 16: Tipo de Mezcla vs Flujo



Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se observa en la figura 15 con respecto a la mezcla modificada que esta muestra una mínima reducción de 3.10% en el flujo, por consecuencia aporta propiedades elásticas y rigidez.

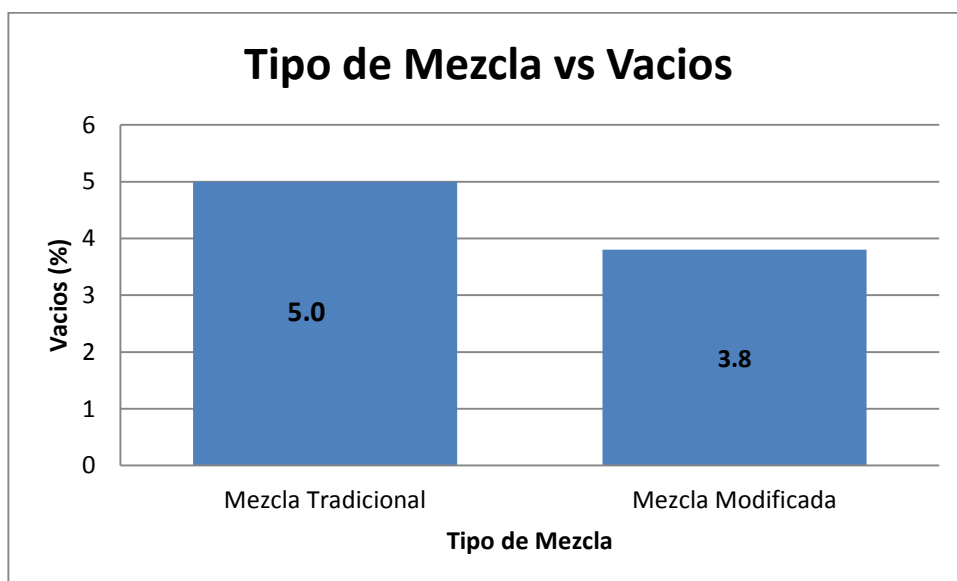
Figura 17: Tipo de Mezcla vs Índice de Rigidez



Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la figura 16 que la mezcla convencional presenta una rigidez de 3893.24 kg/cm² a comparación de la modificada que presenta un factor de 4568.79 kg/cm², es así que manifiesta un 7.49% de incremento. Por la cual se confirma que el uso del plástico aporta mayor rigidez a la mezcla.

Figura 18: Tipo de Mezcla vs Vacíos.



Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Descripción: Se muestra en la figura 17 que la mezcla modificada presenta una reducción de vacíos del 2.20% con respecto a la mezcla tradicional, la cual nos indica que aporta mayor durabilidad.

Realizar un análisis económico entre la mezcla modificada con polímero y la mezcla con asfalto tradicional.

Se hizo un análisis económico de la mezcla modificada y mezcla tradicional en el cuadro 28 y cuadro 29 (Ver Anexo 12), realizando una comparación de ahorro.

Cuadro 09: *comparación del ahorro de producción entre el asfalto convencional y asfalto modificado.*

Descripción	Mezcla asfáltica convencional	Mezcla asfáltica modificado con polímero (PET)	Variación
Precio de mezcla asfáltica	S/. 458.57	S/. 441.56	S/. 17.01

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

V. DISCUSIÓN

Para nuestro trabajo de investigación se realizó el método de la triangulación donde se contrastó: los resultados, los objetivos, marco teórico y antecedentes. Es así que se expondrá de manera detallada el análisis de los resultados obtenidos.

Objetivo general de nuestro proyecto fue Analizar el comportamiento de la carpeta asfáltica con el uso de polímero en una carpeta asfáltica tradicional en la carretera Huaraz-Recuay-Ancash, 2019.

Observando nuestros resultados realizados en el cuadro N° 01, respecto a la variable polímero, la estabilidad proporciona un nivel bueno en el comportamiento de la carpeta asfáltica, debido a la carga adicional que esta pueda recibir a comparación de la carpeta asfáltica tradicional, ya que el uso del polímero provee mayor resistencia a las deformaciones; así mismo la durabilidad proporciona un nivel bueno hacia la carpeta asfáltica, ya que presenta una reducción de vacíos del 2.20% el cual nos indica que aporta mayor durabilidad, es así que previene la desintegración las capas y dar espacio a la densificación producida por el tránsito. También se pudo obtener de acuerdo a la rigidez el soporte sin mayor esfuerzo a las grandes deformaciones que se presenta con el asfalto convencional, así mismo presenta una resistencia óptima a las grandes deformaciones que se presentaba con el asfalto convencional.

Con los resultados obtenidos relacionados a los de (silvestre 2017, p.54). Con su tesis titulado “Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima-2017.” Manifiesta que el uso del polímero reduce de un 3,9% a 3.7% en contenido de vacíos, en la rigidez aumenta de 3788 a 3966, que tenga mayor soporte a las grandes cargas. En comparación con los resultados de silvestre; estas se asemejan a los resultados obtenidos, ya que el polímero mejora al asfalto convencional.

En los objetivos específicos tenemos. Evaluar las características físico-mecánicas del asfalto a base de polímero, respecto a las especificaciones determinadas. Al evaluar las características del asfalto modificado con respecto a las especificaciones técnicas se mostró qué; el peso específico bulk del espécimen es mayor al del asfalto convencional; según las especificaciones técnicas se debe de obtener el máximo posible, los vacíos para nuestra mezcla modificada es de 3.80%;según nuestras

especificaciones técnicas se deben de encontrar entre 3% y 5%, los VMA son de 16.10% siendo mayor al 14% la cual es especificado como mínimo porcentaje para el VMA, los vacíos llenados con C.A son de 71.30% encontrándose entre el intervalo de 65% y 78% especificado según norma, el flujo es de 3.30mm encontrándose dentro del valor optimo especificado (Según norma 2.03mm – 4.06mm) , para nuestra estabilidad se obtuvo 1507.70kg donde el mínimo valor para el diseño es de 815kg; no se muestra un máximo valor ya que la mezcla debe de presentar mayor capacidad de resistencia para una mejora del pavimento y por último la rigidez; para un mezcla en caliente se considera un valor de 1700kg/cm como mínimo y 4500 kg/cm como máximo; para nuestra mezcla modifica obtuvimos 4568.79kg/cm. Así que nuestros resultados descritos reflejan que los parámetros de diseño de nuestra mezcla modificada con PET cumplen con las normas técnicas que se deben de tener en cuenta para realizar el diseño de mezcla con el Método Marshall (Según el ASTM D-1559).

Evaluar las modificaciones físico-mecánicas de la mezcla asfáltica con polímero frente a la mezcla asfáltica convencional.

Al evaluar la mezcla tradicional y la mezcla modificada se obtuvo que para nuestra mezcla asfáltica modificada el peso específico aumento en 2,45% con respecto al asfalto convencional, así también en el contenido de vacíos se reduce en un 3.80% donde debido a su reducción la mezcla aporta mayor durabilidad, asimismo en el VMA reduce en un 16.10%, también en VLLCA aumenta en un 71.30% donde estos vacíos demuestran mayor factibilidad para su uso, en la estabilidad podemos observar que aumenta en 1507.70kg la cual nos indica mayor capacidad de resistencia. También el flujo reduce 3.30mm aportando mayor rigidez. Con estos resultados podemos decir que la mezcla modificada presenta mejora en sus propiedades ayudando a que el pavimento tenga menores daños.

Determinar el porcentaje óptimo de polímero en el nuevo diseño de la mezcla asfáltica.

Se determinó el contenido óptimo de polímero y asfalto; para el asfalto se obtuvo 5.9% y para el polímero 1% la cual con este porcentaje alcanza el nivel más óptimo o adecuado para su uso. También se puede verificar (Silvestre 2017, p.89), refiere que obtuvo un contenido óptimo de 5.6% de C.A y 1% de PET siendo muestra de contribución a la mejora del pavimento. Es así que podemos visualizar la semejanza

de valores que existe para nuestro óptimo con respecto a Silvestre mostrando la correcta cantidad de uso para mezclas modificadas por el Método Marshall.

Realizar un análisis económico entre la mezcla modificada con polímero y la mezcla con asfalto tradicional.

En el costo económico se puede observar que el asfalto convencional tiene un presupuesto de 458.57 soles y el asfalto modificado con polímero un presupuesto de 441.56 soles, haciendo una diferencia de 17.01 soles, es así que utilizando el polímero nos produce menores gastos, también podemos observar (silvestre 2017, p.88), menciona que el utilizar polímero es más económico ya que en su trabajo realizado menciona una diferencia de 14.23 soles con respecto al asfalto convencional. Pues así se denota el impacto positivo que se puede obtener del uso del polímero para nuestra mezcla.

VI. CONCLUSIONES

Después de revisar los resultados y análisis se presentan las siguientes conclusiones.

Primero: Se analizó el comportamiento de la carpeta asfáltica con el uso de polímero en una carpeta asfáltica convencional en la carretera Huaraz-Recuay-Ancash, 2019, se obtuvo que la carpeta asfáltica tiende a mejorar su comportamiento debido a sus propiedades físico-mecánicas; estabilidad, durabilidad, rigidez y resistencia; ya que si estas elevan su capacidad de mejora la carpeta desarrolla un comportamiento óptimo durante su uso corroborando en el cuadro 01 (p.16), Es así que se concluyó que con el uso del polímero la carpeta asfáltica tuvo un cambio en su comportamiento las cuales fueron en la resistencia a las cargas de tránsito debido al aumento de su estabilidad ya que resiste una carga adicional de 125.6kg, así también en la desintegración de las capas producidas por el tránsito con respecto a la durabilidad producida por la reducción del 2.20% de vacíos, soporte al adquirir grandes deformaciones elásticas y resistencia a la compresión producido por el incremento del 7.49% de rigidez.

En ese sentido la hipótesis: “El uso de polímeros en el asfalto influye significativamente en el comportamiento del pavimento flexible de la carretera Huaraz-Recuay-Ancash, 2019”, fue aceptada.

Segundo: Se evaluó las características físico-mecánicas del asfalto a base de polímero, respecto a las especificaciones determinadas, se obtuvo que las características físico mecánicas cumplen con las especificaciones técnicas de acuerdo a su parámetro de diseño las cuales son el peso específico bulk, los vacíos, VMA, VLLCA, flujo, estabilidad y rigidez corroborando en la tabla 03 (p.17), Además nuestro peso específico debe ser considerada el máximo posible, en nuestra mezcla modificada se obtuvo un 2.455 g/cm³; para los vacíos se considera de 3% a 5% obteniéndose un 3.80%, para los VMA se considera un mínimo de 14%;teniendo en nuestra mezcla un 16.10%, para el flujo se obtuvo 3.30 mm siendo el máximo 4.06mm; para nuestra estabilidad solo se considera un mínimo de 815 kg, obteniendo 1507.70 kg; y por último la rigidez, donde se muestra que su valor va desde 1700 kg/cm a 4500 kg/cm obteniéndose 4568.79 kg/cm; pudiéndose visualizar así que

la realización de nuestra mezcla modificada con polímero respeto las normas técnicas para el diseño de mezclas según el ASTM D-1559.

Tercero: Se determinó el porcentaje óptimo de polímero en el nuevo diseño de la mezcla asfáltica, donde se obtuvo un contenido óptimo para el C.A y para el polímero, para nuestro cemento asfáltico fue un 5.86 % con respecto a la mezcla asfáltica tradicional, para la mezcla modificada con PET el contenido optimo que se obtuvo fue de 5.9% de C.A con 1% de polímero corroborando en el cuadro 21 (p.35), es así que existe un mejoramiento con respecto al optimo ya que se observó una diferencia mínima y esta diferencia hace que la mezcla realizada tienda a cambiar sus propiedades.

Cuarto: Se evaluó las modificaciones físico-mecánicas de la mezcla asfáltica con polímero frente a la mezcla asfáltica convencional obteniéndose grandes diferencias de porcentajes con respecto a los parámetros de diseño las cuales midieron el mejoramiento del pavimento corroborando en el cuadro 22 (p.35), para él % de C.A en la mezcla convencional fue de 5.86% y para la mezcla modificada fue de 5.90%; para el peso específico se obtuvo 0.05gr/cm³ de diferencia con respecto a la mezcla convencional; para los vacíos fue de 1.20% menos que la mezcla convencional; para VMA, se tuvo 2.40% menor a la M.C; los VLLCA en la M..C fue de 70.25% a diferencia del M.M con Pet de 71.30%; con respecto al flujo nuestra mezcla modificada obtuvo 0.25 mm de aumento en el ensayo; para la estabilidad se obtuvo 125.60 kg de más dirigida la mezcla modificada, y finalmente para la rigidez de nuestra M.M con Pet se obtuvo 4568.79 kg/cm, la cual es 675.55kg/cm de soporte mayor a la convencional, es por ello que las modificaciones encontradas proporcionaron mejoramiento a la mezcla debido al cambio de sus propiedades.

Quinto: Se realizó un análisis económico entre la mezcla modificada con polímero y la mezcla con asfalto tradicional donde se verifico el ahorro que presenta la obtención de esta mezcla modificada mejorando sus propiedades corroborando en el cuadro 23 (p.39); en la mezcla tradicional se tuvo un gasto de 458.57 soles a diferencia de la mezcla modificada que presento un gasto de 441.56 soles , haciendo una variación de 17.01 soles, es así que se demuestra la factibilidad económica que se pudo obtener del uso del polímero para nuestro pavimento.

Estos resultados demostraron que nuestro pavimento asfáltico mejoró con el uso del polímero con un óptimo de porcentaje considerado en nuestro informe de investigación así mismo debido al cambio de sus propiedades el pavimento muestra mayor capacidad de enfrentar daños producidos en la intemperie.

VII. RECOMENDACIONES

- Primero: Se sugiere realizar un estudio del polímero a usar, debido a que existen distintos tipos de polímero de las cuales no todas son compatibles con el tipo de suelo.
- Segundo: Se recomienda seguir con la investigación cambiando la cantidad de plástico para así conocer y verificar la incidencia que tiene el PET en mezclas asfáltica.
- Tercero: Se recomienda hacer uso de otros tipos de polímero para conocer las propiedades de mejora que se puedan obtener hacia el pavimento.
- Cuarto: Se recomienda hacer uso de EPP durante la elaboración de la mezcla.
- Quinto: Se sugiere realizar un ensayo de durabilidad con sulfato de magnesio para conocer la durabilidad del agregado bajo condiciones de intemperie ya que es una parte importante para el diseño de mezclas en caliente.
- Sexto: Se recomienda realizar mayores trabajos de mejoramiento de viabilidad las cuales aporten al bienestar de la población, así mismo usando alternativas que ayuden a tener pavimentos de mayor durabilidad.
- Séptimo: Se sugiere usar un pavimento de tipo ecológico que sean hechos a base de polímero ya que éstas serán reutilizadas en la mezcla asfáltica para la mejora del pavimento y así mismo ayudara a la preservación del medio ambiente.

REFERENCIAS

RODRIGUEZ, Moisés. Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado [en línea]. Perú. 18 de junio del 2004, [Fecha de consulta: 3 de noviembre del 2019].

Disponible en:
file:///C:/Users/RCP/Downloads/Rodriguez%20_PB%20&%20Tacza_%20HE.pdf

CHAVEZ, Luis. Aplicación de un sistema de gestión de pavimentos urbano local a nivel de red mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) como variable de condición en la red vial [en línea]. Perú. 12 de mayo del 2018, [Fecha de consulta: 3 de noviembre del 2019].

Disponible en:
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5118>

PEREZ, Roberto. Propiedades del hormigón reciclado para el uso como soleras de hormigón en pavimentos industriales para identificar la importancia de las propiedades que alcanza el hormigón reciclado dentro del pavimento debido a la capacidad resistente, Madrid. Revista de Análisis de Edificación, (4): 25-31, septiembre del 2018.

ISSN: 2444-1309

BECERRA, Mario. Tópicos de pavimentos para diseño y construcción en los dos tipos (rígidos y flexibles), Lima [en línea]. Perú. 13 de junio del 2012, [Fecha de consulta: 8 de noviembre del 2019].

Disponible en:
https://www.academia.T%C3%B3picos_de_Pavimentos_de_Concreto

VÁZQUEZ, Bruno. Estudio comparativo del diseño del pavimento flexible y semirrígido con carpeta asfáltica y base tratada [en línea]. Perú. 4 de agosto del 2016. [Fecha de consulta: 8 de noviembre del 2019].

Disponible en:
http://repositorio.upao.edu.pe/_ING.CIVIL_ALEX.MAMANI_JIMY.S%C3%81NCHEZ_PAVIMENTO.FLEXIBLE_DATOS.

- MIRANDA, Robredo. Estudio de deterioros en pavimentos flexibles y rígidos [en línea]. Perú. 20 de enero del 2010. [Fecha de consulta 8 de noviembre del 2019].
Disponible en: https://d1wqtxts1xzlexSr_Estudio_dezuADeterioros_en_Pavimentos8a__&Key-Pair Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- BELLIDO, Luis. Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa - Sachapité, Huancavelica, [en línea]. Perú. 4 de diciembre del 2017. [Fecha de consulta: 10 de febrero del 2020].
Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1388>
- REBOLLEDO, Javier. Análisis y Descripción de deterioros en pavimentos flexibles y rígidos, [en línea]. Perú. 2 de enero del 2010. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2019].
Disponible en: https://d1wqtxPypmOUhBkKqUz0zCrmZTN__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- CACERES, Adolfo. Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de Vías [en línea]. Perú. 03 de abril del 2015. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2019].
Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/426>
- PAJARES, rabanal. Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la Vía de Evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento [en línea]. Perú. 15 de mayo del 2014. [Fecha de consulta: 14 de noviembre del 2019].
Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/5511>
- FERRO, Casani. Evaluación y análisis de pavimentos en la ciudad de Abancay, para proponer una mejor alternativa estructural en el diseño de pavimentos [en línea]. Perú. 3 noviembre del 2017. [Fecha de consulta: 14 de noviembre del 2019].
Disponible en: <http://52.67.78.165/handle/utea/107>
- WULF, Gerardo. Empleo de Polímeros de Impronta Molecular como pre-Concentradores de muestras en el análisis químico de trazas Caracas, Venezuela. Revista Tekhné, (2): 2-22,2008.
ISSN: 1316-3930

DINA, Danny. Especialización en tecnología de polímeros por la Universidad Federal Sao Carlos de Brasil en el 2014 [en línea]. Brasil. 10 de marzo del 2014. [Fecha de consulta: 14 de noviembre del 2019].

Disponible en:
<http://dina.concytec.gob.pe/appDirectorioCTI/VerDatosInvestigador.investigador=668>

CUENCA, Antonio. Uso de un polímero natural (quitosano) como coagulante durante el tratamiento de agua para consumo. *Ingeniare*, (19):25-32, 2015. ISSN: 2390-0504

BELTRAN, Rene. Nano estructurado de composites de matriz polimérica y aditivos de base carbono con láseres pulsados de nano y femtosegundos [en línea]. España. 23 de mayo del 2018. [Fecha de consulta: 16 de noviembre del 2019].

Disponible en: <https://repositorio.es/servlet/tesis?codigo=249485>

MAILA, Aníbal. Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA) [en línea]. Perú 10 de enero del 2013, [Fecha de consulta: 16 de septiembre del 2019].

Disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/742>

SALAZAR, Luis. Evaluación de asfaltos modificados en laboratorio con distintos polímeros, Costa Rica. *Infraestructura Vial Digital*, (17): 21-37 ,2012. ISSN: 2215-3705

IZA, Carlós. Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales [en línea]. Perú. 03 de abril del 2017. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019].

Disponible en:
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25265>

JIMENEZ, Margarita. Estudio de mejora de las propiedades de polímeros conductores electrogenerados. Verificación de parámetros de aplicación tecnológica [en línea]. España. 20 de junio del 2017. [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2019].

Disponible en:
<https://upcommons.edu/bitstream/handle/2117/114016/TMSJ1de1.pdf>

- VILLACORTA, José. Análisis comparativo del comportamiento estructural de mezclas asfálticas en caliente y mezclas asfálticas emulsionadas en los pavimentos, [en línea]. Perú. 8 de agosto del 2018. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019].
Disponible en:
http://repositorio.RE_ING.CIVIL._COMPORTAMIENTO.ESTRUCTURAL_DATOS.PDF
- SIERRA, cesar. Estudio y comparación de los polímeros, plastomeros [en línea]. Perú .10 abril 2014. [Fecha de consulta: 14 de enero del 2020].
Disponible en:
<https://www.com/tesis?q=sierra+2014+polimeros&oq=sierra+2016+polimeros&aqs=chrome.69i57.13249j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- ROSALES Ricardo. Biodegradación y reciclaje y la tecnología de la utilización de los polímeros. Plásticos Universales, (4): 5-39 ,2018.
ISSN: 0303-4011
- VELASQUEZ, Andrea. Análisis de la fitorremediación de Polímero como estrategia biotecnológica de recuperación Contaminación, de los materiales pétreos y controlar la contención [en línea]. México. 5 de mayo del 2017. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2019].
Disponible en:
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1846/2065>
- MARTINEZ, Walter, Efecto de la arcilla calcinada en un asfalto 80 /100 modificado con grano de caucho reciclado [en línea]. Perú. 10 de agosto del 2013. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019].
Disponible en:
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/1444>
- ZAPATA, Jordan. Análisis comparativo del comportamiento mecánico de mezclas de concreto asfáltico Tipo 2 (MDC-19) con adición de polímeros [en línea]. Bogotá. 14 de enero del 2015. [Fecha de consulta: 24 de febrero del 2020].
Disponible en: <http://ingenieriacom1zapatachavez.blogspot.com/2015/>
- TORRES, Oscar. Comportamiento de mezclas asfálticas fabricadas con asfaltos modificados con ceras. Mezclas Asfálticas. (3):3-30,2018.
ISSN: 0405-4356

- PEÑA, Juan. Desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente incorporando cenizas volantes provenientes de la termoeléctrica [en línea]. Perú. 12 de enero del 2019. [Fecha de consulta: 12 de septiembre del 2019].
Disponible en:
http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2490/VIALT030_46541543_M%20%20%20PE%C3%91A%20ANCCASI%20JUAN%20CARLOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- PANQUEVA, Paul. Análisis comparativo de los métodos Marshall y superpave para compactación de mezclas asfálticas [en línea]. Perú. 4 de junio del 2015. [Fecha de consulta: 10 de septiembre del 2019].
Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/PublicacionTecnica/pt271>.
- PORTILLA, Julio. Pavement improvement for the production of asphalt concrete with additives [online]. Perú. August 12, 2015. [Date of consultation: October 16, 2019].
Available in: <https://es.scribd.com/doc/171212076/tesis-asfalto-huachipa>
- CORDOVA, Fausto. Construcción de pavimentos rígidos y flexibles utilizando diferentes tipos de aditivo [en línea]. Perú. 15 de febrero del 2018. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2019].
Disponible en: <https://andalucia/cordoba/sevi-plan-asfalto-calles-ayuntamiento-noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F>
- BARRATES, Cesar. Diseño de mezcla asfáltica para la ejecución de pavimento flexible, rígido [en línea]. Perú. 7 de marzo del 2017. [Fecha de consulta: 1 de diciembre del 2019].
Disponible en:
http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2173/espinoza_pkvildoso_je.pdf?sequence=1
- PARI, Teodoro. Comparación de la mezcla asfáltica con aditivos para la mejor trabajabilidad, Huacho [en línea]. Perú. 5 de setiembre del 2017. [Fecha de consulta: 1 de enero del 2020].
Disponible en:
<https://419&saEwjjuR27fqAhVShOAKHZNrCKwQ6AEwAHoECAsQAQ#v=onepage&q=pari%202017%20asfalto&f=false>

- VALDIVIA, Lubel. Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros SBS en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima [en línea]. Perú. 20 de junio del 2017. [Fecha de consulta: 15 de septiembre del 2019].
Disponibile en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/1523>
- SILVESTRE, Deyvis. Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima [en línea]. Perú. 15 de agosto del 2017. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2019].
Disponibile en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/1506>
- GOICOCHEA, Fredy. Estudio de un asfalto con adición de caucho de neumático reciclado como polímero base, Chachapoyas – Amazonas [en línea]. Perú. 25 de enero del 2019. [Fecha de consulta: 30 de octubre del 2019].
Disponibile en: <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1627>
- ANGARITA, María. Use of polymers in asphalt. 2nd. ed. Argentina: Nobuko, 2004. 824 pp.
ISBN: 9871135513
- BUSTAMANTE, Dario. Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera Guayllabamba [en línea]. Colombia. 14 de mayo del 2014. [Fecha de consulta: 28 de noviembre del 2019].
Disponibile en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/6533>
- COLLARTE, Roberto. The pavements on land roads. 2nd. Ed. México: McGraw-Hill, 2015. 600 pp.
ISBN: 9781456223960
- AIMACAÑA, Leonardo. Comparative study of the conventional method and use of eva and sbs polymers. 2nd. ed. Perú: Argus, 2017. 250 pp.
ISBN: 9788438002698

PAUCAR, Manuel. Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero Etileno Vinil Acetato (EVA), Quito [en línea]. Ecuador. 25 de enero del 2013. [Fecha de consulta: 30 de marzo del 2020].

Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/742/1/T-UCE-0011-31>.

ANEXOS

Anexo.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Polímeros (Variable Independiente)	Angarita, (2012). Un polímero es una gran molécula construida por la repetición de pequeñas unidades químicas simples. En algunos casos la repetición es lineal, de forma semejante a una cadena las cuales forman sus eslabones.	Los polímeros, mejoran las características físico-mecánicas del pavimento aumentando la resistencia de la carpeta asfáltica.	Características Mecánicas	Resistencia	Nominal/ Mayor Menor
			Características Económicas	Costo Económico	Nominal/ Mayor Menor
Mejoramiento del Pavimento Flexible (Variable Dependiente)	Rodríguez, (2008). Define al mejoramiento del pavimento flexible como ejecución de las obras necesarias para elevar el estándar de la vía mediante actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y de la estructura del pavimento.	Mejoramiento del pavimento flexible es perfeccionar las condiciones en las que se encuentra la vía, ya que contribuye a la mejora de la calidad de vida de los habitantes, contar con vías que se encuentren en óptimas condiciones, aportando así de manera positiva a la transitabilidad y condiciones de seguridad.	Propiedades Físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad • Durabilidad • Rigidez 	Ordinal/ Malo Bueno Regular

Fuente: Elaboracion Propia (2019)

Anexo.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE VARIABLES

Cuadro 10: Plantilla de cálculo para diseño de mezcla asfáltica convencional.

N°	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total				
2	% de Agregado Grueso (> N° 4) en peso de la mezcla				
3	% de Agregado Fino (< N° 4) en peso de la mezcla				
	% de Filler (Mínimo 65% pasa N° 200) en peso de la mezcla				
5	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente				
6	Peso Específico Agregado Grueso – bulk (Menor 1”)				
7	Peso Específico Agregado fino – bulk				
8	Peso Específico Filler – aparente				
8 ^a	Altura de la Briqueta 02				
8 Prom	Altura promedio de la briqueta (MTC 507 – 2000)				
9	Peso de la Briqueta en el aire (gr)				
9 ^a	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente Seca en aire (gr)				
9b	Peso del Agua absorbida (gr)				
10	Peso de la Briqueta Saturado Superficialmente Seca en agua (gr)				
11	Volumen de la Briqueta por desplazamiento				
12	Peso Específico bulk de la Briqueta (MTC E 514 – 2000)				
13	Peso Específico Máximo ASTM D-2041				
14	% de Vacíos				
15	Peso Específico Bulk del Agregado total				
16	VMA				
17	% de Vacíos Llenados con C.A. (MTC E 505 – 2000)				
18	Peso Específico del Agregado total				
19	Asfalto Absorbido por el Agregado total (MTC E 511 – 2000)				
20	% de Asfalto Efectivo				
21	Flujo (mm)				
	Lectura del Dial				
22	Estabilidad sin corregir (Kg)				
23	Factor de Estabilidad				
24	Estabilidad Corregida: (Kg)				
25	Relación Estabilidad / flujo: (kg/cm.)				

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Cuadro 11: Plantilla de cálculo para diseño de mezcla asfáltica modificado.

N°	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total				
2	% de Agregado Grueso (> N° 4) en peso de la mezcla				
3	% de Agregado Fino (< N° 4) en peso de la mezcla				
	% de Filler (Mínimo 65% pasa N° 200) en peso de la mezcla				
5	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente				
6	Peso Específico Agregado Grueso – bulk (Menor 1”)				
7	Peso Específico Agregado fino – bulk				
8	Peso Específico Filler – aparente				
8 ^a	Altura de la Briqueta 02				
8 Prom	Altura promedio de la briqueta (MTC 507 – 2000)				
9	Peso de la Briqueta en el aire (gr)				
9 ^a	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente Seca en aire (gr)				
9b	Peso del Agua absorbida (gr)				
10	Peso de la Briqueta Saturado Superficialmente Seca en agua (gr)				
11	Volumen de la Briqueta por desplazamiento				
12	Peso Específico bulk de la Briqueta (MTC E 514 – 2000)				
13	Peso Específico Máximo ASTM D-2041				
14	% de Vacíos				
15	Peso Específico Bulk del Agregado total				
16	VMA				
17	% de Vacíos Llenados con C.A. (MTC E 505 – 2000)				
18	Peso Específico del Agregado total				
19	Asfalto Absorbido por el Agregado total (MTC E 511 – 2000)				
20	% de Asfalto Efectivo				
21	Flujo (mm)				
	Lectura del Dial				
22	Estabilidad sin corregir (Kg)				
23	Factor de Estabilidad				
24	Estabilidad Corregida: (Kg)				
25	Relación Estabilidad / flujo: (kg/cm.)				

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Cuadro 12: Plantilla de cálculo para el análisis económico de asfalto modificado.

APU DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMEROS TIPO PLASTOMERO						
Partida: PRODUCCION DE MEZCLAASFALTICA EN CALIENTE						
Rendimiento: m3/DIA		MO:		Costo unitario directo por: m3		
DENOMINACIÓN	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
Materiales						
Equipos						

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Cuadro 13: Plantilla de cálculo para el análisis económico de asfalto convencional.


APU DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL						
Partida: PRODUCCION DE MEZCLAASFALTICA EN CALIENTE						
Rendimiento: m3/DIA		MO:		Costo unitario directo por: m3		
DENOMINACIÓN	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
Materiales						
Equipos						

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Anexo.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Figura 19: Certificado de validez de contenido del instrumento.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON POLIMERO

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
		si	no	si	no	si	no	
	Variable dependiente mejoramiento del pavimento flexible							
	DIMENSIÓN 1 Características Mecánicas							
1	Se obtendrá mejor resistencia mostrando mayor sostenibilidad frente a daños en la interperie.	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2 Características Económicas							
2	Demuestra una factibilidad económica para la construcción del pavimento flexible.	X		X		X		
	Variable independiente polímeros							
	DIMENSIÓN 1 Propiedades Físicas							
1	Se obtendrá mayor resistencia a las cargas de tránsito con respecto a la estabilidad.	X		X		X		
2	Previene la desintegración de las capas aportando a la durabilidad	X		X		X		
3	Uso del polímero aporta mayor rigidez.	X		X		X		


Observaciones: Si presenta suficiencia de datos.

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Ing. / Mg: CARLOS MANUEL MAZA RUBINA
DNI: 31678775

Especialidad del validador: Ingeniero Civil

20 de Junio del 2020



ING. CARLOS MANUEL MAZA RUBINA
 LICENCIADO EN INGENIERÍA CIVIL

Firma del Experto Informante.

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON POLIMERO

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
		si	no	si	no	si	no	
	Variable dependiente mejoramiento del pavimento flexible							
	DIMENSIÓN 1 Características Mecánicas							
1	Se obtendrá mejor resistencia mostrando mayor sostenibilidad frente a daños en la intemperie.	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2 Características Económicas							
2	Demuestra una factibilidad económica para la construcción del pavimento flexible.	X		X		X		
	Variable independiente polímeros							
	DIMENSIÓN 1 Propiedades Físicas							
1	Se obtendrá mayor resistencia a las cargas de tránsito con respecto a la estabilidad.	X		X		X		
2	Previene la desintegración de las capas aportando a la durabilidad	X		X		X		
3	Uso del polímero aporta mayor rigidez.	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Suficiencia de datos presentados por cada variable.

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [**x**] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Ing. / Mg: JESUS ERNESTO SOTELO MONTES
DNI: 31601887

Especialidad del validador: Ingeniero Civil.

20 de Junio del 2020


ING. JESUS ERNESTO SOTELO MONTES
 REG. CIP N° 70751
 CIV N° 005289VCZRVH

Firma del Experto Informante.

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON POLIMERO

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
		si	no	si	no	si	no	
	Variable dependiente mejoramiento del pavimento flexible							
	DIMENSION 1 Características Mecánicas							
1	Se obtendrá mejor resistencia mostrando mayor sostenibilidad frente a daños en la intemperie.	X		X		X		
	DIMENSION 2 Características Económicas							
2	Demuestra una factibilidad económica para la construcción del pavimento flexible.	X		X		X		
	Variable independiente polimeros							
	DIMENSION 1 Propiedades Físicas							
1	Se obtendrá mayor resistencia a las cargas de tránsito con respecto a la estabilidad.	X		X		X		
2	Previene la desintegración de las capas aportando a la durabilidad	X		X		X		
3	Uso del polímero aporta mayor rigidez.	X		X		X		

Observaciones: Presenta claridad en el contenido respetando cada indicador establecido en su matriz.

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [] **Aplicable después de corregir** [] **No aplicable** []

Apellidos y nombres del juez validador: Ing. / Mg: RAPHAEL ALEXANDER CORAL CHALCO
DNI: 70188786

Especialidad del validador: Ingeniero Civil.

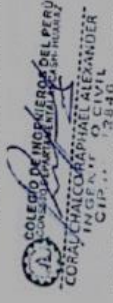
¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

20 de Junio del 2020



Firma del Experto Informante.

Anexo.

VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Figura 20: Informe de Análisis Granulométrico de Agregados Grueso.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
 ASTM C33-03

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON POLÍMERO DE LA CARRETERA HUARAZ - RECUAY - ANCASH, 2019

SOLICITANTE : ARNIDO HUAMÁN, LISSETH SHAYURY - DE LA CRUZ LOZANO, NAYBERSON

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : ENERO DEL 2020

MUESTRA : C-X / A°G / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso total de la muestra : 2500.00
 tamizada Peso de muestra : 2498.70
 tamizada sin plato Peso de : 1.30

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % que Pasa	Contenido de Humedad
4 plg	100.000	0.00	0.00	0.00	100.00	-	0.27%
3 1/2 plg	90.000	0.00	0.00	0.00	100.00	-	
3 plg	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	-	
2 1/2 plg	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	-	Módulo de Finura
2 plg	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	-	6.86
1 1/2 plg	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	-	Tamaño Máximo
1 plg	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100	
3/4 plg	19.050	125.80	5.03	5.03	94.97	90 - 100	1 plg
1/2 plg	12.700	1391.50	55.66	60.69	39.31	-	
3/8 plg	9.525	515.70	20.63	81.32	18.68	20 - 55	
No4	4.178	462.60	18.50	99.82	0.18	0 - 10	Tamaño Máximo Nominal
No8	2.360	3.00	0.12	99.94	0.06	0 - 5	
No16	1.180	0.10	0.00	99.95	0.05	-	3/4 plg = 19.050 mm
PLATO		1.30	0.05	100.00	0.00	-	HUSO 67
Total		2500.00	100.00			-	

muestra en el plato



Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 211074

ING. RESPONSABLE

Figura 21: Informe de Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
ASTM C33-03

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON POLÍMERO DE LA CARRETERA HUARAZ - RECUAY - ANCASH, 2019

SOLICITANTE : ARNIDO HUAMÁN, LISSETH SHAYURY - DE LA CRUZ LOZANO, NAYBERSON

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

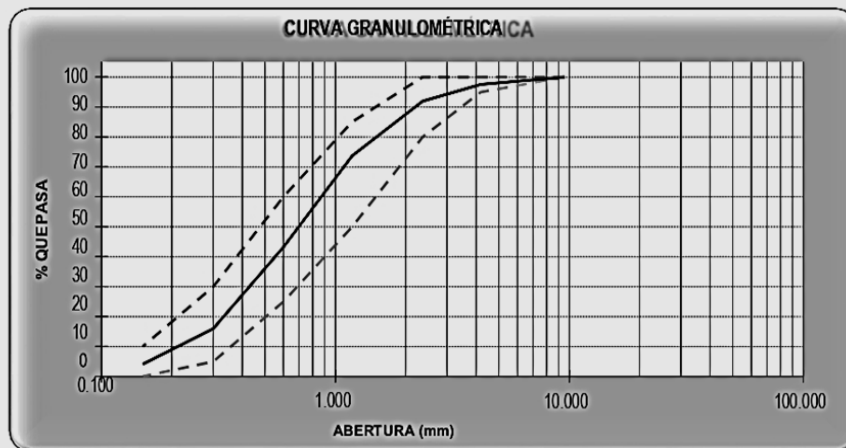
FECHA : ENERO DEL 2020 -

MUESTRA : C-X / A° F / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso total de la muestra tamizada : 500.00
 Peso de muestra tamizada sin plato : 479.44
 Peso de muestra en el plato : 20.56

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % que Pasa	Contenido de Humedad
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	4.49%
No4	4.178	12.33	2.47	2.47	97.53	95 - 100	
No8	2.360	27.80	5.56	8.03	91.97	80 - 100	Módulo de Finura
No16	1.180	91.36	18.27	26.30	73.70	50 - 85	2.73
No30	0.600	152.07	30.41	56.71	43.29	25 - 60	Tamaño Máximo
No50	0.300	136.62	27.32	84.04	15.96	5 - 30	3/8"
No100	0.150	59.26	11.85	95.89	4.11	0 - 10	Tamaño Máximo Nominal
PLATO		20.56	4.11	100.00	0.00		
Total		500.00	100.00				No4 = 4.178 mm



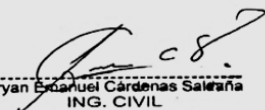

 Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 211074
 ING. RESPONSABLE

Figura 22: Informe de Método de Ensayo para Contenido de Humedad total de los Agregados por Secado.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO
MTC E 215


PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON POLÍMERO DE LA CARRETERA HUARAZ - RECUAY - ANCASH, 2019
SOLICITANTE : ARNIDO HUAMÁN, LISSETH SHAYURY - DE LA CRUZ LOZANO, NAYBERSON
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA : ENERO DEL 2020 -
MUESTRA : A°G /A°F CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO
MTC E 215

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	48.90	51.00	50.50
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	179.50	182.40	196.70
Peso del tarro + suelo seco (g)	179.16	182.05	196.28
Peso del suelo seco (g)	130.26	131.05	145.78
Peso del agua (g)	0.34	0.35	0.42
% de humedad (%)	0.26	0.27	0.29
% de humedad promedio (%)	0.27		

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO
MTC E 215

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	50.50	45.90	48.90
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	158.70	154.70	154.20
Peso del tarro + suelo seco (g)	153.98	149.98	149.80
Peso del suelo seco (g)	103.48	104.08	100.90
Peso del agua (g)	4.72	4.72	4.40
% de humedad (%)	4.56	4.53	4.36
% de humedad promedio (%)	4.49		


 Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 ING. CIVIL
 R. C.I.P. N° 211074

ING. RESPONSABLE

Figura 23: Informe de Peso específico y Absorción de Agregados Gruesos y Finos.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
 ASTM C 127 – ASTM 128

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON POLÍMERO DE LA CARRETERA HUARAZ - RECUAY - ANCASH, 2019

SOLICITANTE : ARNIDO HUAMÁN, LISSETH SHAYURY - DE LA CRUZ LOZANO, NAYBERSON

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : ENERO DEL 2020

MUESTRA : A°G / A°F / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° G°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	3032.30	2258.40
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	3057.30	2277.00
C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	1912.50	1425.90
Peso específico de masa (Pem)	2.65	2.65
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.67	2.68
Peso específico aparente (Pea)	2.71	2.71
Absorción (%)	0.82	0.82
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.65	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (PeSSS)	2.67	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.71	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	0.82	

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° F°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	495.00	495.40
B= Peso de la fiola afroada llena de agua (g)	635.90	640.10
C= Peso total de la fiola, aforada con la muestra y agua (g)	949.40	953.40
S= Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00
Peso específico de masa (Pem)	2.65	2.65
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.68	2.68
Peso específico aparente (Pea)	2.73	2.72
Absorción (%)	1.01	0.93
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.65	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (PeSSS)	2.68	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.72	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	0.97	

Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 211074

ING. RESPONSABLE

Figura 24: Informe de Ensayo Marshall ASTM D-1559 – Mezcla Tradicional.

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559 - MEZCLA TRADICIONAL

SOLICITANTE: ARNIDO HUAMAN LISSETH SHAYURY / DE LA CRUZ LOZANO NAYBERSON ELIFAZ

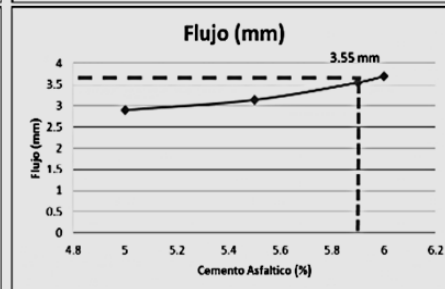
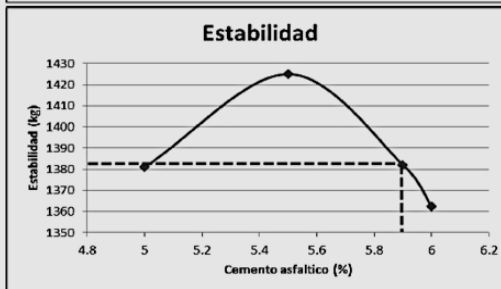
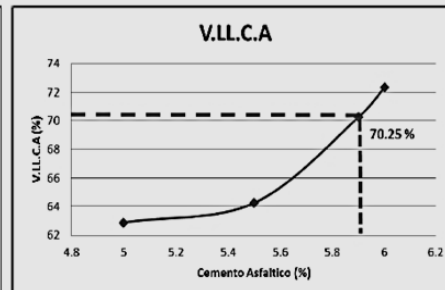
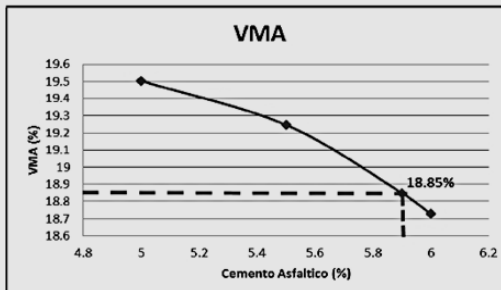
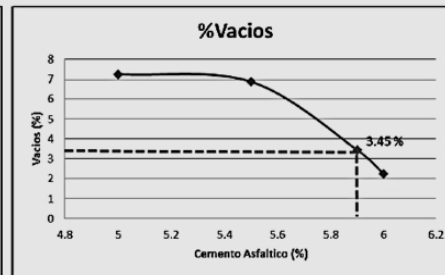
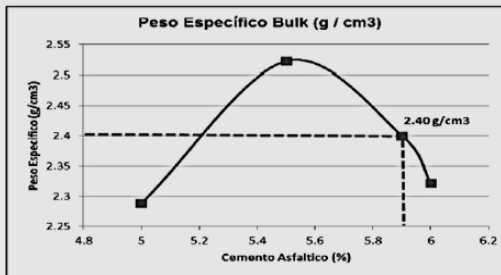
PROYECTO: TESIS: "Mejoramiento Del Pavimento Flexible Con Polímero De La Carretera Huaraz-Recuay Ancash, 2019"

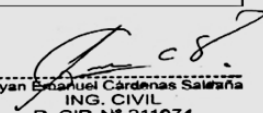
FECHA DE ENSAYO: 12/02/2020

UBICACIÓN: Trujillo – Trujillo – La Libertad

ENCARGADO: BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

			5.0	5.5	6.0
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla				
2	Agregado Grueso en peso de la mezcla	%	47.50	47.00	47.50
3	Agregado Fino 01 en peso de la mezcla	%	47.50	47.50	46.50
4	Altura Promedio	(mm)	77.73	74.20	74.43
5	Peso específico bulk del Espécimen	(g / cm ³)	2.288	2.522	2.322
6	Vacios	%	7.256	6.883	5.249
7	VMA	%	19.503	19.247	18.727
8	Vacios Llenados con C.A.	%	62.888	64.248	72.343
9	Flujo	(mm)	2.9	3.14	3.69
10	Estabilidad Corregida	(Kg)	1381.0	1425.0	1352.56




 Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 211074

ING. RESPONSABLE

Figura 25: Informe de Ensayo Marshall ASTM D-1559 – Mezcla Modificada.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559 - MEZCLA MODIFICADA

SOLICITANTE: ARNIDO HUAMAN LISSETH SHAYURY / DE LA CRUZ LOZANO NAYBERSON ELIFAZ

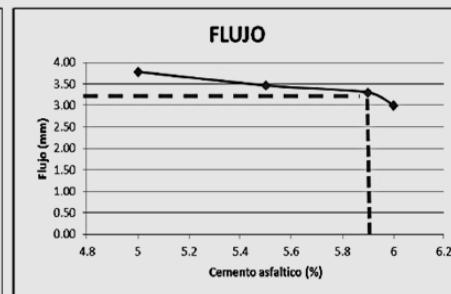
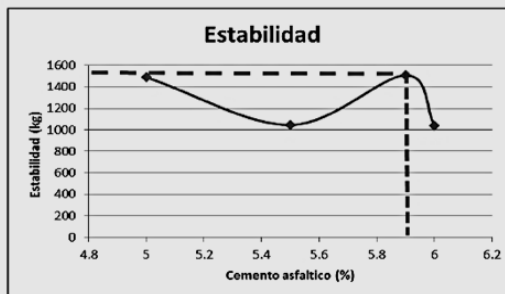
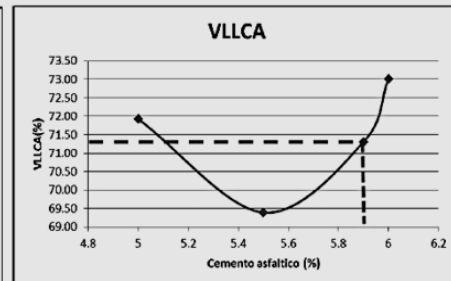
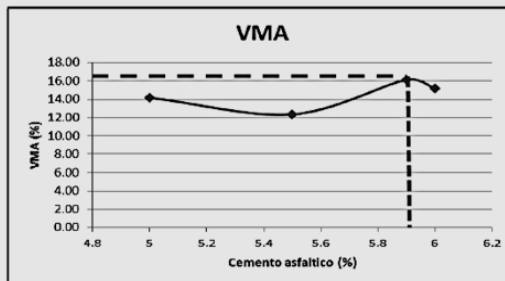
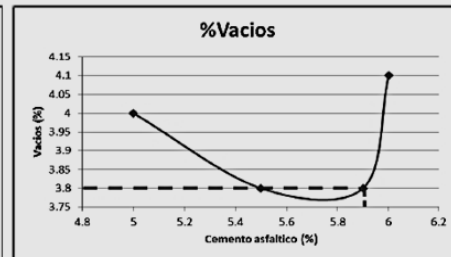
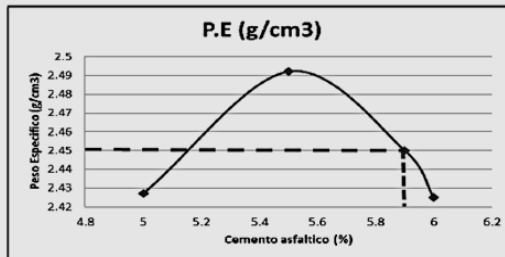
PROYECTO: TESIS: "Mejoramiento Del Pavimento Flexible Con Polímero De La Carretera Huaraz-Recuay Ancash, 2019"

FECHA DE ENSAYO: 12/02/2020

UBICACIÓN: Trujillo – Trujillo – La Libertad

ENCARGADO: BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

		5.0 (1%PET)	5.5 (2%PET)	6.0 (3%PET)
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla			
2	Agregado Grueso en peso de la mezcla	%	47.50	47.00
3	Agregado Fino 01 en peso de la mezcla	%	47.50	47.50
4	Altura Promedio	(mm)	74.9	74.00
5	Peso específico bulk del Espécimen	(g / cm ³)	2.427	2.492
6	Vacíos	%	4.00	3.80
7	VMA	%	14.165	12.329
8	Vacios Llenados con C.A.	%	71.927	69.390
9	Flujo	(mm)	3.783	3.467
10	Estabilidad Corregida	(Kg)	1487.556	1044.47



Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 211074

ING. RESPONSABLE

Anexo.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RESPECTO A LA MEZCLA MODIFICADA

Cuadro 14: Especificaciones técnicas para el diseño de mezcla por el Método Marshall ASTM D-1559.

Parámetros de Diseño		Mezcla Modificada	Especificaciones Técnicas
Peso específico bulk del Espécimen	(g / cm ³)	2.455	Máximo
Vacíos	(%)	3.80	3.00 - 5.00
VMA	(%)	16.10	Mínimo 14
Vacíos Llenados con C.A.	(%)	71.30	65 - 78
Flujo	(mm)	3.30	2.03 - 4.06
Estabilidad Corregida	(Kg)	1507.70	Mínimo 815
Relación Estabilidad / Fluencia	(kg/cm)	4568.79	1700 - 4500

Anexo.

DATOS OBTENIDOS DE LABORATORIO

Cuadro 15: Peso específico y absorción de los agregados gruesos ASTM C 127.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE Aº Gº	Ensayo 01	Ensayo 02
A=Peso en el aire de la muestra seca (g)	3032.30	2258.40
B=Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	3057.30	2277.00
C=Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	1912.50	1425.90
Peso específico de masa (Pem)	2.65	2.65
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.67	2,68
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pea)	2.71	2.71
Absorción (%)	0.82	0.82
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.65	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (PeSSS)	2.67	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.71	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	0.82	

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Cuadro 16: Peso específico y absorción de los agregados finos ASTM C 127.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE Aº Fº	Ensayo 01	Ensayo 02
A=Peso en el aire de la muestra seca (g)	495.00	495.40
B=Peso de la fiola aforada llena de agua (g)	635.90	640.10
C=Peso total de la fiola, aforada con la muestra y agua (g)	949.40	953.40
S=Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00
Peso específico de masa (Pem)	2.65	2.65
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.68	2,68
Peso específico aparente (Pea)	2.73	2.72
Absorción (%)	1.01	0.93
PESO ESPECIFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.65	
PESO ESPECÍFIO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (PeSSS)	2.68	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.72	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	0.97	

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Anexo.

INSUMOS PARA EL DISEÑO MAC

Cuadro 17: Insumos del diseño MAC.

INSUMOS	CARACTERISTICAS	PROCEDENCIA
AGREGADOS	Piedra chancada 1/2"	Cantera Tacllan
	Piedra chancada 3/4"	Cantera Tacllan
	Arena gruesa	Cantera Tacllan
ASFALTO CONVENCIONAL	PEN 60/70	BRIMAX PERU S.A.C
PLASTICO (PET)	Tereftalato de polietileno	INDUSTRIAS PET S.A.C

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Anexo.
DOSIFICACIÓN PARA LA MEZCLA CONVENCIONAL

Cuadro 18: Dosificación para el diseño Marshall.

INSUMOS	PORCENTAJE
AGREGADO GRUESO	50%
AGREGADO FINO	50%

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020

Anexo.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA TRADICIONAL (5% C.A, 5.5% C.A y 6% C. A)

Cuadro 19: Diseño de Mezcla Asfáltica Tradicional (5% C.A)

Nº	Nº DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total	5.0			
2	% de Agregado Grueso (> N° 4) en peso de la mezcla	47.500			
3	% de Agregado Fino (< N° 4) en peso de la mezcla	47.500			
	% de Filler (Mínimo 65% pasa N° 200) en peso de la mezcla	0.00			
5	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	1.010			
6	Peso Específico Agregado Grueso – bulk (Menor 1")	2.692			
7	Peso Específico Agregado fino – bulk	2.680			
8	Peso Específico Filler – aparente	-			
8 ^a	Altura de la Briqueta 01	77.5	78.2	77.5	
8 Prom	Altura promedio de la Briqueta (MTC 507 – 2000)	77.5	78.2	77.5	77.73
9	Peso de la Briqueta en el aire (gr)	1308.5	1325.5	1338.0	
9 ^a	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente Seca en aire (gr)	1319.5	1329.5	1354.0	
9b	Peso del Agua absorbida (gr)	11.00	4.0	7.0	
10	Peso de la Briqueta Saturado Superficialmente Seca en agua (gr)	740.0	749.5	746.2	
11	Volumen de la Briqueta por desplazamiento	568.5	576.0	591.8	
12	Peso Específico bulk de la Briqueta (MTC E 514 – 2000)	2.302	2.301	2.261	2.288
13	Peso Específico Máximo ASTM D-2041	2.467			
14	% de Vacíos	6.688	6.729	8.350	7.256
15	Peso Específico Bulk del Agregado total	2.685			
16	VMA	19.01	19.05	20.45	19.503
17	% de Vacíos Llenados con C.A. (MTC E 505 – 2000)	64.819	64.677	59.169	62.888
18	Peso Específico del Agregado total	2.693			
19	Asfalto Absorbido por el Agregado total (MTC E 511 – 2000)	0.11			
20	% de Asfalto Efectivo	4.896			
21	Flujo (mm)	2.16	4.09	2.45	2.9
	Lectura del Dial	470.00	440.00	510.00	
22	Estabilidad sin corregir (Kg)	1272.5	1354.7	1355.2	
23	Factor de Estabilidad	0.76	0.76	0.76	
24	Estabilidad Corregida: (Kg)	1325.0	1410.0	1410.0	1381.0
25	Relación Estabilidad / flujo: (kg/cm.)	2305.600	3527.040	2051.270	2961.303

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Cuadro 20: Diseño de Mezcla Asfáltica Tradicional (5.5% C.A)

N°	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total	5.5			
2	% de Agregado Grueso (> N° 4) en peso de la mezcla	47.000			
3	% de Agregado Fino (< N° 4) en peso de la mezcla	47.500			
	% de Filler (Mínimo 65% pasa N° 200) en peso de la mezcla	0.00			
5	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	1.010			
6	Peso Específico Agregado Grueso – bulk (Menor 1”)	2.692			
7	Peso Específico Agregado fino – bulk	2.680			
8	Peso Específico Filler – aparente	-			
8 ^a	Altura de la Briqueta 02	74.2	73.9	74.5	
8 Prom	Altura promedio de la briqueta (MTC 507 – 2000)	74.2	73.9	74.5	74.2
9	Peso de la Briqueta en el aire (gr)	1317.4	1327.6	1320.9	
9 ^a	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente Seca en aire (gr)	1321.4	1331.6	1325.9	
9b	Peso del Agua absorbida (gr)	4.00	4.00	5.00	
10	Peso de la Briqueta Saturado Superficialmente Seca en agua (gr)	743.0	751.3	744.0	
11	Volumen de la Briqueta por desplazamiento	574.4	576.3	576.9	
12	Peso Específico bulk de la Briqueta (MTC E 514 – 2000)	2.294	2.303	2.289	2.522
13	Peso Específico Máximo ASTM D-2041	2.465			
14	% de Vacíos	6.937	6.572	7.139	6.883
15	Peso Específico Bulk del Agregado total	2.686			
16	VMA	19.29	18.98	19.47	19.247
17	% de Vacíos Llenados con C.A. (MTC E 505 – 2000)	64.038	65.374	63.333	64.248
18	Peso Específico del Agregado total	2.691			
19	Asfalto Absorbido por el Agregado total (MTC E 511 – 2000)	0.1			
20	% de Asfalto Efectivo	5.406			
21	Flujo (mm)	3.10	3.13	3.19	3.14
	Lectura del Dial	410.00	450.00	500.00	
22	Estabilidad sin corregir (Kg)	1365.8	1374.8	1398.5	
23	Factor de Estabilidad	0.78	0.78	0.78	
24	Estabilidad Corregida: (Kg)	1410.0	1430.0	1442.0	1425.0
25	Relación Estabilidad / flujo: (kg/cm.)	1803.838	1650.671	1725.956	2726.82

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Cuadro 21: Diseño de Mezcla Asfáltica Tradicional (6% C.A)

N°	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total	6.0			
2	% de Agregado Grueso (> N° 4) en peso de la mezcla	47.500			
3	% de Agregado Fino (< N° 4) en peso de la mezcla	46.500			
	% de Filler (Mínimo 65% pasa N° 200) en peso de la mezcla	0.00			
5	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	1.010			
6	Peso Específico Agregado Grueso – bulk (Menor 1”)	2.692			
7	Peso Específico Agregado fino – bulk	2.680			
8	Peso Específico Filler – aparente	-			
8 ^a	Altura de la Briqueta 03	74.2	74.5	74.6	
8 Prom	Altura promedio de la briqueta (MTC 507 – 2000)	74.2	74.5	74.6	74.43
9	Peso de la Briqueta en el aire (gr)	1310.5	1333.0	1346.8	
9 ^a	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente Seca en aire (gr)	1313.5	1334.0	1348.8	
9b	Peso del Agua absorbida (gr)	3.00	1.00	2.00	
10	Peso de la Briqueta Saturado Superficialmente Seca en agua (gr)	751.8	765.5	753.9	
11	Volumen de la Briqueta por desplazamiento	558.7	567.5	592.9	
12	Peso Específico bulk de la Briqueta (MTC E 514 – 2000)	2.346	2.349	2.272	2.322
13	Peso Específico Máximo ASTM D-2041	2.451			
14	% de Vacíos	4.284	4.162	7.303	5.249
15	Peso Específico Bulk del Agregado total	2.686			
16	VMA	17.90	17.79	20.49	18.727
17	% de Vacíos Llenados con C.A. (MTC E 505 – 2000)	76.067	76.605	64.358	72.343
18	Peso Específico del Agregado total	2.697			
19	Asfalto Absorbido por el Agregado total (MTC E 511 – 2000)	0.2			
20	% de Asfalto Efectivo	5.812			
21	Flujo (mm)	3.58	3.70	3.81	3.697
	Lectura del Dial	530.00	550.00	500.00	
22	Estabilidad sin corregir (Kg)	1902.61	1747.04	1590.98	
23	Factor de Estabilidad	0.78	0.78	0.78	
24	Estabilidad Corregida: (Kg)	1484.04	1362.69	1240.96	1362.56
25	Relación Estabilidad / flujo: (kg/cm.)	4145.36	3682.95	3257.11	3695.14

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Anexo.

DOSIFICACIONES PARA LA MEZCLA MODIFICADA

Cuadro 22: Dosificación para el diseño Marshall (1% Plástico).

INSUMOS	PORCENTAJE
AGREGADO GRUESO	49.5%
AGREGADO FINO	49.5%
PLÁSTICO MOLIDO (PULVERIZADO)	1%

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Cuadro 23: Dosificación para el diseño Marshall (2% Plástico).

INSUMOS	PORCENTAJE
AGREGADO GRUESO	44%
AGREGADO FINO	54%
PLÁSTICO MOLIDO (PULVERIZADO)	2%

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Cuadro 24: Dosificación para el diseño Marshall (3% Plástico).

INSUMOS	PORCENTAJE
AGREGADO GRUESO	49%
AGREGADO FINO	48%
PLÁSTICO MOLIDO (PULVERIZADO)	3%

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Anexo.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA (1% PET, 2% PET Y 3% PET)

Cuadro 25: Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada (5% C.A – 1% PET).

N°	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total	5.0			
2	% de Agregado Grueso (> N° 4) en peso de la mezcla	47.500			
3	% de Agregado Fino (< N° 4) en peso de la mezcla	47.500			
	% de Filler (Mínimo 65% pasa N° 200) en peso de la mezcla	0.00			
5	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	1.010			
6	Peso Específico Agregado Grueso – bulk (Menor 1”)	2.692			
7	Peso Específico Agregado fino – bulk	2.680			
8	Peso Específico Filler – aparente	-			
8 ^a	Altura de la Briqueta 02	75.2	74.7	74.9	
8 Prom	Altura promedio de la briqueta (MTC 507 – 2000)	75.2	74.7	74.9	74.9
9	Peso de la Briqueta en el aire (gr)	1315.4	1329.9	1331.8	
9 ^a	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente Seca en aire (gr)	1317.1	1333.6	1335.8	
9b	Peso del Agua absorbida (gr)	1.7	3.7	4	
10	Peso de la Briqueta Saturado Superficialmente Seca en agua (gr)	774.3	786.4	777.5	
11	Volumen de la Briqueta por desplazamiento	541.1	543.5	554.3	
12	Peso Específico bulk de la Briqueta (MTC E 514 – 2000)	2.431	2.447	2.403	2.427
13	Peso Específico Máximo ASTM D-2041	2.528			
14	% de Vacíos	3.838	3.207	4.958	4.00
15	Peso Específico Bulk del Agregado total	2.686			
16	VMA	14.019	13.456	15.021	14.165
17	% de Vacíos Llenados con C.A. (MTC E 505 – 2000)	72.623	76.163	66.994	71.927
18	Peso Específico del Agregado total	2.745			
19	Asfalto Absorbido por el Agregado total (MTC E 511 – 2000)	0.8			
20	% de Asfalto Efectivo	3.730			
21	Flujo (mm)	3.6	3.9	3.9	3.783
	Lectura del Dial	502.5	600	702.5	
22	Estabilidad sin corregir (Kg)	1598.80	1902.61	2219.96	
23	Factor de Estabilidad	0.78	0.78	0.78	
24	Estabilidad Corregida: (Kg)	1247.063	1484.04	1731.568	1487.556
25	Relación Estabilidad / flujo: (kg/cm.)	3464.063	1650.67	1725.956	2280.230

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Cuadro 26: Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada (5.5% C.A – 2% PET).

N°	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total	5.5			
2	% de Agregado Grueso (> N° 4) en peso de la mezcla	47.000			
3	% de Agregado Fino (< N° 4) en peso de la mezcla	47.500			
	% de Filler (Mínimo 65% pasa N° 200) en peso de la mezcla	0.00			
5	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	1.010			
6	Peso Específico Agregado Grueso – bulk (Menor 1")	2.692			
7	Peso Específico Agregado fino – bulk	2.680			
8	Peso Específico Filler – aparente	-			
8 ^a	Altura de la Briqueta 02	74.0	74.1	73.8	
8 Prom	Altura promedio de la briqueta (MTC 507 – 2000)	74.0	74.1	73.8	74.0
9	Peso de la Briqueta en el aire (gr)	1292	1301.9	1292.8	
9 ^a	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente Seca en aire (gr)	1303.1	1327.1	1308.6	
9b	Peso del Agua absorbida (gr)	11.1	25.2	15.8	
10	Peso de la Briqueta Saturado Superficialmente Seca en agua (gr)	769.3	781.9	775.7	
11	Volumen de la Briqueta por desplazamiento	522.7	520	517.1	
12	Peso Específico bulk de la Briqueta (MTC E 514 – 2000)	2.472	2.504	2.500	2.492
13	Peso Específico Máximo ASTM D-2041	2.59			
14	% de Vacíos	4.564	3.334	3.471	3.8
15	Peso Específico Bulk del Agregado total	2.686			
16	VMA	13.035	11.914	12.039	12.329
17	% de Vacíos Llenados con C.A. (MTC E 505 – 2000)	64.984	72.017	71.167	69.390
18	Peso Específico del Agregado total	2.849			
19	Asfalto Absorbido por el Agregado total (MTC E 511 – 2000)	2.157			
20	% de Asfalto Efectivo	2.461			
21	Flujo (mm)	3.1	3.5	3.8	3.467
	Lectura del Dial	400.5	422.5	435.9	
22	Estabilidad sin corregir (Kg)	1278.93	1348.09	1390.18	
23	Factor de Estabilidad	0.78	0.78	0.78	
24	Estabilidad Corregida: (Kg)	997.563	1051.51	1084.34	1044.47
25	Relación Estabilidad / flujo: (kg/cm.)	3217.94	1650.7	1725.96	2198.19

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Cuadro 27: Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada (6% C.A – 3% PET).

N°	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total	6.0			
2	% de Agregado Grueso (> N° 4) en peso de la mezcla	47.500			
3	% de Agregado Fino (< N° 4) en peso de la mezcla	46.500			
	% de Filler (Mínimo 65% pasa N° 200) en peso de la mezcla	0.00			
5	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	1.010			
6	Peso Específico Agregado Grueso – bulk (Menor 1")	2.692			
7	Peso Específico Agregado fino – bulk	2.680			
8	Peso Específico Filler – aparente	-			
8 ^a	Altura de la Briqueta 02	74.2	74.2	73.5	
8 Prom	Altura promedio de la briqueta (MTC 507 – 2000)	74.2	74.2	73.5	74.0
9	Peso de la Briqueta en el aire (gr)	1310.5	1333	1346.8	
9 ^a	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente Seca en aire (gr)	1315.1	1338.5	1351.8	
9b	Peso del Agua absorbida (gr)	4.6	5.5	5	
10	Peso de la Briqueta Saturado Superficialmente Seca en agua (gr)	771.3	780.9	792.3	
11	Volumen de la Briqueta por desplazamiento	539.2	552.1	554.5	
12	Peso Específico bulk de la Briqueta (MTC E 514 – 2000)	2.430	2.414	2.429	2.425
13	Peso Específico Máximo ASTM D-2041	2.528			
14	% de Vacíos	3.859	4.493	3.922	4.1
15	Peso Específico Bulk del Agregado total	2.686			
16	VMA	14.945	15.506	15.001	15.150
17	% de Vacíos Llenados con C.A. (MTC E 505 – 2000)	74.180	71.024	73.855	73.020
18	Peso Específico del Agregado total	2.796			
19	Asfalto Absorbido por el Agregado total (MTC E 511 – 2000)	1.5			
20	% de Asfalto Efectivo	3.107			
21	Flujo (mm)	2.35	2.8	3.2	3
	Lectura del Dial	450	400	410	
22	Estabilidad sin corregir (Kg)	1434.42	1277.35	1276.54	
23	Factor de Estabilidad	0.78	0.78	0.78	
24	Estabilidad Corregida: (Kg)	1118.85	996.33	995.70	1036.96
25	Relación Estabilidad / flujo: (kg/cm.)	4761.05	3558.3321	3160.96	3826.78

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020.

Anexo.

**ANÁLISIS DE COSTO ECONÓMICO DE LA MEZCLA MODIFICADA Y
MEZCLA TRADICIONAL**

Cuadro 28: Cálculo para el análisis económico de asfalto convencional.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL						
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE					
Rendimiento	m3/DÍA	MO	500	Costo unitario directo por: m3		458.57
DENOMINACIÓN		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
OPERARIO		hh	1.0000	0.0160	21.70	0.3472
OFICIAL		hh	2.0000	0.0320	18.51	0.5923
PEÓN		hh	4.0000	0.0640	16.45	1.0528
						1.91
Materiales						
PETROLEO DIESEL		gal		4.8000	12.00	57.60
PIEDRA CHANCADA 1/2" - 3/4"		m3	47.50%	0.6410	110.0	70.51
ARENA GRUESA		m3	47.50%	0.6410	90.00	57.69
CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70		kg	5.00%	85.000	2.61	221.85
FILLER (CAL HIDRATADA)		Kg		42.974	0.88	37.82
						445.47
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	15,66	0.47
CARGADOR FRONTAL 220HP		hm	1.0000	0.0160	220.00	3.52
PLANTA DE ASFÁLTO EN CALIENTE 60-115ton/h		hm	1.0000	0.0160	450.00	7.20
						11.19

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo – 2020

Cuadro 29: Cálculo para el análisis económico de asfalto modificado.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL						
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE					
Rendimiento	m3/DIA	MO	500	Costo unitario directo por: m3		441.56
DENOMINACIÓN		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
OPERARIO		hh	1.0000	0.0160	21.70	0.3472
OFICIAL		hh	2.0000	0.0320	18.51	0.5923
PEON		hh	4.0000	0.0640	16.45	1.0528
						1.91
Materiales						
PETROLEO DIESEL		gal		4.8000	12.00	57.60
PIEDRA CHANCADA 1/2" - 3/4"		m3	47.50%	0.6410	110.0	70.51
ARENA GRUESA		m3	46.50%	0.6122	90.00	55.10
CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70		kg	5.00%	85.000	2.61	221.85
POLIMERO (PET)		kg	1.00 %	7.8003	3.00	23.40
						428.46
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	15,66	0.47
CARGADOR FRONTAL 220HP		hm	1.0000	0.0160	220.00	3.52
PLANTA DE ASFÁLTO EN CALIENTE 60-115ton/h		hm	1.0000	0.0160	450.00	7.20
						11.19

Fuente: Base de datos del propio investigador, mayo - 2020

Anexo.

CANTIDAD DE MUESTRAS Y TIPO DE ENSAYO

Cuadro 30: Muestra de ensayos establecidos

Variable	Nombre del ensayo	N° de muestras
Polímeros (variable independiente)	ENSAYO DE MARSHALL	18
Mejoramiento del pavimento flexible (variable dependiente)	ENSAYO DE MARSHALL	18

Fuente: Elaboracion Propia (2019)

Cuadro 31: Ensayos para el desarrollo de la investigación

Nombre del ensayo	Técnica	Instrumento	Objetivo (Indicador)
Ensayo Marshall	Observación y calculo	Plantilla de cálculo	Resistencia
Ensayo Marshall	Observación y calculo	Plantilla de cálculo	Grado de gasto económico
Ensayo Marshall	Observación y calculo	Plantilla de cálculo	Estabilidad
Ensayo Marshall	Observación y calculo	Plantilla de cálculo	Rigidez
Ensayo de durabilidad con sulfato de magnesio	Observación y calculo	Plantilla de cálculo	Durabilidad

Fuente: Elaboracion Propia (2019).

Anexo.

PANEL FOTOGRAFICO

Foto N° 01: Baches en carpeta asfáltica del tramo Huaraz – Recuay (Sector Tacllan).



Fuente: Elaboración Propia (2019)

Foto N° 2: Desprendimiento de áridos (disgregación de la capa de rodadura) del tramo Huaraz – Recuay (Sector Tacllan).



Fuente: Elaboración Propia (2019)

Foto N° 3: Parches deteriorados del tramo Huaraz – Recuay (Sector Tacllan).



Fuente: Elaboración Propia (2019)

Foto N° 4: Baches en carpeta asfáltica del tramo Huaraz – Recuay (Sector Tacllan).



Fuente: Elaboración Propia (2019)

Foto N° 5: Desprendimiento del asfalto del tramo Huaraz – Recuay (Sector Tacllan).



Fuente: Elaboración Propia (2019)

Foto N° 6: Proceso del Método de Ensayo Marshall.



Fuente: Elaboración Propia (2020)

Foto N° 7: Briquetas.



Fuente: Elaboración Propia (2020)

Foto N° 08: Ensayo Marshall



Fuente: Elaboración Propia (2020)